

SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE

JANVIER 2011 N° 1120 MONDADORI FRANCE

DOSSIER SPÉCIAL - 60 PAGES

2010 2011

GRANDES AVANCÉES & NOUVEAUX ESPOIRS

France métro : 4,20 € - DOM surf : 4,80 € - DOM avion : 6,90 € - BEL : 4,70 € - CH : 8,50 FS - CAN : 6,50 \$ CAN - D : 6,90 € - A : 5,30 € - ESP : 5,50 € - FIN : 6,20 € - GR : 4,50 € - ITA : 4,50 € - LUX : 4,70 € - MAR : 37 DH - TOM surf : 750 CFP - TOM avion : 1400 CFP - PORT. CONT : 4,50 € - TUN 4,90 DTU

T 02578 - 1120 - F: 4,20 €

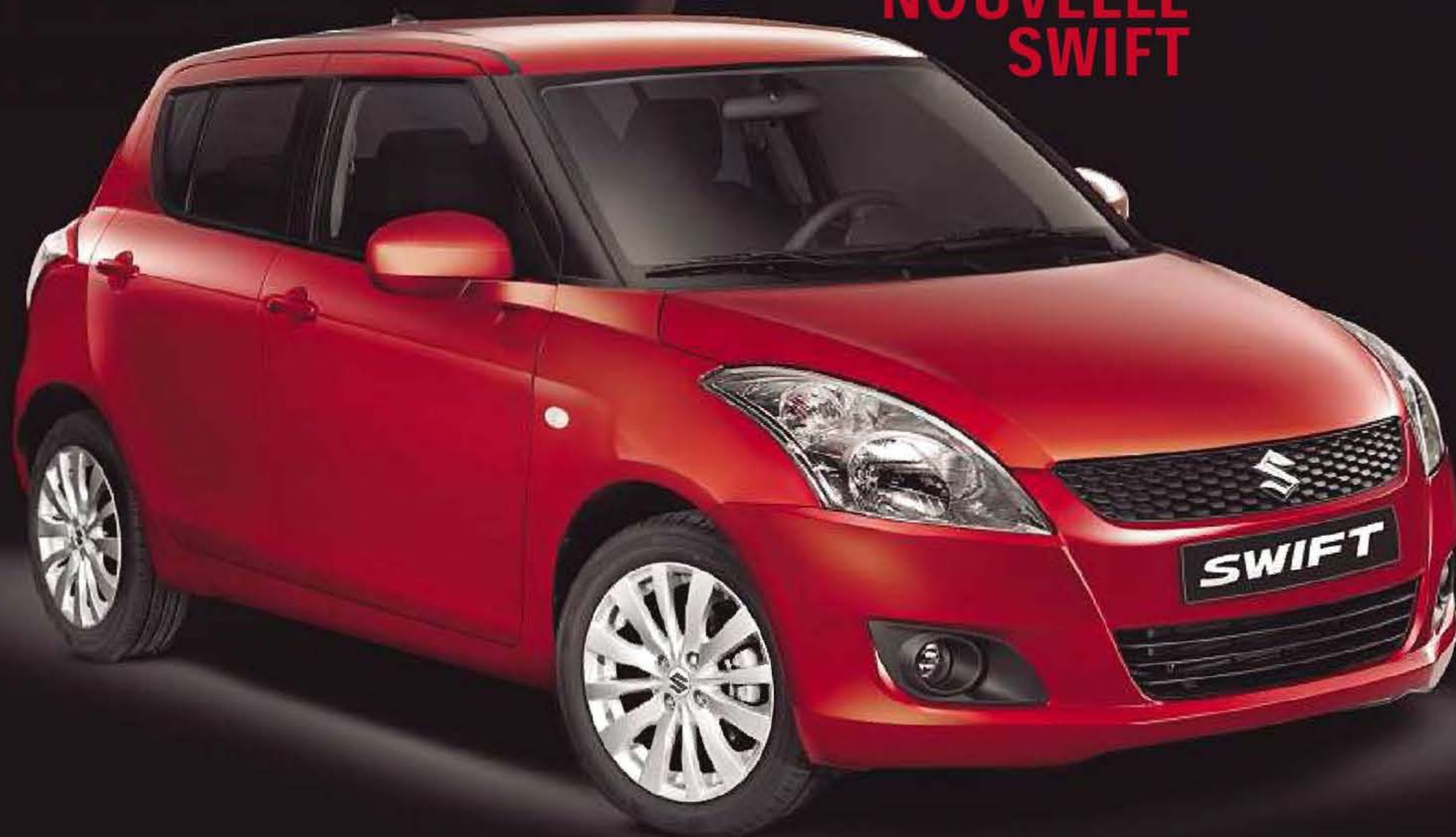


RÉGIMES ANTICANCER PEUT-ON Y CROIRE ?

So sexy...

So Swift

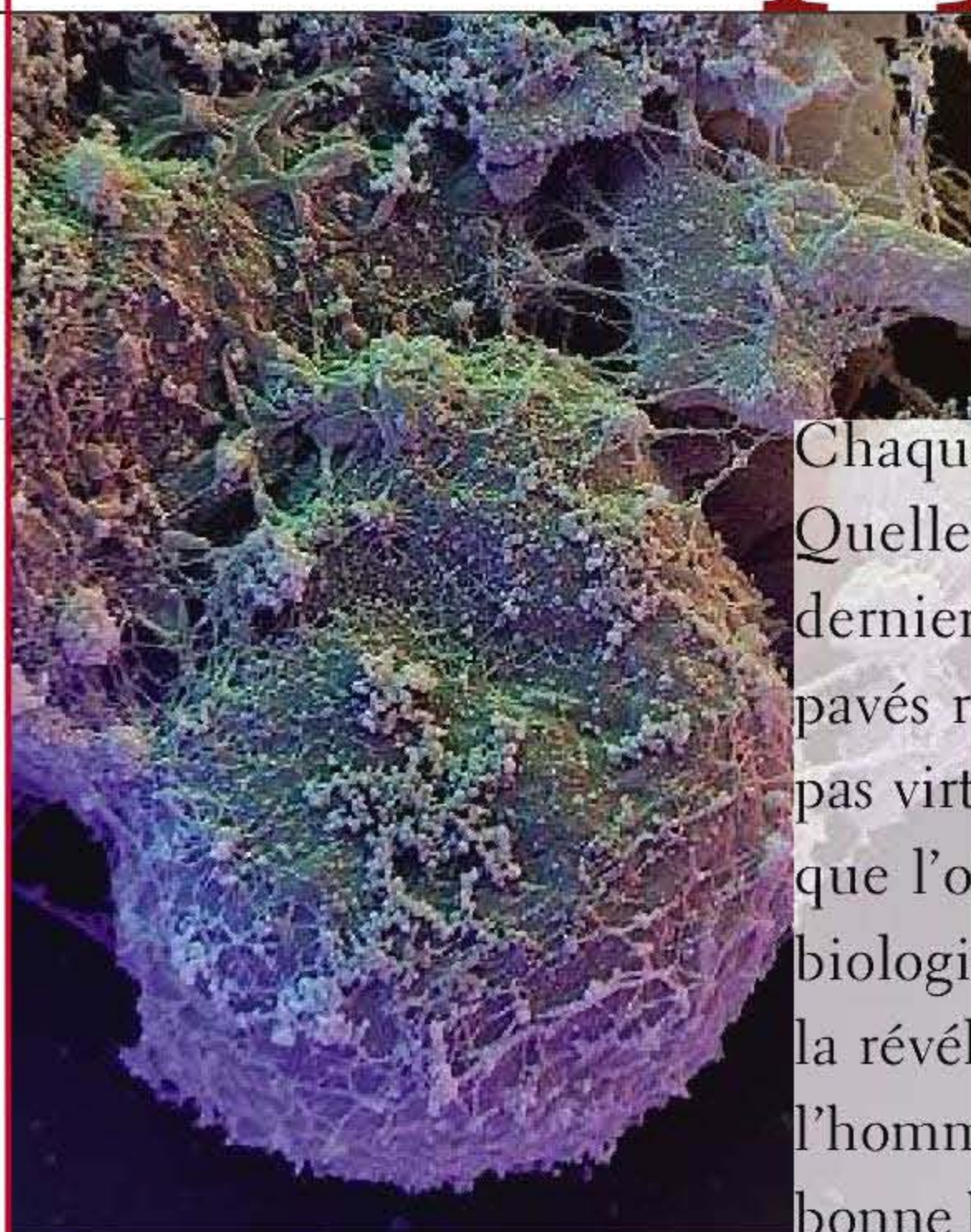
NOUVELLE
SWIFT



Swift, une gamme à partir de 11640 €. Existe en 3 ou 5 portes, essence ou diesel. Modèle présenté: Swift 1.2 GLX 5 portes: 14040 € + peinture métallisée: 360 €. Prix TTC conseillés clés en main, tarif au 01/09/2010. Consommations mixtes CEE (l/100 km): 4,2 - 5,6. Émissions CO₂ (g/km): 109 - 129. Garantie 3 ans ou 100 000 km au 1^{er} terme échu. *Way of Life!: Un style de vie! Tellement sexy... Tellement Swift.

Découvrez la **Nouvelle Swift** chez votre concessionnaire ou sur suzuki.fr

Avant-propos



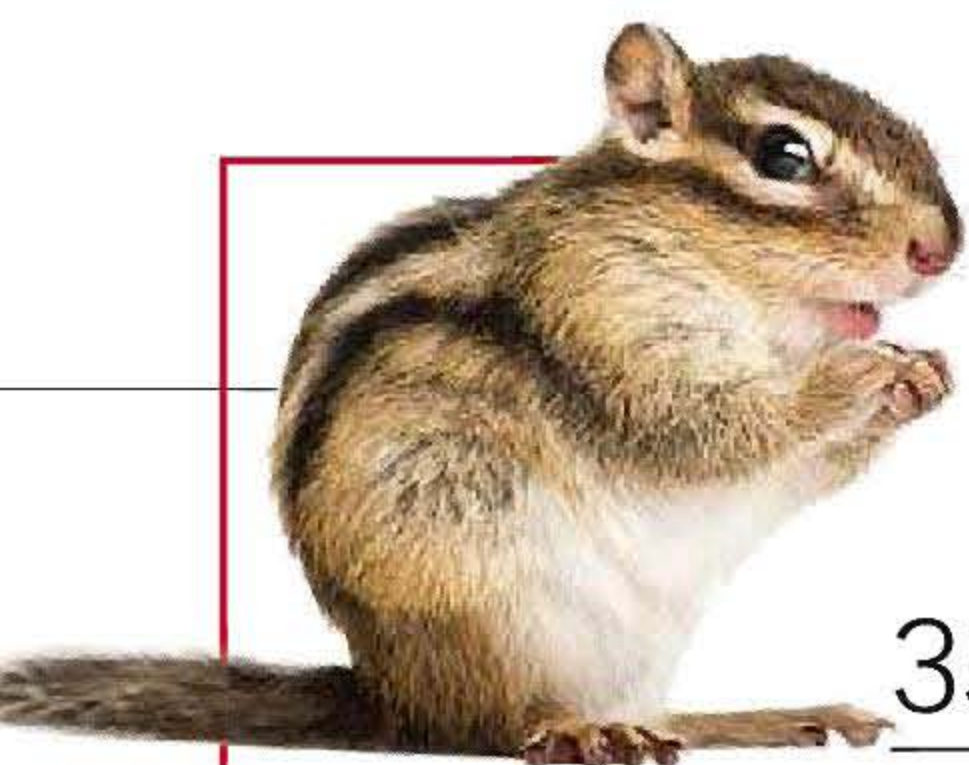
▲ 2010 a marqué un tournant dans l'histoire de la biologie moderne : des cellules souches ont pour la première fois été utilisées pour soigner des organes malades.

Chaque année, à la même époque, nous marquons une pause. Quelles furent les grandes avancées scientifiques de ces douze derniers mois ? Nous fûmes tous d'accord pour saluer quelques pavés remarquables violemment jetés dans la mare. Le premier pas virtuel de la vie synthétique n'est pas le moindre. Nul doute que l'onde de choc n'a pas fini de secouer la communauté des biologistes. Autre bombe, à laquelle nous nous attendions peu : la révélation de l'interfécondité entre l'homme de Neandertal et l'homme moderne. Dans notre imaginaire, il ne sera plus jamais la bonne brute plus ou moins épaisse que l'on a bien voulu croire. Ce qui n'est pas rien. De belles confirmations porteuses d'espérances ? L'introduction effective des cellules souches dans le domaine thérapeutique s'est imposée à tous. Dans un tout autre domaine, notre nouvelle capacité à manipuler le graphène, ce matériau hors normes, en est une aussi. De nouvelles craintes, peut-être ? Voir le climat s'emballer pour de bon, assurément.

Cette pause est aussi l'occasion pour nous de pointer les plus belles promesses qu'il nous faudra suivre avec la plus grande attention en 2011. Nous en avons sélectionné un grand nombre, dans tous les domaines du savoir.

Cette fois, nous avons eu envie de vous inviter dans les conversations passionnantes et passionnées qui ont animé notre rédaction à l'occasion de cette pause annuelle. C'est bien cette envie qui a présidé à la réalisation de ce numéro un peu spécial. En une bonne soixantaine de pages, voici exposés, de notre point de vue, les faits les plus marquants de l'année écoulée et les principaux espoirs de science pour l'année à venir. Nous vous souhaitons une bonne lecture, de joyeuses fêtes et une excellente nouvelle année tout au long de laquelle nous espérons vous retrouver chaque mois. **S&V**

Une **bonne**
année



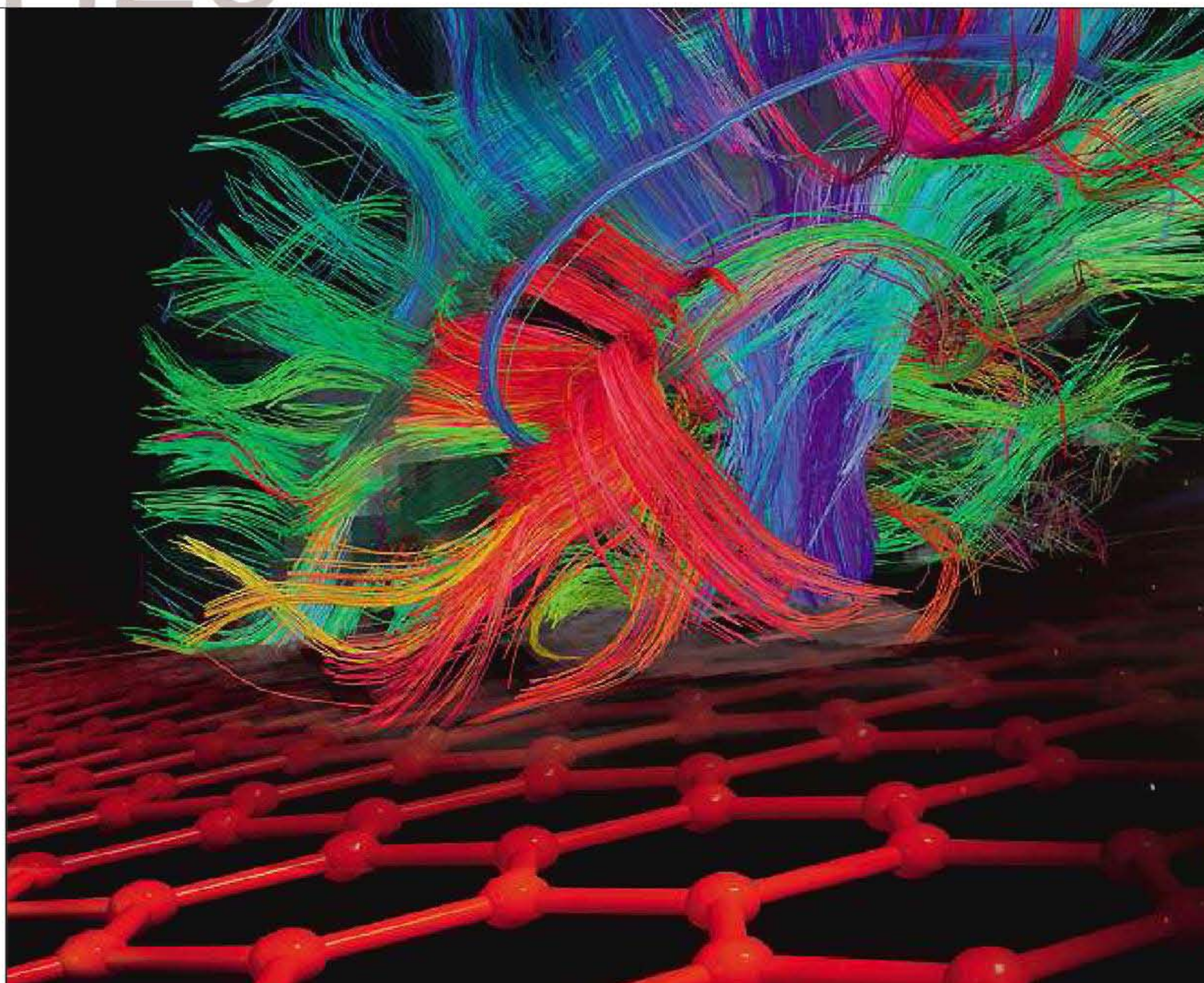
35

*Il faut se méfier
du tamia*

22 *Ötzi, un crime
non classé*



N° 1120 > JANVIER 2011



Actualités

Science & Vie d'aujourd'hui

7 **FORUM**
Réactions, critiques,
remarques... nos lecteurs
prennent la plume.

8 **ILS L'ONT FAIT**
Retour en images sur
les derniers événements
scientifiques.

12 **EN DIRECT DES LABOS**
Des impulsions électriques
rendent meilleur en maths;
Le secret de l'immunité des
bactéries a été percé, etc.

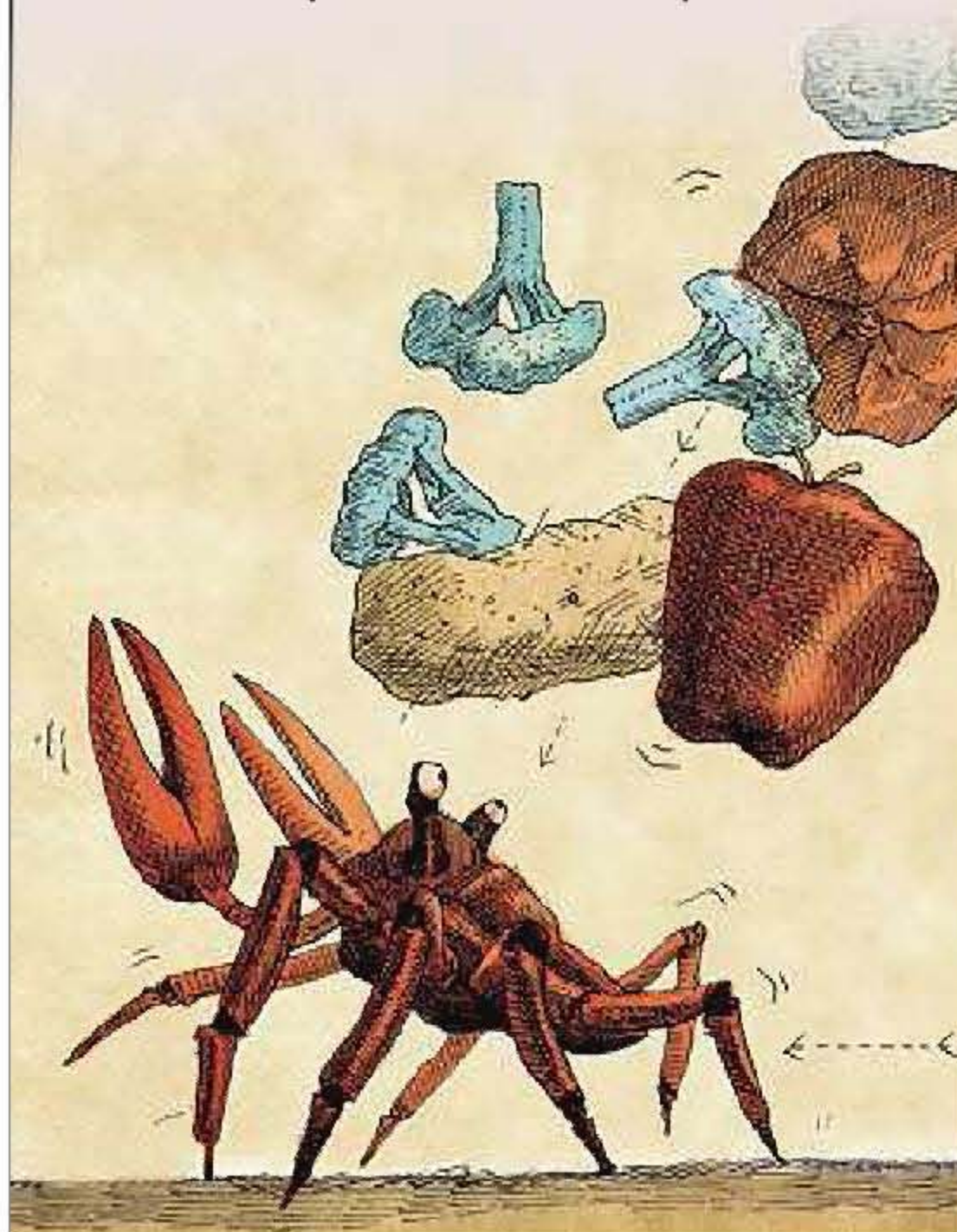
22 **ON EN REPARLE**
Ötzi, un crime non classé.
Une nouvelle théorie conteste
le lieu du crime de la plus
vieille momie du monde.

26 **PLANÈTE TERRE**
Environnement
Un grain de sable traverse le
Namib en 1 million d'années;
Le séisme d'Haïti est dû à
une faille inconnue, etc.

32 *Santé*
Une rétine électronique
redonne la vue à 3 personnes;
Il faut se méfier du tamia, etc.

36 *Technos*
Un minidrone peut voler indé-
finiment; Un robot imite la
paume de main humaine, etc.

38 **RÉGIMES ANTICANCER:
PEUT-ON Y CROIRE ?**
L'idée que certains aliments
peuvent protéger du cancer
fait fureur. Pourtant, les
experts scientifiques sont
mesurés quant aux études qui
le prouveraient. Enquête.

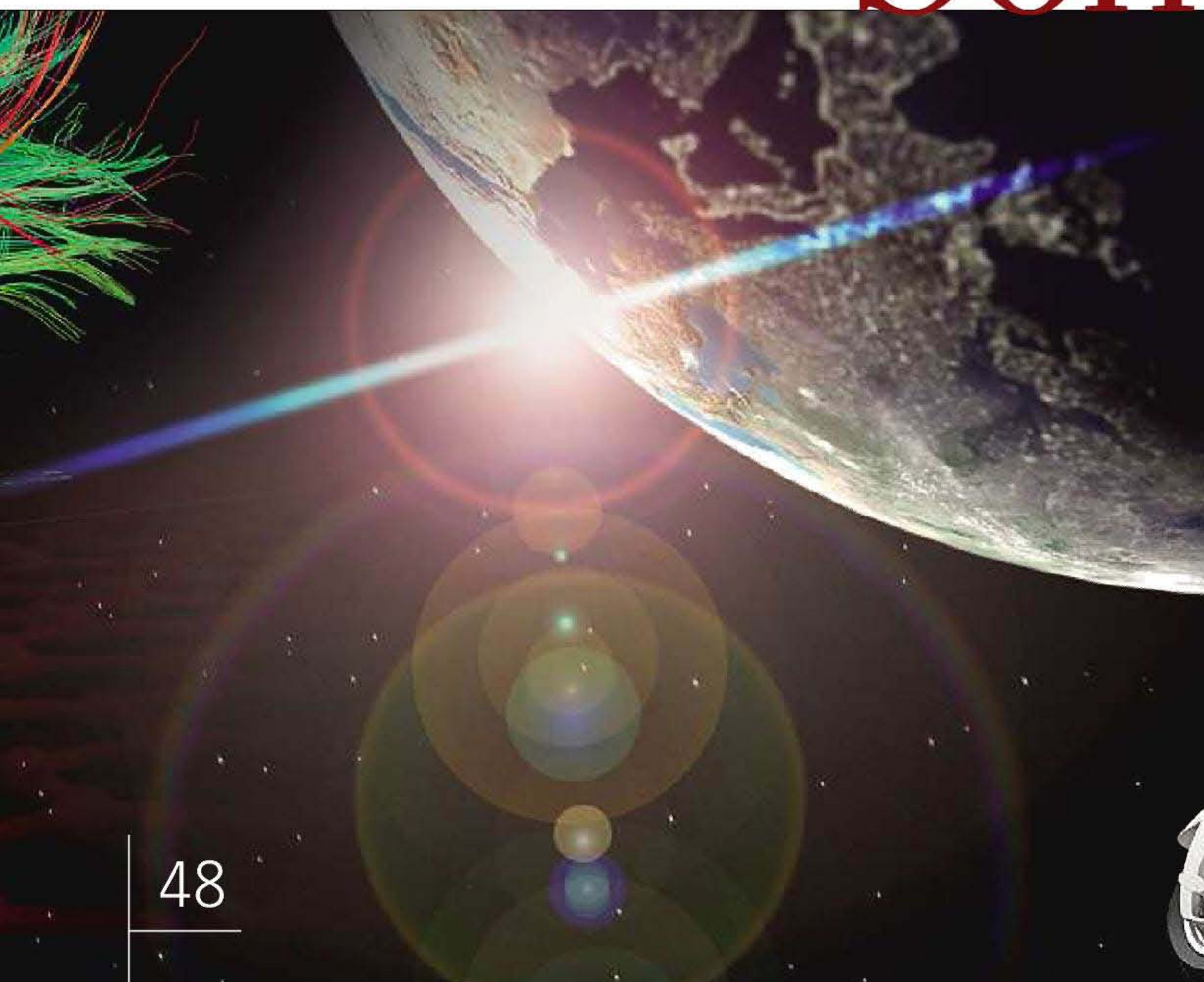


SCIENCE & VIE

1 rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr

Recevez *Science & Vie* chez vous. Votre bulletin
d'abonnement se trouve p. 103. Vous pouvez aussi
vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 08, ou
par Internet sur www.kiosquemag.com.

Deux encarts abonnement sont jetés sur les exem-
plaires de la vente au numéro : diffusion France
métropolitaine, Suisse et Belgique.



48

A la une

48 SPÉCIAL 2010... ET 2011
Cellules souches enfin prêtes à l'emploi, "points de bascule" climatiques identifiés, découverte qu'il y a du Neandertal en nous... Aucun doute, l'année qui vient de s'écouler a été riche en grandes avancées et annonces de toute sorte. Et 2011 s'annonce déjà très prometteuse. Démonstration en forme de dossier spécial.

50 ASTRONOMIE
56 ENVIRONNEMENT
66 PHYSIQUE
74 PALÉONTOLOGIE
84 BIOLOGIE
92 GÉOSCIENCES
104 NEUROSCIENCES

112 *Comment une mauvaise herbe devient-elle résistante à un herbicide ?*



124 *Le premier scooter électrique pliable*

En pratique

112 **Q & R**
Comment une mauvaise herbe devient-elle résistante à un herbicide ? Pourquoi la mer est-elle bleue ? etc.

118 **LE POINT SUR...**
La pompe à chaleur aérothermique

124 **TECHNOFOLIES**
Le premier scooter électrique pliable ; Le casque de mélomane à toute épreuve ; Un vélo d'appartement pour les fous des cols de montagne, etc.

130 **À LIRE / À VOIR / .NET**
Tous sur les livres, expositions, films, sites web, etc., de l'actualité des sciences. Et toujours "le ciel du mois".

138 **NOS 3 QUESTIONS À...**
Ce mois-ci, **Jacques Stern**, spécialiste du cryptage des données informatiques, répond à nos questions.



Nouveau monospace C-MAX 12 places (enfin, 7 et 5).

Vivez l'innovation.

www.ford.fr

Econetic
TECHNOLOGY



Nouveau C-MAX : Consommations mixtes (l/100 km) : 4,6/6,6. Rejets de CO₂ (g/km) : 119/154. Nouveau Grand C-MAX : Consommations mixtes (l/100 km) : 4,9/6,9. Rejets de CO₂ (g/km) : 129/159. Ford France, Division de FMC Automobiles SAS, 34, rue de la Croix de Fer, 78100 Saint-Germain-en-Laye. SIREN 425 127 362 RCS Versailles.

Feel the difference



Un diagnostic prématuré ?

Votre article "Soleil en panne !" (S&V n° 1119) est conçu comme si le Soleil devait entrer dans un cycle tous les 11 ans. Y a-t-il une raison objective à cela ? Vous écrivez que les scientifiques l'observent depuis 250 ans. Qui ? Avec quels outils ? Quelle

rigueur ? Il me semble que nous manquons d'humilité à penser pouvoir comprendre le Soleil sur la base de 250 années d'observations, dont seules les 50 ou 25 dernières sont comparables entre elles.

Jean-Baptiste Giraud,
par Internet

S&V Les scientifiques prennent toujours soin de préciser que nous manquons de recul en ce qui concerne l'observation du Soleil. Les seules mesures vraiment précises dont nous disposons datent de l'ère satellitaire, ce qui correspond au mieux à 3 cycles solaires. Mais l'existence même des cycles d'apparition de taches a déjà été constatée par les Chinois dès l'Antiquité, et avec les lunettes mises au point au XVIII^e siècle, on a pu commencer à les dénombrer. Il est alors facile de constater que leurs apparitions suivent un cycle régulier de 11 ans.

Aujourd'hui, les scientifiques expliquent cette cyclicité par la dynamique des champs magnétiques de l'étoile qui conduit à une inversion périodique du champ dipolaire global (il pointe alternativement nord ou sud). Ce qu'ils n'expliquent pas encore, c'est "pourquoi 11 ans ?" On peut donc dire que le Soleil n'a aucune raison scientifique connue pour suivre des cycles précis de 11 ans, et convenir que cette attente est totalement empirique. Mais il n'empêche, la cause de ce "retard" et ses implications fournissent aux chercheurs une légitime matière à réflexion.

SCIENCE & VIE

Une publication du groupe

MONDADORI FRANCE

PRÉSIDENT : Ernesto Mauri

RÉDACTION

1, rue du Colonel-Pierre-Avia,
75503 Paris CEDEX 15.
Tél. : 01 46 48 48 48 - Fax : 01 46 48 48 67
E-mail : svmens@mondadori.fr

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION
Matthieu Villiers,
assisté de Christelle Borelli

RÉDACTEUR EN CHEF
Matthieu Villiers

RÉDACTEURS EN CHEF ADJOINTS
Philippe Chambon, Hervé Poirier,
Grégoire Bouillier (édition)

DIRECTRICE ARTISTIQUE
Yvonne Diraison

CHEFS DE RUBRIQUE
Cécile Bonneau (physique),
Valérie Greffoz (astronomie),
Caroline Tourbe (médecine)

RÉDACTEURS
Boris Bellanger, Germain Chambost,
Vincent Nouyrgat, Emilie Rauscher,
Muriel Valin

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE RÉDACTION
Jean-Luc Glock

SECRÉTAIRES DE RÉDACTION
Catherine Robert, Anne Riera

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

SERVICE PHOTO-INFOGRAPHIE
Anne Levy (chef de service photo),
Clémence Gérard ; Emmanuel Jullien
(chef de service infographie)

DOCUMENTATION
Marie-Anne Guffroy

CORRESPONDANTE AUX ETATS-UNIS
Sheila Kraft, 11655, Caracas Boulevard,
Boynton Beach, Florida 33437, Etats-Unis,
tél. : (00) 1 561 733 9207 ;
fax : (00) 1 561 733 7965

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Anyforms Design, G. Adourian, S. Aquino,
S. Aubin, L. Blancard, S. Bouvart, R. Brillaud,
S. Brunier, V. Buron, O. Capronnier, G. Cirade,
M. Corniou, M. Cygler, A. Dagan, A. Debroise,
O. Donnars, V. Etienne, S. Fay, L. Fery,
M. Fontez, M. Grousson, E. Haentjens,
E. Hamonou, C. Hancock, F. Heimbürger,
M. Hubert, E. Hurault, J. Jongwane, P. Juncas,
M. Kontente, F. Lassagne, M. Laverdet,
E. Lecomte, M.-C. Madrange, C. Maillot,
D. Maume, M.-C. Mérat, D. Perrault,
C. Poisson, B. Rey, P. Richard, J.-M. Sabatié,
Y. Sciama, S. Tritz

DIRECTION-ÉDITION

DIRECTION PÔLE
Jean-Luc Breyse

DIRECTEUR DÉLÉGUÉ
Vincent Cousin

DIFFUSION

site : www.vendezplus.com.

DIRECTEUR DIFFUSION
Jean-Charles Guérault

RESPONSABLE DIFFUSION MARCHÉ
Siham Daassa

MARKETING

DIRECTEUR MARKETING
Sébastien Petit

RESPONSABLE MARKETING
Claire Leprovost

CHARGÉE DE PROMOTION
Michèle Guillet

ABONNEMENTS
Nathalie Carrère

PUBLICITÉ

DIRECTRICE EXÉCUTIVE
Valérie Camy

DIRECTRICE COMMERCIALE
Francesca Colin

DIRECTRICE DE PUBLICITÉ
Valérie Leclère

COMMERCIAUX
Virginie Commun, Lionel Dufour

ASSISTANTE
Sylvie Angerville

PLANNING
Sylvia Apodaca

TRAFIC
Véronique Alex

OPÉRATIONS SPÉCIALES
Jean-Jacques Benezech, Florence Bastid,
Anne-Sophie Chauvière

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

FABRICATION

Gérard-Laurent Greck, Alexandra Millet
(chefs de fabrication)

FINANCE MANAGER

Géraldine Pellerin-Faux

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Marie-Ange Dezellus de Narbonne
(marieange.dezellus@mondadori.fr)

ÉDITEUR : Mondadori Magazines France

Siège social : 48, rue Guynemer
92865 Issy-les-Moulineaux Cedex 9

Président et directeur de la publication :
Jean-Luc Breyse

Actionnaire principal :
Mondadori France SAS

IMPRIMEUR : Mondadori Printing S.p.A.,
Via Luigi e Pietro Pozzoni, 11
24034 Cisano Bergamasco (Bergamo)

N° ISSN : 0036-8 369

N° DE COMMISSION PARITAIRE :

1010 K 79977. Tarif d'abonnement légal :
1 an, 12 numéros : 42,80 € ; 1 an,
12 numéros + 4 HS : 52,80 €.
DÉPÔT LÉGAL janvier 2011

RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Par Internet : relations.clients@mondadori.fr
par téléphone : 01 46 48 49 00 (de 9 h à
12 h et de 13 à 17 h 30, mercredi et
vendredi, 16 h 30). par courrier : service
abonnements, 1, rue du Colonel-Pierre-
Avia, 75503 Paris Cedex 15.

Vous pouvez aussi vous abonner sur
<http://www.kiosquemag.com>
Etats-Unis et Canada : Express Mag,
8155, rue Larrey, Anjou (Québec),
H1J 2L5. Tél. : 1 800 363-1310 (français)
et 1 877 363-1310 (anglais) ; fax : (514)
355-3332. Suisse : Dynapresse, case postale
1211, Genève 1.
Belgique : Excelsior Publications,
PB 23, Poste 6, 1050 Bruxelles.
Tél. : 02 62614 26.
Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre
abonnement, envoyez-nous l'étiquette
collée sur votre dernier envoi. Les noms,
prénoms et adresses de nos abonnés sont
communiqués à nos services internes et
organismes liés contractuellement avec
S&V sauf opposition motivée. Dans ce cas,
la communication sera limitée au service
des abonnements. Les informations
pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou
de rectification dans le cadre légal. Les
manuscrits non insérés ne sont pas rendus.
Sachez que la rédaction ne reçoit que sur
rendez-vous. Copyright 1989 Science & Vie.

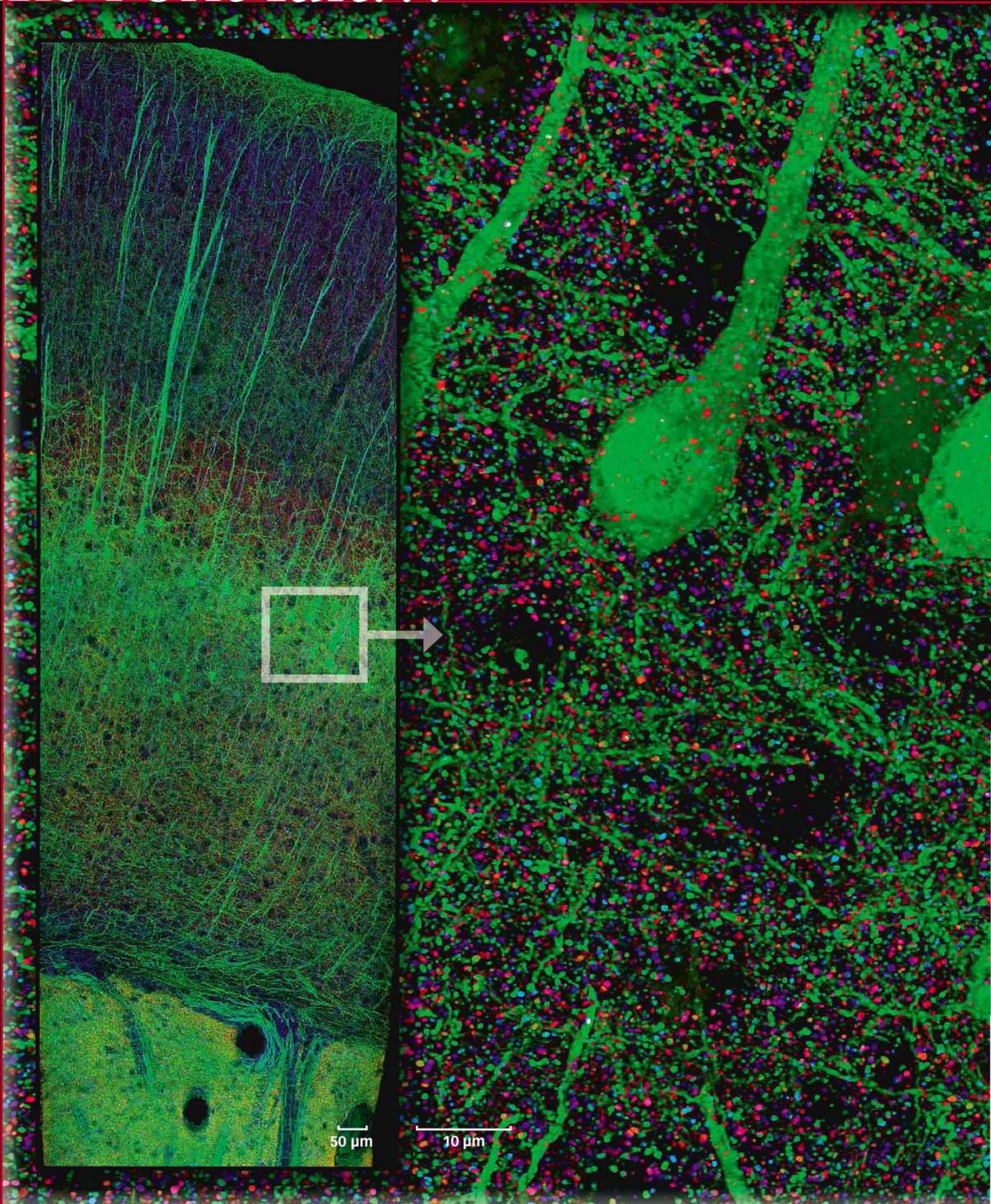
À NOS LECTEURS

RENSEIGNEMENTS
Par courrier : 1, rue du
Colonel-Pierre-Avia
75015 Paris. Par mail :
sev.lecteurs@mondadori.fr

**COMMANDE D'ANCIENS
NUMÉROS ET DE RELIURES**
Carole Zaragoza,
tél. : 01 46 48 47 18



Ils l'ont fait...





LES CONNEXIONS DANS LE CERVEAU VISUALISÉES POUR LA PREMIÈRE FOIS

Stanford (Etats-Unis), le 18 novembre. L'image donne le vertige tant la myriade de points lumineux semble s'étendre à l'infini. Et pourtant, nous sommes à l'échelle de l'infiniment petit, au cœur d'un cerveau de rat. Chacun de ces points multicolores représente une synapse, c'est-à-dire un point de jonction entre deux neurones, mesurant moins d'un millièmètre de large. Pour la première fois, une équipe de l'université de Stanford a réussi à visualiser l'organisation spatiale de ces synapses. Un exploit quand on sait qu'un seul neurone peut former des milliers de connexions avec ses voisins. C'est en utilisant une technique d'imagerie inédite que l'équipe de Kristina Micheva et Stephen Smith a pu parvenir à ses fins. Après avoir découpé un cortex de souris en tranches de 200 nanomètres (soit l'épaisseur d'un gros virus), les chercheurs ont mis ces tranches en contact avec 17 types d'anticorps "lumineux", capables de se lier spécifiquement à 17 protéines présentes au niveau des différents types de synapses. Chaque tranche ainsi colorée a ensuite été photographiée pour reconstituer une image en 3D. Le résultat est spectaculaire : les chercheurs peuvent dénombrer les synapses, et même les classer selon leur type chimique en observant le type d'anticorps auxquels elles sont liées. Les données seront toutefois complexes à analyser. Sans compter que le cortex humain compte plus de 125 milliards de synapses, soit autant d'étoiles que dans la Voie lactée. M.Co.

◀ Sur cette coupe du cerveau d'une souris (les neurones apparaissent ici en vert), on distingue des dizaines de milliers de synapses (multicolores), points de jonction entre les neurones.

Ils l'ont fait...

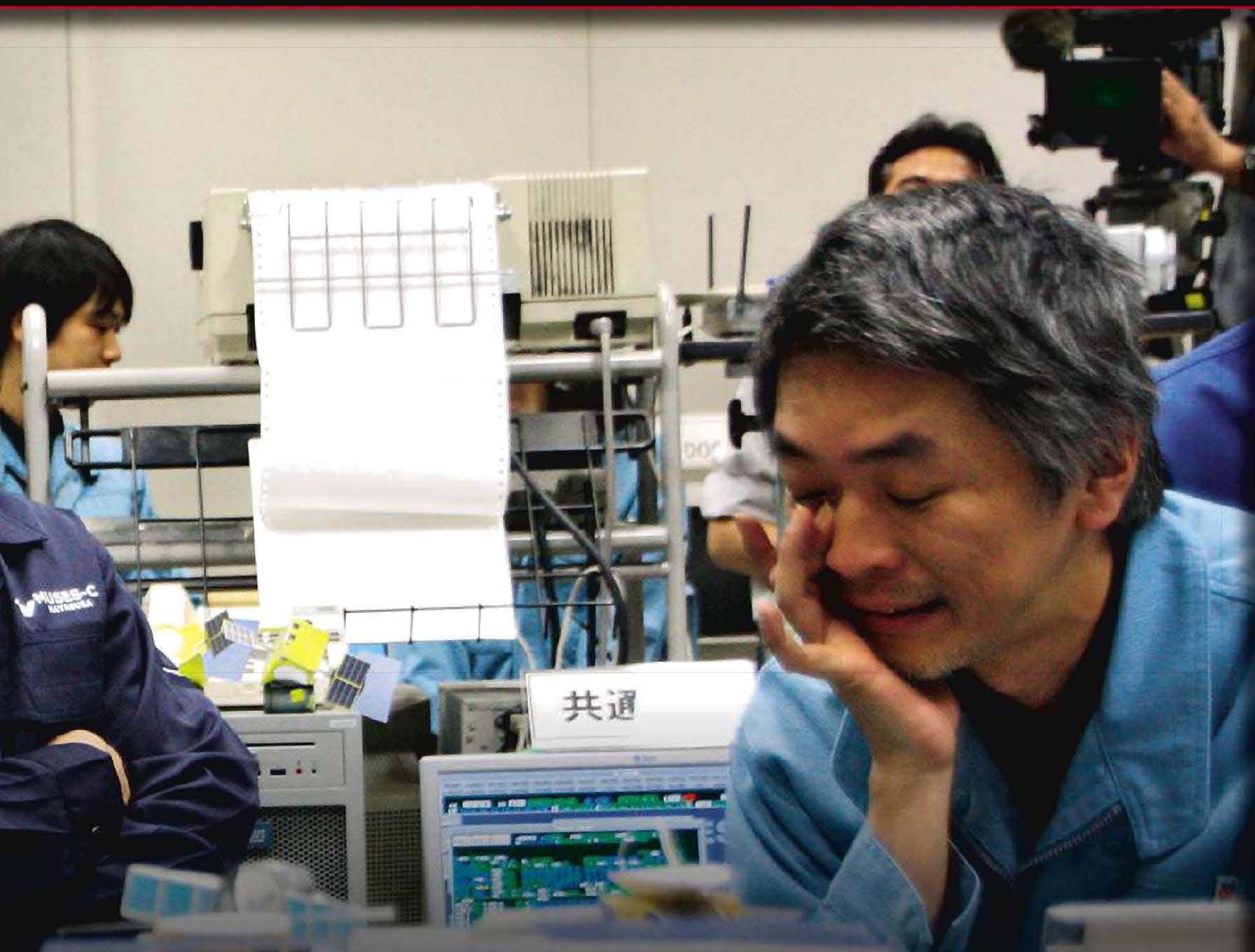


HAYABUSA A BIEN RAMENÉ DES

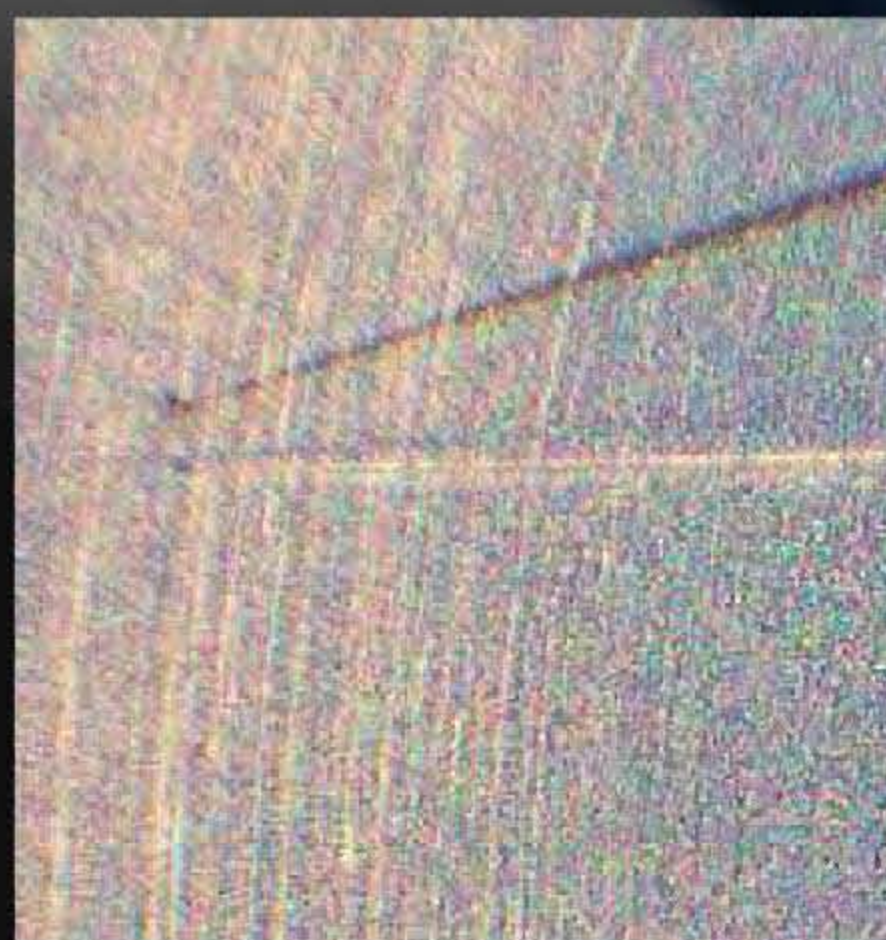
Tokyo (Japon), le 16 novembre. **Maintes fois, on a cru la sonde japonaise Hayabusa perdue. Depuis son lancement en mai 2003, le petit engin parti récolter des grains de l'astéroïde Itokawa a accumulé les problèmes: pannes de moteur en série, fuite de combustible, échec de la procédure de prélèvement d'échantillon...** *"Même le directeur de la mission n'y croyait plus",* raconte Patrick Michel, de l'Observatoire de la Côte d'Azur, qui a participé à la mission. Et pourtant, la Jaxa, l'Agence spatiale japonaise, vient de l'annoncer: *Hayabusa*, qui s'est

posée le 13 juin dernier dans le désert australien, a bel et bien ramené 1500 infimes grains minéraux extra-terrestres! Les chercheurs japonais ont en effet ouvert l'une de ses capsules, analysé au microscope électronique les quelques microgrammes de matière qu'elle contenait et, victoire: leur composition en olivine et pyroxène ne ressemble à celle d'aucune roche terrestre. Pour la première fois, les astrophysiciens vont donc pouvoir étudier des extraits d'astéroïde! Les demandes affluent déjà des laboratoires du monde entier

pour recevoir quelques précieux grains. *"Nous allons enfin savoir si nos collections de météorites sont ou non représentatives des astéroïdes qui existent dans l'espace, mais aussi valider les mesures spectrales qui nous permettent, depuis la Terre, d'étudier la composition de leur surface!",* s'enthousiasme Patrick Michel. Mieux. L'aventure n'est pas encore achevée: la Jaxa devrait commander l'ouverture de la seconde capsule d'*Hayabusa* dans les mois qui viennent. Qui sait? Elle aussi offrira peut-être son lot de poussières venues de l'espace... M.F.



POUSSIÈRES D'ASTÉROÏDE !



<V ... qui, une fois prélevées avec une pointe de quartz et analysées, ont révélé des minéraux (flèches blanches) d'origine extraterrestre.



< Revenue sur Terre le 13 juin 2010, la capsule d'Hayabusa contenait des poussières...

ARCHÉOLOGIE

Les outils taillés furent universels

En découvrant des outils de pierre vieux de plus de 30 000 ans en Afrique et en Australie, deux équipes d'archéologues réécrivent l'histoire.

Longtemps, les archéologues ont pensé que la taille des outils en pierre s'était sophistiquée en Europe et au Paléolithique supérieur, soit il y a moins de 30 000 ans. Mais deux équipes ont montré qu'Africains et Australiens utilisaient des techniques de taille élaborées bien avant. Ainsi, il y a 75 000 ans sur le site de Blombos, en Afrique du Sud, *"après avoir grossièrement taillé la pierre avec un percuteur, d'abord en pierre puis en bois, le tailleur la retouchait en appuyant un outil en os pour en détacher de petits fragments et ainsi obtenir des pointes bifaciales aux bords plus aiguisés"*, explique Vincent Mourre, préhistorien à l'Inrap. En s'essayant à la taille de pierre, le chercheur a ainsi démontré, avec ses collègues, que les pointes de silex découvertes sur le site africain avaient été taillées grâce cette technique de "retouche par pression", alors que les traces les plus

anciennes de cette technique avaient été retrouvées sur des sites solutréens vieux de 20 000 ans. Quant à l'équipe de Bruno David, archéologue à l'université Monash à Melbourne, elle a découvert dans le nord de l'Australie, sur le site aborigène de Nawarla Gabarnmang, un fragment de hache en pierre polie remontant à 35 000 ans. *"Le polissage de la pierre à l'aide d'une roche plus dure était utilisé en Europe il y a 30 000 ans pour sculpter les Vénus paléolithiques mais pas pour fabriquer des outils. Jusqu'à présent, les plus anciens outils en pierre polie, découverts en Asie, dataient d'il y a 22 000 à 30 000 ans"*, explique Jean-Michel Geneste, directeur du Centre national de préhistoire de Périgueux, qui codirige les fouilles australiennes. **C.H.**

> Les pointes européenne (1) et africaine (2) et la hache australienne (3) ont été taillées avec le même soin.





2



3



NEUROSCIENCES

Des impulsions électriques rendent meilleur en maths

Un léger picotement dans le cuir chevelu : voilà qui suffit à améliorer nos facultés mathématiques ! Des chercheurs de l'université d'Oxford ont présenté à des volontaires des paires de symboles, leur demandant, pour chacune, quel symbole était le plus grand. Sachant si leur réponse était correcte ou non, les volontaires affinaient leur classement (les symboles correspondaient aux chiffres de 1 à 9 sans qu'ils le sachent). La moitié d'entre eux recevaient, via des électrodes sur le crâne (à l'aplomb du lobe pariétal du cerveau), un léger courant (1 mA). Résultat : les volontaires ayant reçu la stimulation électrique classaient les symboles plus vite et en faisant moins d'erreur que les autres ! Pourquoi ? Stimulés par le courant, les neurones du cortex pariétal sont plus actifs. Cet effet pourrait aider les personnes ayant perdu des facultés mathématiques à la suite d'une attaque cérébrale, d'un accident ou d'une maladie. **F.L.**

ÉVOLUTION

IL N'Y A PAS QUE LES MÂLES QUI SAVENT SÉDUIRE

Si les nageoires pelviennes des femelles Pelvicachromis taeniatus sont particulièrement larges, c'est pour séduire les mâles. Sebastian Baldauf et son équipe de l'université de Bonn (Allemagne) ont en effet démontré que le choix du partenaire était celui du mâle. D'après les chercheurs, de larges nageoires pelviennes sont synonymes de bonne condition physique, donc de meilleurs soins parentaux et chances de survie. E.Hu.

> Ce sont leurs nageoires qui rendent les femelles attirantes.



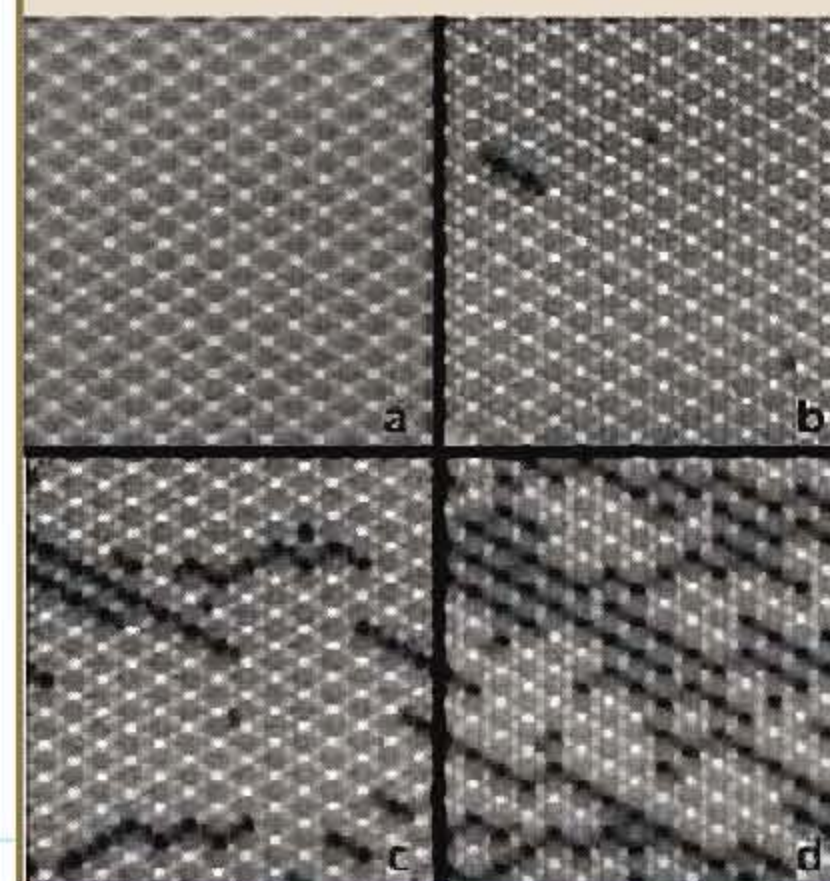


On en
reparle

Des mono- pôles ont pu être photo- graphiés

En janvier 2010, S&V (n° 1108, p. 98) annonçait la production d'un monopôle magnétique. Cet objet, théorisé en 1931, est la moitié d'un dipôle, c'est-à-dire un aimant uniquement nord ou sud. Il y a un an, ce sont des analogues de telles charges élémentaires, générés dans un matériau magnétique nommé "glace de spin", qui avaient été produits. Une étude signée par Elena Mengotti, de l'Institut Paul-Scherrer, à Villigen (Suisse), et ses collègues, frappe encore plus fort aujourd'hui: les chercheurs ont réussi à filmer l'émergence et le mouvement de tels objets dans une glace de spin: grâce à un microscope surpuissant, on peut voir des monopôles de charges opposées apparaître à l'extrémité de cordes (dites "cordes de Dirac") qui les relient. C.B.

▼ Des cordes de Dirac apparaissent et grandissent avec, à leurs extrémités, des monopôles.



A.DEVOUARD/REA - MINDEN PICTURES/GETTY - PSI



NEUROSCIENCES

Les nouveau-nés peuvent se perdre dans leurs pensées

Les zones du cerveau liées à l'introspection et aux rêves éveillés sont presque entièrement formées chez le nouveau-né. David Edwards, de l'Imperial College de Londres, et ses collègues ont scruté, grâce à l'IRM, le cerveau de nouveau-nés ayant passé entre 29 et 43 semaines

in utero. Résultat: après 30 semaines de grossesse, un réseau important de structures éparses est présent. Or, ce réseau correspond à des régions que l'adulte recrute par défaut lorsqu'il ne focalise pas son attention de manière consciente. Défini comme un état de repos dans lequel on

plonge pour se perdre dans nos pensées, cet état place en réalité le cerveau en activité: propice pour penser à soi, au passé et au futur. Presque complet à la naissance, cet état de nature inconsciente pourrait permettre de poser les fondations à l'élaboration de la conscience. V.B.

ÉTHOLOGIE

LES FLAMANTS ROSES SE MAQUILLENT POUR SÉDUIRE

*Les flamants roses ravivent régulièrement leur couleur en s'enduisant de pigments rouge orangé sécrétés par leur glande uropygienne, située à la base de leur queue. Selon l'Espagnol Juan Amat et ses collègues, *Phoenicopterus roseus* frotte ainsi ses joues contre ce maquillage naturel à base de caroténoïdes, et lisse ensuite ses plumes avec sa tête, pour mieux séduire ses partenaires à la saison des amours.*

R.B.



INFINIMENT PLUS QU'UNE SOLUTION DE STOCKAGE VOTRE BIBLIOTHÈQUE NUMÉRIQUE PAR LG.

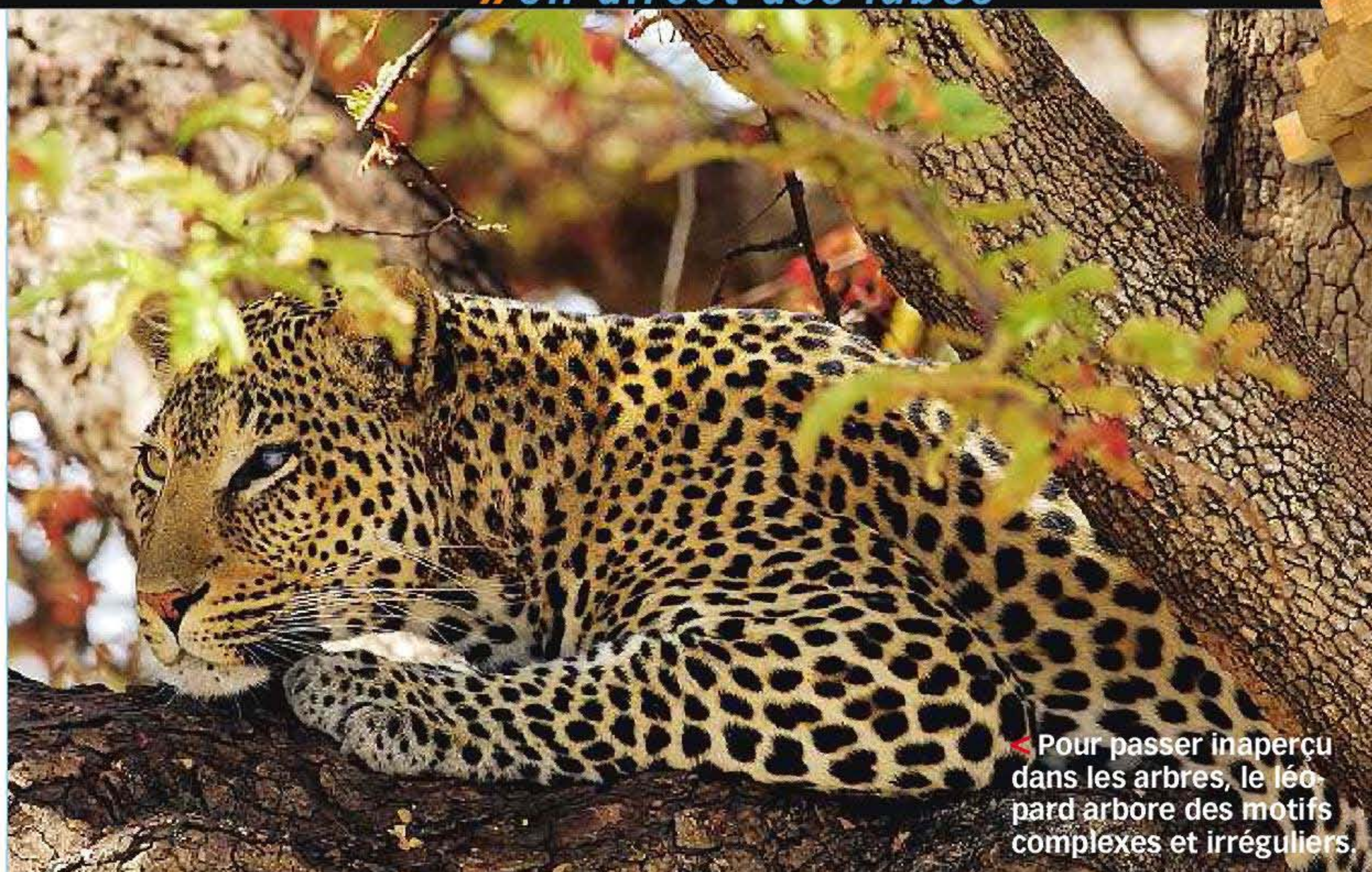
Stockez, sécurisez, partagez... Découvrez la gamme NAS⁽¹⁾ par LG qui va révolutionner la gestion de vos données. Accédez à vos images, musiques et vidéos depuis un ordinateur, un smartphone ou une tablette multimédia et partagez les où que vous soyez dans le monde avec l'accès à distance⁽²⁾. Dotés d'un lecteur/graveur Blu-ray (sur les NAS N2B1 et N4B2) et d'une très grande capacité de stockage, ils sont compatibles avec Linux, Mac et PC et offrent des possibilités infinies d'utilisation de vos données. Avec les NAS LG, vos données ne vous quitteront jamais.



www.lg.com/fr



Life's good = La vie est belle. (1) NAS : Network Attached Storage = Serveur de stockage réseau. (2) Sous réserve d'un accès à Internet minimum de 1Mb/s.



« Pour passer inaperçu dans les arbres, le léopard arbore des motifs complexes et irréguliers »

D'où viennent nos lointains ancêtres anthropoïdes ?

On sait que le berceau de la lignée humaine est africain. Mais nos ancêtres plus lointains viennent-ils d'Asie ou d'Afrique ? On a longtemps cru que les premiers anthropoïdes (l'ensemble des primates à l'exception des lémuriens et des loris) étaient africains. La découverte de fossiles chinois vieux de 45 millions d'années indique qu'ils seraient nés en Asie, puis auraient migré vers l'Afrique. Mais 22 petites dents vieilles de 38 à 39 millions d'années et appartenant à 3 espèces viennent d'être découvertes au Dur At-Talah, en Lybie. Pour expliquer cette diversité, l'arrivée de leur ancêtre asiatique doit être reculée de quelques millions d'années. Il aurait ensuite évolué pour donner les 3 espèces du Dur At-Talah, dont le *Talahpithecus*, le plus vieil anthropoïde de notre lignée... qui serait donc né en Afrique. Mais pour Jean-Jacques Jaeger (université de Poitiers) qui a participé à la découverte, on peut aussi imaginer une émigration de masse, plus récente. Une hypothèse d'autant plus probable que le site abrite aussi plusieurs groupes de rongeurs d'origine asiatique. Dans ce cas, notre plus lointain ancêtre anthropoïde viendrait... d'Asie.

V.E

ÉVOLUTION

Le pelage des félins s'accorde avec leur mode de vie

Pourquoi le léopard a-t-il des taches ? Pour se camoufler ! William Allen de l'université de Bristol et ses collègues viennent en effet de démontrer que le pelage des félins varie selon leur habitat et leur mode de vie. Ils ont modélisé et classé les motifs de 35 espèces de pumas, lynx, panthères, servals

ou chats sauvages. Puis ils les ont comparés, selon une méthode statistique, à différents critères, tels que le milieu où évolue l'animal et son activité (nocturne ou diurne, au sol ou dans les arbres...). Résultat : les félins qui vivent dans des habitats denses, dans des forêts tropicales ou qui passent

beaucoup de temps dans les arbres ont tendance à arborer des motifs complexes et irréguliers. En revanche, ceux qui fréquentent les prairies et les plaines ont le plus souvent un pelage simple, voire une robe unie. Seul le tigre, avec ses rayures verticales, résiste à cette théorie.

R.B.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

LES PLANTES RÉSISTENT AU FROID DE MULTIPLES FAÇONS

On savait que les plantes s'adaptent au froid, notamment en accumulant des sucres antigels dans leurs cellules. L'Américain Eric Moellering a découvert un nouveau mécanisme chez Arabidopsis : les membranes de ses chloroplastes, siège de la photosynthèse, détruites par la déshydratation que le froid provoque, parviennent à se stabiliser grâce à un jeu de transferts de sucres entre des lipides de leur enveloppe. S.Bo.



**“Mon métier ? Développer
de nouveaux marchés
pour l'énergie solaire.”**

Martin, Total,
Direction solaire Photovoltaïque.

**“Le mien, créer des
cellules photovoltaïques
plus performantes.”**

Périne, Total, Chercheuse R&D
détachée à l'IMEC*.

* Interuniversity MicroElectronics Center / Belgique

Notre engagement dans le solaire
est une réalité. Il se construit sur
une politique de R&D et d'innovation
pour rendre l'énergie solaire plus
compétitive et accessible à tous.

www.total.com

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

Notre énergie est votre énergie



TOTAL

PHYSIQUE DES MATÉRIAUX

On a compris comment les plis se forment. Tendez la main, paume vers le sol. Avec le pouce et l'index de l'autre main, comprimez votre peau pour que des plissements réguliers apparaissent. Si vous pressez plus, un pli sur deux s'atténue tandis que les autres doublent de hauteur. Voilà ce qu'a constaté et mis en équation Fabian Brau de l'université de Mons (Belgique) et son équipe en comprimant un polymère élastique. Or, ce phénomène de "doublement de période" était déjà connu chez une autre famille de systèmes physiques : les pendules à lon-



COURTESY SCIENCE/AAAS - F. BRAU P. GOETGHELUCK/BIOSPHOTO

▲ Un pli sur deux s'atténue, la hauteur des autres double.

gueur variable, dont l'oscillation obéit aux mêmes lois... "La découverte de cette similarité va permettre de transposer les méthodes de calculs théoriques bien connues pour les pendules à la formation des plissements", explique un membre de l'équipe, Arezki Boudaoud, du CNRS. Ce rapprochement éclaire un pan de la science des matériaux, et concerne aussi bien le vieillissement de la peau que la formation des chaînes de montagnes. **B.R.**

< C'est au Pérou que ces plumes fossiles ont été découvertes.

PALÉONTOLOGIE

Ces plumes de manchot sont âgées de 36 millions d'années

L'animal avait des plumes et des écailles, mesurait environ 1,50 m et vivait près de l'équateur il y a plus de 36 millions d'années. *Inkayacu paracasensis*, ou "roi des eaux", est le plus lointain ancêtre du manchot empereur. Une équipe internationale vient d'en mettre au jour un squelette

presque complet au Pérou, accompagné de vestiges biologiques fossilisés. Les paléontologues ont ainsi pu étudier la distribution de ses "mélanosomes", petites structures cellulaires des plumes, dont la forme détermine la couleur et la rigidité. Résultat : l'oiseau arborait un plumage rouge-

brun et gris, bien différent de l'actuel noir et blanc. Une évolution stratégique, selon Rodolfo Salas-Gismondi, du Muséum d'histoire naturelle à Lima (Pérou) et coauteur de l'étude : "Sa coloration actuelle lui permet d'échapper à la vigilance des prédateurs et des proies dans l'eau." **V.B.**

BIOLOGIE ANIMALE

LA FEMELLE BOA PEUT SE REPRODUIRE SEULE!

Une femelle constrictor née en captivité aux Etats-Unis a donné naissance à des bébés femelles, qui ne portaient que ses chromosomes. "Extrêmement rare chez les vertébrés, la parthénogenèse avait été observée chez des requins mais c'est la première fois qu'elle aboutit à une descendance viable et aussi nombreuse", s'enthousiasme Warren Booth (université de Caroline du Nord).

C.H.



trimestriel

253

HORS
SÉRIE

SCIENCE & VIE

Matériaux

Des propriétés
stupéfiantes

Médecine

Les robots
guérisseurs
s'infiltrent
en nous



NANO TECHNOLOGIES

*La révolution
invisible*

Questions / Réponses
Tout savoir sur les "nanos"

En vente actuellement

SCIENCE & VIE
découvertes

Pour les 8-12 ans

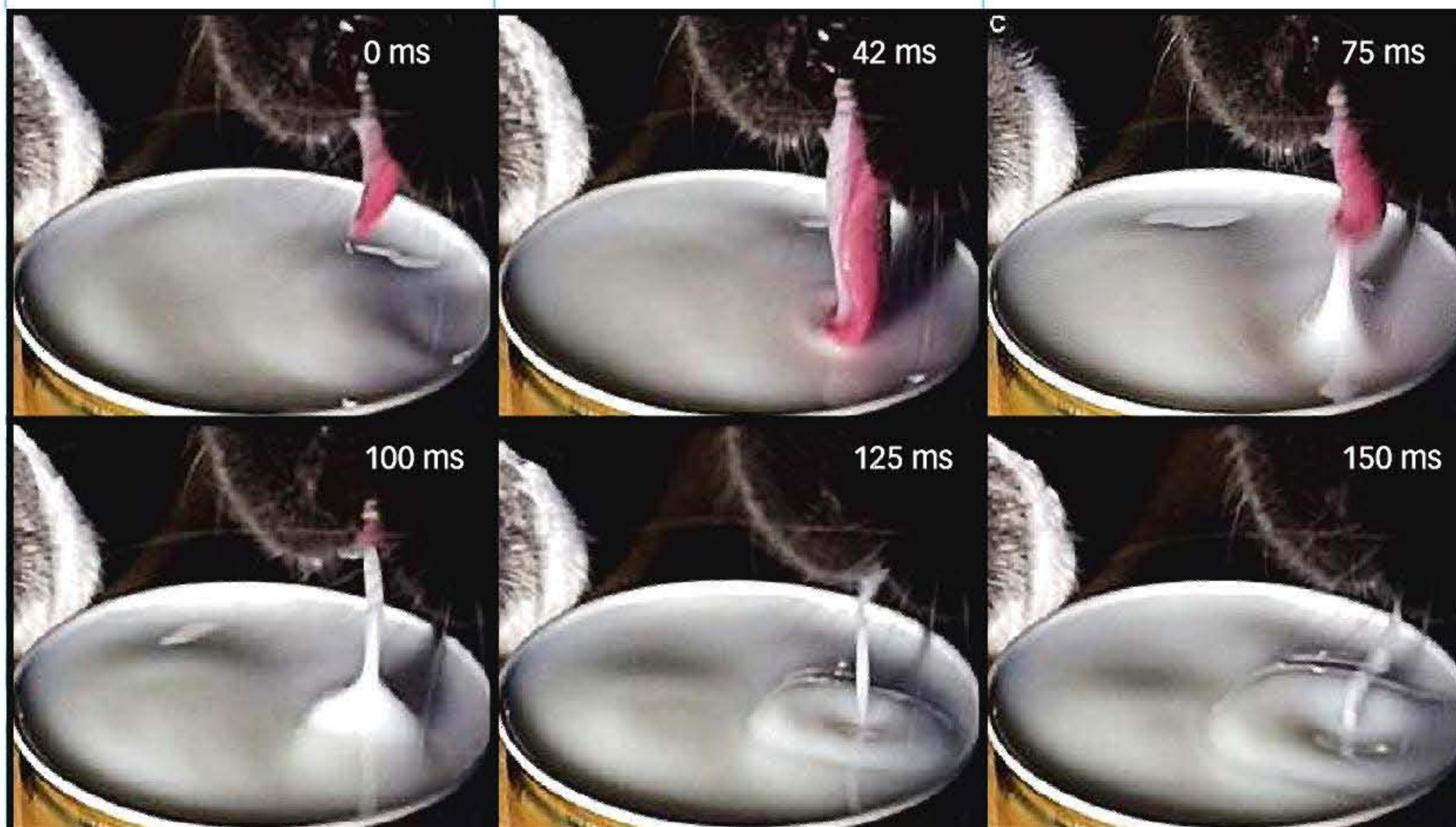
SCIENCE & VIE
JUNIOR

pour les 13-17 ans

LES
CAHIERS
SCIENCE & VIE

LES RACINES DU MONDE

SCIENCE & VIE



▲ En rétractant sa langue, le chat entraîne une colonne de liquide qui remonte par inertie.

MÉCANIQUE DES FLUIDES

Pour boire, le chat déjoue les lois de la physique

Etangs, lacs et ruisseaux étant essentiellement horizontaux, les animaux sont obligés de composer avec les lois de la physique pour se désaltérer... Pedro Reis, du MIT, et ses collègues viennent de montrer, en observant un chat à l'aide de caméras à haute vitesse, que son lapement était dicté

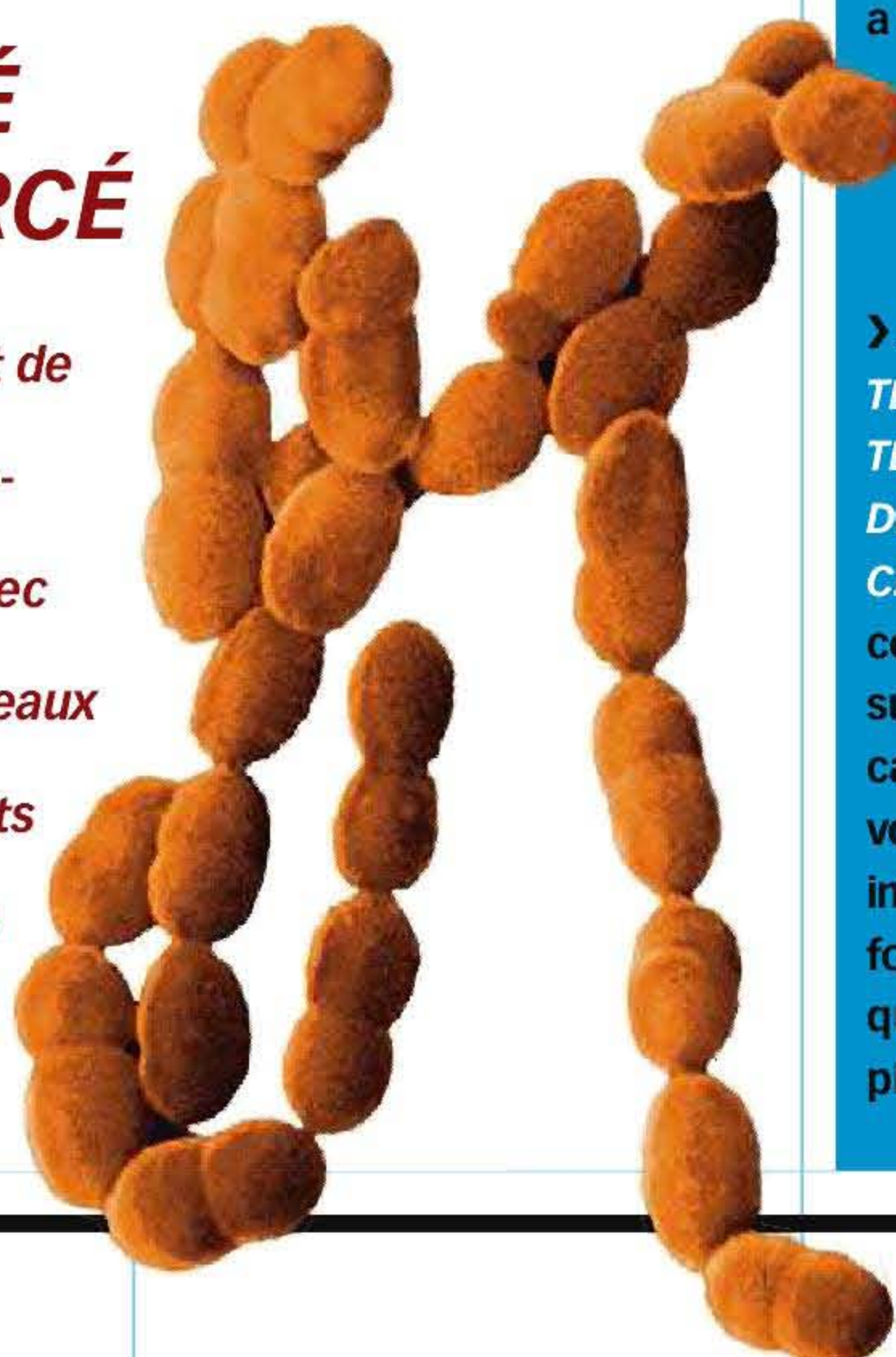
par un délicat équilibre entre la force d'inertie et la gravité. Contrairement au chien, il ne peut pas se servir de sa langue comme d'une cuillère, et ses joues ne sont pas assez grosses pour qu'il puisse aspirer l'eau comme le mouton ou le cheval. Le chat effleure donc le liquide du bout de sa

langue, puis, en la rétractant, entraîne une colonne d'eau qui remonte, par inertie, jusqu'à sa bouche. Mais il doit faire vite pour que la gravité ne fasse pas retomber le liquide: près de quatre lapements par seconde! Lions, panthères et tigres, plus gros, lapent plus lentement. **C.M.**

GÉNÉTIQUE

LE SECRET DE L'IMMUNITÉ DES BACTÉRIES A ÉTÉ PERCÉ

*Comment une bactérie se protège-t-elle des virus et de ses congénères? En étudiant Streptococcus thermophilus, des chercheurs de l'université Laval au Québec ont découvert que la bactérie sélectionne des morceaux d'ADN de son agresseur qu'elle intègre à des endroits précis de son génome pour s'immuniser. C'est aussi de cette façon que certaines bactéries acquièrent des gènes de résistance aux antibiotiques. **O.D.***



En bref...

► **ON PEUT ATTIRER LES MOUCHES AVEC DU VINAIGRE!** Faisant mentir l'adage, des chercheurs ont montré que l'arum de Palestine émet un mélange de six composés volatils mimant l'odeur du vinaigre: la plante active ainsi, chez les drosophiles, les mêmes régions du système nerveux que l'odeur des fruits fermentés, les transformant en pollinisatrices. **C.H.**

► **LA SOLIDARITÉ ENVERS LES PLUS FAIBLES A AU MOINS 500 000 ANS.**

Pour preuve, les lésions identifiées sur le bassin et la colonne vertébrale d'un squelette découvert sur le site d'Atapuerca (Espagne): invalide, ce vieillard (plus de 45 ans!) aurait été incapable d'assurer seul sa subsistance. **V.E.**

► **UNE BALEINE À BOSSE A EFFECTUÉ LA PLUS LONGUE MIGRATION RECENSÉE CHEZ LES MAMMIFÈRES.**

Repérée au Brésil par des biologistes américains, elle a été photographiée deux ans plus tard au large de Madagascar, soit 9800 km plus loin! **R.B.**

► **A MESURE QU'UN PIANISTE S'ENTRAÎNE, SON CORTEX CÉRÉBRAL ACQUIERT DE NOUVELLES COMPÉTENCES:** en plus de gérer les connaissances théoriques sur l'instrument, il devient capable de contrôler le savoir-faire du musicien, logé initialement dans les profondeurs du cerveau. De quoi lui permettre de jouer plus aisément. **V.B.**

SCIENCE & VIE

présente

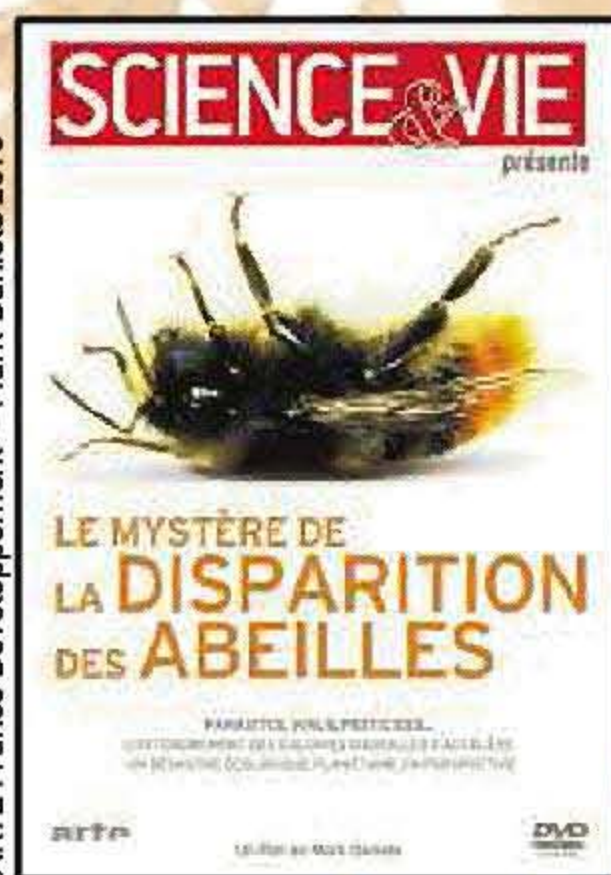
Le coffret collector Biodiversité

Science & Vie vous propose d'acquérir ce coffret regroupant 5 documentaires sélectionnés par la rédaction sur la thématique de la biodiversité, au prix exceptionnel de 39,90 €.

OFFRE SPÉCIALE!
39€90
SEULEMENT
Frais de port offerts!



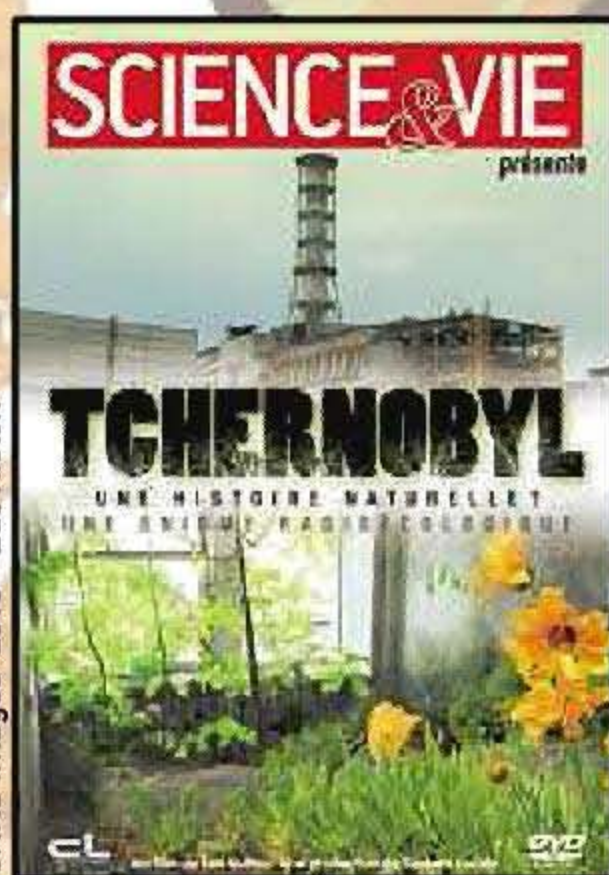
© 2010 ARTE France - Telfrance, Galafilm - 2010 DVD
ARTE France Développement - Mark Daniels 2010



Le mystère de la disparition des abeilles

Meilleure audience documentaire sur Arte en 2010, sélectionné au festival Pariscience 2010. Enquête sur un désastre écologique mondial qui pourrait mettre en péril l'humanité tout entière... Ce film fait le bilan des connaissances scientifiques, explore les hypothèses et remet en question nos pratiques agricoles et notre modèle de société.

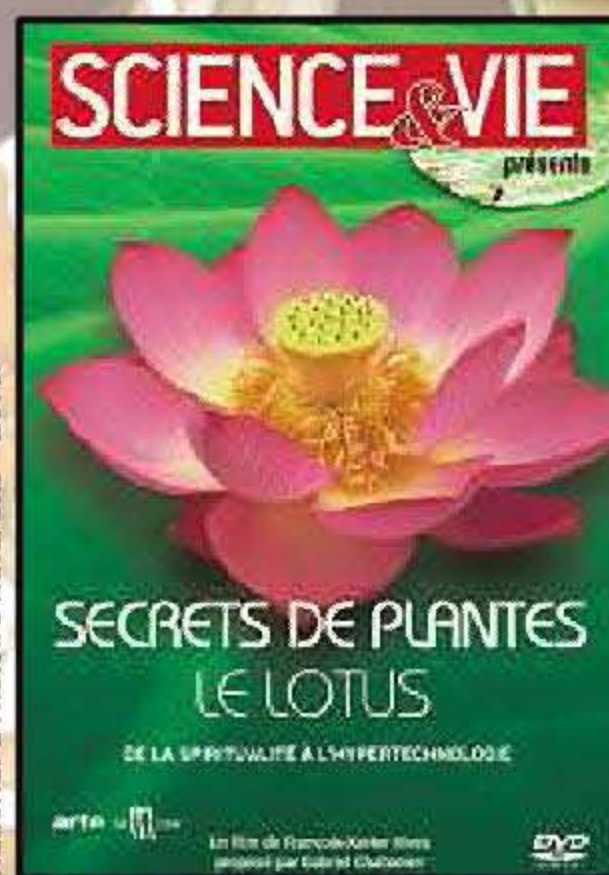
© Arte France - Camera Lucida productions - CNRS Images 2010 - Luc Riolon



Tchernobyl, une histoire naturelle

Deuxième meilleure audience pour un documentaire sur Arte en 2010, ce film a remporté trois grands prix lors de festivals, dont le Prix Buffon du meilleur film traitant de la biodiversité au Festival Pariscience 2010. Une plongée dans un no man's land étrange où géochimistes, zoologues et radioécologues font de troublantes découvertes.

© ARTE France - LE MIROIR - CNRS Images - Muséum national d'Histoire naturelle - 2010.



Secrets de plantes, le lotus

Récompensé au festival Ekotopfilm 2010. Le lotus, symbole intemporel de pureté et d'élévation spirituelle, est aujourd'hui l'emblème d'une révolution technologique. Ses étonnantes propriétés hydrophobes lui permettent de repousser l'eau et de garder ainsi ses feuilles immaculées. Les chercheurs perçent enfin le secret de cet «effet-lotus».

© David Warth Productions - 2008



Au cœur des forêts humides

Non seulement les forêts tropicales sont riches d'une grande biodiversité, mais elles absorbent le gaz carbonique et favorisent la formation de nuages qui aident à refroidir la planète. Comment préserver les forêts tropicales, essentielles au ralentissement du réchauffement climatique? Des images superbes d'une nature à préserver.

© Universcience.tv - France Télévisions - Mosaïque Films - 2010



L'abécédaire de la biodiversité

Cet Abécédaire, réalisé en partenariat avec Science&Vie, est composé de 26 films courts d'animation. Il apporte un regard différent sur la diversité biologique, car derrière la question de la conservation de la nature, c'est surtout la question du vivant, des conditions nécessaires à son émergence, à sa reproduction et à sa diversité qui sont en jeu.

BON DE COMMANDE

À RETOURNER SOUS PLI AFFRANCHI AVEC VOTRE RÉGLEMENT À
SCIENCE & VIE - SERVICE VPC - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA 75503 CEDEX 15

☐ **Oui, je commande le coffret collector 5 DVD, au prix de 39,90 €**

Le total de ma commande est de€

Je règle par:

☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie ☐ Carte bancaire

N°

Expire à fin

Code crypto les 3 chiffres au dos de votre CB

COMMANDEZ EN LIGNE SUR LE SITE
www.kiosquemag.com
C'EST RAPIDE, PRATIQUE, FACILE ET SÉCURISÉ

Vous pouvez aussi commander par téléphone au **01.46.49.47.08**

Date et signature obligatoires

Voici mes coordonnées:

Si vous êtes abonné, votre N° (1 lettre et 7 chiffres):

Nom:

Prénom:

Adresse:

Complément d'adresse

Code postal:

Ville:

Tél:

Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande

Email:

☐ Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science&Vie (groupe Mondadori).

Conformément à la loi informatique et libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

Offre valable en France métropolitaine dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 31/12/2011.

611871

ÖTZI

Un crime non classé

Ötzi, la fameuse momie découverte en 1991, n'a peut-être pas été tué là où on l'a trouvé. Car pour deux chercheurs, le crime fut commis ailleurs et à un autre moment. De quoi rouvrir le dossier...

L'affaire Ötzi, ou Hibernatus pour les Français, serait-elle finalement non classée, 5 300 ans après les faits (voir S&V n° 1053, p. 152)? Une chose est sûre : la querelle enfle, à 3 210 m d'altitude, dans les alpes tyroliennes, autour de la mort de la momie découverte par hasard en 1991. Parce que deux experts remettent en question le scénario officiel du "crime préhistorique" soutenu par le musée d'Archéologie du Sud Tyrol et l'académie de Bolzano-Institut pour les momies, en charge du précieux corps.

DEUX POINTS CRUCIAUX

Jusqu'ici, la reconstitution admise décrit un *Homo sapiens* traqué et fuyant un violent affrontement dans la vallée située 1 500 m plus bas, pour se réfugier dans la montagne enneigée. Sans succès : il aurait été rattrapé et une flèche aurait mis fin à sa cavale, en

transperçant son épaule gauche et son artère.

Blessé, le malheureux Ötzi aurait alors agonisé seul, en début d'été.

Mais voilà, l'archéologue Alessandro Vanzetti, de l'université de Rome, et l'anthropologue Luca Bondioli, du musée national de Préhistoire et d'Ethnographie de Rome, contestent ce scénario sur deux points cruciaux : la date et le lieu du crime. Pour ces deux spécialistes, le crime aurait été perpétré dès le printemps et dans la vallée !

La présence du cadavre dans la montagne s'expliquerait par le fait qu'il y aurait été acheminé par ses proches à la fin de l'été, dans un ultime hommage. Autrement dit, ce qui semblait une scène de crime serait plutôt un site d'inhumation. →





La nouvelle théorie conteste le lieu du crime

Alors que la thèse officielle conclut à la mort d'Ötzi dans la montagne, là où il fut retrouvé, le nouveau scénario affirme qu'il est mort dans la vallée, puis qu'il fut transporté 1 500 m plus haut pour un dernier hommage. La "scène de crime" serait en fait un site funéraire.



Lieu de la découverte d'Ötzi (3 210 m d'altitude)

AUTRICHE

ITALIE

Trajet présumé de la dépouille

Lieu où Ötzi aurait été tué (1 700 m d'altitude)

5 km

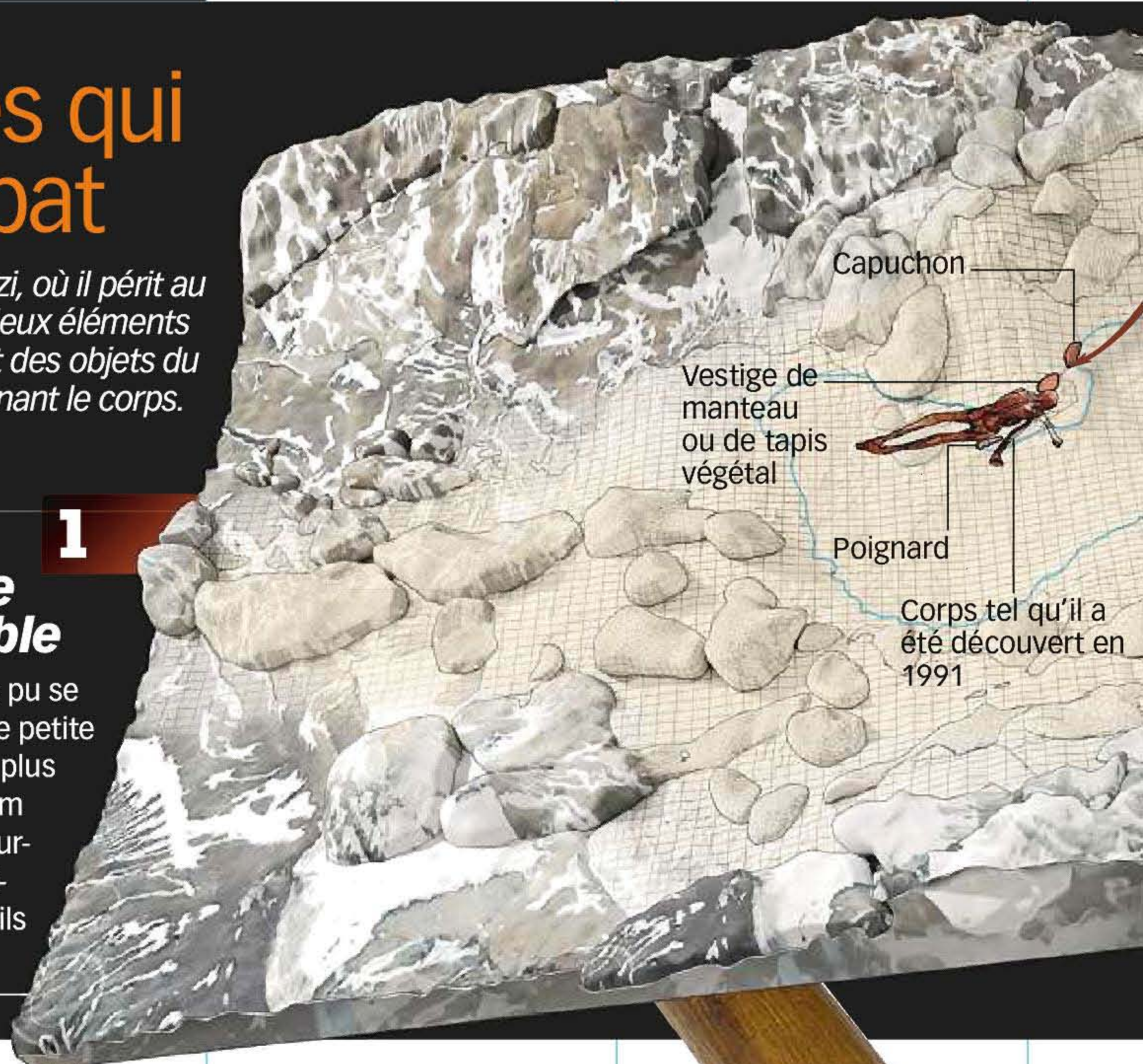
Les deux indices qui relancent le débat

Dans le scénario classique de la mort d'Ötzi, où il périt au début de l'été après une traque violente, deux éléments posent question : la disposition du corps et des objets du défunt, et les différents pollens accompagnant le corps.

1 Des éléments de la "scène de crime" sèment le trouble

Analysé finement pour la première fois, le site révèle une étrange répartition du corps et du matériel qui l'accompagnait : si Ötzi est mort là où gisait son corps en 1991, comment son sac à dos, sa hache

et son arc ont-ils pu se retrouver sur une petite plate-forme 5 m plus loin et surtout 1 m plus haut ? Et pourquoi ses poursuivants ne les ont-ils pas volés ?



→ Comment les mêmes pièces à conviction peuvent-elles alimenter des scénarios si différents ? Les enquêteurs avaient soulevé des incohérences après les premières constatations. Concernant la victime, déjà. Ötzi était un vieil homme au moment de sa mort (45 ans d'après l'étude de ses os), blessé à la main, atteint d'arthrose et de troubles intestinaux. Il aurait pourtant trouvé la force de gravir une montagne pour fuir... tout en emportant un matériel impressionnant : un kit pour faire du feu, des champignons, sa hache de cuivre (signe de richesse), un poignard, des sacs en écorce de bouleau et des vêtements. Sans compter ses poches pleines d'outils de pierre et un immense arc en if d'1,80 m (contre 1,59 m pour Ötzi) inachevé ! Et un carquois aux flèches souvent sans pointe.

"C'est vrai qu'un contexte rituel expliquerait mieux la présence de ces artefacts inachevés découverts sur le site, admet Klaus Oeggl, de l'université d'Innsbruck, botaniste et spécialiste de la momie, partisan de la théorie classique. Mais découvrir du matériel funéraire sur place, comme des structures en pierre, donnerait plus de poids à cette thèse." Car pour l'heure, les lieux n'ont encore rien révélé de tel.

LE SITE RÉEXAMINÉ

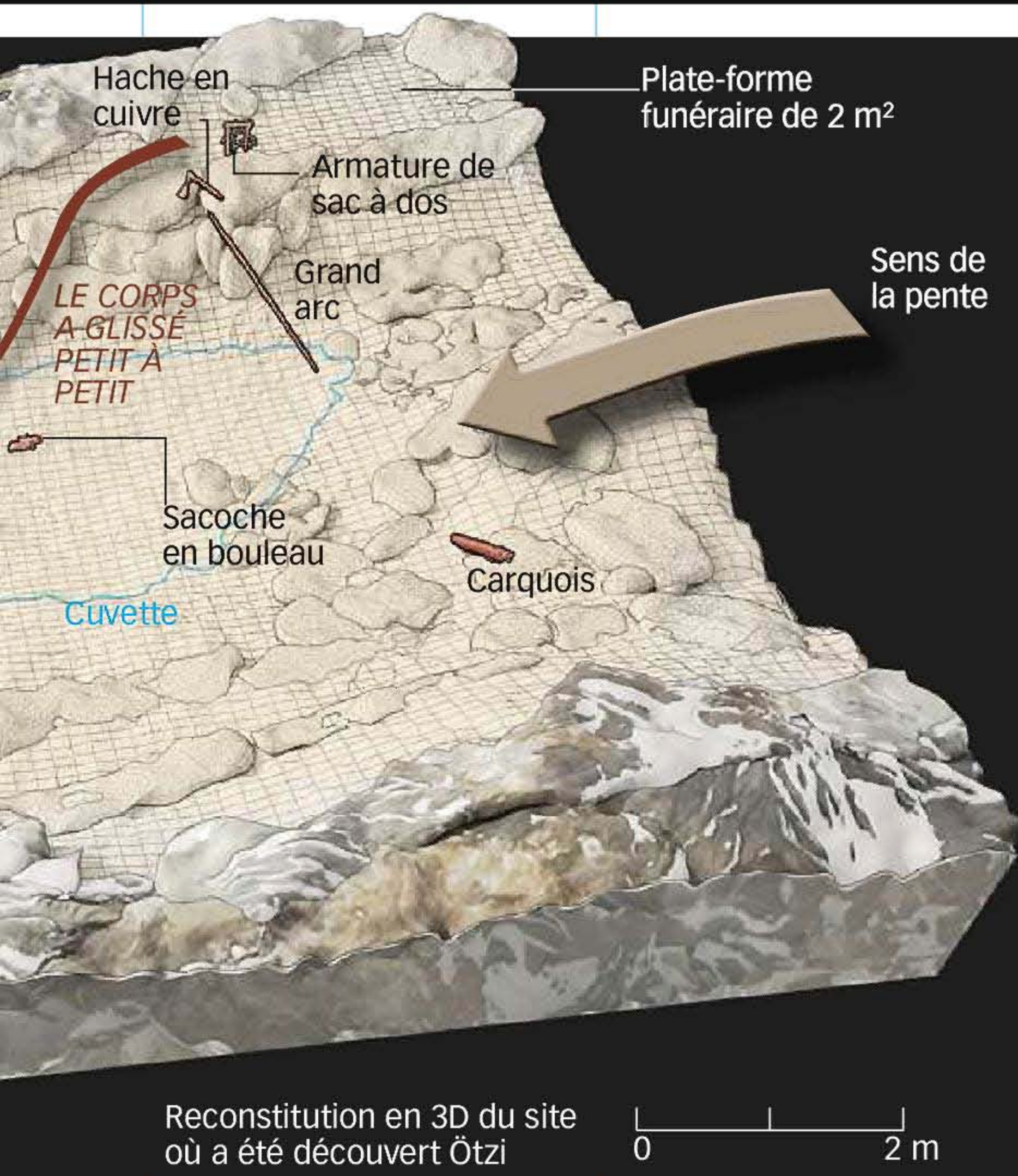
Reste que l'analyse spatiale poussée du site, la première, et le réexamen des photos du lieu par les spécialistes romains a mis au jour quelque chose. Le corps a été retrouvé allongé sur le ventre dans une petite dépression entre deux crêtes, son matériel disséminé

▼ La hache en cuivre d'Ötzi est un objet rare et précieux, signe d'un statut social élevé.



autour de lui... jusqu'à une plate-forme de 2 m² située 5 m plus loin et 1 m plus haut (voir encadré ci-dessus, indice 1). Les aurait-il perdus dans ses derniers mètres de course ? Difficile à admettre pour son sac à dos, retrouvé justement sur la plate-forme. Bondioli et Vanzetti en concluent qu'il y a 5 300 ans, le corps n'était pas là où il fut découvert en 1991, mais sur cette plate-forme. "Par des

méthodes statistiques d'analyse du terrain afin de le reconstituer, les auteurs ont prouvé qu'Ötzi était à l'origine localisé plus au sud-est, sur cette petite arête où son sac à dos, sa hache et son arc ont été retrouvés. Objets et corps ont été dispersés au cours des cycles de gel et dégel de la glace environnante", détaille Klaus Oeggl. Pris dans une boue glacée protectrice, Ötzi aurait dévalé au fil du temps quelques mètres avant qu'un rocher ne bloque sa lente

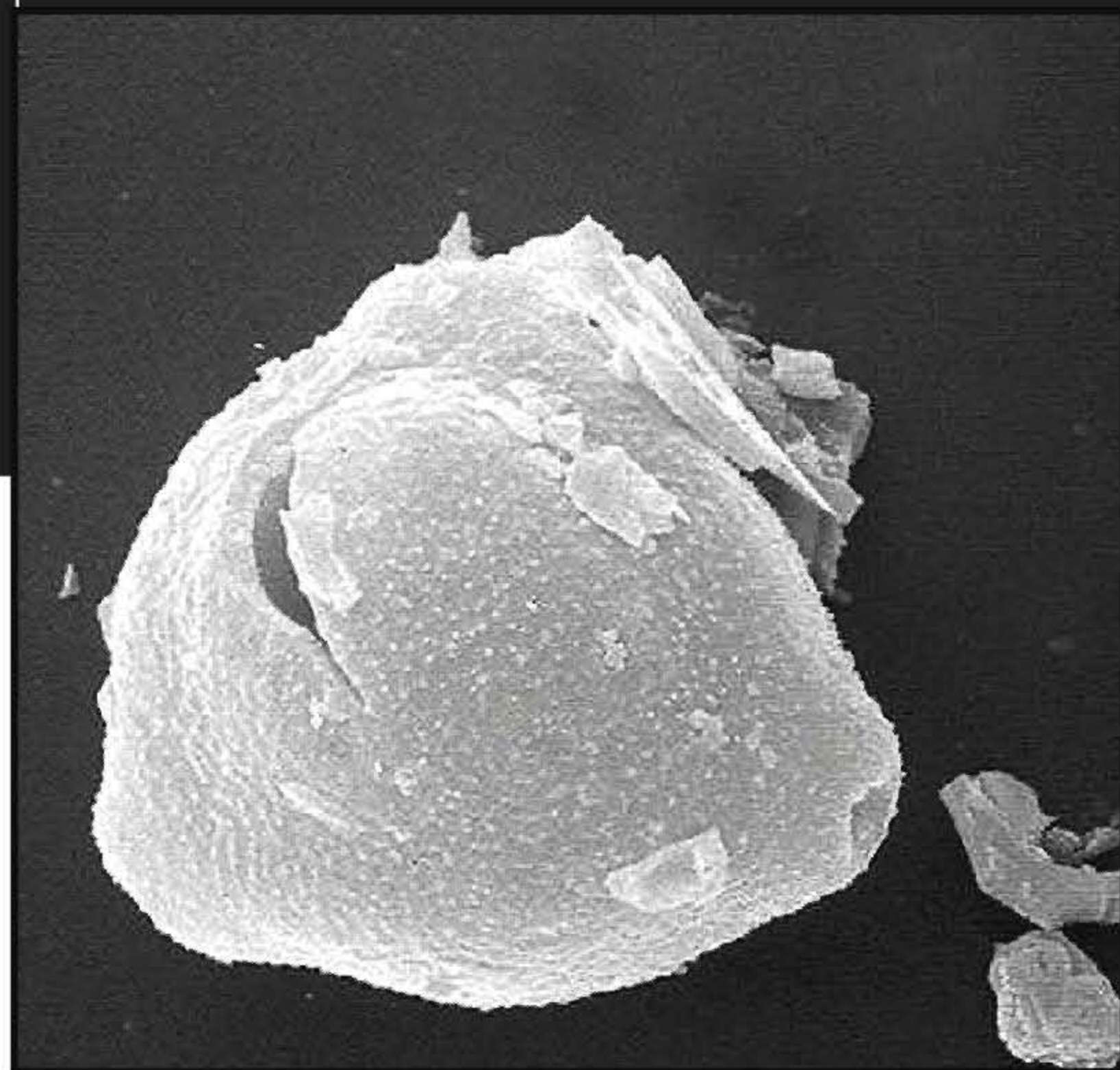


2

Les pollens ne coïncident pas

Les pollens ingérés par Ötzi lors de son dernier repas renvoient au mois de mars ou avril... et ceux présents dans la glace entourant son corps à la fin de l'été. Certes, cette glace a sans doute fondu et regelé, mélangeant les informations, mais Ötzi transportait également de

petites prunelles qui ne se cueillent qu'à partir de septembre. Des mains amies qui l'auraient porté sur le glacier les auraient-elles glissées dans ses poches, ou y séchaient-elles depuis des mois? En d'autres termes, que s'est-il passé pendant ces trois à quatre mois?



course. Mais quand et comment serait-il monté dessus?

Pour répondre, les deux spécialistes romains pointent un autre paradoxe: les grains de pollen (voir encadré, indice 2), ceux présents dans les entrailles du défunt, témoins de son ultime repas, et sur ses vêtements, dévoilant la saison à laquelle le corps a été pris dans la glace. Une espèce libérant son pollen à une période précise de l'année, l'identifier devrait dévoiler la saison du crime. Eh bien non! Car il y a un intervalle incompréhensible entre les pollens ingérés, qui plaident pour avril ou mars, et le pollen de la glace enserrant la momie qui évoque la fin de l'été. Le scénario classique de la traque n'explique pas cette incohérence. La nouvelle hypothèse pourrait bien suggérer une solution... Sauf que, pointe judicieusement le professeur Oegg, "les

auteurs ont écrit que le corps avait été déplacé par la fonte épisodique de la glace qui l'entoure: comment garantir que les pollens aujourd'hui au contact du corps l'étaient à l'origine?"

Si elle ne permet pas de trancher, cette nouvelle étude agite les spécialistes: "Si je ne suis pas d'accord avec certaines de ses conclusions, elle reste stimulante parce que, pour la première fois, elle discute de façon poussée l'hypothèse du site funéraire", reconnaît Klaus Oegg. Ce qui soulève des questions jusqu'à inédites, notamment sur la conservation du corps: comment des hommes du Néolithique auraient-ils réussi ce tour de force? Le musée du Tyrol promet des révélations (voir encadré) dans les mois à venir – à l'occasion des 20 ans de la découverte fortuite de son précieux pensionnaire. **Emilie Rauscher**

PORTRAIT DE LA MOMIE EN JEUNE HOMME

Le musée d'Archéologie du Sud Tyrol et l'Eurac-Institut des momies s'apprêtent à en dire plus sur Ötzi de son vivant. La momie, la plus ancienne et l'une des mieux préservées au monde, commence à parler. Les généticiens avaient déjà son ADN mitochondrial, ils viennent d'obtenir son ADN nucléaire. Son analyse en dira plus sur son physique, ses prédispositions aux maladies, etc. Ils ont déjà déterminé qu'il venait du nord de l'Europe centrale et n'a sans doute plus de descendants aujourd'hui. Et une nouvelle reconstitution en 3D va être exposée en mars: basée sur une réplique de son squelette et les dernières avancées scientifiques, son apparence et son équipement seront plus réalistes.

ÉPIDÉMIOLOGIE

La tuberculose résiste de plus en plus aux antibiotiques

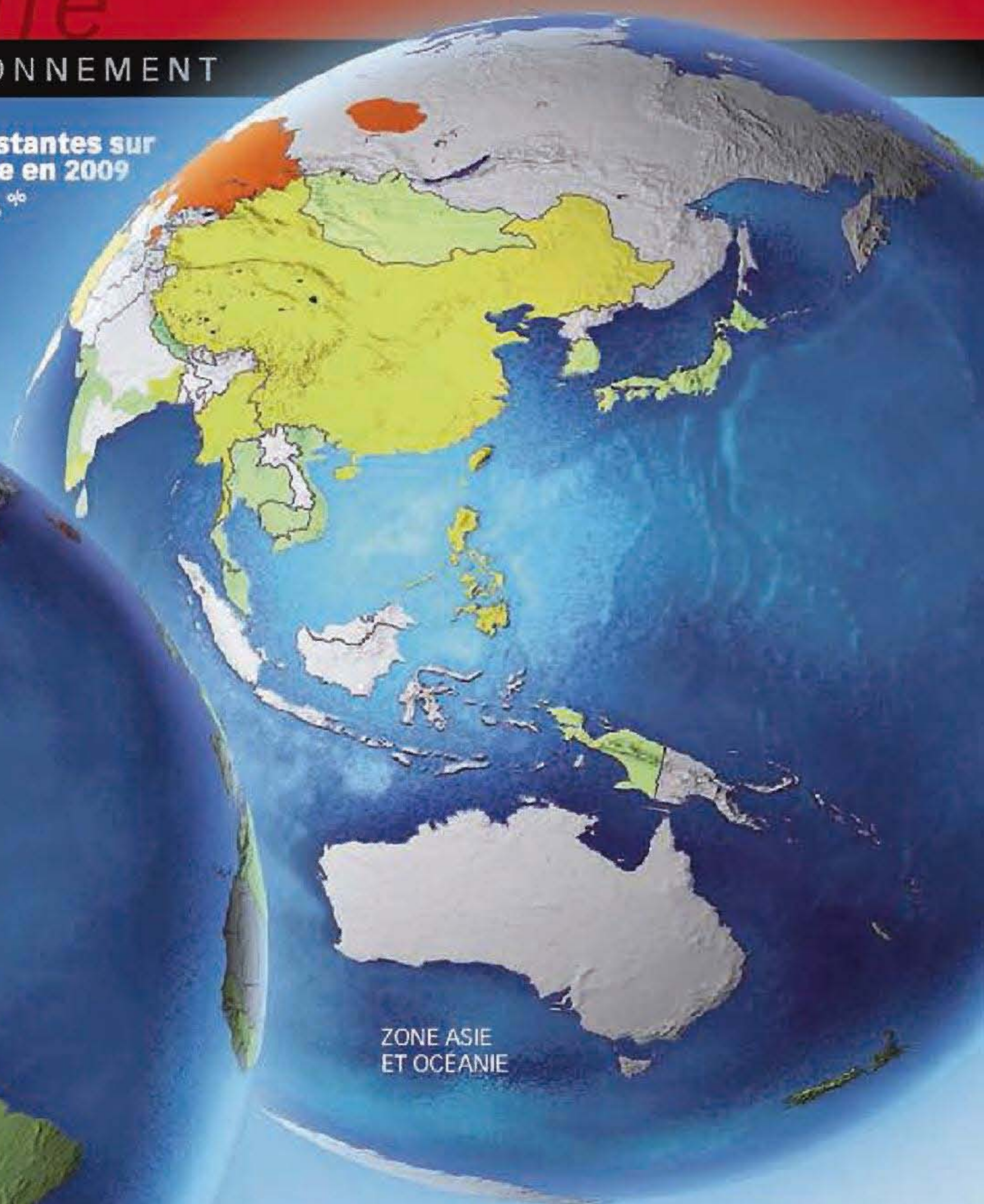
Selon le dernier rapport de l'OMS, la mortalité due à la maladie continue de baisser. Celle-ci est 35 % moins forte qu'en 1990. Douze des vingt-deux pays les plus touchés (principalement en Afrique, Asie du Sud-Est et dans la région Pacifique) sont même en passe d'atteindre l'objectif mondial de réduction de la mortalité de moitié d'ici à 2015. Mais cette bonne nouvelle doit être tempérée par un autre record, inquiétant celui-là : plus de 3 % des nouveaux cas de tuberculose enregistrés sont désormais non traitables par les antibiotiques classiques (isoniazide et rifampicine). Cette forme de tuberculose multirésistante ne concerne pas forcément les zones les plus touchées par la maladie. En revanche, les pays qui offrent un accès aisé aux antibiotiques sans contrôle strict en sont particulièrement victimes. Ainsi, dans certaines régions de Russie, un nouveau cas de tuberculose sur trois s'avère multirésistant. Très inquiétante également, la progression d'une forme de tuberculose ultrarésistante se confirme. Contre elle, même des antibiotiques puissants – comme la fluoroquinolone ou la capréomycine – sont très peu ou pas du tout efficaces. Cinquante-huit pays rapportent au moins le cas d'un malade touché par cette ultrarésistance. Plus complexe, le traitement des formes résistantes peut durer jusqu'à deux ans au lieu des six mois habituels. L.F.

G.CIRADE - M.KONTENTE



Pourcentage des cas de tuberculoses résistantes sur l'ensemble des nouveaux cas de la maladie en 2009

DE 0 À 3 %
DE 3 À 6 %
DE 6 À 12 %
DE 12 À 18 %
PLUS DE 18 %



SOURCE: OMS, 2010

1,7 million de personnes sont décédées en 2009 des suites de la tuberculose, toutes formes confondues.

3,3 % des nouveaux cas de tuberculose enregistrés en 2009 sont multirésistants.

50 fois plus d'argent au moins est nécessaire pour le traitement d'une multirésistance comparé au traitement classique.

GÉOLOGIE

Un grain de sable traverse le Namib en... 1 million d'années

Un million d'années. C'est le temps qu'il faut aux grains de sable pour traverser, sous l'influence des vents dominants qui soufflent du sud vers le nord, la mer de sable du désert du Namib. Pour arriver à cet âge canonique, Pieter Vermeesch, de l'université de Londres, a prélevé des échantillons de sable au sud, au centre et au nord de ce désert côtier. Il a ensuite mesuré l'abondance des isotopes radioactifs du béryllium et de l'aluminium qu'ils contiennent. "Quand le sable quitte la mer de sable au nord, la

concentration en béryllium-10 est divisée de moitié tandis que celle de l'aluminium-26 est réduite d'un facteur trois, explique le chercheur. Connaissant la vitesse de désintégration de ces éléments, nous avons pu calculer qu'il faut au moins un million d'années à un grain de sable pour traverser les 400 km de désert." Or, une étude précédente avait montré que la durée de vie d'une dune est de 10 000 ans. "Cela signifie que les grains de sable sont attrapés et intégrés dans des dunes

différentes jusqu'à cent fois, que certaines dunes ont une durée de vie plus élevée ou que la mobilité des dunes a été moins grande par le passé", analyse Pieter Vermeesch. Cette étude apporte une preuve supplémentaire de l'ancienneté du désert du Namib qui, malgré les changements climatiques du dernier million d'années, n'a jamais été totalement dépourvu de sable. En comparaison avec le Sahara qui, il y a 8 000 ans à peine, était une zone humide.

C.H.

➤ Pour franchir ce désert de Namibie, chaque grain de sable parcourt une centaine de dunes, parmi les plus hautes du monde.



BIODIVERSITÉ

De plus en plus de vertébrés sont menacés d'extinction

Un cinquième des 25 000 espèces de vertébrés répertoriées dans la liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) sont désormais classées comme menacées. Dans le détail, cela concerne 41 % des amphibiens, 33 % des poissons cartilagineux, 25 % des mammifères, 22 % des reptiles, 15 % des poissons osseux et 13 % des oiseaux. Et cette situation ne cesse de s'aggraver puisque pas moins de 52 espèces de vertébrés en moyenne rejoignent chaque année une catégorie plus proche de l'extinction, en raison de l'expansion des terres agricoles, de l'exploitation du bois, de leur surexploitation ou des espèces invasives. Si ces tendances sont le plus souvent réversibles, elles se sont avérées fatales dans 16 % des cas – 26 % pour les seuls amphibiens ! Les tropiques, et notamment l'Asie du Sud-Est, sont les régions les plus touchées. Selon les scientifiques de l'UICN, le déclin global aurait été 16 % plus élevé sans les mesures de protection de la nature prises à travers le monde. Mais ces dernières demeurent largement insuffisantes pour enrayer cette sixième crise d'extinction de masse.

R.B.

➤ 22 % des reptiles sont désormais classés comme menacés, tout comme 25 % des mammifères et 41 % des amphibiens !



GÉOCHIMIE

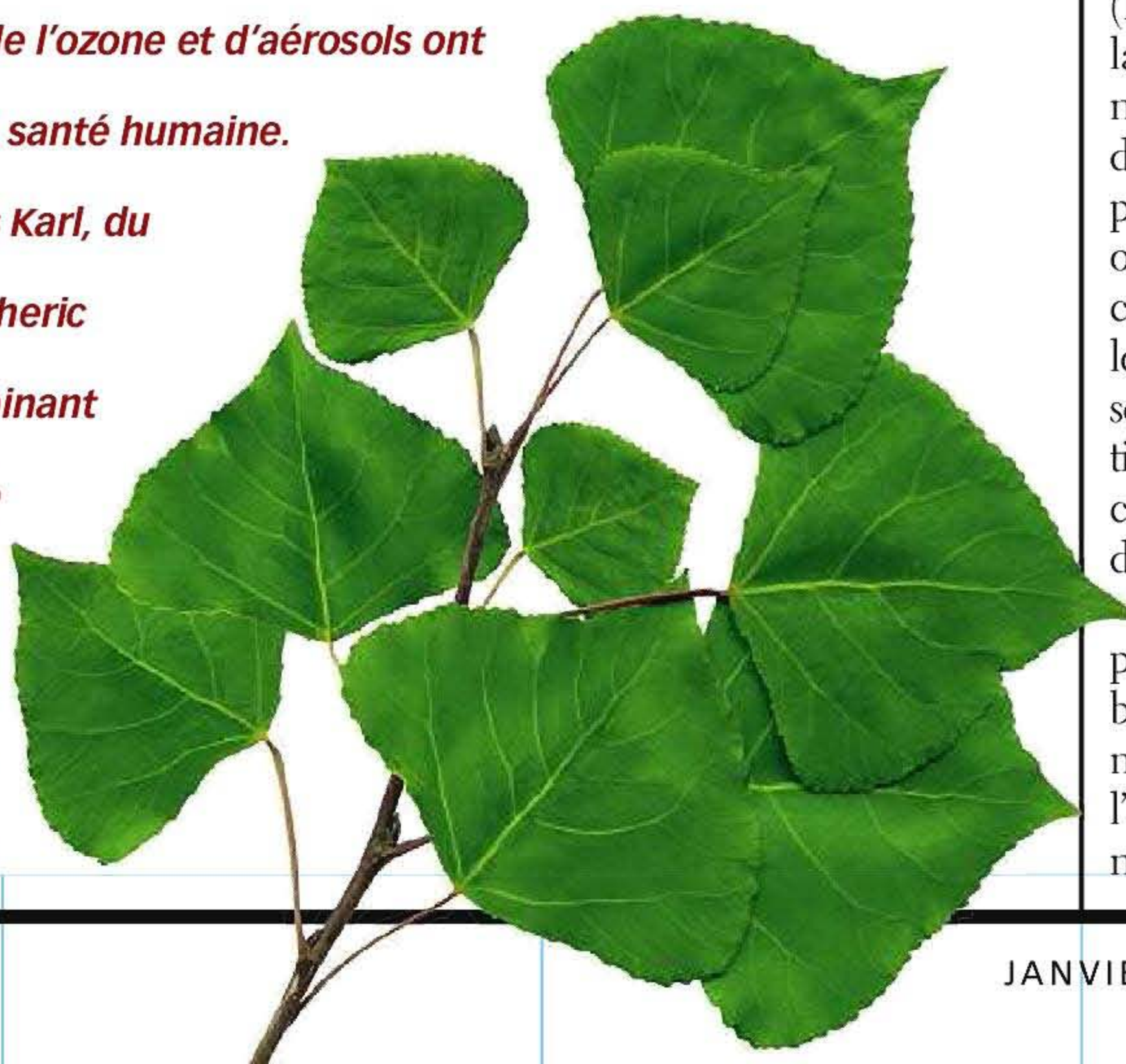
LE POUVOIR DÉPOLLUANT DES ARBRES ÉTAIT JUSQU'ICI SOUS-ESTIMÉ

Les feuilles caduques des arbres sont plus efficaces que prévu pour débarrasser l'air des composés organiques volatils oxygénés (COVo).

Ces polluants précurseurs de l'ozone et d'aérosols ont un impact sur le climat et la santé humaine.

Selon les calculs de Thomas Karl, du National Center for Atmospheric Research (Etats-Unis), combinant simulations, expériences de laboratoire et données de terrain, leur capacité de dégradation avait été sous-estimée de 36 %.

V.E.



PALÉOCHIMIE

Il y a 700 millions d'années, l'épisode de "Terre boule de neige" aurait bien favorisé la diversification du vivant. C'est ce que suggèrent les travaux de Noah Planavsky, de l'université de Californie (Etats-Unis), qui révèlent que la fin de cette glaciation généralisée est contemporaine d'un pic de concentration en phosphore dissous dans les océans. Selon le scientifique, c'est l'érosion des continents lors de la fonte des glaces qui serait responsable de la libération de grandes quantités de ce nutriment. Son abondance dans l'océan aurait ensuite favorisé la prolifération du phytoplancton et donc la libération d'oxygène dans l'atmosphère. De quoi faciliter l'apparition des premiers organismes pluricellulaires. **Em.H.**

SISMOLOGIE

Le séisme d'Haïti est dû à une faille inconnue

Le séisme qui a secoué Haïti le 12 janvier 2010, faisant plus de 200 000 morts, n'a pas été occasionné par l'une des deux failles principales situées sous l'île mais par une faille alors inconnue. *“L'observation des récifs coralliens émergés près de l'épicentre ainsi que les données récoltées par satellites radar et GPS ont montré que ce séisme avait causé des déformations de la surface terrestre incompatibles avec le comportement de la faille d'Enriquillo”,* explique

Eric Calais, de l'université Purdue (Etats-Unis), à l'origine de cette révélation. En utilisant un modèle informatique pour simuler ces déformations, le chercheur a montré qu'elles ne pouvaient s'expliquer que par l'existence d'une faille secondaire jusqu'alors non identifiée, et baptisée faille de Léogâne. Et le géologue de prévenir que la faille incriminée initialement à tort menace donc toujours Haïti puisqu'elle n'a pas libéré l'énergie accumulée. **C.H.**



▲ La faille d'Enriquillo, soupçonnée par les chercheurs, n'est pas responsable du cataclysme qui a frappé l'île d'Haïti.



AGRONOMIE

L'épandage d'insectes stériles permet d'éradiquer un ravageur du coton

Depuis 2006, des milliards de *Pectinophora gossypiella* ont été largués par avion sur les champs de coton d'Arizona (Etats-Unis). Etonnant puisque ce papillon, dont les chenilles se repaissent des fibres et des graines du coton, cause 32 millions de dollars de dégâts par an aux agriculteurs américains. Mais

ce sont des insectes rendus stériles que Bruce Tabashnik (université d'Arizona) a fait larguer. Noyés dans une marée d'individus stériles, les papillons fertiles qui infestent le coton ont de grandes chances de s'accoupler avec eux. Comme ces unions sont sans descendance, la population de ravageurs diminue

à chaque génération. Combiné à l'utilisation de coton OGM produisant une toxine mortelle pour les larves de *Pectinophora gossypiella*, le lâcher de papillons stériles a réduit l'abondance des larves dévoreuses de coton de 99,9 % en quatre ans. Rendant du coup inutile l'usage de pesticides. **V.E.**

OCÉANOGRAPHIE

Des narvals comblent un désert de données climatiques. Grâce à leur incisive géante, les narvals sondaient déjà la température de l'Arctique pour leur compte. Equipés de capteurs par Kristin Laidre (université de Washington, Etats-Unis), 14 d'entre eux ont relevé les températures hivernales de la mer de Baffin de 2005 à 2007. A cause de la banquise, cette étendue de 689 000 km² restait inaccessible aux climatologues cinq mois par an. Très bons plongeurs – de 10 à 25 fois par jour, ils descendent jusqu'à 1 800 m de fond pour se nourrir de flétans –, les narvals sont des “plates-formes scientifiques” idéales. Leurs mesures, transmises par satellite, permettront de rectifier les modèles, les maximales relevées étant en moyenne supérieures de 0,9 °C aux valeurs utilisées jusqu'ici. **V.E.**

D. AGUILAR/REUTERS - P. GREB/USDA - L. LEFKOWITZ/CORBIS



CLIMATOLOGIE

LES ÉMISSIONS DE CO₂ ONT À NOUVEAU AUGMENTÉ EN 2010

Après avoir baissé de 1,3 % en 2009 suite à la crise économique, les émissions de CO₂ ont retrouvé en 2010 le taux de croissance annuel observé de 2000 à 2008.

Avec 3 % d'augmentation, selon l'étude dirigée par Pierre Friedlingstein (université d'Exeter, Angleterre), elles devraient atteindre le niveau historique de 31,7 milliards de tonnes. En cause, la forte croissance de la Chine et de l'Inde, et leur recours important au charbon.

C.H.



L'AVENIR APPARTIENT AUX BIOTECHNOLOGIES

La santé, l'environnement, l'agro-alimentaire, les matériaux innovants sont les moteurs de l'économie de demain. Ces Biotechnologies, secteurs en pleine expansion, représentent l'avenir des nouvelles industries. Ceux qui sauront marier les fondamentaux des connaissances à un esprit entrepreneurial seront les futurs experts en Biotechnologies recherchés et reconnus.

AGRO-ALIMENTAIRE

COSMÉTOLOGIE

PHARMACEUTIQUE

SANTÉ

ENVIRONNEMENT

L'école des experts en
Biotechnologies

> FORMATION EN 5 ANS
APRÈS BAC



66 rue Guy Môquet 94800 Villejuif
tél. 01 44 08 00 66 fax 01 44 08 00 99

www.supbiotech.fr

Etablissement d'enseignement supérieur privé. Cette école est membre de **IGNIS**

OPHTALMOLOGIE

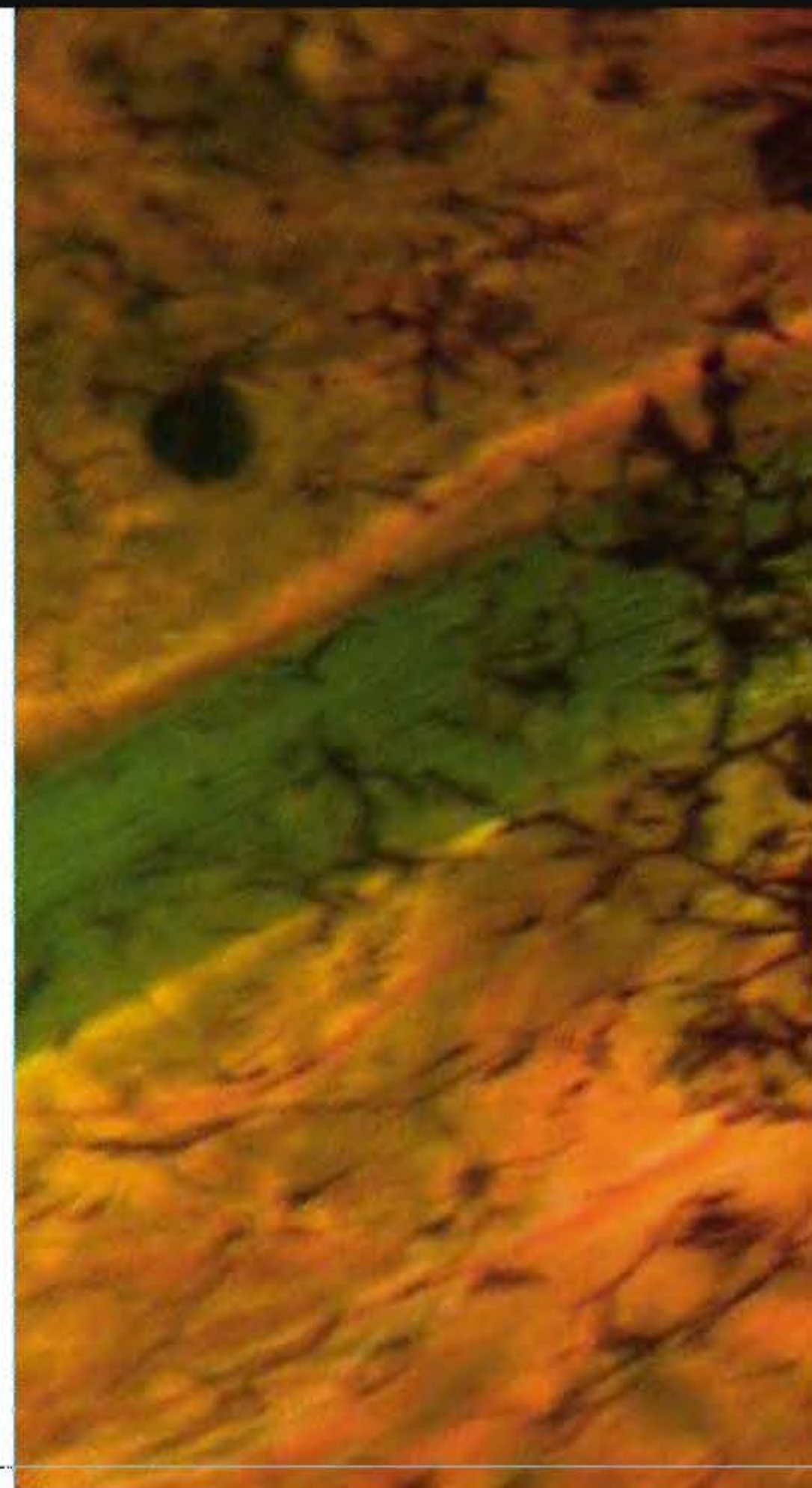
Une rétine électronique redonne la vue à 3 personnes

Redonner la vue aux aveugles grâce à une rétine artificielle : c'est l'objectif poursuivi par de nombreux chercheurs multipliant les essais cliniques. Dernier exploit en date ? Celui d'une équipe allemande de l'université de Tübingen, qui a restauré une vision partielle chez trois personnes atteintes d'une dégénérescence de la rétine (rétinite pigmentaire), grâce à une rétine électronique de haute résolution. Elles voient aujourd'hui suffisamment bien pour reconnaître des objets usuels et lire

de gros caractères. Ce "miracle" repose sur une puce composée de 1 500 électrodes, implantée sous la rétine des patients. Comme une rétine naturelle, elle capte directement la lumière et transmet les informations aux neurones visuels, restés intacts. L'avantage de cet implant est de ne plus nécessiter de caméra externe. *"En plus d'offrir un plus grand nombre de pixels et donc une meilleure vision, notre implant est le premier à*

suivre les mouvements d'yeux du patient", soulignent les chercheurs. Le bon résultat de cette stratégie "bioélectronique" en fait la concurrente la plus sérieuse de l'autre piste développée par José-Alain Sahel (Institut de la vision, Paris). Ce dernier cherche désormais à "réparer" les cellules rétiniennes par thérapie génique, pour obtenir une véritable guérison de la rétinite pigmentaire (voir S&V n° 1115, p 26). **M.Co.**

> Avec ses 1 500 électrodes, cette puce, implantée sous la rétine des patients, leur permet de lire de gros caractères.

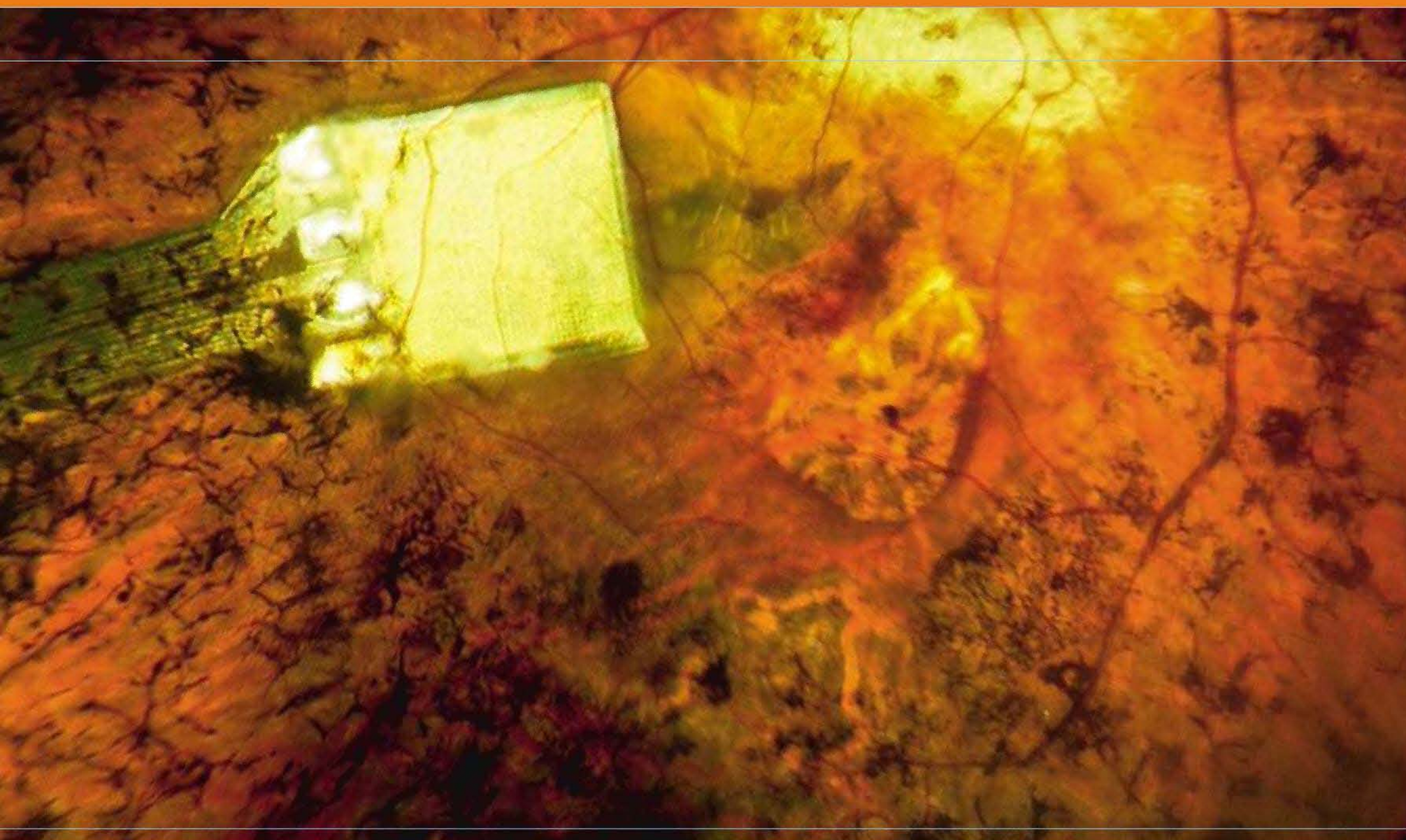


PHYSIOLOGIE

Faire du sport aide à combattre le rhume

Les personnes qui pratiquent cinq fois par semaine une activité physique d'au moins une vingtaine de minutes sont moins souvent touchées par le rhume que celles qui sont sédentaires. D'après une étude menée par David Nieman et ses collègues de l'université de Caroline du Nord (Etats-Unis), le nombre de jours de rhume chez les personnes sportives est en moyenne de moins de 5 sur une période de 12 semaines contre plus de 8 chez les personnes pratiquant moins d'une fois par semaine une activité physique. Mieux encore, la sévérité des symptômes serait également réduite de 41 %. Selon les chercheurs, l'activité physique active la circulation des cellules immunitaires chargées de détecter et d'organiser la lutte contre les pathogènes et diminue l'effet délétère des hormones du stress sur l'immunité. De façon plus étonnante, l'équipe a également montré que la conviction d'être en bonne santé diminue également le risque de contracter l'un des 200 virus impliqués dans ces infections de l'appareil respiratoire supérieur. Ces résultats sont le fruit de l'observation pendant douze semaines au cours de l'automne et de l'hiver d'un échantillon de 1 002 personnes âgées de 18 à 85 ans. **C.H.**

< Une activité physique régulière réduit le nombre de jours de rhume ainsi que la sévérité des symptômes.



ENDOCRINOLOGIE

DE NOUVEAUX SOUPÇONS PÈSENT SUR LES COSMÉTIQUES

Un composant de la plupart de nos savons, déodorants et dentifrices pourrait être dangereux pour la femme enceinte. Des chimistes de l'université de Floride ont montré que le triclosan, un composé de synthèse antibactérien, bloque la fabrication des œstrogènes. Ces hormones sécrétées par les ovaires et le placenta au cours d'une grossesse participent notamment au développement cérébral et à l'oxygénation du fœtus. Les chercheurs ne savent pas encore à quelle dose le triclosan peut être nocif pour l'embryon. Mais le produit était déjà soupçonné d'être un perturbateur endocrinien.

O.D.



NÉPHROLOGIE

Une protéine pourrait prédire la progression des maladies rénales chroniques.

C'est en étudiant des souris souffrant de lésions rénales sévères que des chercheurs de l'université Paris-V ont remarqué l'impact de la lipocaline 2 sur la progression de la maladie. Cette protéine est associée à l'intensité des lésions dans le rein car elle accélère la dégradation rénale et favorise la formation de kystes. Par ailleurs, la protéine se retrouve en quantité très élevée dans les urines en cas de maladies rénales chroniques. Un simple test d'urine pourrait donc permettre de prédire l'évolution de la maladie. En France, 2 à 3 millions de personnes souffrent de maladies rénales chroniques. Or, la plupart ignorent leur maladie car ils n'ont pas de symptômes avant un stade avancé. O.D.

BIOLOGIE CELLULAIRE

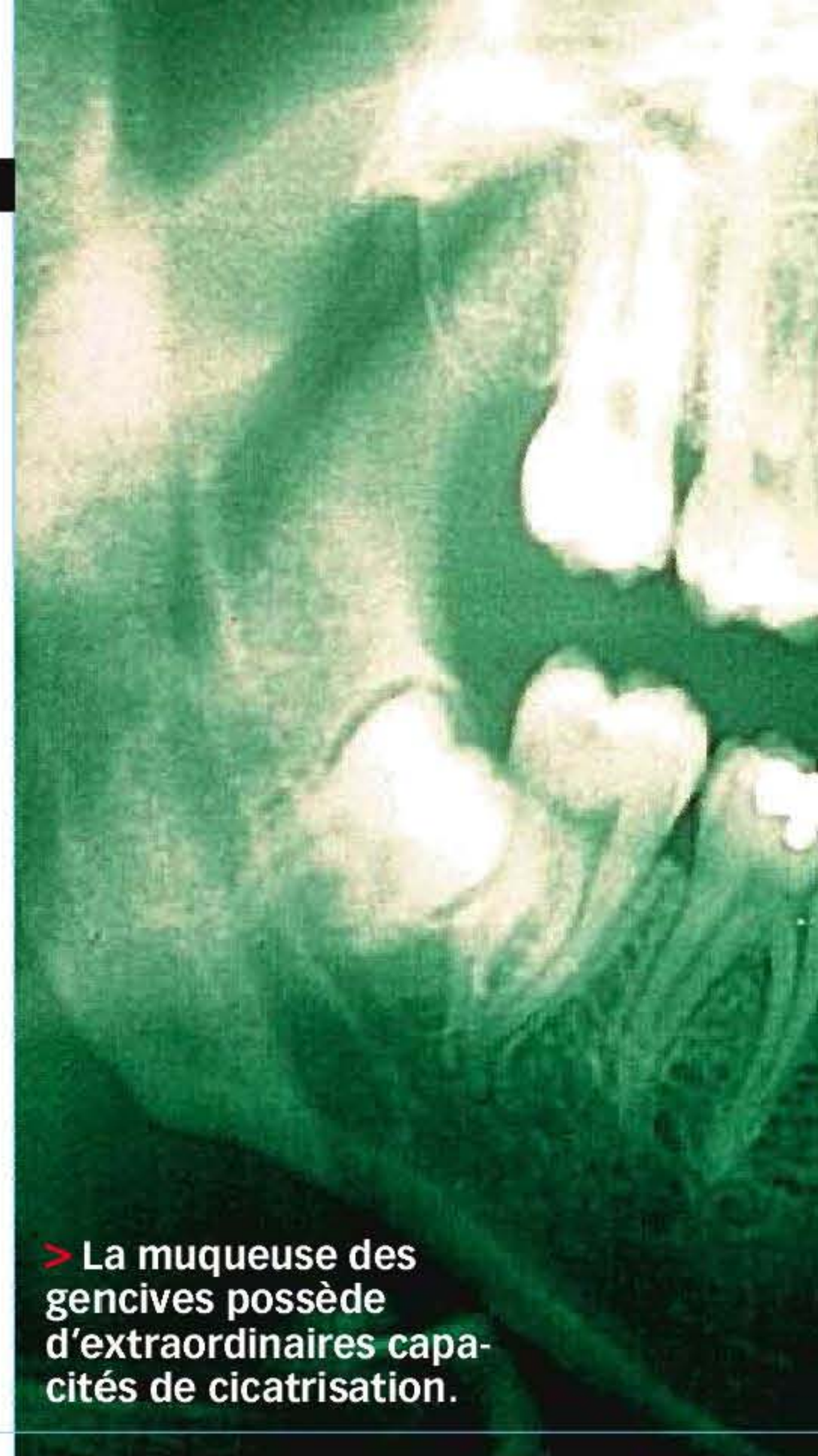
Les cellules des gencives peuvent réparer les artères

Une rencontre inattendue fait naître une piste thérapeutique originale. D'un côté: un cardiologue de l'hôpital Georges-Pompidou (Paris), Antoine Lafont, constate que les artères de ses patients s'élargissent pour former des anévrismes, tandis que leur paroi se dégrade et perd son élasticité. De l'autre: un odontologue du CHU Henri-Mondor (Créteil), Bruno Gogly,

observe que la muqueuse des gencives, soumise à des agressions permanentes, possède d'extraordinaires capacités de cicatrisation. L'idée: utiliser les fibroblastes gingivaux, acteurs majeurs du processus, pour réparer la paroi artérielle lésée de l'anévrisme. *"Les résultats obtenus ex vivo chez le lapin ont permis de valider le concept de cette thérapie cellulaire,"* précise Antoine Lafont.

Les fibroblastes s'insèrent bien dans la paroi de l'aorte et participent au remodelage de la charpente extracellulaire." Les médecins sont aujourd'hui impuissants face au développement des anévrismes: ces travaux constituent donc une piste de recherche prometteuse. D'autres applications sont même envisagées pour réparer les lésions de la peau ou des ligaments. **O.C.**

> La muqueuse des gencives possède d'extraordinaires capacités de cicatrisation.



NUTRITION

Les produits laitiers seraient bons pour le cœur

Riches en acides gras saturés, les produits laitiers sont de plus en plus délaissés au profit des huiles végétales, perçues comme moins délétères pour les artères. Le lien entre acides gras saturés et risque cardiovasculaire, établi dans les années 1950 par le biologiste américain Ancel Keys, avait en effet conduit à l'apologie du régime méditerranéen pauvre en matières grasses animales. Pourtant, en combinant les résultats d'une série d'études indépendantes, Peter Elwood (université de Cardiff, Grande-Bretagne) estime, lui, que la consommation de lait et de ses dérivés est associée à une diminution de l'incidence de maladies cardiovasculaires. Les gros consommateurs de produits laitiers auraient ainsi moins de risque de décès (-13 %), d'accident vasculaire cérébral (-21 %) et de diabète de type 2 (-15 %). Jusqu'à maintenant, les scientifiques s'étaient focalisés sur l'augmentation du taux plasmatique de cholestérol induite par certains acides gras saturés présents dans le lait, négligeant les effets protecteurs d'autres composants spécifiques. Un premier pas vers la réhabilitation des produits laitiers? **E.H.**

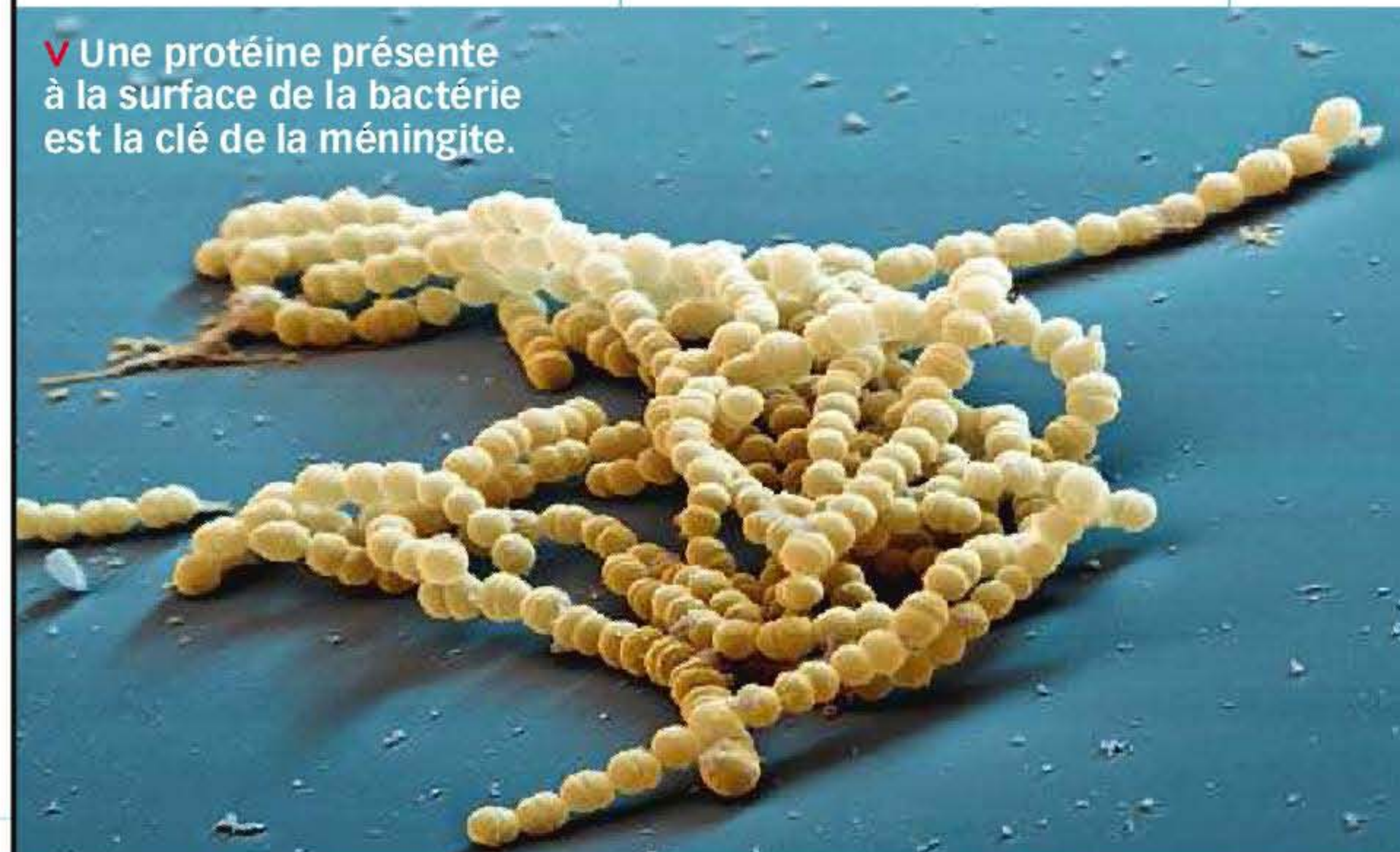
BACTÉRIOLOGIE

Le streptocoque atteint le cerveau via une protéine

Bactérie inoffensive lorsqu'elle est dans le tube digestif des adultes, le streptocoque du groupe B peut migrer jusqu'au cerveau des bébés lors de l'accouchement et déclencher une méningite mortelle dans 10 % des cas, malgré l'utilisation d'antibiotiques. Ce qui rend cette migration possible? Une protéine nommée HvgA, présente à la surface de la bactérie, qui sert de clé pour franchir les barrières intestinale et

hémato-encéphalique. Avec la découverte de l'HvgA, les scientifiques de l'Institut Cochin, de l'Institut Pasteur, de l'Inserm et du CNRS estiment avoir une cible de choix pour l'élaboration d'un vaccin. *"On peut imaginer vacciner la mère avant la naissance de son enfant. Les anticorps maternels passeront dans la circulation du fœtus et le protégeront,"* explique le professeur Claire Poyart, qui a participé à cette étude. **M.Cy.**

> Une protéine présente à la surface de la bactérie est la clé de la méningite.





On en
reparle

Le drame du Mediator

Notre dossier d'avril 2003 le classait médicament dangereux, voici que le Mediator, coupe-faim de la famille des amphétamines et soi-disant antidiabétique apparaît aujourd'hui responsable de 500 morts au cours des 30 dernières années. Après le retrait du marché, tardif, décidé par l'Afssaps fin 2009, le ministère de la Santé demande désormais à tous ceux qui ont pris ce produit plus de trois mois de consulter pour dépister d'éventuels troubles cardiaques.

Pourtant, depuis la commercialisation de cette substance il y a plus de trente ans, les spécialistes s'insurgent contre son manque d'intérêt thérapeutique et, à plusieurs reprises, ils ont signalé ses effets secondaires gravissimes. Mais l'Afssaps estime qu'elle ne disposait pas d'informations assez solides pour intervenir plus tôt tandis que les laboratoires Servier ont toujours nié la pertinence des allégations contre leur produit. Du coup, l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS) lance une mission pour améliorer la pharmacovigilance nationale. Qui en a bien besoin, vu ses multiples défaillances, dans les affaires du sang contaminé, de l'hormone de croissance ou du Distilbène. Une réforme était promise depuis le scandale du Vioxx en 2004...

GÉNÉTIQUE

La thérapie génique au secours des dépressions graves?

Restaurer le fonctionnement d'un gène connu pour jouer un rôle dans certaines dépressions: c'est la prouesse réalisée... chez des souris. Pour les rendre "dépressives", Michael Kaplitt, de l'université Cornell à New York, a d'abord injecté un virus dans une zone du cerveau, le noyau accumbens. Le virus a rendu inactif le gène qui contrôle l'expression de la protéine p11, impliquée dans la régulation de l'humeur. Résultat, les souris deviennent apathiques et n'ont plus aucun intérêt pour le sucre. Les chercheurs ont ensuite introduit, dans la même zone et via un autre virus, un nouveau gène réactivant la protéine p11. Résultat: les souris retrouvent un comportement normal. Une guérison réussie? "C'est une belle expérience, mais qui n'est pas près d'être étendue à l'homme, commente Bruno Falissard, psychiatre et enseignant à Paris-Sud. Elle n'est qu'une métaphore de la dépression humaine." **V.B.**

ÉPIDÉMIOLOGIE

IL FAUT SE MÉFIER DU TAMIA

Petit et mignon, le tamia de Sibérie n'en serait pas moins responsable d'une recrudescence de la borréliose de Lyme, une maladie bactérienne transmise à l'homme par les morsures de tiques, selon des chercheurs du Muséum national d'histoire naturelle. Récemment introduit en France comme animal de compagnie, ce petit écureuil est 30 à 70 fois plus infesté par les tiques que les rongeurs locaux et résiste mieux à la bactérie responsable de la maladie, contribuant ainsi à sa propagation rapide.
M.Co.

> Infesté par les tiques, ce petit écureuil transmet une maladie bactérienne.



IMAGERIE

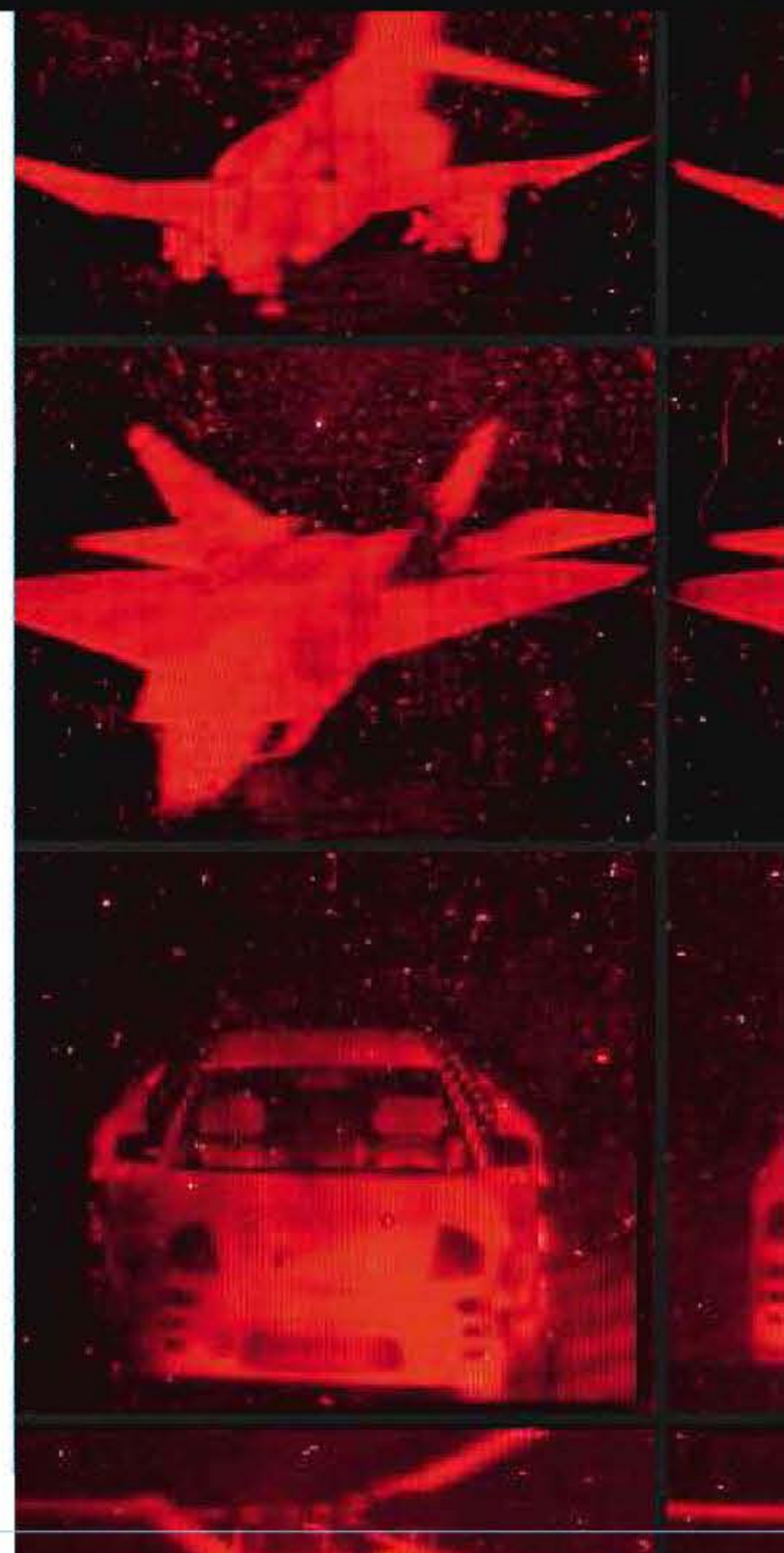
La vidéo 3D holographique couleur prend de la vitesse

Un pas de plus vient d'être franchi vers la vidéo 3D holographique couleur qui permet d'enregistrer, transmettre et afficher à distance des films en relief, visibles sans lunettes. L'équipe du Collège des sciences optiques de l'université d'Arizona (Etats-Unis) a développé un support d'enregistrement réinscriptible pour des hologrammes en couleurs. Le principe: un réseau de 16 caméras filme un objet ou une personne à holographier. Les images, traitées par un ordinateur, sont ensuite

imprimées sur un polymère plastique par une centaine de flashes provenant d'un laser pulsé à 50 Hz. Sous l'effet conjoint des faisceaux lasers, le matériau se charge électriquement, ce qui oriente des particules, dites "chromophores", noyées dans le polymère. De la même manière que les cristaux liquides, ces chromophores vont alors modifier leur indice de réfraction et reconstituer l'image. Lors du processus d'affichage, trois hologrammes, rouge, vert et

bleu sont superposés, ce qui permet de reconstituer une image tridimensionnelle en couleurs. A l'heure actuelle, avec un écran carré de 4 pouces (environ 10 cm) de côté, l'image peut être réactualisée toutes les 2 secondes. L'équipe a également transposé ce procédé sur un écran de 12 pouces (environ 30,5 cm) de côté, permettant une image 3D de plus grande taille. Mais il faut alors 6 secondes pour rafraîchir l'image. **E.L.**

> L'image obtenue, après plusieurs prises de vues (en rouge) et leur traitement, peut être réactualisée toutes les 2 secondes.



▲ Au lieu d'embarquer du carburant, ce minidrone est alimenté en énergie grâce à un laser pointé sur lui en permanence.

AÉRONAUTIQUE

Ce minidrone peut voler indéfiniment

12 heures 26 minutes et 57 secondes, tel est le temps qu'a passé en vol, fin octobre 2010, le minidrone Pelican de l'allemand Ascending Technologies. Un record pour un engin volant de cette catégorie (< 1 kg) qui sert le plus souvent pour des missions d'observation et ne tient habituellement qu'une vingtaine de minutes dans les airs... Pour y parvenir, son fabricant a fait appel aux scientifiques de la société américaine LaserMotive. Leur idée: au lieu d'embarquer l'énergie à bord de l'engin (sous forme de batterie ou de carburant) pour alimenter ses moteurs électriques, celle-ci est transmise depuis le sol, grâce à un faisceau laser infrarouge dirigé en permanence dessus. En fait, ce miniquadricoptère (hélicoptère doté de 4 rotors) est équipé pour l'occasion de cellules photovoltaïques qui convertissent l'énergie du laser en une puissance électrique de 200 W. Seul hic: lors du vol de démonstration – qui aurait pu durer indéfiniment – il volait uniquement en position stationnaire... Mais les scientifiques sont confiants: pour qu'il se déplace à l'avenir dans les airs, son système GPS embarqué pourra communiquer sa position à un ordinateur au sol, lequel enclenchera l'orientation du laser dans la bonne direction. **L.B.**



En bref...

➤ **2,5 PÉTAFLOPS, SOIT 2,5 MILLIONS DE MILLIARDS D'OPÉRATIONS PAR SECONDE**, c'est le record mondial de vitesse de calcul de Tianhe-1A, un ordinateur chinois. Equipé de plus de 21000 processeurs, ce supercalculateur du Centre national de Tianjin devance ainsi largement le Jaguar Cray XT5 du département américain de l'Energie, qui avait atteint 1,7 pétaflop. D.M.

➤ **RECOUVRIR UN OBJET POUR LE RENDRE INVISIBLE, AVEC UN FILM FLEXIBLE...** C'est possible grâce à l'équipe d'Andrea Di Falco, de l'université Saint-Andrews (Royaume-Uni). Le film contient des nanostructures canalisant la lumière aux environs de 620 nanomètres, longueur d'onde perceptible par l'œil humain. La lumière contourne ainsi l'objet qu'il recouvre et le fait disparaître. Jusqu'ici, seuls des supports rigides avaient permis cet exploit. S.F.

➤ **LES LIVRES ÉLECTRONIQUES PRENNENT DES COULEURS...** Fournisseur d'encre électronique monochrome pour 90 % des ebooks dans le monde, l'entreprise taiwanaise E-Ink vient de relever ce défi, en s'appuyant sur un filtre intégrant un damier à trois couleurs (rouge, vert et bleu). Baptisée Triton, cette solution n'est pour l'instant adaptée qu'aux textes et images fixes car elle n'est pas assez fluide pour la vidéo. P.R.

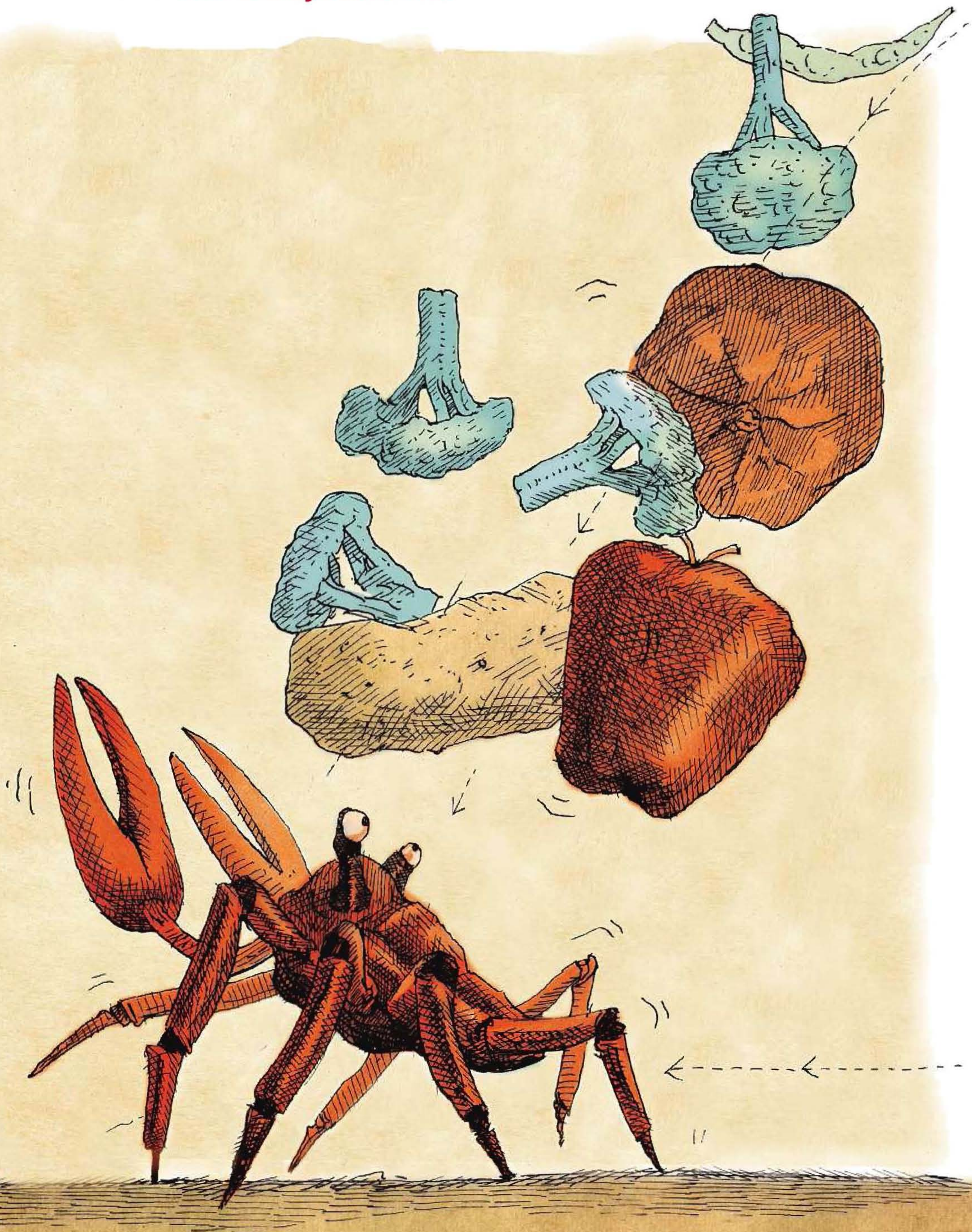
ROBOTIQUE

UN ROBOT IMITE LA PAUME DE LA MAIN HUMAINE

Un ballon de baudruche, des grains de café et une pompe à vide, voilà les composants principaux de ce grappin robotisé, développé à l'université Cornell (Etats-Unis). La peau souple du ballon entoure la cible. Puis la pompe aspire le vide entre les grains de café et les compacte autour de l'objet, comme une paume de main refermée. Moins précis que les robots imitant les doigts humains, le grappin s'avère plus simple à programmer du fait de l'absence d'articulations. L.F.



▲ Le prototype se saisit de tous types d'objets, même fragiles (œufs, verre...).



ENQUÊTE

Par Marie-Catherine Mérat

Régimes anticancer

Peut-on y croire ?

Se prémunir contre le cancer grâce aux vertus de certains aliments : l'idée fait actuellement fureur, légitimée par des études largement mises en avant. Problème : ces études sont "ponctuelles" et leurs résultats ne peuvent en aucun cas être généralisés. Explications.

Quelques algues marines, une cuillère à thé de curcuma, une poignée de graines de lin... A en croire quantité de sites Internet et moult ouvrages qui remportent un franc succès au rayon nutrition des librairies, voilà quelques aliments à intégrer dans notre alimentation si l'on décide d'entamer un "régime anticancer". Sans oublier les plus traditionnels, ail, brocolis, tomates... dont les vertus ne sont, paraît-il, plus à démontrer. L'alimentation anticancer a le vent en poupe et pas seulement chez les libraires. Dans les laboratoires aussi. Pas un jour ne passe sans qu'une nouvelle étude ne prête des propriétés anticancéreuses au chou, aux fruits rouges, au chocolat. En début d'année, une enquête taiwanaise concluait ainsi que les fumeurs ne buvant pas de thé vert avaient 12 fois plus de risques d'être atteints d'un cancer du poumon que ceux qui en buvaient au moins une tasse par jour. Plus récemment, une étude

française a montré que le resvératrol, un polyphénol majeur du vin rouge, aurait la propriété de bloquer le processus de cancérisation de cellules humaines en culture.

DES EXPERTS MONDIAUX TRÈS MESURÉS

Trouver dans son assiette les moyens de se prémunir contre ce fléau ne peut qu'être une bonne nouvelle. Pourvu que la chose soit démontrée, évidemment. Or, malgré la solide assurance affichée par les publications "anticancer" à succès et la multiplicité des études scientifiques, les experts mondiaux en nutrition sont beaucoup plus mesurés dans leurs déclarations. En témoigne le dernier rapport de référence dans le domaine, publié en novembre 2007 par le Fonds mondial de recherche contre le cancer (WCRF) et mis à jour cette année : ses recommandations sont loin d'être aussi précises et incitatives. Point de thé vert, curcuma →

ILLUSTRATIONS SERGIO AQUINO

→ et autres condiments aux vertus miraculeuses, tout juste est-il question, pour préserver sa santé, de varier son alimentation, de consommer un maximum de fruits et légumes quotidiennement et de maintenir un poids optimal. Nous voilà bien loin de l'authentique "régime anticancer" tant vanté et espéré. Pourquoi un tel décalage ? Est-il oui ou non possible, en l'état actuel des connaissances, de recommander la consommation de tel aliment en particulier et d'éviter tel autre pour diminuer les risques de développer un cancer ?

IL S'AGIT JUSTE "D'OPINIONS PERSONNELLES"

Cultivant l'art du paradoxe, David Khayat, chef de service de cancérologie à l'hôpital Pitié-Salpêtrière et auteur de *Le Vrai Régime anticancer* (Odile Jacob, 2010), répond sans embarras : *"En aucune manière je ne pense qu'il existe de régime spécifique aujourd'hui, qui plus est de régime universel valable pour tous, qui préviendrait le cancer."* Une position finalement assez proche de celle du WCRF.

Selon Serge Hercberg, directeur de l'unité de recherche Inserm d'épidémiologie nutritionnelle, les sites Internet et les ouvrages qui vantent les mérites de leurs régimes anticancer *"ne traduisent que la conviction de ceux qui les écrivent"*. Et ce, pour une bonne raison : ces régimes s'appuient presque exclusivement sur des études, scientifiques certes, mais ponctuelles. Rien à voir avec les experts mandatés par le WCRF qui, eux, passent en revue l'ensemble des publications parues sur la question (voir encadré p. 45). Du reste, le WCRF a éprouvé en juin dernier la nécessité de réagir à l'engouement provoqué par les ouvrages de David Servan-Schreiber (*Anticancer*, Robert Laffont, 2010) et de David Khayat, avertissant que *"les deux auteurs donnent des conseils en se basant sur leur opinion personnelle et en se reposant parfois sur des études uniques. Mais des études uniques ne donnent pas de réponses définitives"*. En clair, qu'elle soit menée sur des populations humaines (épidémiologie), des souris (*in vivo*) ou des cellules (*in vitro*), une étude unique ne suffit pas à prouver l'existence d'associations incontestables entre un aliment et un cancer.

Et pourtant, les études les plus médiatisées sur les liens alimentation-cancer donnent l'impression que leurs résultats sont directement transposables dans notre assiette. Ainsi, lorsqu'une étude menée sur 73 223 Chinoises indique que les plus grandes consommatrices de soja risquent moins de développer un cancer du sein, la tentation est forte d'en faire un composant de base de l'alimentation féminine. Rien

Une étude ne suffit pas pour qu'une association soit certaine, il faut qu'elle soit corroborée par plusieurs autres

FRANÇOISE CLAVEL-CHAPELON

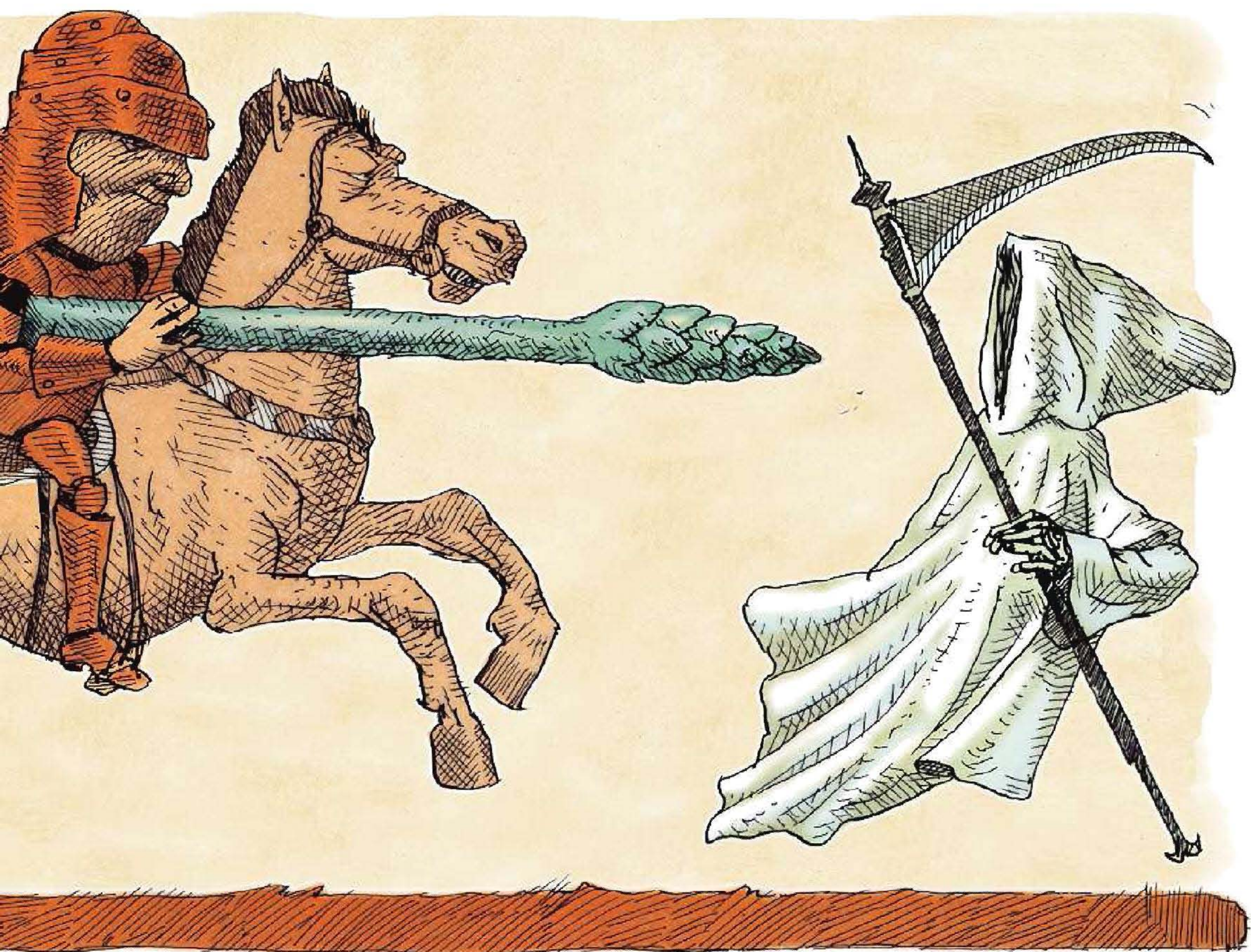
RESPONSABLE DE L'ÉQUIPE INSERM, NUTRITION, HORMONE ET SANTÉ DE LA FEMME À VILLEJUIF



n'autorise cependant une telle conclusion, car la nature même de ces études l'interdit.

Les enquêtes épidémiologiques souffrent de biais méthodologiques que la complexité d'un domaine comme celui de la nutrition rend encore plus patents. *"Si l'épidémiologie est, certes, une approche scientifique, elle n'est pas expérimentale, explique Jean Menanteau, du Centre de recherche en cancérologie à Nantes, elle génère donc un niveau de preuve souvent faible."*

De fait, les aliments que nous consommons contiennent une multitude de composés qui interagissent les uns avec les autres. Explorer les liens entre alimentation et cancer se révèle donc beaucoup plus difficile que d'étudier l'association tabac-cancer par exemple. S'il est facile d'évaluer la consommation de tabac d'un individu en comptant le



nombre de cigarettes qu'il fume quotidiennement, il est *"plus difficile d'avoir une représentation fiable de l'alimentation d'une personne"*, confirme Paule Latino-Martel, coordinatrice du Réseau national alimentation cancer recherche (Nacre). Les épidémiologistes recourent à des questionnaires nutritionnels très précis, mais cela ne suffit pas toujours. Ainsi en va-t-il pour les études dites "cas-témoins" qui comparent les régimes alimentaires d'individus en bonne santé et ceux d'individus atteints d'un cancer : les scientifiques leur demandent parfois de se rappeler ce qu'ils mangeaient il y a... dix ou vingt ans !

Plus solides sont les études dites "de cohorte". Il s'agit cette fois de recruter un grand nombre de sujets en bonne santé et de suivre leur régime alimentaire pendant de longues années. Durant cette

période, certains développent un cancer. Les épidémiologistes tentent alors de relier la survenue de la maladie à un aliment ou à un comportement alimentaire donné. Mais, pour analyser l'effet d'un aliment sur l'apparition d'un cancer, encore faut-il éliminer tous les autres facteurs

potentiels... *"On a longtemps cru que le café donnait le cancer du pancréas, raconte Denis Corpet, responsable de l'équipe Prévention et promotion de la cancérogenèse par les aliments à l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse. C'était avant de s'apercevoir que les sujets étudiés fumaient une cigarette en buvant leur café!"* Désormais, les facteurs comme le tabac, l'alcool ou l'environnement socioprofessionnel sont systématiquement contrôlés dans les études de cohorte. *"Mais on a beau prendre en compte un maximum de →*



→ *facteurs de confusion, il en reste toujours*”, reconnaît Françoise Clavel-Chapelon, responsable de l'équipe Inserm Nutrition, hormone et santé de la femme à Villejuif. C'est pourquoi dans la publication des résultats est-il toujours fait état d'une "association" entre un aliment et ses effets potentiels, jamais d'une causalité pleine et entière. Une seule étude épidémiologique ne suffit donc jamais à démontrer qu'un aliment augmente ou diminue les risques de cancer. Sauf, peut-être, avec les "essais d'intervention", beaucoup plus rigoureux sur le plan méthodologique.

Ce troisième type d'étude épidémiologique consiste à imposer à un groupe de sujets un comportement alimentaire donné et à évaluer ses effets sur la survenue d'un cancer. En 2003, Serge Hercberg révélait ainsi les premiers et spectaculaires résultats de son étude Suvimax commencée en 1994 : les hommes dont l'alimentation est supplémentée en

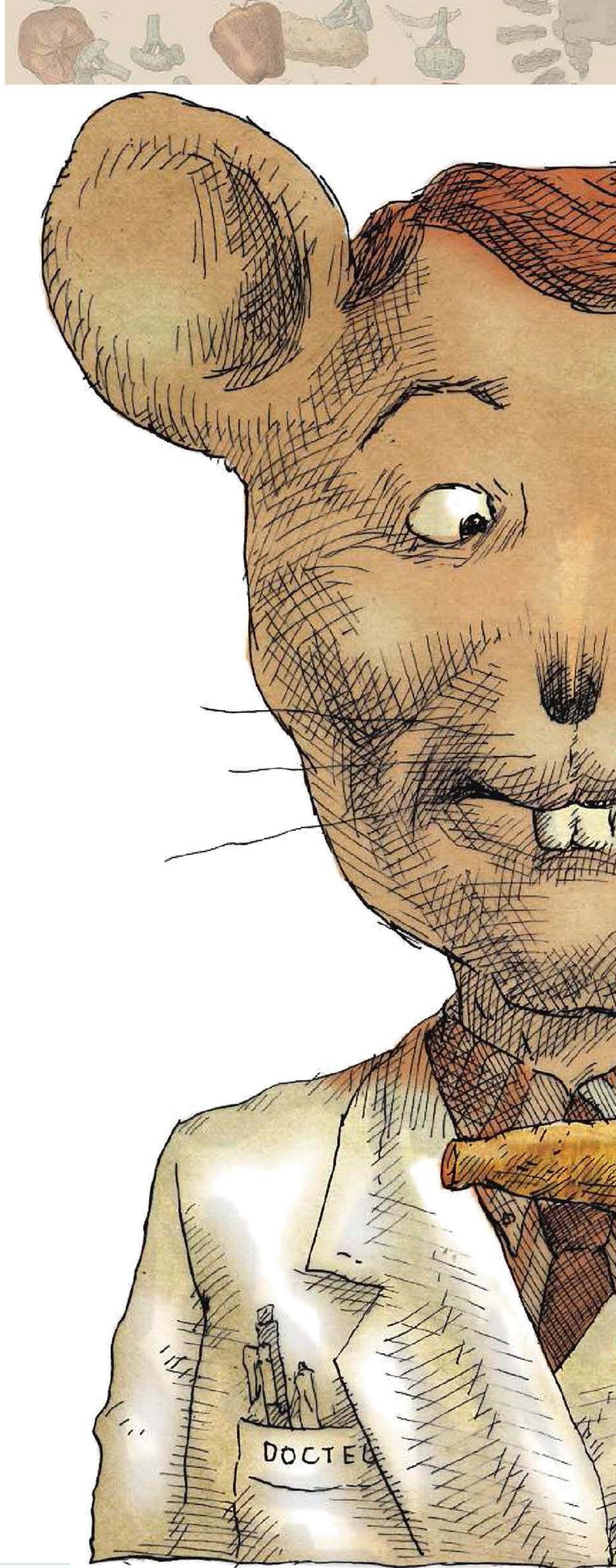
Si les gens sont convaincus que le thé vert est bon pour leur santé, cela peut influencer sur le résultat de l'étude

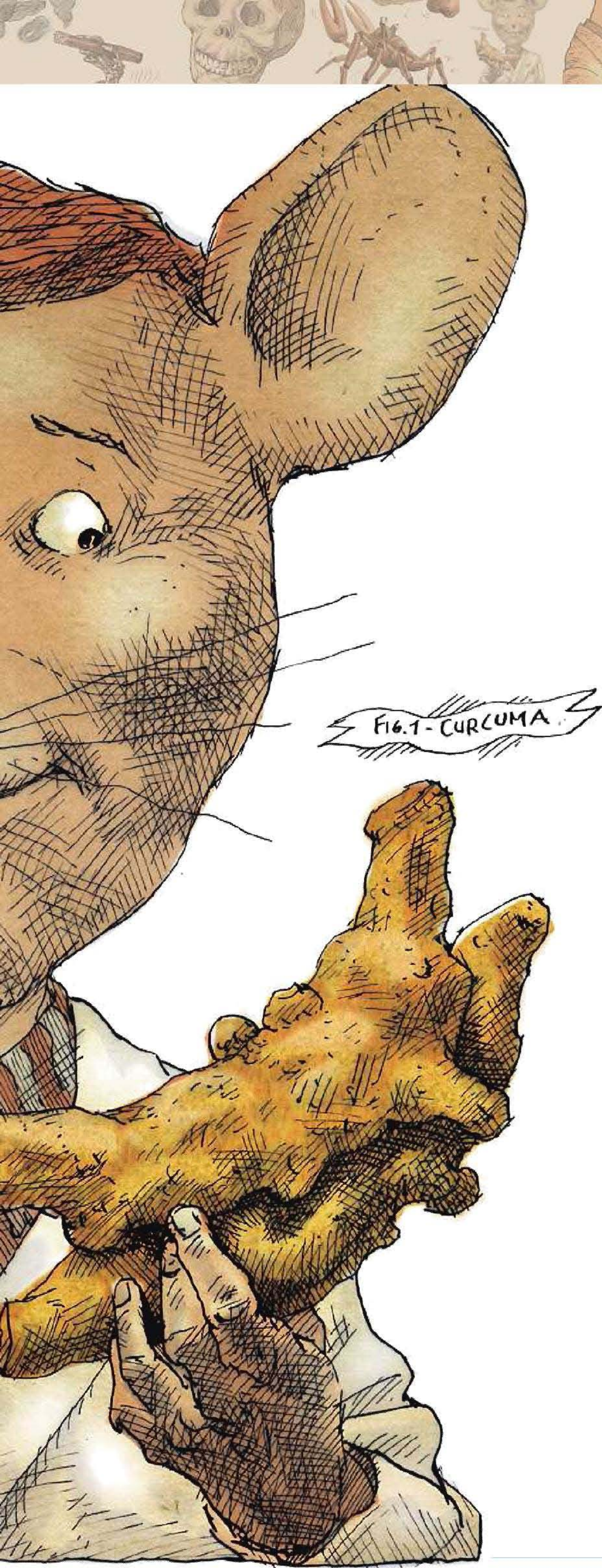
PAULE LATINO-MARTEL

COORDINATRICE DU "RÉSEAU NATIONAL ALIMENTATION CANCER RECHERCHE" (NACRE)

vitamines et minéraux antioxydants diminuent de 31 % leur risque de cancer. Sa méthodologie se voulait irréprochable : 13 000 sujets avaient été suivis pendant huit ans. La moitié d'entre eux devaient absorber quotidiennement une capsule contenant des vitamines et minéraux. L'autre moitié recevait une capsule placebo. Ni les médecins ni les sujets ne savaient ce que contenait la capsule qui leur était délivrée, offrant ainsi un maximum de garanties. Mais alors, si les résultats obtenus à partir de rigoureux essais d'intervention peuvent atteindre une réelle fiabilité, pourquoi ne pas recommander à tous les hommes de consommer ces capsules miracles ? Parce que même rigoureuse, cette étude est tout de même contredite par d'autres qui soulignent des effets contraires des compléments alimentaires. Du coup, les autorités sanitaires ont préféré extrapoler les résultats de Suvimax en incitant la population à manger des fruits et légumes, dont la richesse en antioxydants est connue. Ce saut conceptuel – assimiler la prise de compléments alimentaires à la consommation de fruits et légumes – est critiquable, pourtant ces résultats ont renforcé le message de santé publique : *"Mangez au moins cinq fruits et légumes par jour."*

Pour éviter ce type d'extrapolations, ne pourrait-on pas réaliser des études d'intervention pour analyser directement les effets du thé vert, du curcuma ou de tout autre aliment sur la survenue des cancers ? Plusieurs obstacles





Le régime anticancer personnalisé reste un défi

Manger équilibré, faire de l'exercice... Si les recommandations nutritionnelles en matière de prévention du cancer semblent banales, *"elles ont le mérite de s'adresser à tous"*, relève Jean Menanteau, du Centre de recherche en cancérologie à Nantes. *A contrario*, il est absurde de proposer la même liste d'aliments anticancer à une femme de 20 ans qu'à un homme de 50 ans, car *"la population est hétérogène"*. Cette hétérogénéité, la nutriginétique qui étudie l'influence du génome sur les réponses aux régimes alimentaires, l'a aujourd'hui parfaitement démontrée. *"Soumis à un stress environnemental identique [comme l'alimentation], les individus réagissent en fonction de leurs susceptibilités génétiques"*, résume Denis Lairon, du Laboratoire nutrition et lipides Inserm de Marseille. Un phénomène déjà étudié avec l'alcool : selon les groupes de population, les individus possèdent dans leur foie une enzyme chargée de métaboliser l'alcool. Or, ceux chez qui elle est moins active ressentent moins d'effets désagréables (nausées, malaises...), et ont donc tendance à consommer plus d'alcool, ce qui accroît leur risque de cancer. Reste que les études de nutriginétique n'en sont qu'à leurs balbutiements. *"On aimerait beaucoup donner des recommandations plus personnalisées, mais on n'en est pas encore là aujourd'hui"*, conclut Denis Lairon.

existent. A commencer par le coût, très important, de ce type d'étude : *"Il faudrait une armée de diététiciens pour vérifier que les sujets suivent scrupuleusement le régime imposé"*, note Françoise Clavel-Chapelon.

LA NÉCESSITÉ D'ÉTUDES DE NATURE DIFFÉRENTE

Ensuite, plus fondamentalement, réaliser des essais d'intervention avec des aliments se heurte à un vrai problème : en demandant à des sujets de consommer quotidiennement trois tasses de thé vert, on risque l'effet placebo. *"Si les gens sont convaincus que le thé vert est bénéfique pour leur santé, cela peut influencer sur le résultat de l'expérience"*, explique Paule Latino-Martel. Il est donc indispensable de procéder à l'aide de capsules, en double aveugle, pour que les sujets ne sachent pas ce qu'ils consomment. Oui, mais quel composé mettre dans les capsules ? Chaque aliment en contient une multitude, tous potentiellement actifs sur la santé ! Si l'essai d'intervention peut prétendre à fournir le meilleur degré de preuve, il reste donc rare. Est-ce à dire qu'il est impossible d'établir avec certitude si un aliment augmente ou diminue les risques de développer un cancer ? Sur la base d'une seule étude, oui... mais pas avec plusieurs. *"L'épidémiologie est une science d'observation. Avant de tirer des conclusions et →*

→ de faire des recommandations, il faut qu'il y ait un faisceau d'arguments allant dans le même sens", explique Françoise Clavel-Chapelon. A la tête d'une étude de cohorte de 100 000 femmes qu'elle suit depuis 1990, elle a montré avec son équipe, en septembre dernier, que des taux élevés de vitamine D dans le sang seraient liés à une diminution du risque de cancer du sein: "Mais notre étude ne suffit pas à convaincre définitivement. Pour que cette association soit certaine, il faut que d'autres études viennent corroborer nos observations." Et si possible des études menées sur des populations différentes, pour être sûr que l'association observée n'est pas due à une spécificité, génétique par exemple, de la population étudiée. Encore mieux: disposer d'études *in vitro* et *in vivo* apportant une "plausibilité biologique" à l'association supposée.

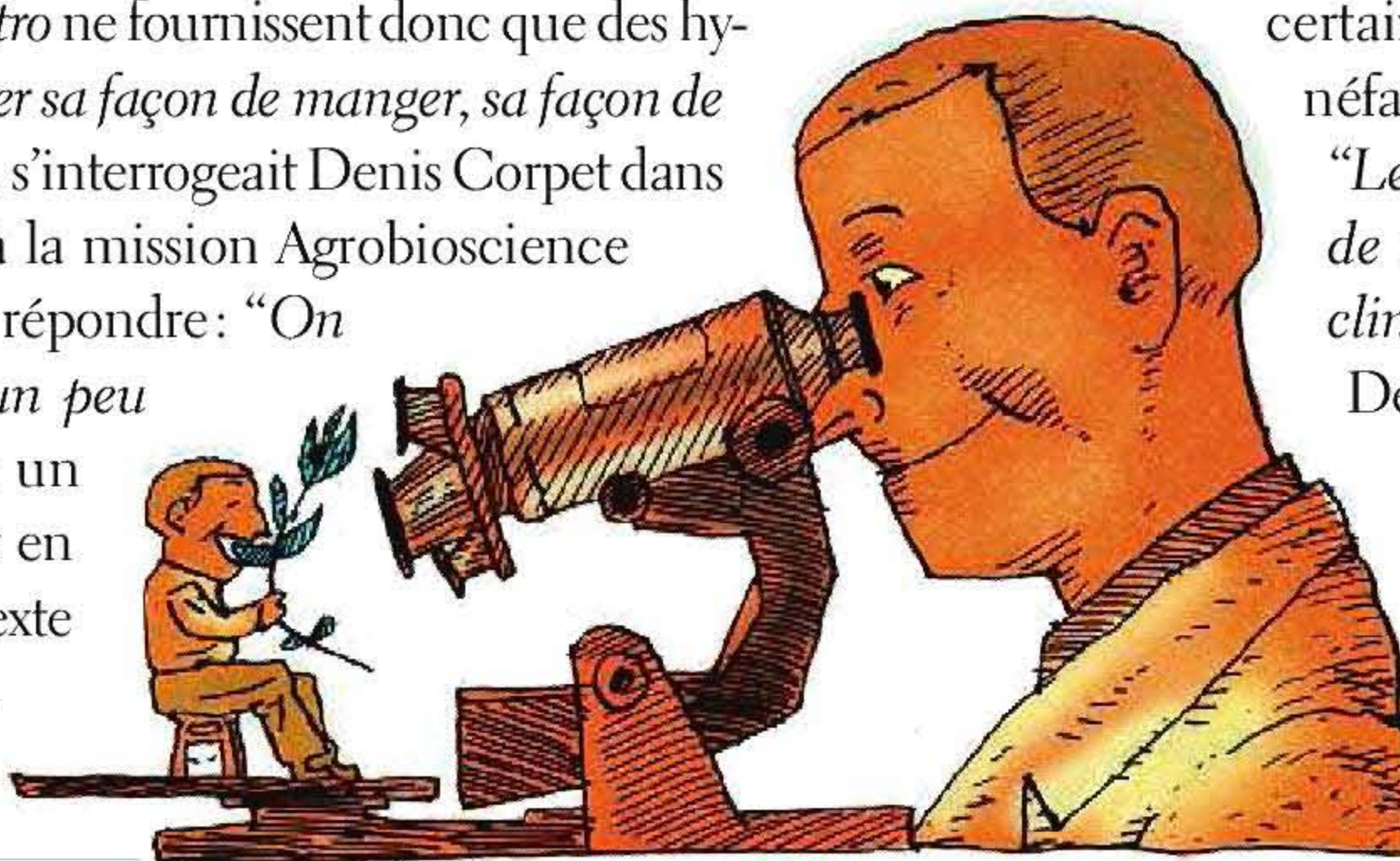
Pour autant, ne nous y trompons pas, ces études non plus, aussi rigoureuses soient-elles, ne suffisent pas à elles seules à faire naître des recommandations nutritionnelles. Par exemple, des publications récentes ont montré que le polyphénol majeur du thé vert, l'épigallocatechine-3-gallate, avait la propriété de déclencher la mort de cellules cancéreuses humaines en culture. Cela signifie-t-il que nous devons boire des litres de thé vert pour prévenir le cancer? Non. Car les cellules humaines isolées dans une boîte de Petri n'ont pas grand-chose à voir avec les cellules de notre organisme. "Cultivées depuis dix, vingt, trente ans dans les laboratoires, elles ont beaucoup dérivé et ne sont plus que des outils destinés à donner des informations sur des mécanismes biologiques", considère Paule Latino-Martel. Quant à savoir si les polyphénols contenus dans notre tasse de thé atteignent leur cible, nos cellules, une fois absorbés, rien n'est moins sûr. "Une grande partie est éliminée par l'organisme et ne passe pas dans la circulation sanguine." Il en va de même des études sur les rongeurs qui ne sont pas davantage extrapolables à l'homme, une souris restant une souris.

Ces études *in vivo* et *in vitro* ne fournissent donc que des hypothèses. Or, "doit-on baser sa façon de manger, sa façon de vivre, sur des hypothèses?", s'interrogeait Denis Corpet dans une interview accordée à la mission Agrobioscience en mai dernier. Avant de répondre: "On peut le faire, mais c'est un peu risqué!" Risqué? Ingérer un aliment ou un nutriment en grande quantité sous prétexte qu'on le croit bon pour la santé n'est pas anodin, comme en témoignent

Presque chaque fois que l'on a prescrit un composé extrait d'un aliment, les résultats ont été catastrophiques

DENIS CORPET

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE



Facteurs anticancer: voici le verdict

Face à la vogue des régimes anticancer, le Fonds mondial de recherche contre le cancer a publié un rapport (voir encadré) décrivant les éventuelles associations liant différents facteurs et type de cancers. Le tableau ci-dessous présente les seuls éléments du mode de vie qui semblent avoir un effet positif.

Alimentation riche en fibres

Légumes sans amidon

Oignons

Ail

Fruits

Alimentation riche en acide folique (jaune d'œuf, melon...)

Alimentation riche en lycopène (tomate, pastèque...)

Alimentation riche en sélénium (rognon, poisson...)

Alimentation riche en calcium

Activité physique

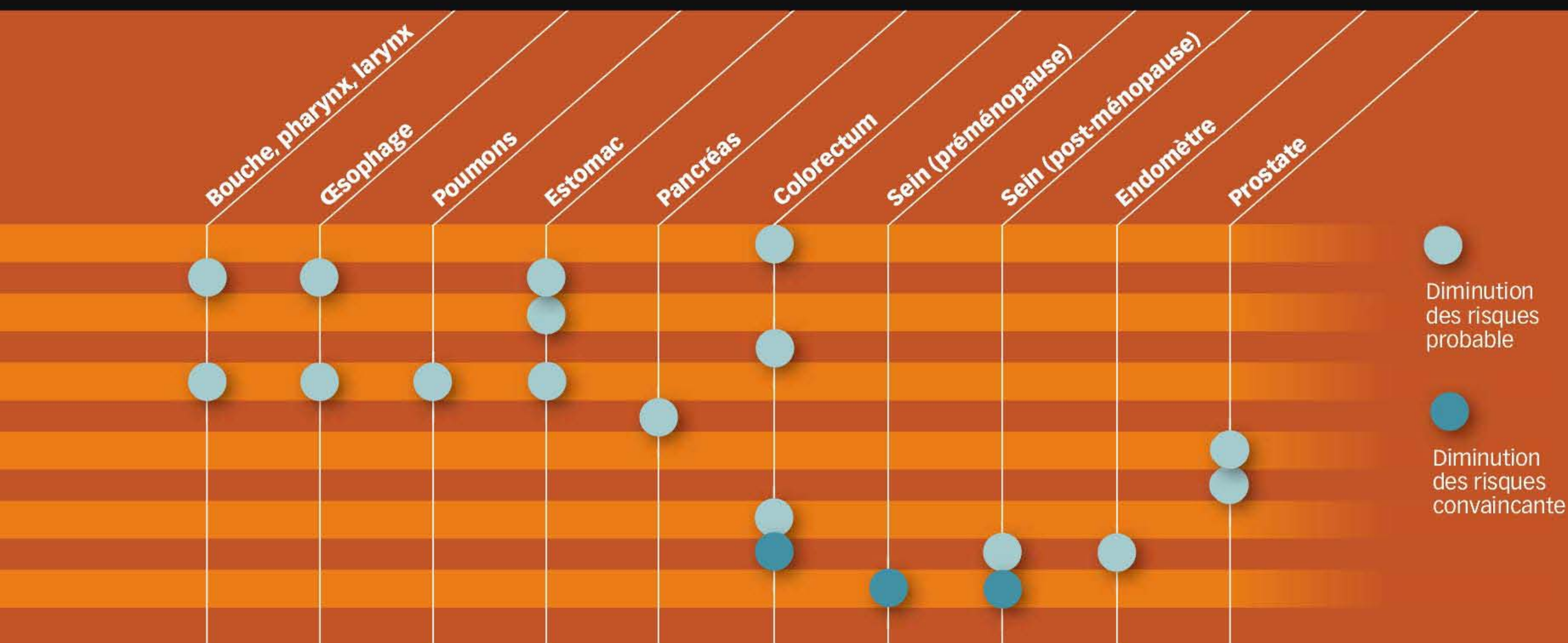
Allaitement (pour la femme)

SOURCE: WORLD CANCER RESEARCH FUND

deux études d'intervention (Caret et ATBC) publiées dans les années 1990: conduites aux Etats-Unis et en Finlande, elles ont montré, à la surprise générale, que la supplémentation en bêta-carotène augmentait de 36 % et 16 % respectivement les risques de cancer du poumon chez les fumeurs! Même si de précédentes études avaient montré que les sujets atteints d'un cancer du poumon avaient des taux sanguins de bêta-carotène inférieurs à ceux d'individus sains. D'où l'idée d'en donner à des fumeurs pour diminuer leur risque de cancer. "Presque à chaque fois que l'on a extrait d'un aliment un composé qui semblait protecteur et qu'on l'a donné à des sujets sous forme de cachet, les résultats ont été catastrophiques", constate Denis Corpet.

Alors, comment être certain que consommer sans modération du curcuma, associé à du poivre pour en augmenter l'absorption intestinale, comme le recommandent certains régimes anticancer, n'est pas néfaste à long terme pour la santé? "Les individus qui suivent ce type de recommandation font un essai clinique sur eux-mêmes!", s'exclame Denis Corpet. Sans oublier qu'il est absurde de conseiller les mêmes aliments à un homme de 50 ans et une femme de 20 ans. "La population est hétérogène. Ce qui est bénéfique pour l'un peut s'avérer néfaste pour

du rapport du WCRF



l'autre", rappelle Jean Menanteau (voir encadré page précédente). Sans conteste, l'attitude la plus raisonnable à adopter semble être de suivre les recommandations nutritionnelles du WCRF. "On ne s'improvise pas expert en nutrition et cancer du jour au lendemain, souligne Paule Latino-Martel. Si le rapport du WCRF fait référence aujourd'hui, c'est qu'il prend en considération une quantité phénoménale d'études pour établir un niveau de preuve suffisant." Ces recommandations, scientifiquement fondées, sont au nombre de huit : éviter le surpoids et l'obésité ; éviter les aliments et boissons favorisant la prise de poids ; consommer principalement des aliments d'origine végétale ; être physiquement actif au quotidien ; limiter la consommation de viande rouge et de charcuterie, qui augmentent les risques de cancer du côlon et du rectum ; limiter la consommation de boissons alcoolisées et de sel et éviter la prise de compléments alimentaires.

DES RECOMMANDATIONS SIMPLES ET UNIVERSELLES

Certains seront déçus par des recommandations aussi simples. "Elles sont incontournables mais très générales car elles sont prévues pour être appliquées au monde entier", rappelle Denis Lairon, directeur de recherche Inserm au Laboratoire nutrition et lipides (Marseille). Mais pourquoi se compliquer la vie avec des régimes anticancer contraignants et non éprouvés, quand on sait qu'environ un tiers des cancers pourraient être évités en suivant des préceptes simples ? "En quête de nouveauté, les lecteurs sont 'baladés' d'un pseudo aliment-constituant miracle à un autre, ajoute Paule Latino-Martel, et ils finissent malheureusement par perdre de vue les recommandations nutritionnelles prioritaires pour la prévention des cancers en France."

Un rapport qui compile la totalité des études menées sur le sujet

Ce ne sont pas moins de six années qui auront été nécessaires pour élaborer le rapport du Fonds mondial de recherche contre le cancer (WCRF) "Alimentation, nutrition, activité physique et prévention du cancer : une perspective mondiale", publié fin 2007. Sa méthode : passer au crible toute la littérature scientifique portant sur des liens entre des aliments, quels qu'ils soient, et le risque de cancers, quels qu'ils soient aussi. Concrètement, neuf centres internationaux ont étudié des centaines de milliers de publications pour n'en retenir, finalement, que 7000 : celles jugées d'une bonne qualité méthodologique et focalisées sur les liens entre alimentation, nutrition et cancer. A partir de là, des méta-analyses ont été menées pour combiner tous les résultats obtenus par type de cancer et facteur de prévention. Sur cette base, 21 experts internationaux indépendants ont déterminé, aliment par aliment et cancer par cancer, le niveau de preuve résultant de toutes ces données scientifiques. Chaque association relevée entre un aliment et un cancer a été classée selon 2 grandes catégories – "accroît le risque" ou "décroît le risque" – et 4 niveaux de preuve : "convaincant", "probable", "limité mais évocateur" ou peu probable. Enfin, ils ont élaboré une série de recommandations visant à "réduire le risque de cancer des populations du monde entier". Ce rapport a été mis à jour cette année.

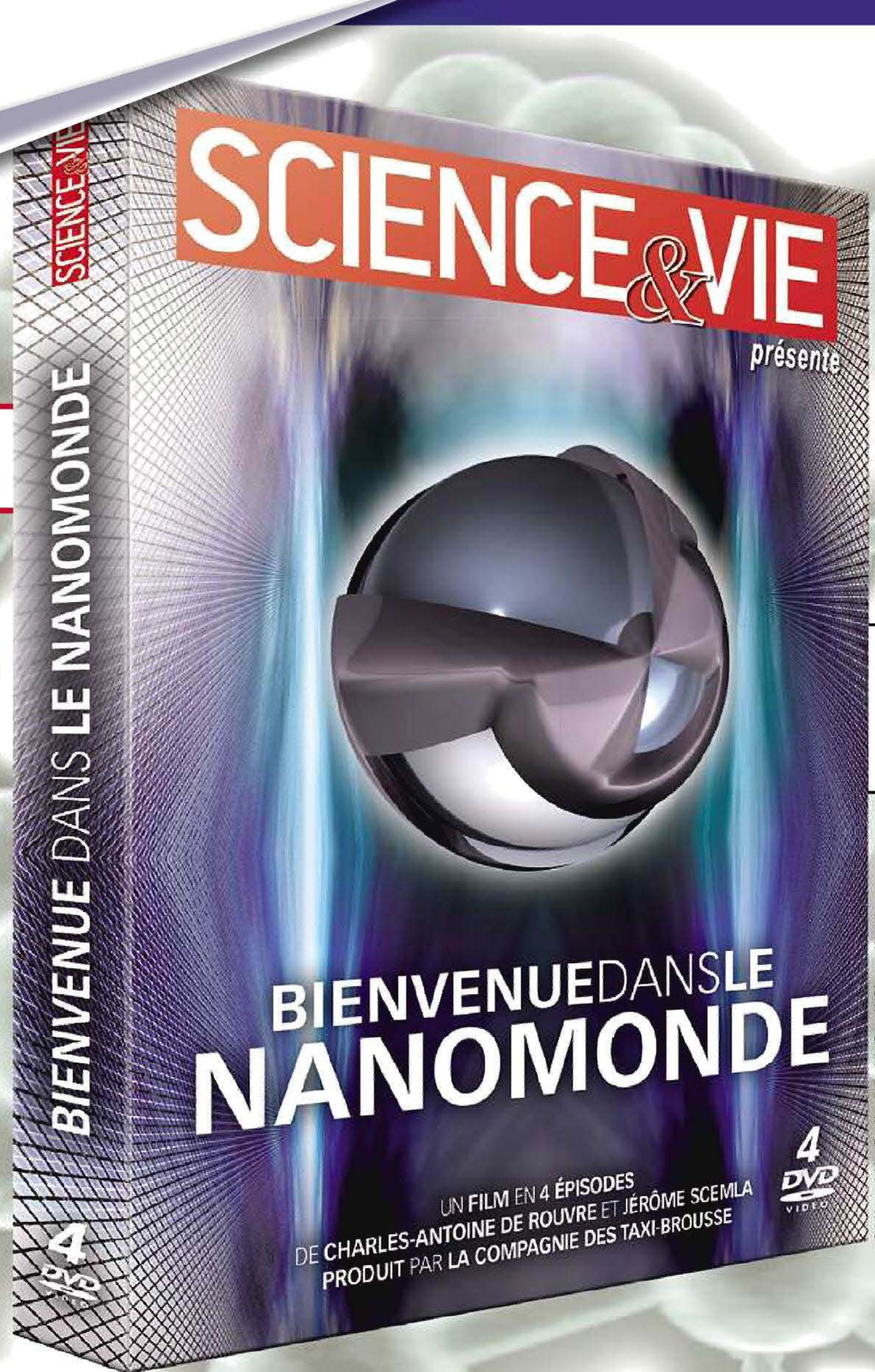
Inédit en DVD

4 épisodes de 52 minutes
dans un coffret
prestige

3 h 30
de programme

4 ÉPISODES :

- DU MICRO AU NANO
- DES NANOS AUTOUR DE NOUS
- DES NANOS EN NOUS
- NANOMONDE ET MAXITROUILLE



© I. Kovandzhiev/Fololia - P. Cooklin/Brand X Pictures/Getty Images

BON DE COMMANDE

À RETOURNER SOUS PLI AFFRANCHI AVEC VOTRE RÉGLEMENT À
SCIENCE & VIE - SERVICE VPC - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA 75503 CEDEX 15

☐ **Oui, je commande le coffret prestige 4 DVD « Bienvenue dans le Nanomonde », au prix de 34,90 € (Frais de port compris)**

Le total de ma commande est de€

Je règle par :

☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

☐ Carte bancaire

N°

Expire à fin

Code crypto les 3 chiffres au dos de votre CB

COMMANDEZ EN LIGNE SUR LE SITE

www.kiosquemag.com

C'EST RAPIDE, PRATIQUE, FACILE ET SÉCURISÉ

Vous pouvez aussi commander par téléphone au 01.46.48.47.08

Date et signature obligatoires

Voici mes coordonnées :

Si vous êtes abonné, votre N° (1 lettre et 7 chiffres) :

Nom :

Prénom :

Adresse :

Complément d'adresse

Code postal :

Ville :

Tél :

Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions vous contacter si besoin pour le suivi de votre commande

Email :

☐ Je souhaite recevoir des newsletters du magazine et des offres promotionnelles des partenaires de Science & Vie (groupe Mondadori). Conformément à la loi informatique et libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres sociétés ou associations. Si vous ne le souhaitez pas, il vous suffit de nous écrire en nous indiquant vos nom, prénom, adresse et, si possible, votre référence client.

Offre valable en France métropolitaine dans la limite des stocks disponibles jusqu'au 31/12/2011. Vous recevrez votre coffret dans un délai de 6 semaines après traitement de votre commande.

SCIENCE & VIE

présente

BIENVENUE DANS LE NANOMONDE

UN FILM EN 4 ÉPISODES DE CHARLES-ANTOINE DE ROUVRE ET JÉRÔME SCEMLA
PRODUIT PAR LA COMPAGNIE DES TAXI-BROUSSE

UN COFFRET PRESTIGE 4 DVD

Science & Vie vous propose d'acquérir en exclusivité ce documentaire exceptionnel sur les nanotechnologies sélectionné par la rédaction, au prix exceptionnel de 34,90€.

OFFRE
SPÉCIALE!

34€90

SEULEMENT

Frais de port offerts!



© 2009 LA COMPAGNIE DES TAXI BROUSSE

Un nouveau monde est en train de naître... Une révolution scientifique est en marche qui pourrait profondément modifier notre avenir au quotidien dans de multiples domaines : la médecine, l'informatique, les communications, l'environnement... Cette grande révolution est celle de l'infiniment petit, et de l'avènement du nanomonde : les nanosciences et les nanotechnologies. *Bienvenue dans le nanomonde* nous entraîne à la découverte de ce monde fascinant et méconnu, parfois préoccupant...

Sélections et prix : Sélectionné au Festival Paris Science 2010 • Grand Prix Silver Dragon Award au CISEP 2010 (Chine) • Sélectionné au Festival 2010 du Film Scientifique d'Asie du Sud Est de Bangkok • Prix vidéo de l'enquête scientifique au Festival du Scoop à Angers 2009 • Nominé pour le Prix Roberval 2010.

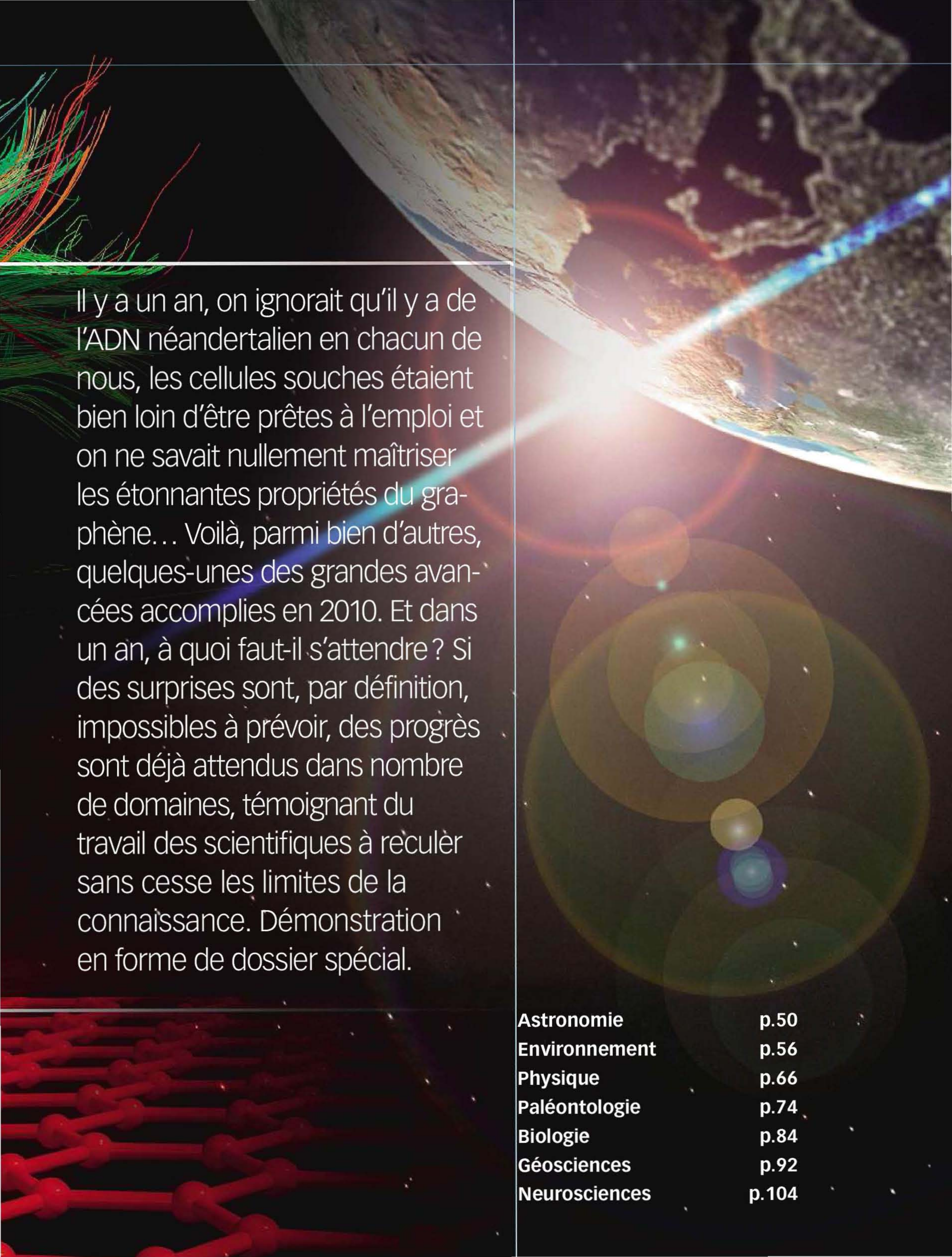


à la une

DOSSIER SPÉCIAL

2010
2011

GRANDES
AVANCÉES
& NOUVEAUX
ESPOIRS



Il y a un an, on ignorait qu'il y a de l'ADN néandertalien en chacun de nous, les cellules souches étaient bien loin d'être prêtes à l'emploi et on ne savait nullement maîtriser les étonnantes propriétés du graphène... Voilà, parmi bien d'autres, quelques-unes des grandes avancées accomplies en 2010. Et dans un an, à quoi faut-il s'attendre ? Si des surprises sont, par définition, impossibles à prévoir, des progrès sont déjà attendus dans nombre de domaines, témoignant du travail des scientifiques à reculer sans cesse les limites de la connaissance. Démonstration en forme de dossier spécial.

Astronomie	p.50
Environnement	p.56
Physique	p.66
Paléontologie	p.74
Biologie	p.84
Géosciences	p.92
Neurosciences	p.104

à la une >

ASTRONOMIE

NOUVEAU

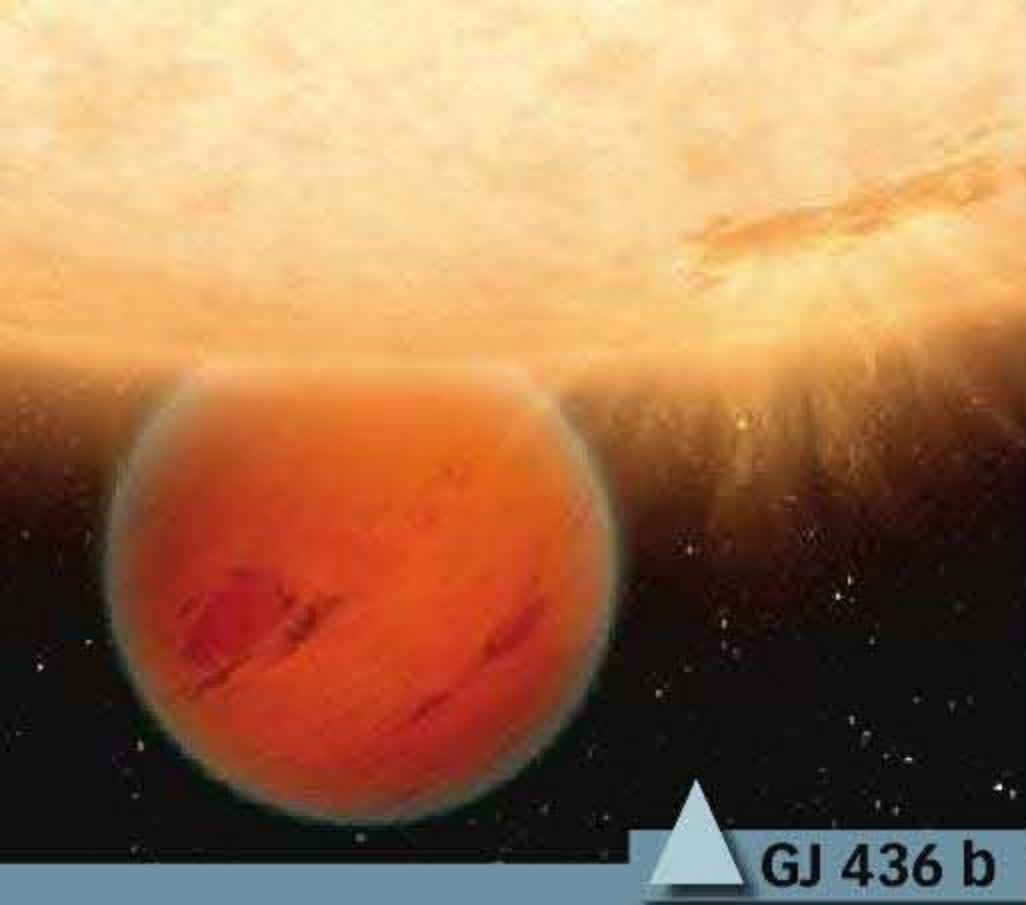
Wasp 33 b

Wasp 12 b

Exoplanètes

En défrichant la galaxie en quête d'une autre Terre, les astronomes ne cessent de découvrir des mondes plus étranges les uns que les autres. Au point d'ébranler leurs modèles de formation des systèmes planétaires !

Elles surpassent tout ce que l'on avait imaginé



▲ GJ 436 b

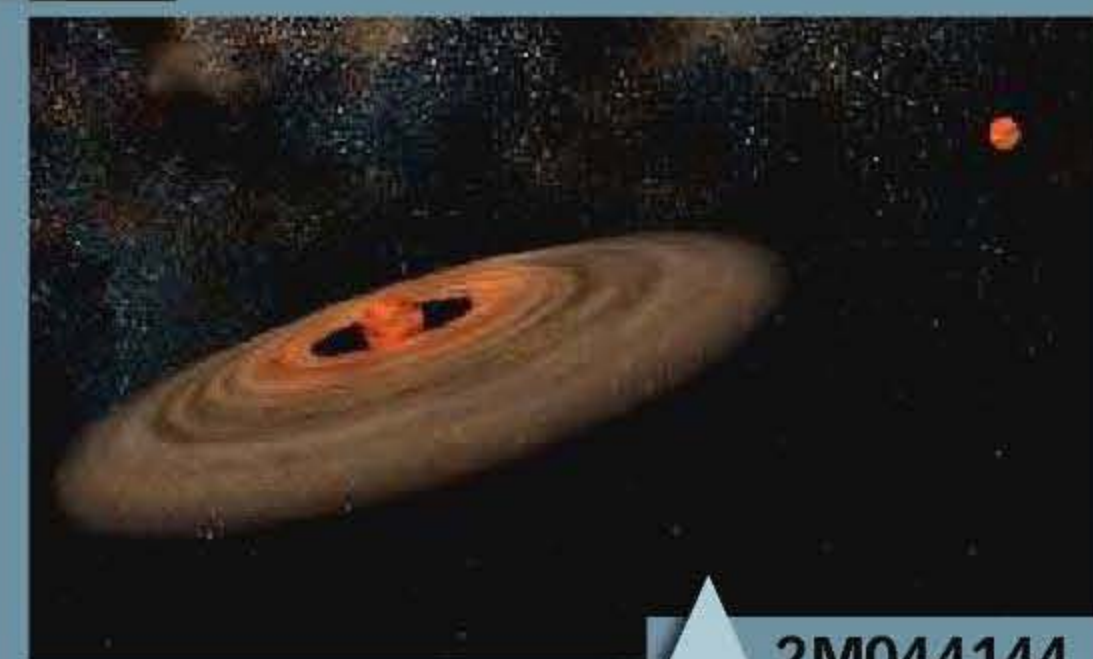


▲ Kepler 9 b et c



▼ Upsilon Andromedae b

Naissance, âge, évolution, caractéristiques chimiques, température, trajectoire... chaque exoplanète apporte sa différence, donnant du fil à retordre aux astrophysiciens.



▲ 2M044144

▼ HIP 13044 b

FÉVRIER
Des calculs révèlent que la planète Wasp 12 b est en train de se faire dévorer par son étoile.

AVRIL
Le télescope *Spitzer* indique que GJ 436 b ne possède pas l'énorme quantité de méthane qu'elle devrait receler.

MAI
Des images de 2M044144 prises par les télescopes *Hubble* et *Gemini* suggèrent qu'elle serait née comme une étoile.

AOÛT
L'étude de l'inclinaison de Wasp 33 b montre qu'elle tourne dans le sens inverse de son étoile.

OCTOBRE
D'après les vibrations que Kepler 9 b et c engendrent sur leur étoile, elles ont des orbites variables.

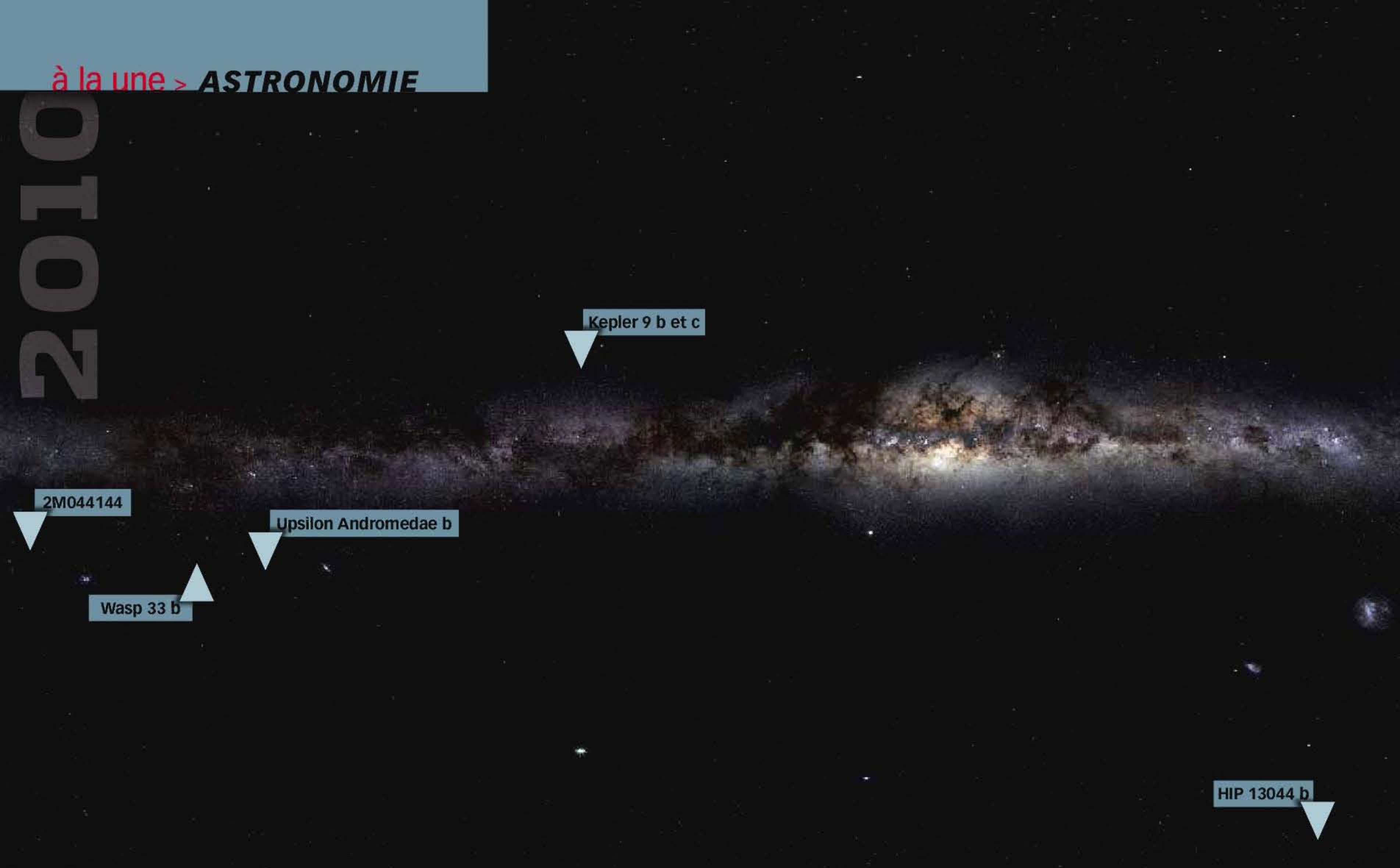
NOVEMBRE
La lumière infrarouge renvoyée par la planète Upsilon Andromedae b suggère qu'elle est plus chaude de nuit que de jour.

NOVEMBRE
Une étude dévoile que HIP 13044 b tourne autour d'une étoile extragalactique.

Et une exoplanète de plus! L'annonce sonne comme un refrain familier: ce sont en effet plus de 90 planètes tournant autour d'une autre étoile que notre Soleil qui ont été découvertes cette année, soit une tous les quatre jours en moyenne! En 2010, la moisson a été bonne.

Certes, le Graal, à savoir dénicher la planète habitable idéale, petite sœur de la Terre, reste hors de portée. La seule candidate, Gliese 581 g (voir *SCV* n° 1118, p. 16), semble même avoir été destituée, une équipe d'astronomes suisses ayant mis en doute son existence. La révélation

d'une éventuelle jumelle de notre Terre sera donc pour plus tard. Pour autant, les scientifiques ont largement de quoi se consoler. Car au fil de leurs investigations, ils sont tombés sur de nouveaux mondes dont les étrangetés ont valeur de découvertes, à l'image de la →



→ dernière exoplanète en date (à l'heure où nous écrivons ces lignes): HIP 13044 b. Cette géante gazeuse, localisée par Johnny Setiawan, de l'Institut d'astronomie Max-Planck (Allemagne), se trouve en effet dans le "courant d'Helmi", un groupe d'étoiles qui appartenait... à une galaxie naine, avant d'être happé par la Voie lactée, il y a six à neuf milliards d'années: HIP 13044 b tourne donc autour d'une étoile qui vient d'une autre galaxie! Non seulement c'est la première fois que l'on met le doigt sur une planète dont le propre Soleil vient de l'extérieur de la Voie

autour de l'astre, déclenchent la formation des "planétésimaux" [les embryons de planètes]. C'est ainsi que s'est formé notre système solaire!" Et voilà un casse-tête de plus. Car 2010 a fourni d'autres exoplanètes aussi improbables. Ainsi, en mai, la communauté s'extasiait devant une nouvelle exoplanète incroyablement jeune, 2M044144, née depuis un million d'années, alors que "le processus classique nécessite de 50 à 100 millions d'années!", s'exclame Kevin Luhman, de l'université de Pennsylvanie. Et en août, les astrophysiciens découvraient que six exoplanètes tournaient dans le

Toutes ces énigmes le montrent aujourd'hui, le scénario classique de formation planétaire a du plomb dans l'aile: "On a mis un coup de pied dans la fourmilière et on a des difficultés à interpréter ces systèmes étranges", résume François Bouchy, de l'Institut d'astrophysique de Paris.

UNE SITUATION PASSIONNANTE

Bien sûr, les théoriciens ont déjà formulé des hypothèses. Certains de leurs modèles montrent que des planètes pourraient se former comme des étoiles par l'effondrement d'un nuage de gaz. Ce serait le cas de 2M044144, la toute jeune planète. HIP 13044 b, l'étrangère, pourrait, elle, être née d'une instabilité dans son disque protoplanétaire, un mécanisme rapide qui fabriquerait des planètes en quelques centaines de millions d'années. Reste à expliquer la trajectoire des planètes inversées et, sur ce point, les débats sont encore vifs: "Leur orbite pourrait avoir été modifiée par la migration d'une planète voisine très

Toutes ces bizarreries obligent à revoir le scénario de formation des planètes

lactée mais, surtout, elle donne du fil à retordre aux astrophysiciens... parce qu'elle ne devrait pas exister. "Son étoile est très pauvre en métaux lourds, explique Johnny Setiawan. Or, ce sont normalement ces métaux qui, en s'agrégeant dans le disque de poussières qui gravite

sens opposé à celui de leur étoile (voir S&V n° 1116, p. 20). Si les planètes se forment dans un disque de poussières qui gravite logiquement dans le même sens que leur étoile, comment peuvent-elles se décaler au point de finir par tourner dans le sens inverse?

GJ 436 b

Wasp 12 b

Exotiques mais pas rares

C'est aux quatre coins de la Voie lactée que les astrophysiciens ont repéré ces exoplanètes "exotiques", ce qui laisse à penser qu'elles ne sont pas rares et que d'autres vont être découvertes.

massive, la présence d'une étoile proche ou même les mouvements de convection à l'intérieur de l'étoile, énumère Amaury Triaud, de l'Observatoire de Genève. Mais il est impossible pour le moment de trancher entre ces hypothèses." Et la liste des bizarreries révélées en 2010 ne s'arrête pas là. En particulier, les théoriciens peinent encore à expliquer les caractéristiques d'Upsilon Andromedae b, qui s'avère plus chaude de nuit que de jour. Seuls des vents de plus de 3 000 km/h pourraient expliquer ce phénomène! Sans parler des sœurs Kepler 9 b et c, dont la durée des orbites varie au cours du temps ou de GJ 436 b, dont la masse et la température laissent supposer une grande quantité de méthane dans son atmosphère... que l'on n'a jamais trouvée! Mais tout cela n'est pas pour déplaire aux astronomes car, comme conclut Alessandro Morbidelli, de l'Observatoire de Nice: "On a enfin sous les yeux une diversité d'objets exceptionnelle! Et c'est en observant des cas extrêmes qu'on progresse." **Mathilde Fontez** ■

Et aussi...

Télescopes

Le VLT est remonté jusqu'à l'âge sombre de l'Univers

Elle a pour nom UDFy-38135539, et c'est la galaxie la plus distante jamais observée! En octobre dernier, une équipe européenne d'astronomes a publié dans la revue *Nature* les résultats d'une observation vertigineuse: ils ont réussi à capter l'infime lueur d'une galaxie située à une distance de 13,1 milliards d'années-lumière de la Terre. Et, comme en astronomie, qui regarde au loin remonte le temps, ils ont par la même occasion pu "voir" l'Univers tel qu'il était il y a 13,1 milliards d'années, soit seulement 600 millions d'années après le big bang. A cette époque, il sortait à peine de "l'âge sombre": après s'être dilaté et refroidi, l'Univers venait juste de donner naissance aux premières étoiles, et les galaxies, à peine formées, baignaient encore dans un épais brouillard d'hydrogène et d'hélium. C'est le télescope spatial *Hubble* qui avait détecté les premières traces de cette galaxie lointaine en 2009.

Mais pour confirmer sa distance, il fallait collecter assez de photons (particules de lumière) pour en dresser le spectre lumineux. Seize heures d'observations avec le Very Large Telescope (VLT), au Chili, ont été nécessaires pour que la lumière s'accumule, photon par photon, sur les détecteurs.

CAPACITÉS MAXIMALES

Et ce n'est pas seulement une limite cosmologique, celle de l'âge sombre, qui a été atteinte, c'est aussi une limite technique, celle des télescopes actuels. Pour Nicole Nesvadba, de l'Institut d'astrophysique spatiale à Orsay, qui a participé à l'étude: "On ne pourra pas aller plus loin. On a poussé au maximum les capacités du plus sensible des détecteurs existants." Pour assister à la naissance des premières étoiles... voire sonder le néant, à savoir l'âge sombre, pas le choix: il faudra attendre la prochaine génération de télescopes, aux alentours de 2015. **M.F.**

< C'est la lumière des premières étoiles qui a dissipé le brouillard d'hydrogène qui emplissait l'Univers (simulation).



**DÉBUT
D'ANNÉE**
Sélection de la
mission Hayabu-
sa 2 par la Jaxa.
La sonde pourrait
décoller en 2015
vers l'astéroïde
1999 JU3.

2011

Les astéroïdes vont livrer leurs secrets

Dédiées à l'étude des astéroïdes, les sondes japonaise et américaine *Hayabusa* et *Dawn* vont offrir aux scientifiques des informations cruciales sur quelques-uns des secrets originels du système solaire.

Pourquoi déployer tant d'efforts pour étudier de vulgaires cailloux qui orbitent entre Mars et Jupiter? Pour percer les mystères de notre système solaire, rien de moins! Car quelles sont les étapes de la formation des planètes? Comment de simples agrégats de poussières se métamorphosent-ils en rocheuses volcaniques ou en géantes gazeuses? "Autant de questions que l'étude des astéroïdes

peut permettre de résoudre, puisqu'ils sont les seuls vestiges des premières heures du système solaire", assure Alain Doressoundiram, de l'Observatoire de Paris. De fait, ces milliers de cailloux aux tailles et aux compositions variées représentent pour les astrophysiciens une chance formidable: ils sont un instantané du système solaire en train de se former. Et justement, en 2011, deux

sondes spatiales, *Dawn* et *Hayabusa*, devraient donner du grain à moudre aux chercheurs. La première, qui a élu domicile dans la ceinture d'astéroïdes il y a quelques mois, se laissera capturer en juillet par l'attraction gravitationnelle de l'un des plus massifs: Vesta.

FAIRE PARLER LE CŒUR DE VESTA

Entre planète et astéroïde, cette boule de roche cabossée de 530 km de diamètre serait l'un des chaînons qui manquent encore aux astrophysiciens pour comprendre la formation des planètes rocheuses. "Grâce à des mesures spectrométriques, nous avons découvert

L'ISS a rendez-vous avec l'antimatière

Où est passée l'antimatière? Le modèle standard de la physique est pourtant formel: matière et antimatière devraient se partager l'Univers à parts égales. D'ailleurs, antiélectrons et antiprotons sont presque devenus banals à force d'être fabriqués au Cern, à côté du grand anneau du LHC, près de Genève. Mais, dans l'Univers, elle demeure invisible... mais peut-être plus pour très longtemps! Le 27 février prochain, en effet, la Station spatiale

internationale (ISS) accueillera à son bord le spectromètre magnétique alpha (AMS), un instrument international (16 pays y ont participé) capable de détecter la moindre particule d'antimatière. Equipé de détecteurs similaires à ceux du LHC, il passera au peigne fin le flux de rayons cosmiques en provenance du cosmos dans le but d'y dénicher des antinoyaux d'hélium. Un espoir de percer, enfin, l'un des mystères de la formation de l'Univers... **M.F.**

JUILLET
Arrivée de la sonde *Dawn* de la Nasa sur Vesta.

AOÛT

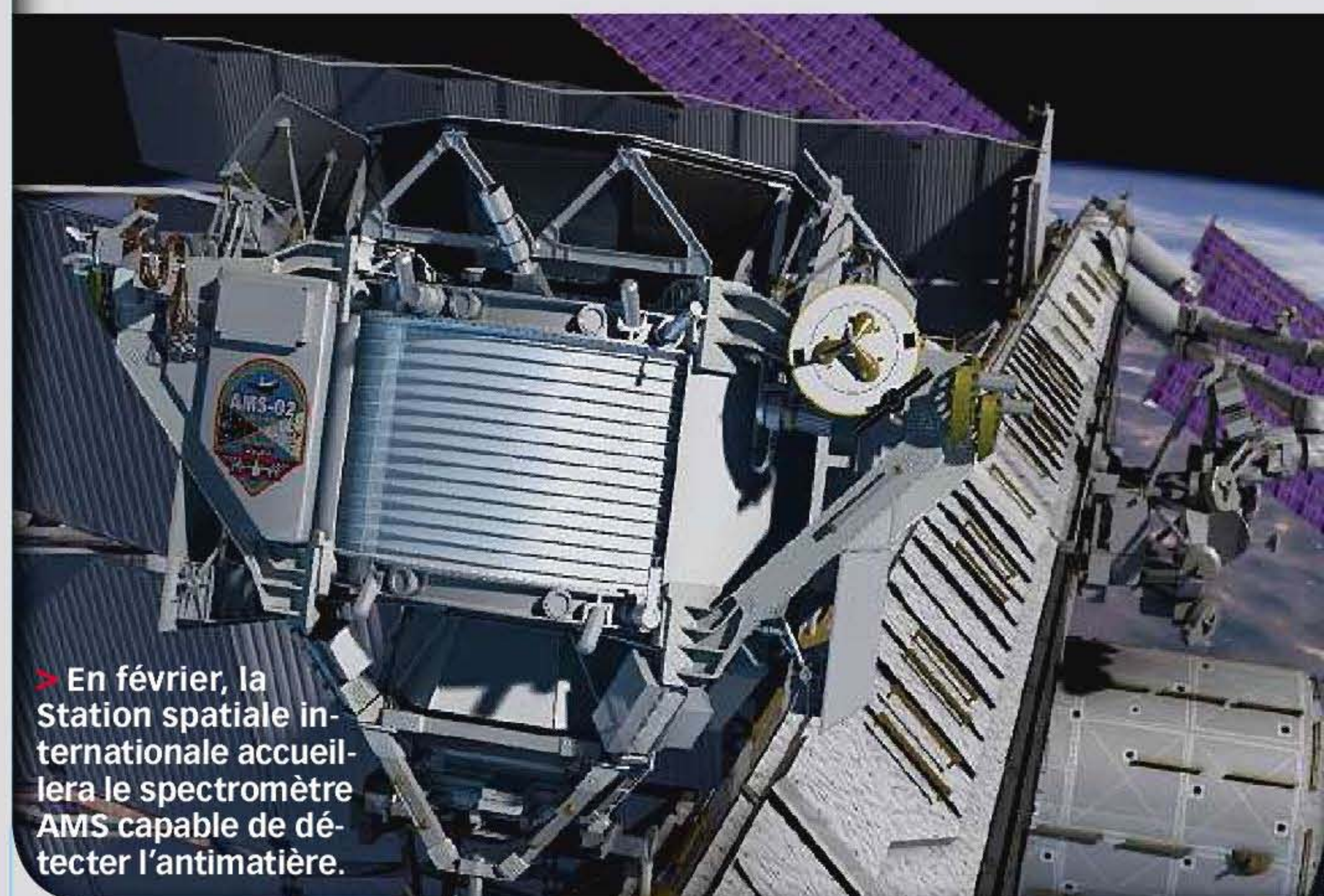
Dernière phase de sélection par la Nasa de la mission Osiris-Rex. La sonde s'envolerait vers l'astéroïde primitif 1999 RQ36 en 2018.

▲ La sonde américaine *Dawn* est chargée de faire parler Vesta, une boule de roche de 530 km de diamètre.

que Vesta cachait probablement un cœur de métal sous sa croûte rocheuse", explique Christopher Russel, directeur de la mission à la Nasa. Comme la Terre... Un cœur que *Dawn* s'apprête à faire parler en restant en orbite autour de l'astéroïde pendant un an.

Quant à *Hayabusa*, revenue en juin dernier, elle a rapporté pour la première fois des poussières d'astéroïde! Les analyses viennent de le confirmer (voir p. 10): sa capsule contenait bien 1 500 grains qu'il s'agit maintenant de faire parler. Dans le ciel, mais aussi sur la Terre, 2011 sera l'année des astéroïdes!

Mathilde Fontez



➤ En février, la Station spatiale internationale accueillera le spectromètre AMS capable de détecter l'antimatière.

Des lancements tous azimuts

Mercure, Jupiter, Mars... L'exploration spatiale va battre son plein cette année. Revue d'effectifs.

18 mars: elle l'a déjà survolée à cinq reprises mais, cette fois, la sonde *Messenger* de la Nasa va se laisser capturer par la gravité de Mercure et s'installer en orbite autour d'elle.

5 août: lancement de la sonde *Juno* de la Nasa. Elle arrivera sur Jupiter en août 2016 et tentera de percer les mystères cachés sous ses épais nuages.

8 septembre: la sonde américaine *Grail* s'élancera vers la Lune pour cartographier ses profondeurs grâce à des mesures de gravité.

25 novembre: lancement de *Mars Science Laboratory*, un rover américain qui explorera la planète rouge dans l'espoir de détecter un environnement favorable à la vie. Arrivée prévue en 2012.

25 décembre: décollage de la sonde russe *Phobos-Grunt*. Elle devrait atterrir sur Phobos, l'une des lunes de Mars, en 2013.



à la une >

ENVIRONNEMENT

NOTION

Alors que se termine l'Année de la biodiversité, cette notion n'a toujours pas de définition claire ! Que recouvre-t-elle ? Comment l'évaluer et mesurer son évolution ? Autant de questions qui, faute de réponses, sèment le trouble sur les moyens déployés tous azimuts pour la préserver.

Biodiversité

La voici aussi
menacée
d'ambiguïtés

8 juillet 2010. Pour la septième fois, en cette journée de pêche scientifique au large de Madagascar, le filet ruisselant sort des flots et s'ouvre, libérant sur le pont un pêle-mêle polychrome d'éponges, d'oursins, de coquillages, de poissons, d'algues, de crustacés aux allures improbables.



JANVIER

Lancement de "2010 Année internationale de la biodiversité" sous l'égide de l'ONU.

JUIN

Le Programme des Nations unies pour l'environnement décide de la création d'une Plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES).

OCTOBRE

Fin du programme décennal d'échantillonnage de la biodiversité marine "Census of Marine Life", qui a concerné 2700 scientifiques de 80 pays.

La biodiversité – étymologiquement parlant, la diversité du vivant – s'incarne ici en un magma glissant, rampant et frétilant autour duquel les scientifiques de l'expédition Atimo Vatae s'affairent, classant les organismes par catégorie avant de s'attaquer à leur identification sous

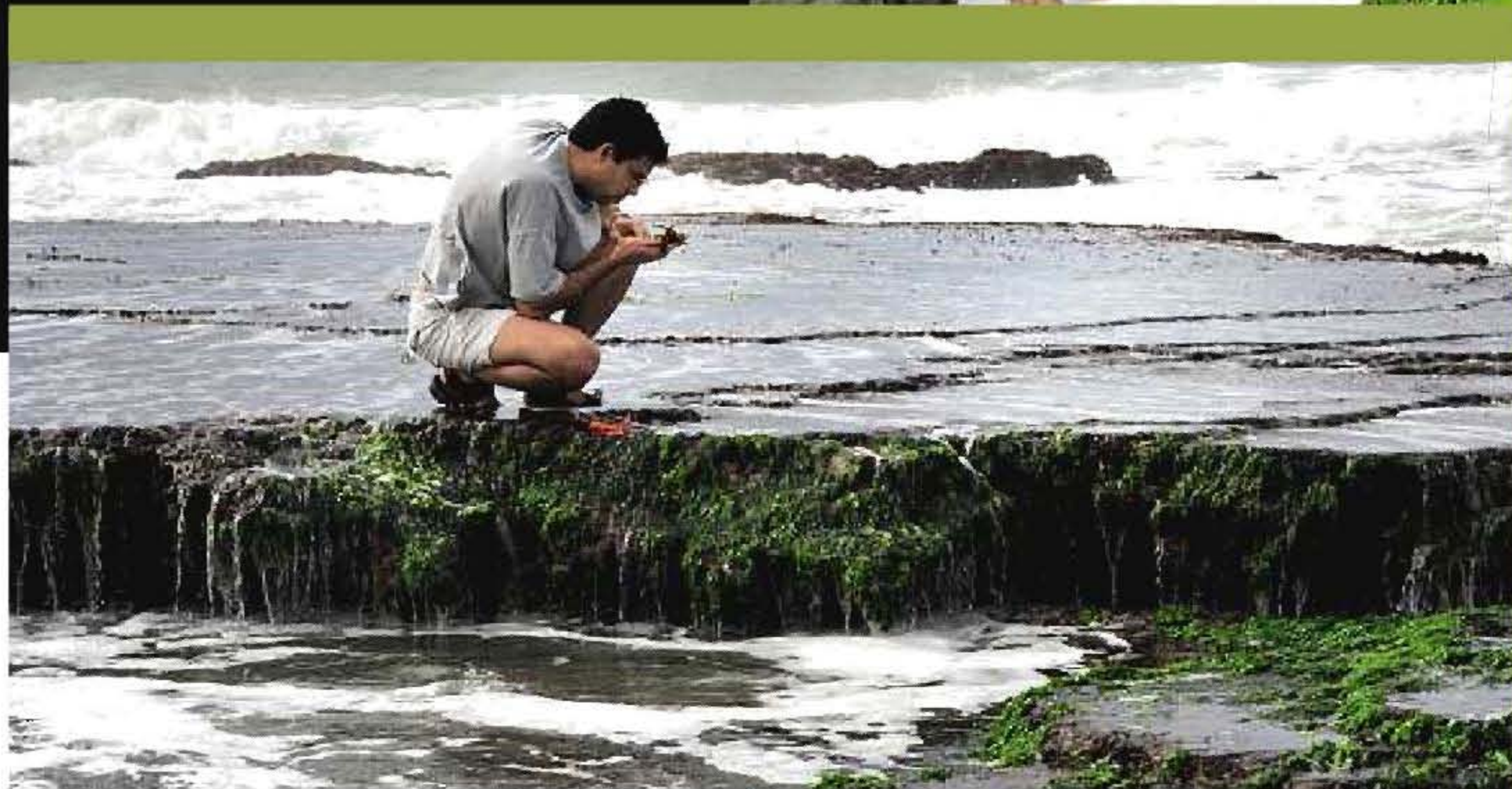
la loupe binoculaire. En une trentaine de minutes, la récolte est triée, les ADN prélevés et les spécimens emballés puis jetés dans le tonneau d'alcool qui les préservera jusqu'au Muséum national d'histoire naturelle de Paris (MNHN). L'objectif d'Atimo Vatae et de ses

69 scientifiques venus de 15 pays différents? Recenser et décrire un maximum d'espèces peuplant les petites zones terrestres et marines à cheval sur le Mozambique et le sud de Madagascar. Et contribuer ainsi à la description de la biodiversité de notre planète, ce nouveau →

X.DESMIER

Des expéditions tous azimuts

L'Année internationale de la biodiversité a vu diverses expéditions s'organiser pour aller explorer le vivant. L'une des plus spectaculaires, baptisée Atimo Vatae et coordonnée par le Muséum national d'histoire naturelle de Paris, s'est déroulée au Mozambique et à Madagascar. 69 spécialistes de 15 pays ont collecté des milliers d'organismes depuis des profondeurs sous-marines de plus de 800 m jusqu'à la cime de la forêt.



→ concept star qui, en quelques années, est parvenu à rallier toute la planète à sa cause : alors que vient de se clore l'Année mondiale que lui a consacrée l'ONU, d'innombrables programmes ont été lancés comme le très impressionnant "Recensement de la vie marine" (voir S&V n° 1117, p. 114).

Philippe Bouchet, chercheur au MNHN, responsable d'Atimo Vatae, mesure bien l'intérêt croissant pour la

avancer la science et la cause de la biodiversité. Désormais, ce sont d'influents fondations privées, comme les fondations Total, Niarchos ou Albert II, qui financent ces expéditions.

Reste à savoir quelle est cette cause à défendre. Car malgré tous les travaux qui lui ont été consacrés personne n'est encore en mesure de dire ce qu'est la biodiversité. Comment, dès lors, mesurer l'ampleur de la crise ? Une certi-

Reste à savoir qu'elle est cette cause que tout le monde voudrait défendre

biodiversité : *"Il y a dix ans, lorsque j'ai proposé d'explorer les espèces de l'île calédonienne de Lifou, on m'a dit 'mais ça n'a pas déjà été fait au XIX^e siècle ?' Depuis, il y a eu un changement de perception complet, qu'évidemment j'essaie de mettre à profit pour faire*

tude : depuis qu'il a été sorti de la confidentialité en 1988 par le biologiste Edward Wilson, le terme de "biodiversité" a connu une fortune spectaculaire sur la scène scientifique. "Le nombre de chercheurs dans ce domaine a été multiplié par dix en quelques années",

estime Philippe Bouchet, et les projets de recherche de grande ampleur sur le thème foisonnent. Il a d'ailleurs été décidé de mettre sur pied une sorte de groupe d'experts de la biodiversité, à l'image du GIEC pour le climat, baptisé Plate-forme internationale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES).

NOUVELLE PRISE DE CONSCIENCE

Cette mobilisation est le fruit de l'inquiétude suscitée par le recul des espaces naturels. Au cours du xx^e siècle en effet, la pêche a été multipliée par 35, les terres agricoles ont doublé en surface et l'exploitation des milieux est devenue plus destructrice... Chaque année, la planète perd ainsi de sa diversité biologique. Mais que perd-on exactement et dans quelle proportion ? Le phénomène est-il irréversible ? Comment le vivant réagit-il et avec quelles conséquences pour l'humanité ? Que doit-on protéger en priorité ? Autant de questions auxquelles les scientifiques ne savent répondre précisément. Et pour cause : l'étendue même de la biodiversité reste problématique.

EN QUOI LA DIVERSITÉ EST-ELLE UTILE ?

Chacun a conscience que l'humanité puise dans le vivant une part significative de sa nourriture, de ses matériaux et de ses substances chimiques, pour ne parler que de biens matériels. Chacun sait aussi que les écosystèmes éliminent une bonne part de nos déchets, retirent de l'atmosphère beaucoup de CO₂, stabilisent le cycle de l'eau, etc. Mais le fait d'être diversifiés ajoute-t-il quelque chose aux écosystèmes ? A l'inverse, leur ôter des espèces ou des gènes les détériore-t-il ? Depuis les années 1990, les scientifiques tentent de répondre à cette question, mais ils se heurtent à un problème méthodologique. De fait, leurs études s'appuient généralement sur des écosystèmes artificiels simplifiés, ou "mésocosmes", qui peuvent aussi bien être des parcelles de prairie que des cultures d'algues, des ruisseaux artificiels, etc. Il s'agit d'y faire varier le nombre d'espèces et d'observer s'il survient un changement dans la capacité à épurer l'eau, à stocker le carbone... Or, ces expériences sont critiquées pour le manque de réalisme : elles ne sont contrôlables que parce qu'elles portent sur de petites surfaces, peu d'espèces, isolent les milieux du voisinage et ne durent que peu de temps pour des raisons pratiques. Malgré ces limites, un certain consensus se dessine toutefois pour constater que les milieux diversifiés sont plus productifs : en 2007, une méta-analyse portant sur une centaine d'expériences établissait qu'un mélange d'espèces produit en moyenne 1,7 fois plus de matière organique qu'une espèce unique. Le consensus est encore plus important pour la résistance aux perturbations : comporter des espèces nombreuses et diversifiées est considéré comme un gage de stabilité face aux bouleversements écologiques.

Des découvertes à foison

Les scientifiques recensent quelque 16 000 nouvelles espèces tous les ans ! Atimo Vatae a, par exemple, collecté près de 1 000 espèces de mollusques et plus de 400 espèces de crustacés au large de Madagascar. Tout n'est pas encore dépouillé, mais on compte déjà plusieurs dizaines d'espèces inconnues.

L'estimation globale. "A ce rythme, il faudra encore des siècles pour nous approcher d'une vision exhaustive de la biodiversité", commente le scientifique. Ce serait un moindre mal, si au moins les mécanismes de la biodiversité étaient élucidés. Las, les scientifiques sont loin du compte. Même s'il y a eu récemment au moins deux grandes avancées conceptuelles... qui ne vont pas sans poser quelques problèmes.

Première avancée : la prise de conscience de la dynamique de la biodiversité, alors que l'on pensait autrefois que les écosystèmes atteignaient spontanément des états d'équilibre stable. "Or, si l'humanité fait disparaître des espèces, en même temps, elle empêche l'apparition d'une diversité nouvelle, par exemple en isolant des populations ou en les mélangeant trop. Notre but, avertit Pierre-Henri Gouyon, professeur au Muséum d'histoire naturelle, n'est pas seulement de conserver un capital, mais de lui permettre de continuer à se renouveler et à s'adapter." Mais les chercheurs peinent à modéliser de façon satisfaisante les écosystèmes, et à comprendre ce qui peut les rendre →

"Au milieu des années 1970, estime Bernard Chevassus-au-Louis, ancien directeur du Muséum de Paris, les biologistes estimaient réalisé l'essentiel de l'inventaire de la biodiversité. Or, de nouveaux outils d'exploration sont venus bouleverser cette vision." Ainsi, des sous-marins des grands fonds, par exemple, ont permis l'échantillonnage des sources hydrothermales ; de nouvelles méthodes de collecte des insectes par *fogging* (une colonne d'insecticide fait tomber toute la population d'un arbre) ont été mises au point ; sans compter l'analyse génétique. Résultats ? On estime désormais entre 10 millions et 50 millions le nombre d'espèces vivant sur notre planète. Ainsi, en dépit des quelque 16 000 nouvelles espèces décrites chaque année, ce que l'on sait du vivant s'est en réalité réduit comme peau de chagrin par rapport à



Espèces: un soutien à revoir

Le danger d'extinction mobilise; la raréfaction indiffère. Pourtant, lorsqu'une espèce commune, comme la perdrix grise, perd les deux tiers de sa population, la perte de biodiversité est grande. Autant que dans le cas d'une espèce très rare comme le panda?



→ innovants. Par exemple, une étude de 2008 faisait état, dans la forêt tropicale mexicaine, de zones "sources", où de la diversité se renouvelle sans cesse, puis se répand, et de zones "puits", où cette diversité ne fait que s'accumuler. Une observation lourde de conséquences: elle suppose qu'il faudrait en priorité protéger les "sources". Or, le nombre d'espèces y est parfois plus faible que dans les "puits" et on ignore ce qui fait qu'une région est une "source" d'innovations...

La seconde grande avancée est d'avoir compris qu'il ne fallait pas s'intéresser qu'aux espèces, mais à tous les niveaux emboîtés dans lesquels la diversité se

l'Inra. *Chez le chêne, par exemple, la diversité des séquences d'ADN est quatre fois plus élevée que chez l'homme! Mais si la diversité des espèces agricoles fait l'objet de beaucoup de recherches, parce qu'on connaît bien l'utilité de ce qu'on appelle les ressources génétiques, celle des espèces sauvages commence tout juste à être étudiée.* L'échelon supérieur de la biodiversité, celui des écosystèmes et des paysages, a lui aussi son intérêt propre. Une forêt de feuillus comportant quelques clairières et un paysage de prairies bocagères ne diffère pas fondamentalement en matière d'espèces. En revanche, leurs propriétés écologiques (cycles de la

fallait s'intéresser aussi bien aux gènes qu'aux écosystèmes, "mais tout ce que nous savons faire, c'est compter les espèces, se désole Pierre-Henri Gouyon. Or Darwin nous a appris que l'espèce naît de petites variations qui s'accumulent et se propagent, débouchant éventuellement sur la formation d'espèces. La diversité, ce sont ces variations; il n'y a donc pas de raison de s'intéresser plus à l'espèce qu'à la sous-espèce, la variété, ou bien au genre ou à la famille!"

ACHARNEMENT THÉRAPEUTIQUE

Compter les espèces pour mesurer la diversité du vivant engendre trois grandes sortes d'effets pervers, particulièrement manifestes lorsqu'on veut définir des stratégies de sauvegarde. Premier effet pervers: considérer que l'extinction est un problème tandis que la régression n'en est pas un, alors qu'elle signe la disparition silencieuse de toutes sortes de gènes, comme ceux de la résistance à des maladies. Second effet pervers: une espèce, quelle que soit sa diversité, compte pour un. Alors que, comme le montre l'exemple des chênes, certaines abritent une diversité beaucoup plus importante que d'autres. A l'inverse,

A quand un modèle intégrant toutes les facettes de la biodiversité?

manifeste, des variations individuelles à celles des paysages. Le développement fulgurant de la génétique et de l'informatique laisse entrevoir l'ampleur des variations que l'on trouve au sein même des espèces. "La diversité génétique est insuffisamment prise en compte", déplore Antoine Kremer, généticien et directeur de recherche à

matière, évapotranspiration, formation de sol, etc.) sont très différentes. "Nous sommes très loin d'avoir intégré ces connaissances dans un modèle global", reconnaît Bernard Chevassus-au-Louis. Il manque notamment une mesure de la biodiversité qui prenne en compte ses différentes facettes. Les scientifiques ont certes compris qu'il



Milieux : des choix à reconsidérer

Les zones menacées sont définies en termes d'espèces, mais si leur nombre est très élevé dans les forêts tropicales, les milieux d'apparence monotone recèlent également une biodiversité importante. Dans la taïga, les bouleaux semblent tous identiques, mais ils sont porteurs d'une grande variété de gènes.



l'existence d'autres espèces génétiquement très proches ne sera pas prise en compte. *"Du coup, on a véritablement des cas d'acharnement thérapeutique,* commente Robert Barbault, directeur de l'Institut fédératif d'écologie fondamentale, *comme, par exemple, des millions d'euros dépensés pour sauver une poignée d'oiseaux subsistant sur une île, au motif qu'ils constituent une espèce unique, même s'ils sont étroitement consanguins et qu'il existe une espèce très proche sur l'île d'à côté!"*

Troisième et dernier effet pervers: nous oublions l'importance de la diversité des écosystèmes. Aujourd'hui, l'ensemble des "points chauds de la biodiversité", ceux de grande diversité particulièrement menacés, sont définis en termes d'espèces et se trouvent donc presque tous situés sous les tropiques, notamment dans les îles. *"C'est absurde,* commente Robert Barbault. →



Gènes : des apparences à dépasser

Il y a des espèces très diversifiées génétiquement; d'autres qui varient peu. Les chercheurs ont ainsi découvert que la diversité des chênes est 4 fois plus élevée que celle des hommes. Certaines espèces insulaires à faible effectif s'avéreront, elles, extrêmement homogènes génétiquement.



→ Même s'il y a 10 000 espèces dans la forêt tropicale, et 1 000 dans la toundra, celles de la toundra sont tout autant dignes d'intérêt. Et avant tout parce que ce sont les seules capables de survivre en milieu froid ! Le biologiste pointe le risque de dévaloriser la biodiversité ordinaire, rurale voire urbaine, au profit d'une lointaine biodiversité exotique qu'il appartiendrait à d'autres de sauver...

DES PRIORITÉS DIVERGENTES

Mais alors, si compter les espèces ne suffit pas, comment faire pour mesurer où nous en sommes, où nous allons, et pour définir des priorités de conservation ? Des chercheurs s'efforcent de mettre au point des "indicateurs de biodiversité" visant à approcher de façon chiffrée la réalité, même s'il reste impossible de la quantifier précisément. Ces indicateurs combinent le nombre estimé d'espèces, la superficie de l'habitat, sa fragmentation, la vitesse d'évolution de ses grandeurs, etc. Mais la plupart ne prennent pas encore en compte la biodiversité génétique, et sont si nombreux qu'aucun ne parvient vraiment à s'imposer. D'autres chercheurs, comme Pierre-Henri Gouyon, estiment que les limites rencontrées par l'étude de la biodiversité sont le résultat d'un travail insuffisant sur le plan théorique. *"Plutôt que des données, il faut produire un bon concept, voilà ce qui manque. On pourra ensuite essayer de trouver*

des façons de l'estimer, fussent-elles approximatives !" Pour lui, les généticiens (qui s'intéressent à la variabilité infra-spécifique), comme les systématiciens (qui s'intéressent aux espèces) doivent établir des parentés entre les organismes en construisant des "arbres" qui relient par des branches courtes les organismes proches et des branches plus longues les organismes plus éloignés. Un groupe très buissonnant serait porteur d'une biodiversité élevée, tandis qu'un ensemble peu ramifié serait plus homogène. *"La longueur totale des branches de ces arbres pourrait donc être le concept que nous cherchons pour savoir si un ensemble d'organismes recèle une biodiversité élevée ou pas, résume-t-il. L'aide des mathématiciens serait ici précieuse."* Robert Barbault, pour ce qui le concerne, préfère insister sur l'urgence à agir. *"Bien sûr qu'il faudrait prendre en compte la génétique, mais c'est trop compliqué. Personnellement, lance-t-il, j'ai des réserves sur la volonté de mettre des chiffres sur tout. L'important, c'est de protéger des espaces naturels aussi nombreux et diversifiés que possible."*

Bon sens et bonne volonté suffiront-ils devant l'ampleur et la subtilité de la tâche à accomplir ? Les scientifiques ne pourront sans doute pas faire l'économie d'une réflexion théorique approfondie pour dégager des notions, des modèles et des outils de mesure pertinents pour décrire la profusion des richesses du vivant. Histoire que la mobilisation générale en faveur de la biodiversité prenne tout son sens.

Yves Sciamia ■

"1 000 espèces recensées dans la toundra ont autant d'intérêt que 10 000 en forêt tropicale"

ROBERT BARBAULT, DIRECTEUR DE L'INSTITUT FÉDÉRATIF D'ÉCOLOGIE FONDAMENTALE

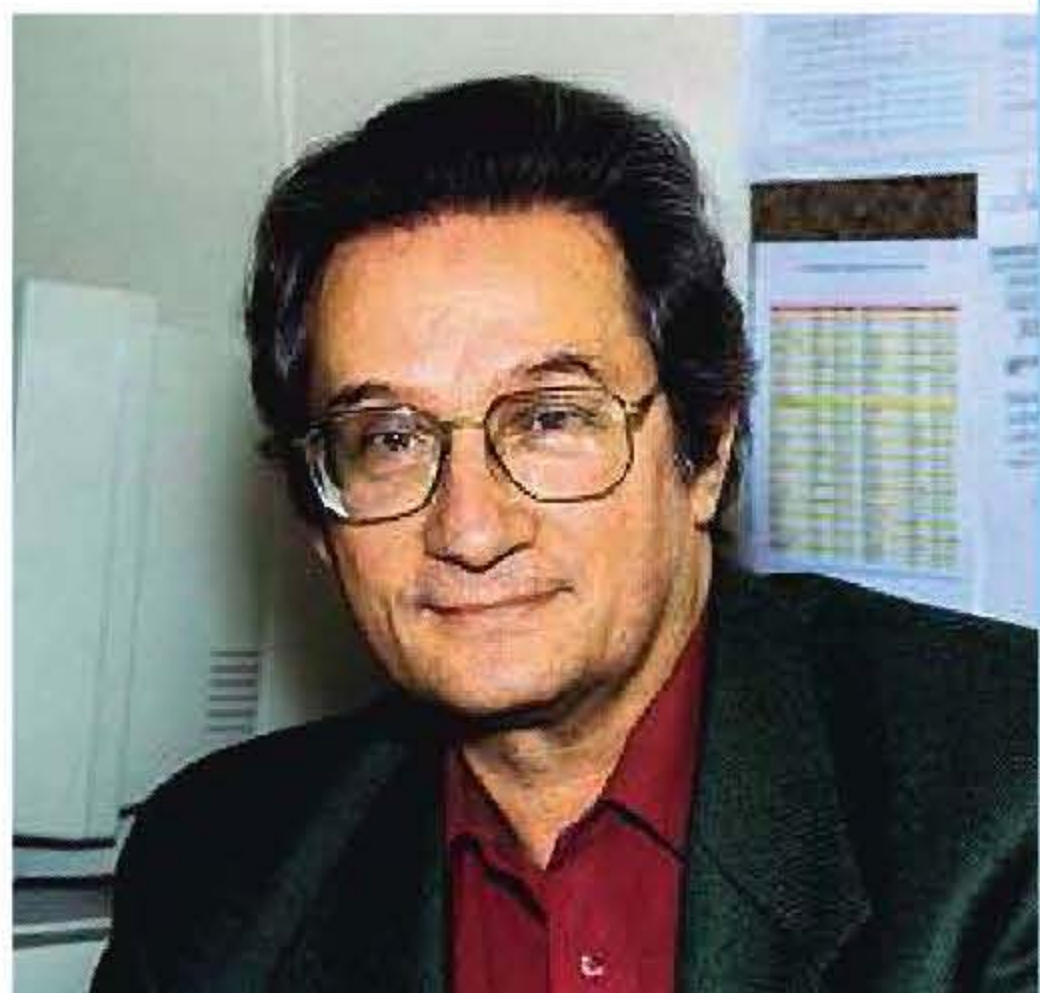
Et aussi...



Ecosystè

La loi de la jun

Il s'agissait presque d'un dogme : sur un territoire donné, les espèces vivantes sont en compétition, chacune occupant une niche écologique à laquelle elle est particulièrement adaptée. En 2010, une série de publications ont fait voler ce dogme en éclats (d'autres sont attendues en 2011). Dans son laboratoire toulousain Evolution et diversité biologique, Jérôme Chave est un des pionniers de cette révolution : *"En Amazonie, il y a*



D.R. - C.THERVILLE - G.MARTIN/BIOSPHOTO

▼ L'écologie scientifique française a fait l'objet d'un premier colloque, au mois de septembre dernier à Montpellier.

Ecologie

Les scientifiques français ont décidé de s'unir

Universités, Inra, CNRS... Venant de tous les horizons, les écologues français se sont pour la première fois réunis. Avec un objectif en tête : devenir une force de proposition scientifique dans les débats de société.

Ils étaient près de mille, un peu étonnés de se retrouver si nombreux. Pour son tout premier colloque dans l'Hexagone, l'écologie scientifique aura pourtant réuni le ban et l'arrière-ban à Montpellier, les 10, 11 et 12 septembre derniers. Universitaires, membres du CNRS, de l'Institut de recherche pour le développement, de l'Inra, de l'Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (Cemagref), du Centre pour la recherche agronomique pour le développement (Cirad)... les écologues français formaient jusqu'à présent une communauté dispersée et peu visible en dépit de ses bons résultats scientifiques. Désormais, ils sont décidés à se faire entendre

et à défendre leurs crédits, forts des nombreuses questions que la société pose à leur discipline.

EN QUÊTE DE VISIBILITÉ

Pour savoir comment puiser dans les ressources sans les compromettre, qu'il s'agisse de pêche, d'agriculture, d'exploitation forestière ou d'eau, il va en effet falloir développer des modèles permettant d'anticiper les changements à venir dans les écosystèmes pour aider les sociétés à prendre des décisions éclairées. Des modèles qui nécessitent d'appréhender des myriades de processus élémentaires avant de les intégrer dans une représentation plus vaste... Un immense chantier qui méritait bien un colloque ! E.R.

mes gle révisée

200 espèces d'arbres par hectare. S'il y avait compétition entre des espèces plus ou moins adaptées, il ne resterait que la plus forte. Depuis quatre ou cinq ans, on teste donc de nouvelles théories que l'on modélise et confronte à la réalité." La théorie de la neutralité tient la corde : toutes les espèces seraient équivalentes et une simple dynamique aléatoire présiderait à la naissance ou à la mort des individus. Une théorie qui laisse une grande place au hasard et semble bien reproduire la diversité tropicale. A.D.

Protection des milieux Enfin des mesures internationales

Le premier "plan stratégique" mondial de protection de la biodiversité a été adopté fin octobre par 192 Etats à Nagoya, au Japon. S'il s'avère, certes, peu contraignant, il prévoit tout de même l'accroissement des aires protégées, la réduction des "subventions néfastes à la biodiversité" (pêche industrielle, agriculture intensive...) et celle de la destruction des habitats (forêts, récifs coralliens...) Un protocole sur "l'accès aux ressources génétiques" vise à limiter la biopiraterie. E.R.



**FÉVRIER**

Le colloque international Biosystematics Berlin sera axé sur la taxonomie, la pensée évolutionniste et la gestion de la biodiversité.

OCTOBRE

La conférence internationale de Sibiu (Roumanie) sera consacrée au suivi, à l'évaluation et à la gestion de la biodiversité aquatique.

2011

L'écologie assistée par ADN prend date

En analysant les fragments d'ADN présents dans le sol, il devient possible de dresser la liste des espèces qui peuplent les lieux. De quoi bouleverser le travail des écologues.

Une nouvelle technique pourrait réconcilier la génétique et l'écologie scientifique. Des disciplines qui trop souvent s'ignorent, les généticiens revendiquant une compréhension plus intime de la biologie dans leurs laboratoires – et drainant la majorité des crédits de recherche –, tandis que les écologistes estiment, eux, embrasser le vivant dans toute sa complexité sur le terrain. Or, l'écologie, qui étudie les rapports des organismes entre eux et avec leur environnement, tient *via*

l'ADN une extraordinaire mine d'informations, qu'un nombre croissant de chercheurs exploite.

DES PERSPECTIVES VERTIGINEUSES

Ainsi, au terme de trois ans d'études en milieu arctique, puis tempéré et enfin tropical, l'équipe de Pierre Taberlet du Laboratoire d'écologie alpine (LECA) de Grenoble conclut que les fragments d'ADN éparés sur un sol permettent de retrouver, en détail, la liste des espèces qui en peuplent

les environs immédiats ! Mais l'ADN n'est-il pas une longue et fragile molécule ? Certes. Et pourtant, de minuscules fragments issus de la dégradation de l'ADN (de 30 à 100 bases à peine, sur les centaines de millions qui constituent un chromosome), subsistent en grand nombre. Après les avoir séparés des particules de sols sur lesquels ils sont "collés", les chercheurs multiplient les plus intéressants d'entre eux, ceux qui appartiennent à des zones qualifiées de "marqueurs", permettant l'identification des espèces. Ils ciblent ces fragments avec des "amorces", de courtes séquences d'ADN qui se fixent sélectivement sur les séquences à amplifier. Enfin, les

▼ La méthode s'applique aussi bien en milieu arctique que tempéré ou tropical pour identifier les peuplements animaux et végétaux.



fragments sont associés à des espèces ou à des genres, grâce aux nombreuses bases de données que produisent les chercheurs.

“Une centaine d'échantillons prélevés sur un hectare de sol (5 à 10 kg) donne une bonne idée des peuplements animaux et végétaux d'un écosystème”, explique Pierre Taberlet, qui doit publier les résultats de ce travail cette année.

Les perspectives scientifiques sont vertigineuses: à partir de simples échantillons de sol, sans monter de coûteuses expéditions, il sera possible de voir quelles plantes s'associent entre elles, ou avec quels insectes, de regarder les conséquences des activités humaines ou des changements climatiques... La méthode peut parfois fonctionner pour reconstituer le passé. *“Nous avons identifié jusqu'à 40 végétaux différents dans des échantillons de sol gelé âgés de 30 000 à 50 000 ans”,* indique Pierre Taberlet. De quoi révolutionner l'écologie scientifique.

Yves Sciana

P. TABERLET - H. RAGUET/CNRS PHOTOTHÈQUE

Et aussi...

Les écosystèmes vont s'étudier dans des éprouvettes géantes

A Montpellier, l'Ecotron européen, constitué de dômes à l'atmosphère contrôlée, est la première grande structure expérimentale dédiée à l'étude des écosystèmes.

Un écosystème diversifié est-il plus productif qu'un autre? Résiste-t-il mieux à des changements brutaux, par exemple climatiques? Ses propriétés sont-elles modifiées si on lui retire telle ou telle espèce? Pour répondre à ces nombreuses questions, les écosystèmes vont être mis en éprouvette à Montpellier dans une installation scientifique appelée Ecotron.

MACROCOSMES DE 9 M³

Eprouvettes géantes, comme il se doit: les “macrocosmes” que comporte l'installation, mis en service en 2010, représentent un volume de 9 mètres cubes chacun, autrement dit 5 m² de sol sur 1,80 mètre de hauteur! Un sol avec ses invertébrés, ses microbes, ses champignons, les végétaux qui y poussent... Un

sol, surtout, placé sous une atmosphère contrôlée et mesurée en permanence par une armada de capteurs: composition chimique, température, humidité, ensoleillement, etc.

Outre les 12 “macrocosmes” prévus, il y aura des “mésocosmes”, plus petits mais plus nombreux (24), et des centaines de “microcosmes” destinés à des échantillons de petit volume (de 1 à 100 litres). L'installation devrait tourner à plein dès le début de l'année 2011, offrant alors à l'écologie sa toute première “très grande infrastructure expérimentale”, patronnée par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS). Un privilège jusqu'ici réservé à des sciences plus établies, physique des particules, astronomie, calcul haute performance, etc.

Y.S.

▼ Ici, mise en place d'écosystèmes de prairies de moyenne montagne pour étudier leurs réactions à un changement climatique extrême.



à la une >

PHYSIQUE

NOBEL

> Konstantin Novoselov est chercheur à l'université de Manchester. Il a reçu le prix Nobel de physique 2010 pour sa co-découverte du graphène avec Andre Geim.

Graphène

"Nous arrivons enfin à le manipuler"

Découvert en 2004, le graphène est apparu d'emblée comme un matériau miracle, ses propriétés exceptionnelles intéressant nombre de secteurs scientifiques et industriels. Ces derniers mois, plusieurs applications ont vu le jour. Le point avec le physicien Konstantin Novoselov, son co-découvreur.



FÉVRIER

Naissance du transistor en graphène le plus rapide du monde, fonctionnant avec une fréquence de 100 GHz.

SEPTEMBRE

Conception d'un séquenceur d'ADN, à partir de graphène.

OCTOBRE

Le prix Nobel de physique est décerné à Andre Geim et Konstantin Novoselov pour leur co-découverte du graphène en 2004.

NOVEMBRE

Fabrication du fluorographène, un graphène aussi stable thermiquement que le Téflon.

Science & Vie : 2010 et son lot impressionnant d'articles scientifiques semble consacrer le graphène comme un matériau miracle.

Pourquoi ces résultats sortent-ils seulement maintenant, six ans après la découverte ?

Konstantin Novoselov : En réalité, le nombre de publications a augmenté progressivement depuis 2004. Mais, durant les premières

années et ce jusqu'en 2006, nous avons été confrontés à un obstacle de taille : la qualité des échantillons que nous utilisions n'était pas suffisante pour isoler précisément les propriétés du graphène. Cela fait vraiment trois ans que nous arrivons au cours d'expériences à le manipuler plus finement et à entrevoir ses caractéristiques intrinsèques. C'est ce qui a conduit les chercheurs à

multiplier les projets et à élargir les champs d'applications.

S&V : Pourquoi le graphène suscite-t-il aujourd'hui tant d'enthousiasme ?

K.N. : Il a l'originalité de cumuler des propriétés inhabituelles, dans différents domaines : en optique, en mécanique, en électronique, en chimie... Du coup, tous les secteurs scientifiques se le sont →

→ approprié, trouvant en lui des facultés intéressantes. Le chercheur en électronique y a vu, par exemple, une formidable matière pour remplacer le silicium et fabriquer de futures puces miniatures. Le chercheur en mécanique, lui, y a vu un nouveau support pour fabriquer des matériaux extrêmement solides et légers. Même les biologistes sont en train de s'y intéresser...

S&V: Parmi tous les résultats de 2010, quel est, selon vous, celui qui est le plus frappant ?

K.N. : Il y a une étude très récente qui devrait faire date parce qu'elle change l'approche scientifique que l'on a du matériau. Jusqu'ici, on avait tendance à travailler sur les propriétés physiques du graphène – sa conductivité, sa résistance mécanique –, sans jamais modifier sa composition. Dans cette étude, on a osé s'attaquer à la structure même du graphène: on l'a modifiée chimiquement en accrochant un atome de fluor à chaque carbone. On a alors obtenu un nouveau matériau, le fluorographène, aux propriétés hybrides: il possède la résistance mécanique du graphène mais il ne conduit pas l'électricité et il a la stabilité thermique du Téflon. Ces

Je suis persuadé qu'on ne connaît pas toutes les propriétés du graphène. Loin de là.

travaux ont été publiés en novembre dernier par une équipe internationale dont je fais partie, regroupant des universités chinoise, russe, polonaise, néerlandaise et anglaise. Ils ouvrent de nouvelles perspectives d'un point de vue théorique parce qu'ils montrent que le graphène est une sorte de macromolécule dont on pourrait modifier à l'envi la structure chimique. Ils laissent aussi entrevoir des perspectives pratiques puisqu'on imagine pouvoir utiliser du fluorographène pour fabriquer du Téflon léger ou de nouveaux composants électroniques.

S&V: Quelles sont les perspectives de recherche pour les prochaines années ?

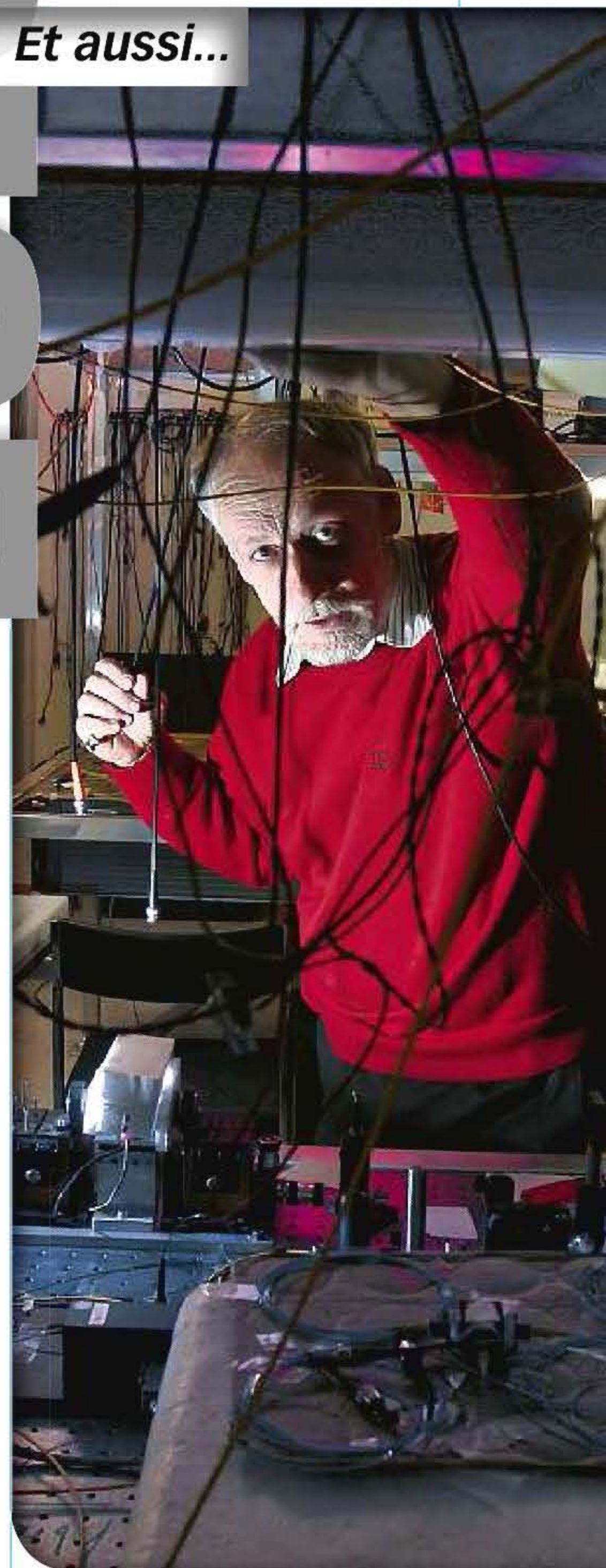
K.N. : Même si beaucoup de publications ont fait parler d'elles cette année, je suis persuadé qu'on ne connaît pas toutes les propriétés du graphène. Loin de là. Nous ne sommes qu'au début de la recherche. Ma plus grande attente, personnellement, ce serait d'arriver un jour à combiner les propriétés mécaniques et électroniques. Mais, les expériences deviennent de plus en plus compliquées et elles nécessitent encore beaucoup de travail. ■

Propos recueillis par Muriel Valin

UNE RECETTE MIRACULEUSE

Le principe d'élaboration du graphène est tout simple. Commencez par prendre du graphite, le carbone qui se trouve dans les mines de crayon. Emincez-le en feuilles les plus fines possibles, sous les lentilles d'un microscope optique. Après un certain temps, vous finirez par obtenir des couches d'un seul atome de carbone d'épaisseur: le précieux graphène. C'est à peu de chose près de cette manière qu'Andre Geim et Konstantin Novoselov ont procédé en 2004 pour isoler le cristal de carbone. Résultat: avec sa structure en nid-d'abeilles ultrafine, le matériau obtenu est transparent, ultrasouple, léger, conduit 30 fois mieux l'électricité que le silicium et s'avère 200 fois plus résistant que l'acier...

Et aussi...



Neutrinos

Quatre ans après sa mise en service, le détecteur de particules **Opéra**, en Italie, a rempli une mission très attendue: coincer pour la première fois un neutrino "mutant" ! Les physiciens savent en effet que les neutrinos, ces particules ultralégères qui nous traversent par milliards à chaque seconde, sont transformistes: ils oscillent entre leurs différentes natures – électronique, muonique et tauique. Une hypothèse émise, à l'origine, pour expliquer le déficit de neutrinos électroniques



Informatique quantique

Une étape importante a été franchie

Plusieurs expériences réalisées cette année laissent enfin espérer la mise au point de la mémoire quantique, dont les extraordinaires capacités font rêver depuis 20 ans.

En gestation depuis vingt ans, l'informatique quantique n'est pas avare de promesses: ordinateurs capables de prouesses inégalées, lignes de communication cryptées définitivement inviolables... Mais de telles applications potentielles des bizarreries quantiques nécessitent, notamment, la mise au point de l'équivalent quantique des mémoires magnétiques de nos ordinateurs. Il faudrait ainsi que chaque bit d'information soit encodé sur un unique atome, avec la possibilité de stocker et de récupérer cette information sans la dégrader. Chimère? 2010 aura, en tout cas, fait le plein de résultats en direction de cet objectif. "Au 1^{er} janvier 2010, on disposait de deux

< Nicolas Gisin, à l'université de Genève, est à la pointe de la recherche dans ce domaine.

protocoles théoriques de stockage et de récupération d'une information quantique sur une mémoire, ainsi que d'une démonstration partielle de l'un des deux", résume Nicolas Gisin, au département de physique de l'université de Genève.

4 AVANCÉES MAJEURES

Douze mois plus tard, les progrès sont impressionnants. *Primo*, l'équipe de Nicolas Gisin, en collaboration avec des chercheurs de l'université de Lund, en Suède, a fait la démonstration complète d'un des deux protocoles, nommé AFC (Atomic Frequency Comb), en stockant l'information portée par des photons dans un cristal dopé au praséodyme (métal de la famille des terres rares), avant de la récupérer quelques microsecondes plus tard. *Secundo*, la même équipe est

parvenue à mémoriser l'information portée par des photons dont la longueur d'onde est celle utilisée dans les lignes de télécommunications standard. *Tertio*, elle a réussi à stocker simultanément 64 impulsions lumineuses, pulvérisant le précédent record, qui n'impliquait que deux impulsions! *Quarto*, alors que personne n'était parvenu à récupérer plus de 20 % de l'intensité d'un signal entrant dans une mémoire quantique solide, l'équipe de Morgan Hedges, à l'université nationale australienne, à Canberra, a obtenu 69 %. "Une efficacité très impressionnante", s'enthousiasme Jean-Louis Le Gouët, au Laboratoire Aimé-Cotton, à Orsay.

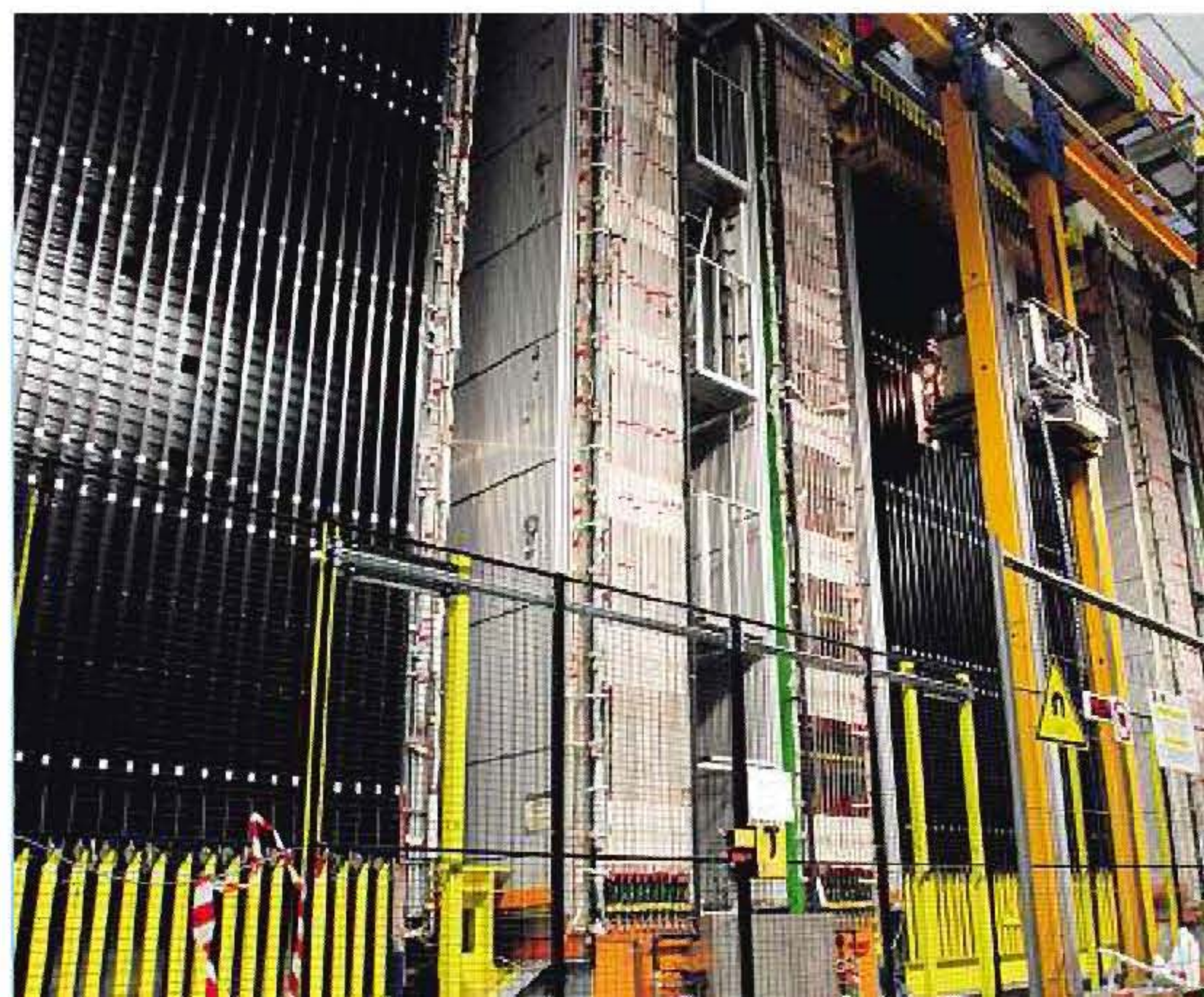
Certes, la route est encore longue avant de disposer de mémoires quantiques à longue durée de vie et à large bande passante. Mais 2010 vient incontestablement de déblayer le terrain pour que l'informatique quantique ne soit pas seulement un rêve. **Mathieu Grousseau**

Preuve est faite qu'ils se métamorphosent

provenant du Soleil. Sensibles uniquement aux neutrinos électroniques, les détecteurs en observaient en effet 30 % de moins que prévu. L'hypothèse que, pendant leur trajet, ils se transformaient fut confirmée par une expérience japonaise en 1998. Mais si les détecteurs montraient jusqu'à présent facilement la disparition d'un type de neutrinos, l'apparition d'un nouveau type n'avait jamais été détectée. C'est chose faite depuis mai dernier! Les physiciens ont construit, au sein de l'accélérateur

de particule du Cern, un émetteur de neutrinos muoniques dirigé précisément vers un laboratoire italien, situé à 730 km de là, et capable de repérer aussi bien les neutrinos muoniques que tauiques. L'une des particules mutante s'est laissée piéger: pendant les 2,4 millisecondes de son voyage, elle s'est transformée en neutrino tauique, laissant une trace bien reconnaissable dans le détecteur. **Cécile Bonneau**

> Le détecteur Opéra a réussi à piéger un neutrino "mutant".



> Atlas, l'un des deux détecteurs du LHC: 7 000 tonnes, 46 m de long, 25 de large, et 25 de haut.



2011

Le LHC fin prêt pour percer les

Le géant du Cern va faire parler sa puissance. En ligne de mire : le fameux boson de Higgs, mais pas seulement. Car le but est surtout d'ouvrir la voie à une toute nouvelle physique.

2011 pourrait enfin être son année. Lui, c'est le LHC, l'accélérateur de particules le plus puissant du monde, avec son anneau de 27 km enterré à 100 m de profondeur dans la banlieue de

Genève, dans lequel s'entrechoquent des protons accélérés à la vitesse de la lumière. Un monument construit par le Laboratoire européen pour la physique des particules (CERN) avec une

ambition affirmée: sortir la physique fondamentale de décennies de spéculations théoriques en lui donnant enfin la possibilité de les mettre à l'épreuve.

En 2010, la machine a passé avec succès son année de rodage, après avoir été contrainte à l'arrêt pour un an en septembre 2008, en raison d'une panne survenue quelques jours après une mise en service en grande

M. SCHWEIZER/CERN



FÉVRIER

Reprise de l'activité du LHC après deux mois de maintenance.

JUILLET

Première publication probable sur le boson de Higgs, excluant les masses qu'il ne peut pas avoir.

DÉCEMBRE

Possible publication de la découverte du boson de Higgs.

secrets ultimes de la matière

pompe. Il a ainsi fallu attendre mars dernier pour que soient réalisées les premières collisions à une énergie record : chaque collision entre protons libère désormais l'énergie colossale de 7 TeV (7000 milliards d'électronvolts). Certes, c'est moins que les 14 TeV attendus lorsque le LHC atteindra son énergie nominale. Mais c'est sept fois plus que celle accessible par son

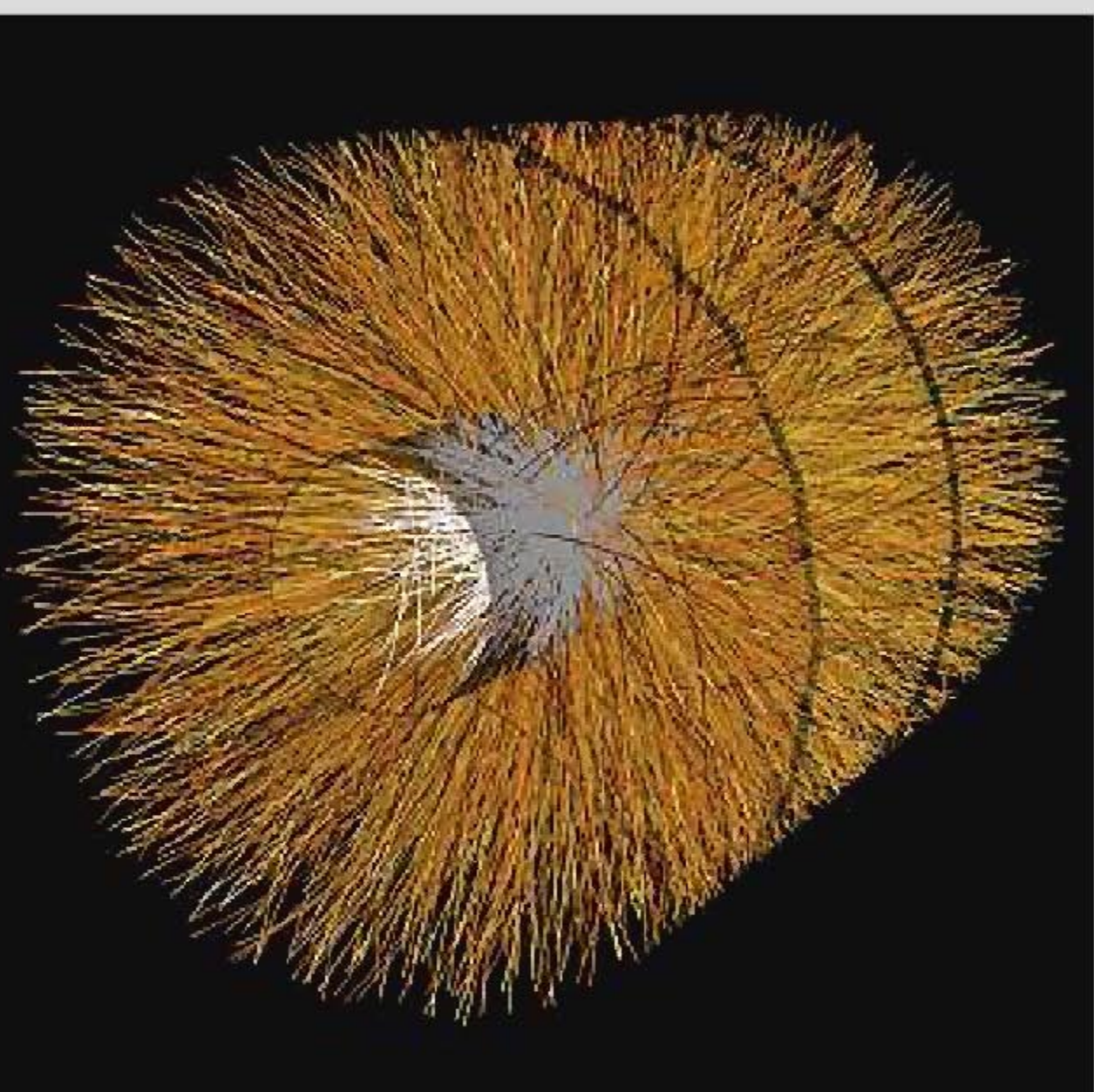
concurrent, l'accélérateur du Fermilab, aux Etats-Unis. Ce qui promet l'observation de nouvelles particules dont la masse est plus élevée.

DÉPASSER LE MODÈLE STANDARD

Ainsi, durant l'année 2010, le LHC a redécouvert toutes les particules découvertes entre les années 1950 et 1995, confirmant les prédictions du

modèle standard, l'actuelle théorie des particules élémentaires. Si bien que comme l'indique Danièle Fournier, au Laboratoire de l'accélérateur linéaire, à Orsay, et responsable pour le CNRS de l'expérience Atlas, au CERN, "*nous sommes désormais à l'orée d'une physique totalement nouvelle*". Les spécialistes savent en effet depuis longtemps que le modèle →

> v Le 7 novembre dernier, depuis la salle de contrôle d'un des détecteurs du LHC, les physiciens observent la première collision de particules lourdes (ci-dessous). Une étape cruciale, dont le succès promet une belle moisson de nouvelles particules pour cette année.



→ standard ne peut pas être la fin de l'histoire, ses équations devenant folles au-delà des énergies explorées jusqu'à aujourd'hui, signe qu'une autre réalité doit se faire jour.

Porte d'entrée vers ce monde inconnu : le fameux boson de Higgs. Introduite en 1964 par Peter Higgs, François Englert et Robert Brout dans le cadre du modèle standard, cette particule donne, en théorie, leur masse à toutes les autres. L'instabilité de sa propre masse dans les équations est cependant l'un des signes flagrants de la nécessité d'une autre physique à

prévu pour le 20 février, avec un "run" qui courra jusqu'à la fin de l'année à 7 TeV. "Eventuellement, on décidera fin janvier de monter l'énergie de la machine jusqu'à 8 TeV, ce qui augmenterait son efficacité de 20 à 30 %", précise Daniel Fournier.

AUTRES PÉPITES EN PERSPECTIVE

Que faut-il attendre de cette première campagne ? Comme l'explique Abdelhak Djouadi, théoricien au CERN, "les données recueillies en 2011 devraient permettre d'exclure le Higgs dans tout le domaine de masse". Traduction :

L'heure de sortir la physique de ses belles incertitudes semble venue

très haute énergie. Mais, avec sa masse trop élevée, elle est restée hors de portée depuis plus de quarante ans.

Sera-t-elle observée en 2011 ? Pour tenter de le deviner, il faut se pencher sur le planning de l'accélérateur. Après deux mois d'arrêt pour maintenance, le redémarrage des installations est

indiquer là où on ne le trouvera pas. A l'inverse, permettront-elles une découverte ? "Si sa masse est dans la fourchette faible, autour de 120 GeV, les processus de désintégration du Higgs, plus difficiles à analyser, rendront impossible une découverte en 2011, détaille le physicien. En revanche, si

elle est dans la fourchette haute, entre 160 et 190 GeV, on peut imaginer ce que nous appelons une évidence, c'est-à-dire une découverte demandant encore à être confirmée par une plus grande accumulation de données." Et de conclure : "La première publication sur le Higgs au LHC sera probablement écrite avant l'été, et portera sur une exclusion. Et si sa masse se trouve autour de 160 GeV, on peut faire l'hypothèse d'une publication en décembre pour annoncer une découverte."

Il est aussi possible que les premiers résultats dépassent ces espérances. Auquel cas, probablement durant l'été, il pourrait être décidé de poursuivre la récolte de données une année supplémentaire à 7 TeV, afin de permettre une découverte ferme et définitive du Higgs en 2012.

Les physiciens pourraient aussi ramasser d'autres pépites dans le creuset du LHC en 2011. Ainsi, parmi les théories spéculatives au-delà du modèle standard, certaines prévoient l'existence de particules en tout point



2011

Et aussi...



< Ces sphères de silicium extra-pures pourraient servir à redéfinir le kilogramme.

Le kilogramme va enfin cesser de perdre du poids

Représentée depuis 1889 par un étalon en métal, l'unité de poids s'érode ! En lice pour redéfinir le kilogramme : la constante d'Avogadro et celle de Planck.

semblables aux bosons W et Z, les particules vectrices de l'interaction nucléaires faibles, mais plus massives.

Autre découverte possible avant la fin de l'année : celle de particules dites supersymétriques, elles aussi introduites dans le cadre de théories au-delà du modèle standard. *"La supersymétrie est l'extension la plus motivée du modèle standard, explique Abdelhak Djouadi. Il y a peu de contraintes sur la masse des nouvelles particules associées, mais cette théorie résout le plus de problèmes si ces masses sont autour du TeV, ce que nous pourrions observer d'ici la fin de l'année. Autrement dit, 2011 sera un peu l'heure de vérité pour la supersymétrie."*

On l'aura compris, la situation est pour le moins très ouverte. Au point que plus aucun physicien ne se risque dans des paris incertains. *"Les spéculations théoriques se sont un peu calmées, décrit Christophe Grojean. Désormais, les gens attendent simplement les données."* Possible que cette attente soit récompensée dès cette année...

Mathieu Grousseau ■

Le kilogramme n'est plus ce qu'il était. Il perd du poids ! Certes il ne s'agit que de quelques dizaines de microgrammes en 130 ans d'existence, mais il n'en faut pas plus aux physiciens pour appeler à une redéfinition. Une résolution allant de ce sens sera ainsi soumise au vote en octobre prochain, lors de la 24^e conférence internationale des poids et mesures.

UNE NOUVELLE DÉFINITION

Mais comment une unité peut-elle s'éroder ? Tout simplement parce que depuis 1889 toutes les pesées effectuées sur Terre se réfèrent à un objet conservé sous cloche au pavillon de Breteuil, à Sèvres : un

étalon cylindrique de 39 mm de côté et 39 mm de diamètre, fait de platine et d'iridium et pesant par principe 1 kg. Un archaïsme exceptionnel puisque, des sept unités de base du système métrique, le kilogramme est la seule qui ne s'appuie pas sur les lois et constantes fondamentales de la physique. Deux pistes sont suivies par les chercheurs. L'une consisterait à définir le kilo à partir de la constante d'Avogadro qui donne le nombre d'atomes dans une mole, l'unité de base de la matière. Des études sont en cours pour mesurer le plus précisément possible cette constante à partir de sphères de silicium extra-pures (voir *SC&V* n° 1053, p. 11). L'autre lierait le kilo à la constante de Planck, en convertissant une force mécanique en force électromagnétique. Ces recherches n'ont pas encore abouti. Et même si la résolution est adoptée en 2011, la définition du kilogramme ne devrait pas intervenir avant 2015. **Eric Hamonou**



< En platine et iridium, l'étalon est conservé sous cloche, à Sèvres.

à la une >

PALÉONTOLOGIE

2010



Neanderthal

Bestial et stupide : *Homo Neanderthalensis* était jusqu'ici perçu comme un sous-Sapiens. 2010 vient superbement de le réhabiliter : non seulement il était "cultivé", mais il y a même de lui en nous !

Il est plus que jamais l'un des nôtres



JANVIER

L'analyse de pigments sur un site portugais montre que Neanderthal en utilisait bien avant l'arrivée d'*Homo sapiens*.

MAI

Notre génome contient de l'ADN néandertalien, preuve que la rencontre avec Sapiens fut féconde, révèle une étude de paléogénéticiens.

NOVEMBRE

La reconstitution virtuelle de cerveaux de jeunes Sapiens et Néandertaliens indique des similitudes à la naissance.

Hier mal-aimé de la paléoanthropologie, l'homme de Neandertal, qui a subi depuis la découverte de ses ossements, il y a 150 ans en Allemagne, discrimination et mépris, a enfin été réhabilité en 2010. "Comme 'préhistorique', 'néandertalien' reste un adjectif largement

péjoratif", s'agace Bruno Maureille, directeur de recherche au Laboratoire d'anthropologie des populations du passé (CNRS) à l'université Bordeaux-I. Des fouilles plus rigoureuses et les nouvelles technologies (imagerie 3D, paléogénétique, analyse des os et de

l'ADN, de l'artisanat) en dressent pourtant un portrait fort éloigné de la brute sauvage pour laquelle il fut longtemps pris.

En 2010, nous avons appris qu'il y avait du Neandertal en nous et il a été confirmé que ses capacités cognitives, quoique différentes, →

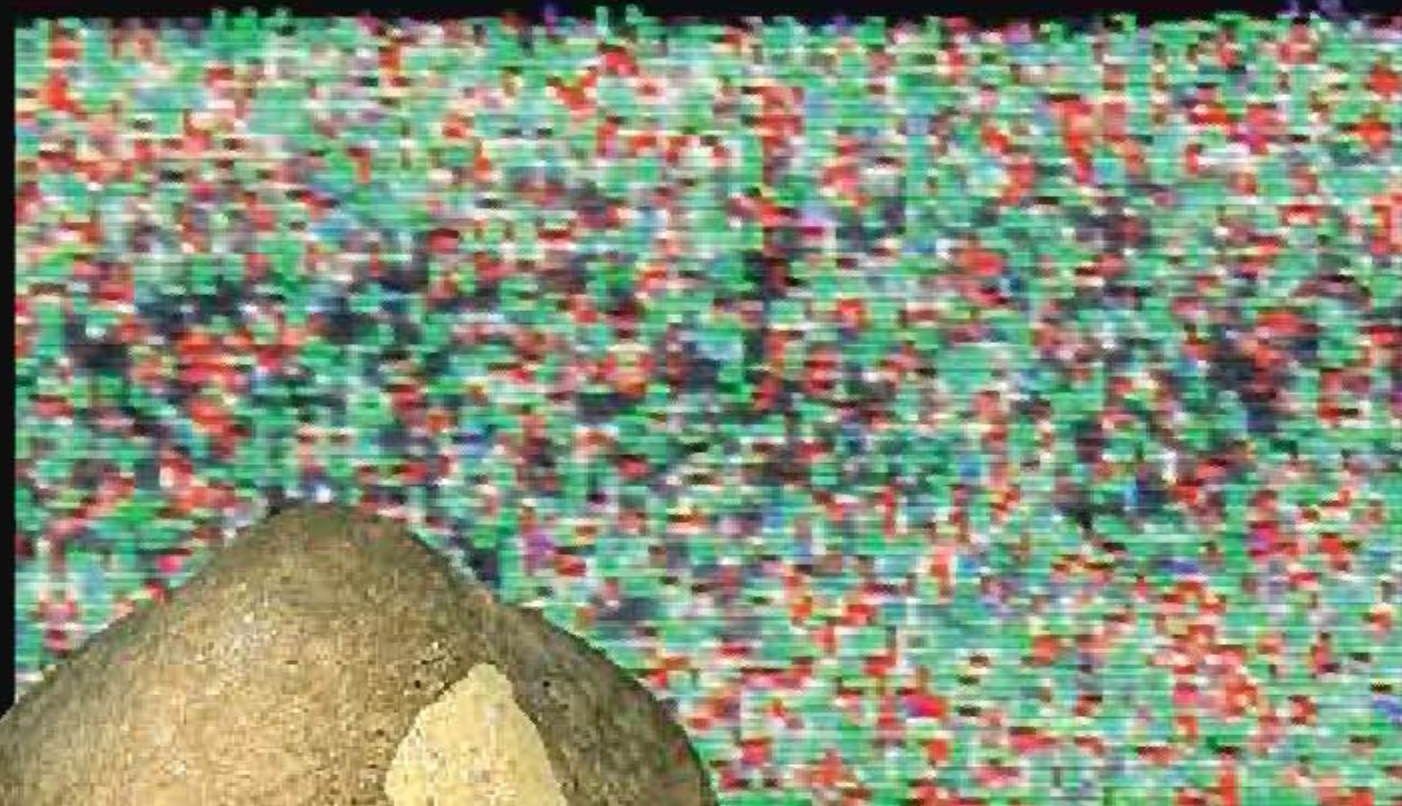
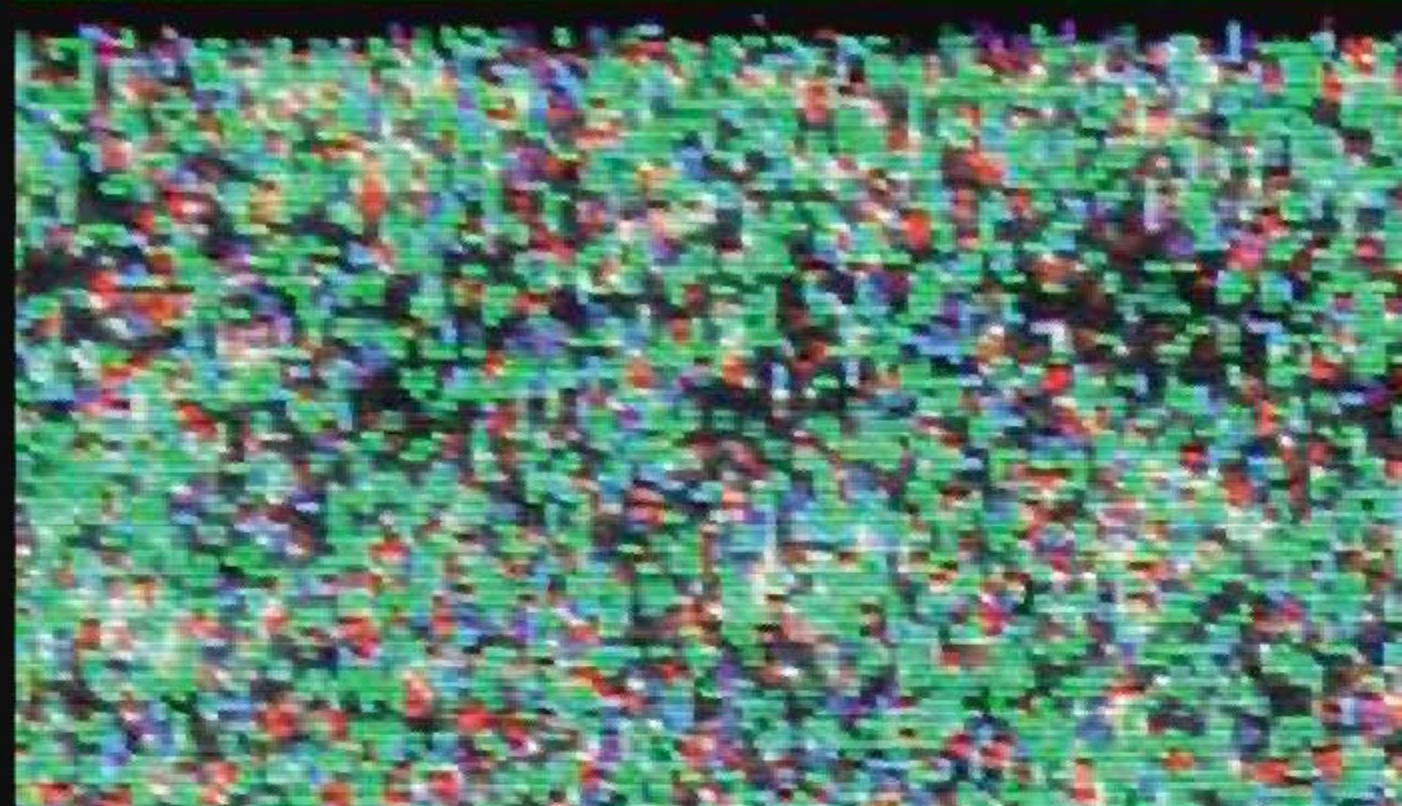


> Le séquençage de l'ADN de Neandertal et sa comparaison avec le nôtre a prouvé que nos espèces s'étaient bien mélangées.

< Taillés et percés par Neandertal, ces coquillages témoignent d'une culture déjà évoluée avant l'arrivée de Sapiens.

Humanité de Neandertal: la preuve par 3

Deux études majeures ont contribué cette année à rapprocher encore Neandertal de nous. S'il a cohabité avec Sapiens, il ne s'est pas contenté de l'imiter: il décorait des coquillages et utilisait des pigments, signes d'une vraie activité symbolique. Surtout, nos lignées se sont croisées: de 1 à 4 % de notre ADN en témoigne!



→ n'avaient rien à envier aux nôtres. Quel changement pour cet autre descendant d'*Homo erectus* né en Europe il y a plus de 500 000 ans!

Il faut dire que la découverte en 1856 de son squelette trapu dans une grotte de la vallée de Neander (de "l'Homme nouveau") provoqua déjà l'incompréhension. Son crâne, surtout, intrigua: allongé, au menton et au front fuyants, doté d'épais bourrelets sus-orbitaires. On crut avoir affaire à un Mongol ou à un individu difforme, avant de voir en lui un autre homme... mais à peine.

Ses premières représentations le montrent voûté et hirsute, traînant une lourde massue. Il manque de peu d'être appelé *Homo stupidus* à la suite d'une proposition du biologiste et philosophe allemand Ernst Haeckel... Au milieu des années 1860, il devient finalement *Homo neanderthalensis*. Sa première description scientifique, au début du ^{xx}e siècle, par Marcellin Boule, professeur du Muséum d'histoire naturelle de Paris, n'en est pas moins dure. Il évoque un individu "à peine sorti de la bestialité"; "l'absence probable de toute trace de préoccupation d'ordre esthétique ou d'ordre moral s'accorde bien avec l'aspect brutal de ce corps vigoureux et lourd et cette tête osseuse, aux mâchoires robustes". Cent

cinquante ans plus tard, la frontière entre lui et nous est plus mince que jamais. Physiquement, mentalement, toutes les barrières érigées entre nos deux lignées tombent l'une après l'autre...

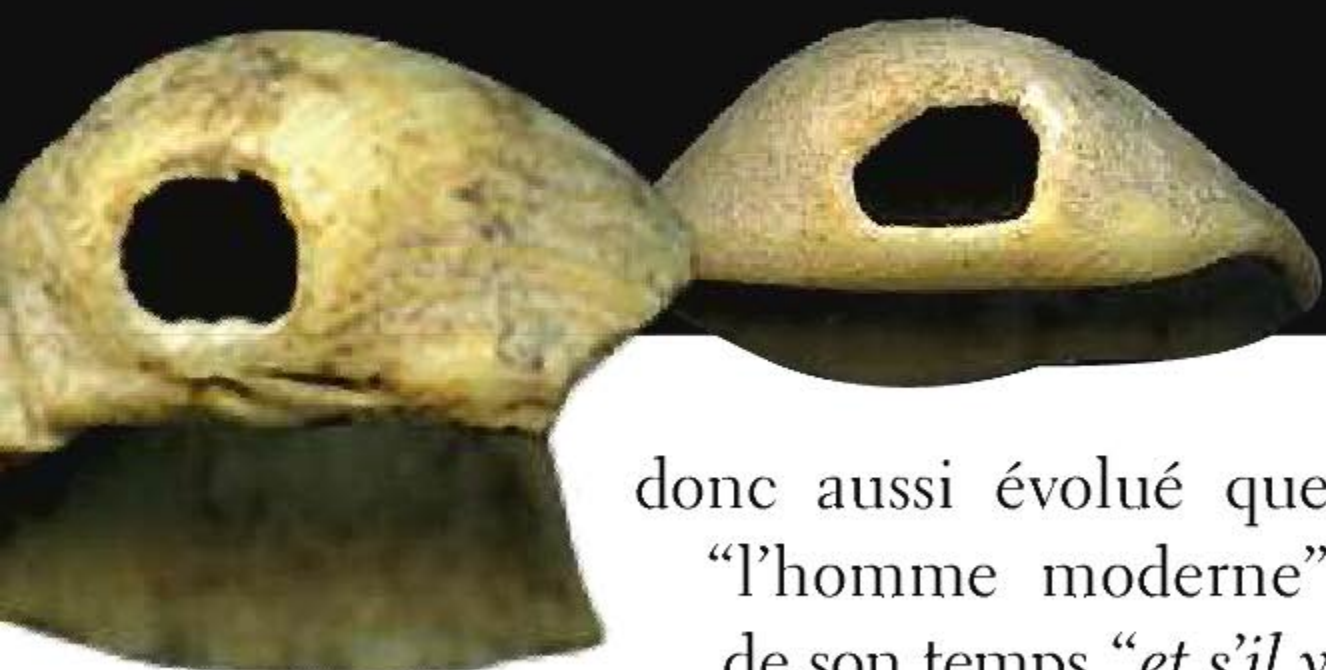
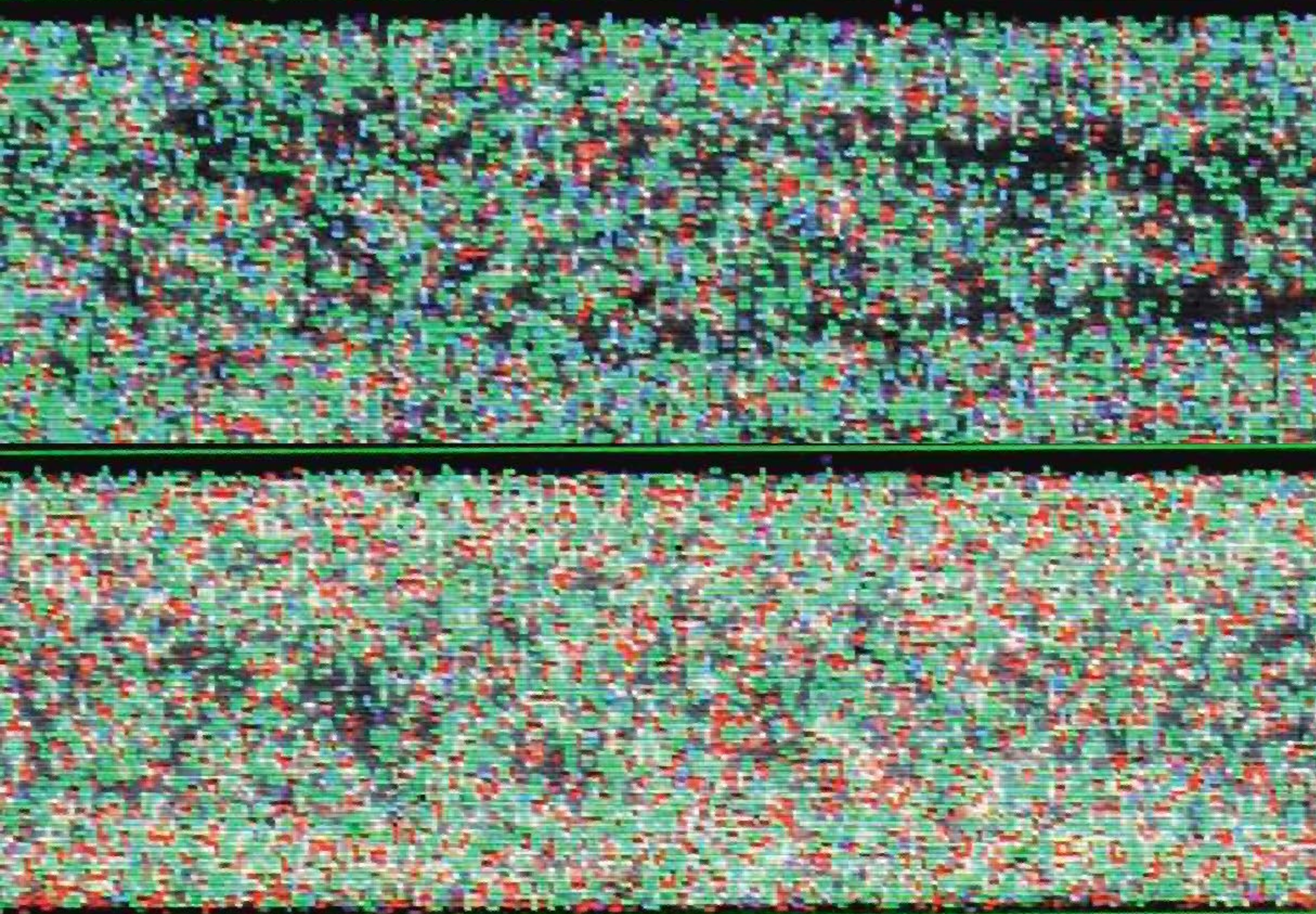
UN EXPLOIT SCIENTIFIQUE

Habillé, Neandertal passerait relativement inaperçu aujourd'hui. Redressé, légèrement plus petit que nous mais plus puissant, seuls sa tête et surtout les larges bourrelets osseux au-dessus de ses orbites le distinguent vraiment de "l'homme anatomiquement moderne" que nous sommes. Une expression à double tranchant, comme le signale Patrick Semal, chef de section au Laboratoire d'anthropologie et de préhistoire à l'Institut royal belge des sciences naturelles à Bruxelles. Car "si Neandertal n'est pas 'anatomiquement moderne', il possède de nombreux caractères 'dérivés', c'est-à-dire ayant évolué par rapport aux caractères archaïques de notre ancêtre commun, *Homo erectus*, mais dans une autre direction". Neandertal est

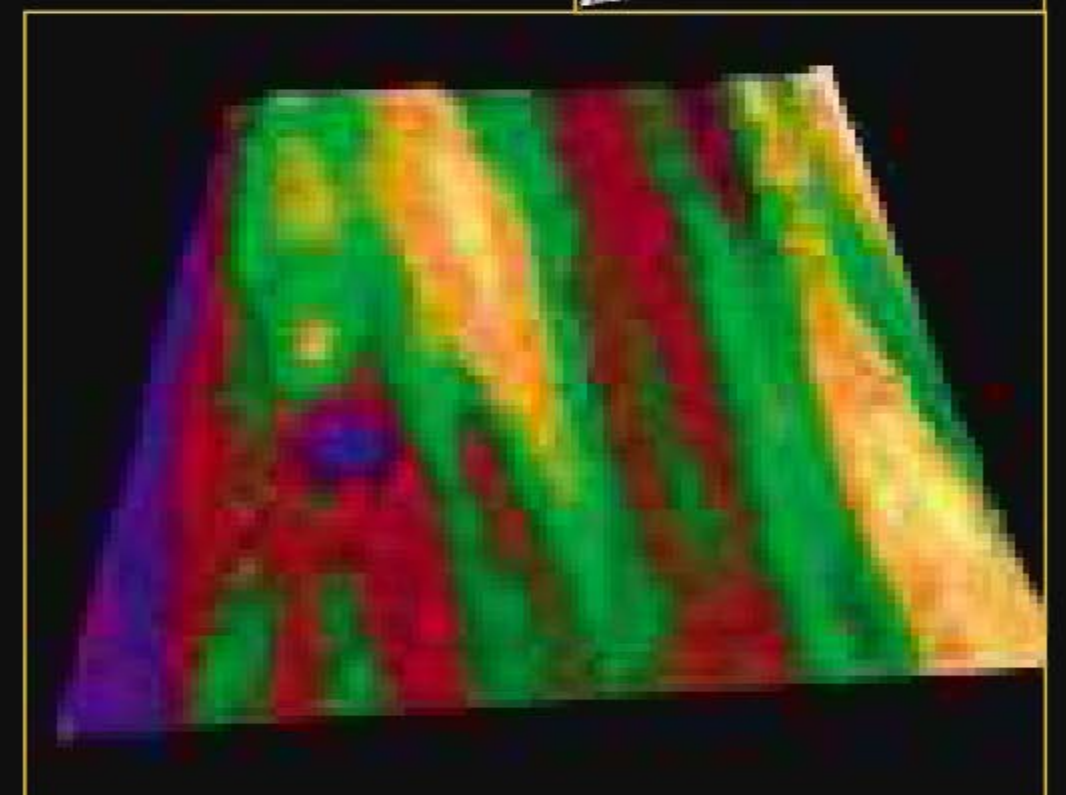
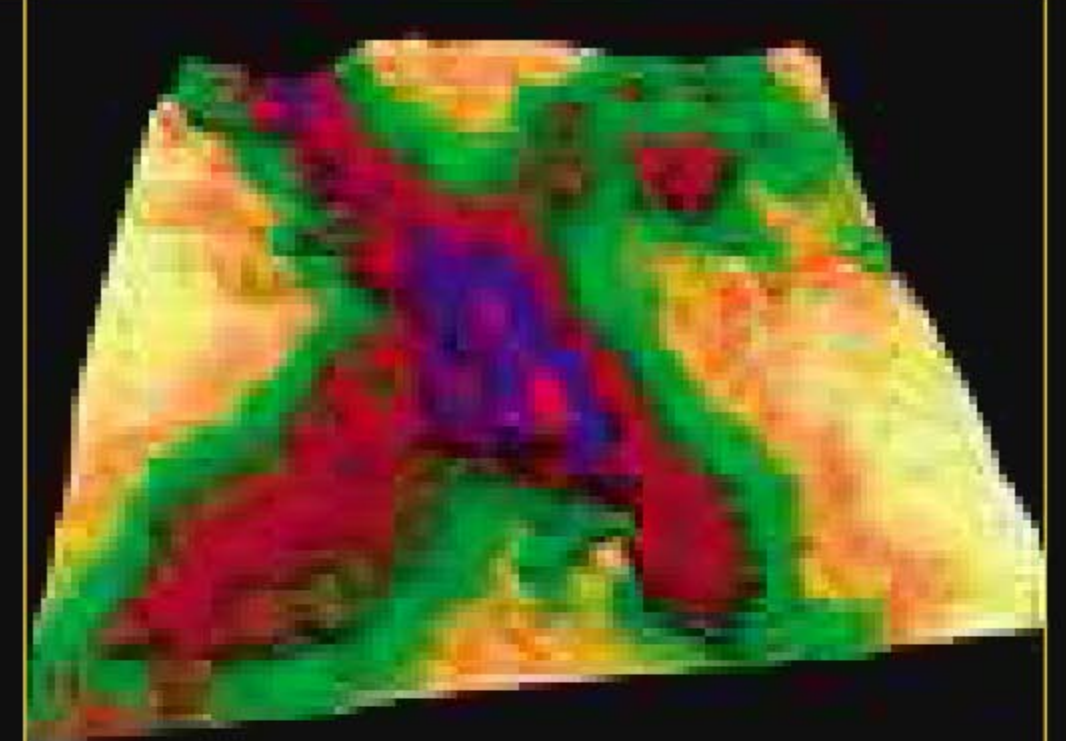


"A époque identique, ses capacités de taille égalaient celles de nos prédécesseurs"

FRANCISCO D'ERRICO,
DIRECTEUR DE RECHERCHE AU CNRS



> Neandertal utilisait ocre ou oxydes comme des fusains. L'analyse de leur usure a révélé qu'ils auraient pu servir pour des tatouages ou de la teinture.



donc aussi évolué que "l'homme moderne" de son temps *"et s'il y a des différences entre eux, il y en a aussi entre les hommes modernes. Sont-elles suffisantes pour faire de nous des espèces distinctes? Le débat est ouvert..."*, ajoute le paléanthropologue.

La bombe lâchée au mois de mai 2010 par Svante Pääbo, de l'Institut Max-Planck, en Allemagne, a encore compliqué la réflexion. Dans une étude, commencée il y a plus de quatre ans, le chercheur suédois et son équipe affirment que de 1 à 4% du génome humain viendrait de celui de ce cousin longtemps dénié! La preuve que nos lignées ne se sont pas seulement regardées de loin, mais se sont bien croisées physiquement, au point d'avoir une petite descendance viable et fertile... Les paléogénéticiens sont parvenus à cette conclusion en comparant les ADN nucléaires de cinq hommes d'aujourd'hui avec celui de Néandertaliens. Un exploit scientifique! Car récupérer de l'ADN ancien en grande

quantité est une gageure: en effet, cette longue molécule se fractionne au fil des siècles. Les chercheurs ont utilisé trois petits bouts d'os vieux de 28000 à 44000 ans... et ont réussi à les faire parler. Outre cette présence d'ADN commun, ils ont aussi pu montrer que ce mélange s'est sans doute fait à la sortie d'Afrique de Sapiens, juste avant que celui-ci ne colonise la planète.

Jusqu'ici, les études ADN nous avaient déjà appris que Neandertal avait la peau pâle et, parfois, les cheveux roux grâce à la découverte chez lui d'un équivalent de notre gène MC1R impli-

De 1 à 4 % de notre génome vient de ce cousin si longtemps décrié!

qué dans la synthèse de certains pigments de la peau et des cheveux. Mais la génétique investit maintenant des domaines emblématiques de l'homme moderne, à commencer par la cognition, pilier de notre dite supériorité.

L'étude de Svante Pääbo a déjà mis en évidence des régions de gènes liés au

développement cognitif qui semblaient avoir varié entre Neandertal et Sapiens. Mais la génétique ne pourra, à elle seule, faire le tour de cette gigantesque question. Une publication de novembre 2010, basée sur la comparaison de nos crânes à différents âges, révèle que s'ils sont similaires à la naissance, en taille et en forme, ils deviennent chez nous plus globulaires dès la première année. Avec quelles conséquences pour les fonctions cognitives? Les paléanthropologues multiplient les études pour le savoir – sans plus aucun parti pris de "supériorité". Une révolution!

"On a en effet longtemps pensé que même si Neandertal possédait de telles capacités, elles étaient forcément inférieures aux nôtres. Ce temps est révolu", assène Francesco d'Errico, directeur de recherche au CNRS au laboratoire De la Préhistoire à l'actuel: culture, environnement et anthropologie, →

→ université de Bordeaux-I. Trois exemples majeurs le prouvent. D'une part, le langage n'est plus notre apanage. Fin 2007 déjà, la découverte dans le génome de Neandertal de "notre" gène FOXP2, parfois appelé "gène du langage" (voir S&V n° 1029), donnait du poids à cette hypothèse. *"Aucune donnée anatomique de Neandertal, comme la capacité encéphalique, la morphologie du palais, de l'os hyoïde, entre langue et larynx, ou la reconstitution de la position du larynx, ne va à l'encontre de la possibilité d'un langage, tranche Bruno Maureille. Et si à culture matérielle équivalente, d'autres, comme Cro-Magnon, parlaient à la même époque, pourquoi pas lui?"* Pour autant, s'agissait-il d'un langage équivalent? Et de quel type? On ne peut pas encore le dire...

LE RESPECT DES MORTS

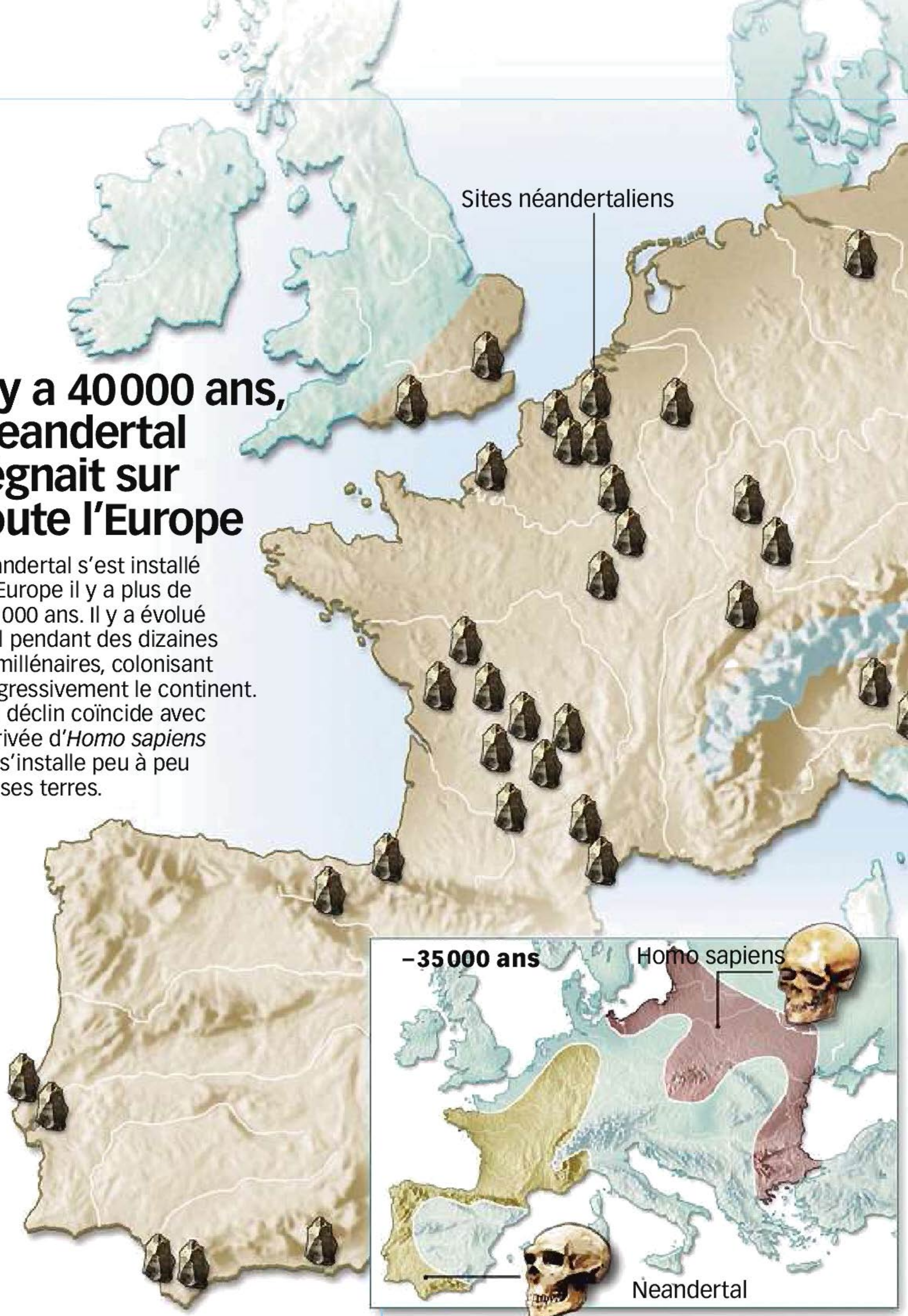
Le respect des morts, lui non plus, n'est plus notre exclusivité. *"Lorsque les premiers Néandertaliens inhumés ont été retrouvés, à Spy, en Belgique, en 1886, on a pensé à des ensevelissements accidentels, par des séismes par exemple, malgré le bon état des corps et leur position... Il a fallu la découverte de la Chapelle-aux-Saints, en France, en 1908, pour que le doute commence à germer, et des décennies avant qu'il ne soit pris au sérieux",* rapporte Patrick Semal. Ces deux sites ont plus de 50 000 ans. Aujourd'hui, *"une quarantaine de sépultures sont connues. A Kebara [Israël, 60 000 ans], la boîte crânienne d'un squelette a même été prélevée",* détaille Bruno

Loin d'avoir imité Sapiens, il usait de pigments bien avant leur rencontre

Maureille. Les fœtus aussi ont pu être inhumés. *"Seule la présence d'offrandes mortuaires reste débattue. Certaines fouilles le laissent penser, comme à Shanidar [Irak, 70 000 ans], mais leur*

Il y a 40 000 ans, Neandertal régnait sur toute l'Europe

Neandertal s'est installé en Europe il y a plus de 500 000 ans. Il y a évolué seul pendant des dizaines de millénaires, colonisant progressivement le continent. Son déclin coïncide avec l'arrivée d'*Homo sapiens* qui s'installe peu à peu sur ses terres.



interprétation demeure ambiguë", précise Francesco d'Errico.

Dernier bastion de la primauté attribuée à Sapiens: l'aptitude au symbolisme. *"Pour Neandertal, on ne va guère au-delà de ses réalisations ma-*

térielles. A la différence de ce qui se fait pour Cro-Magnon, dès qu'on s'essaie à l'interprétation, on se voit reprocher de sortir de l'objectivité des faits...", pointe Marylène Patou-Mathis, directrice de

recherche au CNRS et responsable du département d'archéozoologie du Muséum d'histoire naturelle de Paris. Certains soulignaient la rareté des parures de dents percées et l'aspect sommaire des rares os gravés trouvés à côté des sublimes grottes ornées de Sapiens (–30 000 ans pour Chauvet, la plus ancienne connue). Une théorie voulait ainsi que ce dernier ait influencé Neandertal, relégué au rang de simple imitateur. Finalement, non! Alors qu'il est admis, chez Sapiens, que l'usage de pigments signe l'existence d'une "vraie" activité symbolique, en



Territoires
habités par
l'homme
de Neandertal
entre -200 000
et -40 000 ans.

-30 000 ans

Homo sapiens

Neandertal

VERS UNE NOUVELLE IMAGE D'EPINAL ?

Jusqu'aux années 1960, les illustrations montraient presque toutes Neandertal comme une brute simiesque. Dans son film *Ao, le dernier Neandertal*, Jacques Malaterre, lui, met en scène une image dépoussiérée d'*Homo neanderthalensis* : le personnage de Ao y est montré comme un homme puissant, sensible et fin connaisseur de son environnement. Chasseur redoutable, il n'hésite pas à s'attaquer à de puissantes proies, comme l'ours blanc. Marylène Patou-Mathis, directrice de recherche au CNRS, met toutefois en garde contre une trop grande idéalisation : *"Si le débat initial s'est déplacé, si on n'en est plus à la vision bestiale, il faut éviter de tomber dans l'excès inverse du 'bon sauvage', écologiste... A l'idéaliser, on lui crée un statut à part, donc à nouveau séparé de nous. Il faut arrêter les caricatures."* Une chose reste sûre : *"Les idées reçues varient et Neandertal apparaît comme une bonne mesure pour vérifier ce que l'on pense d'une autre culture"*, conclut Francesco d'Errico, directeur de recherche au CNRS-université Bordeaux-I.

janvier 2010, l'équipe internationale dirigée par le professeur João Zilhão a prouvé qu'il "y a 50 000 ans, soit 10 000 ans avant l'arrivée de l'homme moderne, Neandertal utilisait déjà des pigments, rapporte Francesco d'Errico, qui a participé à cette étude. Les sites de Cueva de los Aviones et Cueva Antón, au Portugal, ont révélé l'usage de pigments ocre associés à celui de coquillages qu'ils pouvaient tailler ou percer. Découverte unique, un pecten a été peint sur une face." Certaines coquilles auraient pu servir au transport de pigments sous forme de poudre ou de morceaux,

comme de la craie, utilisés comme des sortes de fusains. "L'analyse microscopique de leur extrémité polie par l'usage a montré qu'ils avaient été utilisés sur des surfaces douces : des peaux, des vêtements", poursuit le spécialiste. Pour Sapiens, on parlerait de tatouages, de teintures... Et pour Neandertal ?

LE PLUS GRAND DES CHASSEURS

En ce qui concerne ses autres réalisations matérielles, les techniques qu'il maîtrisait et la gestion de son environnement, le même constat a déjà été tiré. "On a longtemps pensé

que l'industrie lithique [la taille d'objets en pierre] de Neandertal était plus primitive que 'la nôtre'. Mais il faut comparer ses réalisations avec celles de ses contemporains ; or, on les compare souvent avec celles d'hommes modernes plus tardifs, Cro-Magnon notamment. A époque identique, ses capacités de taille, quoique différentes, égalaient celles de nos prédécesseurs", note Francesco d'Errico. De même, on opposait le fier Cro-Magnon chasseur à un Neandertal charognard incapable de planifier ses activités. En 2006, Marylène Patou-Mathis en fait "le →

→ *plus grand des chasseurs*” d’après l’analyse des os de ses proies (souvent de gros animaux, aurochs, rennes, ours...) et de certains de ses sites de chasse: des marais ou des culs-de-sac utilisés pour tendre des pièges. Enfin, “on a souvent assimilé Neandertal à ‘l’homme des cavernes’ alors que, pas plus que Cro-Magnon aussi affublé de ce surnom, il ne vivait dedans; à leur entrée tout au plus”, souligne Patrick Semal. Ce qui ne l’empêchait pas de s’y installer confortablement.

UNE ORGANISATION MÉTHODIQUE

Une étude d’août 2010 décrit l’aménagement de son feu et de lits d’herbe sans doute recouverts de fourrure, il y a plus de 40 000 ans, dans une grotte de Cantabrie (Espagne). Néanmoins, nomade, “il a aussi dressé des abris en os de mammoth, comme à Molodova [Ukraine, 45 000 ans], ou coupe-vent avec des peaux tendues entre des poteaux comme à La Folie [France, 75 000 ans]”, ajoute Bruno Maureille. Découvert il y a dix ans et fouillé par l’Institut national de recherche archéologique préventive, cet abri circulaire de 10 m de diamètre révèle une organisation méthodique et rationnelle: feu à l’entrée, paille au fond, zones de travail spécialisées au centre et sur les côtés...

Un physique différent, mais si peu; un génome mêlé au nôtre; une culture, une pensée symbolique... Neandertal serait-il finalement un Sapiens pas tout à fait comme les autres? Pour nombre de spécialistes, il est bien un *Homo sapiens*, ni inférieur ni supérieur, juste différent. Ce qui est sûr, c’est que le développement de nouvelles techniques permet peu à peu de cerner nos similitudes et nos différences réelles, pour enfin poser les bonnes questions. A commencer par celle soulevée par Marylène Patou-Mathis: “La vraie question, c’est: ‘Qu’est-ce que l’humain?’ C’est là que se situe le véritable débat.” Il est ouvert.

Emilie Rauscher ■

Fossiles

La chronologie du vivant

Découverts au Gabon, des fossiles d’organismes multicellulaires ont fait sensation: ils datent de 2,1 milliards d’années, alors qu’il est admis que cette branche du vivant apparut il y a 600 millions d’années.

L’une des plus incroyables nouvelles de l’année en paléontologie est venue du Gabon, d’une simple carrière de grès du bassin de Franceville grignotée par les pelleteuses. Hasard et curiosité ont eu leur part dans cette découverte couronnée par la couverture de la revue *Nature* au mois de juillet: venus pour une visite de repérage, le sédimentologue Abderrazak El Albani et son équipe du CNRS-université de Poitiers ont mis le pied sur d’étranges formes fossiles. Intrigués, mais incapables de juger de leur intérêt sur le coup, les scientifiques sont repartis avec quelques échantillons de pierres grises piquées de pyrite dorée...

De retour en France, Abderrazak El Albani transmet des clichés à un spécialiste des anciennes formes de vie fossile, sans

préciser l’âge du terrain. Résultat: ces fossiles ressemblent à ceux de créatures multicellulaires de la faune dite d’Ediacara, vieille de 600 millions d’années... Or, la datation du site gabonais est formelle: les fossiles ont ici 2,1 milliards d’années!

DES ÊTRES GÉLATINEUX

Effervescence au laboratoire: s’il s’agit bien d’organismes pluricellulaires aussi vieux, voilà qui remet en question les débuts de la chronologie du vivant. Il est en effet traditionnellement admis que les premières molécules organiques sont apparues il y a 4 milliards d’années, suivies des bactéries (des cellules simples, sans noyau) entre 3,7 et 3,2 milliards d’années; viennent ensuite les cellules à noyau il y

> Toutankhamon fut donc le fruit d’un inceste, comme cela était fréquent à l’époque dans les lignées royales.



remise en question

a 2,5 milliards d'années et, il y a seulement 600 millions d'années, les organismes complexes constitués de plusieurs cellules à noyau. Or, la découverte d'Abderrazak El Albani fait reculer ce dernier chiffre de 1,5 milliard d'années!

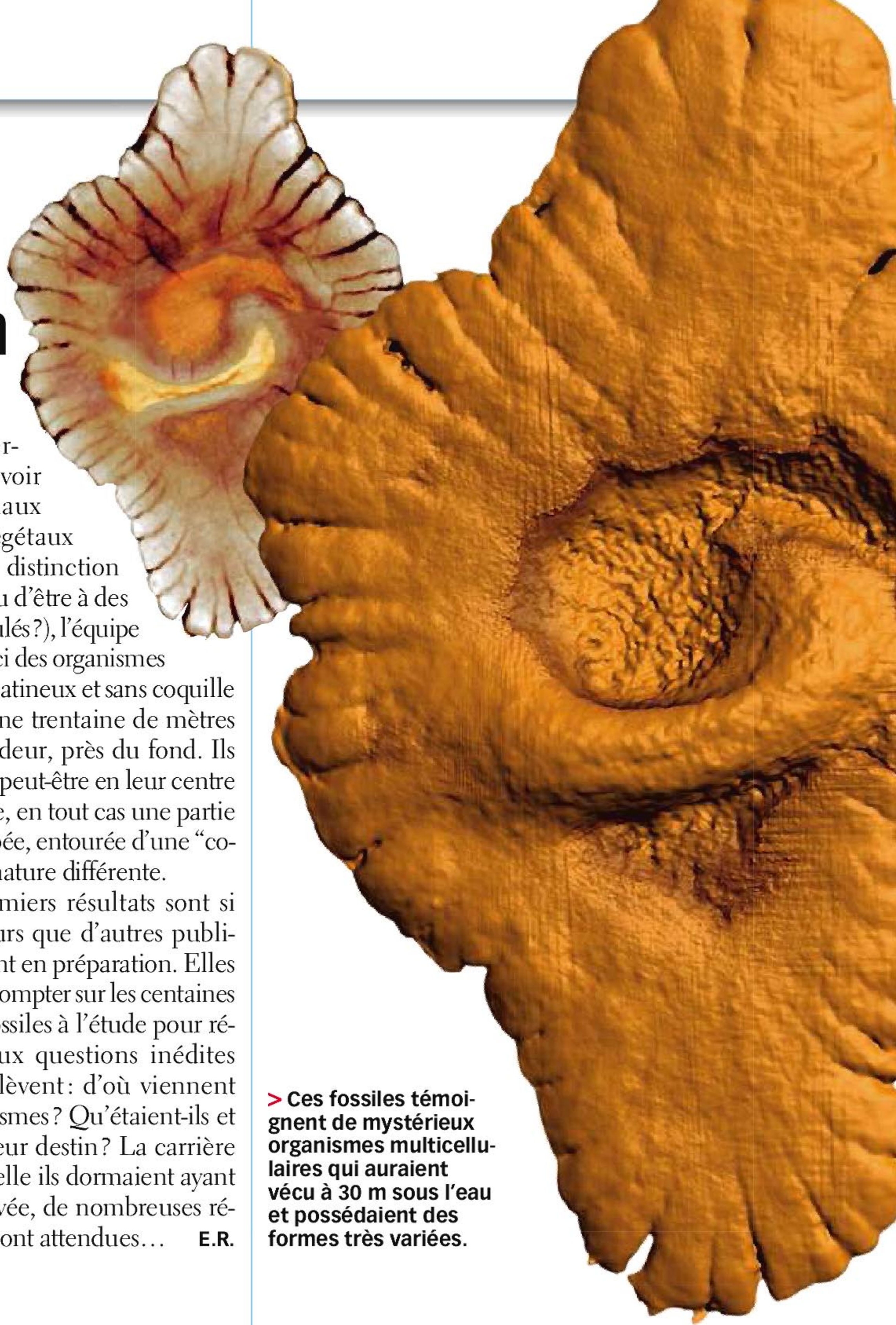
Au vu de l'enjeu, l'équipe poitevine a poussé à fond les analyses pour s'assurer que sa découverte en était bien une. Elle a vérifié, en mesurant les concentrations en isotopes de soufre et de carbone, que les fossiles étaient bien d'origine organique et non de simples formes géologiques inédites. Les analyses chimiques ont, elles, dévoilé la présence de stérane, des hydrocarbures qui peuvent être interprétés comme des marqueurs des cellules à noyau. Par ailleurs, en étudiant de près, par rayonnement synchrotron et microtomographie notamment, 250 spécimens de 1 à 12 cm de longueur, les chercheurs ont pu distinguer une dizaine de formes différentes.

Sans chercher à y voir des animaux ou des végétaux (une telle distinction a-t-elle lieu d'être à des âges si reculés?), l'équipe envisage ici des organismes marins gélatineux et sans coquille vivant à une trentaine de mètres de profondeur, près du fond. Ils possèdent peut-être en leur centre une poche, en tout cas une partie plus bombée, entourée d'une "corolle" de nature différente.

Ces premiers résultats sont si prometteurs que d'autres publications sont en préparation. Elles pourront compter sur les centaines d'autres fossiles à l'étude pour répondre aux questions inédites qu'ils soulèvent: d'où viennent ces organismes? Qu'étaient-ils et quel fut leur destin? La carrière dans laquelle ils dormaient ayant été préservée, de nombreuses révélations sont attendues... **E.R.**

> Ces fossiles témoignent de mystérieux organismes multicellulaires qui auraient vécu à 30 m sous l'eau et possédaient des formes très variées.

B. QUILIC/FOCUS/COSMOS - EL ALBANI-MAZURIER



Toutankhamon

Son ADN a révélé ses secrets de famille

Depuis sa découverte en 1922 par Howard Carter, le jeune pharaon Toutankhamon n'a cessé d'intriguer: qui étaient ses parents? Pourquoi mourut-il si jeune? Les résultats de l'étude d'une dizaine de momies royales publiée en février 2010 par Zahi Hawass, du Conseil suprême des antiquités égyptiennes, étaient ainsi très attendus. Verdict? Si son père fut bien Akhenaton, sa mère ne serait pas

Néfertiti (dont la momie n'est pas identifiée), mais une inconnue dont l'ADN a révélé qu'elle était sa tante... la sœur d'Akhenaton. Il s'agit donc ici d'un inceste royal.

L'analyse des fœtus trouvés dans la tombe de Toutankhamon a par ailleurs confirmé qu'il en était le père. Et désigné une momie comme la mère, mais sans établir s'il s'agit d'Ankhesenpaaton, sa seule épouse connue. Enfin, le débat

sur son assassinat n'a plus lieu d'être. Loin de se révéler un puissant dieu vivant, Toutankhamon était en effet un jeune homme atteint de paludisme et d'une maladie génétique, l'anémie falciforme. Du fait de ses os fragiles et de ses pieds déformés, il marchait sans doute avec une canne. Une forte crise de paludisme aggravée d'une fracture de la jambe aurait finalement causé sa mort. **E.R.**





2011

L'enquête sur les origines de devrait s'accélérer

Depuis deux ans, la recherche sur l'origine de la vie avance à pas de géant. Biochimistes, généticiens... ont pris date en 2011 pour confronter leurs travaux. Révélation attendues.

Cela fait quelques années que l'enquête sur l'origine des briques élémentaires du vivant accumule les indices. En 2009, le chimiste britannique John Sutherland, de l'université de Cambridge, a montré comment peuvent se former des molécules nécessaires à la vie : 2 des 4 bases (cytosine et uracile) composant les nucléotides qui s'enchaînent le long de l'ARN, molécule sœur de l'ADN.

En 2010, ensuite, presque tous les mois, une publication se penchait sur l'environnement qui aurait pu être propice aux premiers pas menant au vivant ou sur les sources d'énergie qui les auraient alimentés. "2010 fut une bonne année, se réjouit le biochimiste Nick Lane, de l'University College London. Et il y a actuellement une accélération des choses dans le domaine."

Et 2011 promet d'accentuer encore le mouvement ! Notamment grâce aux travaux de l'équipe de John Sutherland et du prix Nobel de physiologie 2009, Jack Szostak. Le premier vient ainsi de proposer les débuts d'une voie de synthèse pour les deux bases de l'ARN qui lui manquaient (adénine et guanine) !

UNE QUÊTE INTERDISCIPLINAIRE

"Deux pas importants ont ainsi été faits sur la synthèse des nucléotides, mais d'autres questions restent à résoudre, se félicite Robert Pascal, chimiste à l'université de Montpellier. On cherche toujours à comprendre comment les nucléotides peuvent ensuite s'assembler, puis comment la molécule d'ARN ainsi

< En 2009, l'équipe de chimistes de John Sutherland a réussi à montrer comment se forment des molécules nécessaires à la vie.

FÉVRIER

Une grande conférence internationale sur la "Chimie des origines et les débuts de la vie" est programmée par la Royal Society (Cambridge).

JUILLET

A Montpellier un colloque sur les "Origines de la vie", fera le point sur les dernières avancées en chimie et en exobiologie.

la vie

formée va pouvoir se répliquer et enfin être traduite en protéines...

"Les recherches sur l'origine de la vie font appel à la génétique, à la thermodynamique, à l'étude du métabolisme...", constate Nick Lane. Chaque discipline engendre des hypothèses testées au cours d'expériences très suivies. Le biochimiste prévoit ainsi d'en lancer une en bioréacteur d'ici quelques mois, pour évaluer l'impact énergétique de la chimiosmose au sein des cheminées hydrothermales océaniques. Toutes les disciplines apportent un élément de la réponse totale, d'où la nécessité d'échanger. Les deux grands colloques prévus en 2011 seront donc riches en rebondissements... **Emilie Rauscher**

L.VILLERET/DOLCEVITA - H.CHAMPOLLION/AGK

Et aussi...

L'un des grands temples d'Angkor va renaître

Vieux de mille ans, un des fleurons de l'architecture khmère a pu être reconstitué au prix d'un gigantesque chantier qui, après bien des déboires, s'achèvera en mars.

Un symbole de l'ancienne capitale d'Angkor, le temple-montagne du Baphuon vieux de mille ans, va retrouver toute sa splendeur au mois de mars 2011 ! Doté d'une pyramide haute de 35 m enchâssée dans un réseau de galeries de plus de 100 m de côté, ce fleuron de l'architecture khmère gisait en partie démembré dans la forêt cambodgienne depuis quarante ans... Pour lui rendre son éclat, une campagne de restauration de très grande ampleur aura été nécessaire. Un chantier titanesque imposé par un problème de structure intrinsèque et par son histoire.

En effet, élevé au ^xe siècle en l'honneur du dieu Shiva, ce temple-montagne avait dès le début révélé des signes de faiblesse. Le cœur de l'imposante pyramide centrale, composé de remblais, repoussait ses parois vers l'extérieur, déstabilisant l'édifice et entraînant régulièrement des éboulements. S'ils furent à chaque fois maîtrisés et les façades effondrées remontées,

jamais le défaut originel n'a pu être corrigé... Jusqu'aux éboulements massifs de 1942 et 1949. Les archéologues français qui le restauraient proposèrent alors une solution radicale : une "anastylose générale", c'est-à-dire son démontage complet, pierre par pierre, et sa reconstruction !

UN PUZZLE À CIEL OUVERT

Le chantier, d'une ampleur unique au monde, est lancé dans les années 1960. En 1971, 300 000 pierres ont déjà été déposées sur 10 ha et un sarcophage est en cours de construction pour bloquer le remblai fautif... Mais la guerre civile oblige les archéologues à quitter le pays. A leur retour, en 1989, c'est la désolation : la forêt a repris ses droits et les plans dressés lors du démontage sont perdus. Il faut tout reprendre. Dès 1995, les archéologues relèvent ce défi sans équivalent. Ce trésor inscrit au Patrimoine mondial de l'humanité est un gigantesque puzzle qui, après seize ans d'efforts, voit enfin sa conclusion... **E.R.**

✓ **Classé au Patrimoine mondial de l'humanité, le fragile temple-montagne du Baphuon avec sa pyramide de 35 m ouvrira en mars 2011.**



à la une >

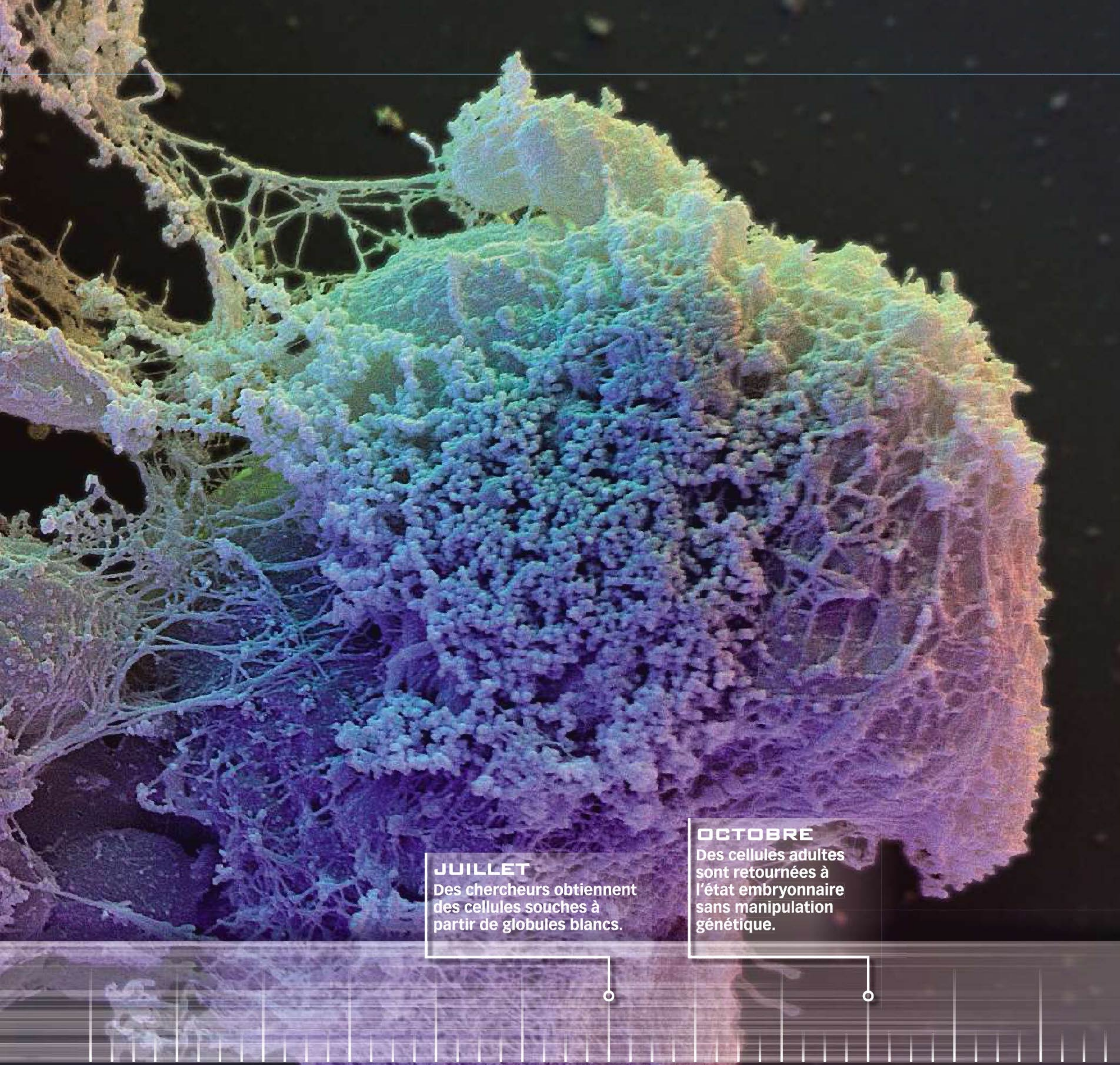
BIOLOGIE

NOUVEAU

Cellules souches

Cette année, elles ont franchi des étapes décisives. Utilisées en thérapeutique pour la première fois, les cellules souches embryonnaires peuvent enfin être obtenues, sans manipulation génétique, à partir de cellules adultes.

Elles sont enfin
devenues prêtes
à l'emploi



JUILLET

Des chercheurs obtiennent des cellules souches à partir de globules blancs.

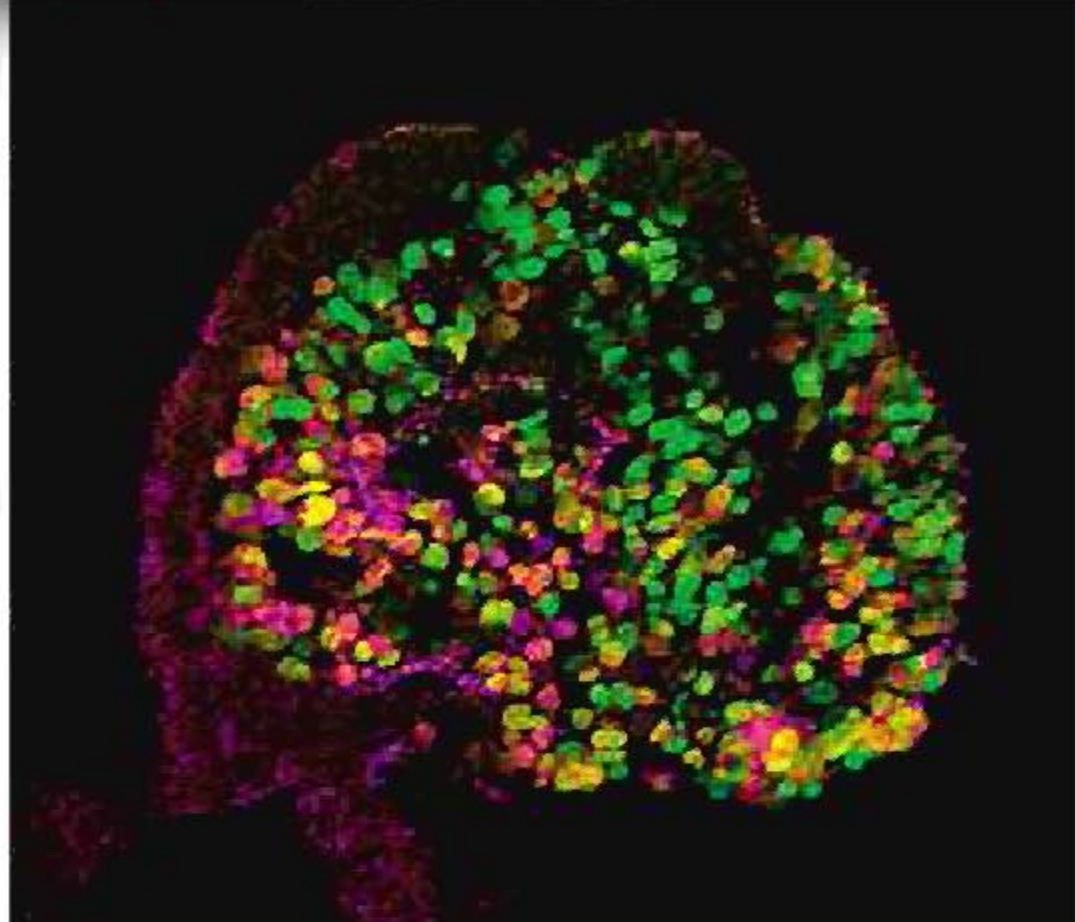
OCTOBRE

Des cellules adultes sont retournées à l'état embryonnaire sans manipulation génétique.

Cela fait maintenant plus de dix ans que les chercheurs promettent de réparer nos organes malades à l'aide de cellules souches. Et cette promesse semble enfin en passe d'être tenue. Car 2010 a marqué le coup d'envoi du premier essai clinique utilisant des cellules souches embryonnaires humaines pour traiter des lésions de la moelle épinière chez des patients paralysés.

Une vraie date dans l'histoire de la biologie moderne. Surtout qu'en parallèle, une autre révolution, plus discrète mais tout aussi prometteuse, a agité cette année les laboratoires. Plusieurs équipes ont réussi à produire des cellules souches adultes en grand nombre, contournant ainsi les problèmes éthiques liés à l'utilisation de cellules issues d'embryon. Et ouvrant du même coup la voie à la

production de cellules souches "à volonté"! Le nom de ces cellules vedettes? Les IPS, pour *Induced Pluripotent Stem cells*, ou cellules souches pluripotentes induites. Leur secret? Comme leur nom l'indique, elles sont issues de cellules adultes dont la "mémoire" est estompée pour qu'elles retrouvent leurs vertus initiales proches de l'état embryonnaire: redevenues "souches", →



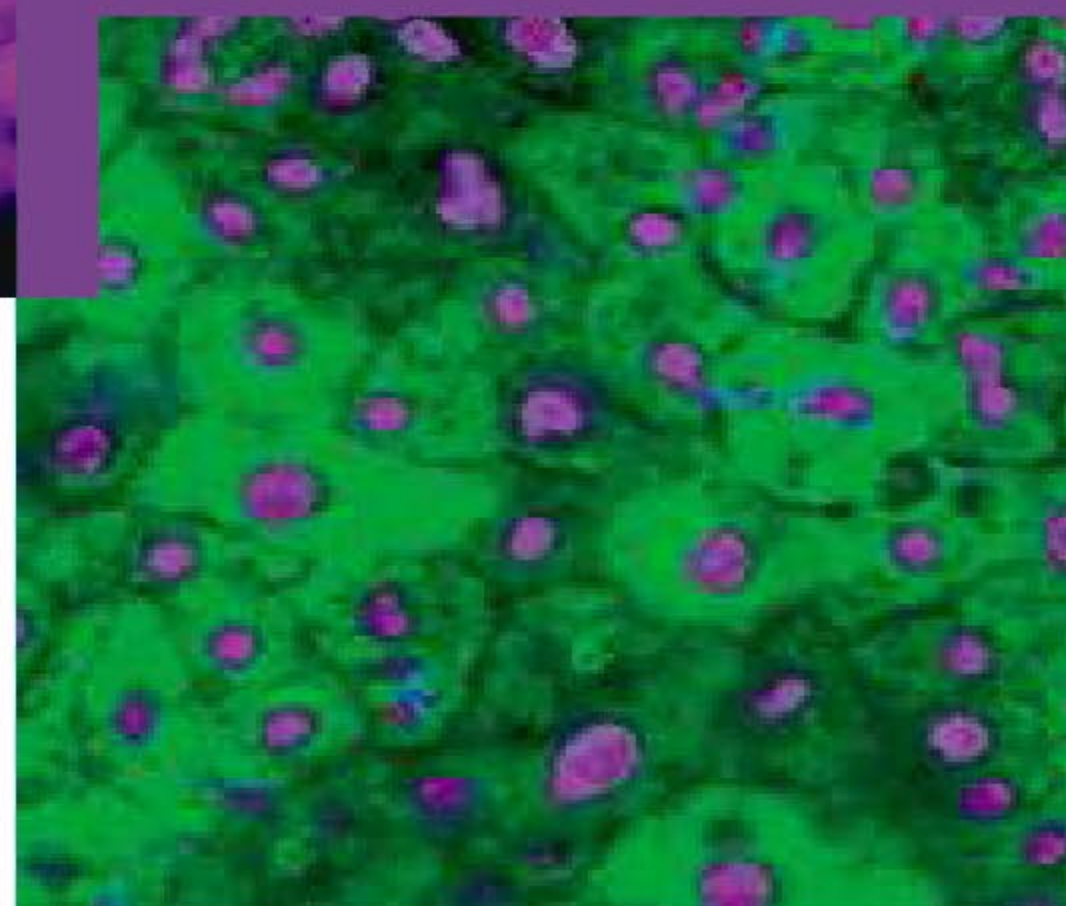
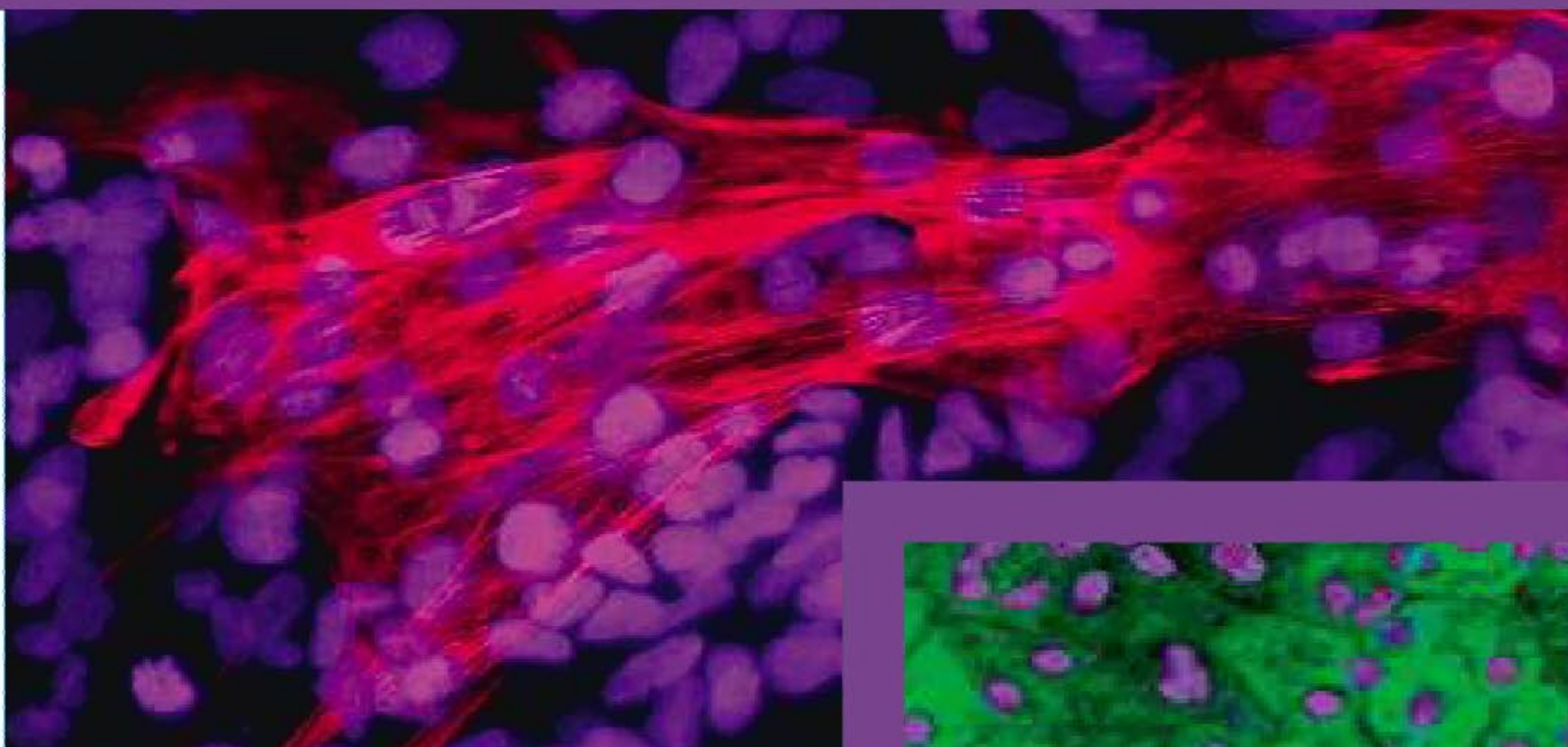
Des cellules IPS tout-puissantes

Des cellules adultes transformées en "IPS" ont toutes les vertus de cellules souches embryonnaires. Et déjà, ces IPS ont permis de générer des neurones (à g.), des cellules de muscles (ci-dessous), des hépatocytes (plus bas) et même un organisme entier, comme cette souris née en Chine. Fertile, celle-ci a même engendré une deuxième génération en pleine santé.

→ ces cellules peuvent alors se différencier de nouveau pour acquérir une nouvelle identité cellulaire.

La mise au point de ces étonnantes cellules IPS date seulement de 2007. C'est en effet à cette date qu'en insérant quatre gènes dans de banales cellules de peau, l'équipe japonaise de Shinya Yamanaka réussit à "effacer" leur identité et à les transformer en cellules indifférenciées, dotées des mêmes propriétés que les cellules souches embryonnaires. *"Alors que peu d'équipes avaient accès aux cellules embryonnaires, n'importe quel chercheur peut désormais obtenir par ce moyen des IPS. Ces cellules ont d'ores et déjà révolutionné la recherche"*, affirme Mathilde Girard, de l'Institut des cellules souches d'Evry (I-STEM).

✓ A partir d'une simple prise de sang, on pourra obtenir des cellules transformables en cellules souches embryonnaires.



Capables de s'auto-renouveler indéfiniment, ces cellules souches induites peuvent en théorie être reprogrammées en n'importe quel autre type de cellule. Et les chercheurs sont déjà passés à la pratique: en moins de trois ans, ils ont réussi à recréer des neurones, des cellules de foie, de cœur et même une souris entière à partir d'IPS.

EXIT LE RISQUE DE CANCER

Ces IPS pourraient donc être une source illimitée de cellules "médicaments", pour remplacer des neurones malades, traiter des affections génétiques, etc. Avec l'avantage de pouvoir les créer sur mesure, à partir des cellules de chaque patient, évitant ainsi le risque de rejet. *"Il sera même possible d'obtenir des IPS à partir d'une simple prise de sang"*, ajoute Mathilde Girard, enthousiasmée par l'exploit réalisé en juillet 2010 par des chercheurs du Whitehead Institute, aux Etats-Unis: ils ont obtenu des cellules IPS à partir de globules blancs issus de sang congelé.

Une ombre ternissait toutefois ce tableau: pour reprogrammer les cellules

adultes, les chercheurs se servaient d'un cheval de Troie biologique: des virus modifiés possédant les quatre fameux gènes "reprogrammeurs" et les insérant aléatoirement dans l'ADN cellulaire; dès lors, ces "transgènes" remplissent leur mission de transformation. Oui, mais ce faisant, ils restent intégrés au génome des IPS, au risque de dérégler d'autres gènes et de déclencher un cancer! Depuis 2007, les chercheurs cherchaient donc à créer des IPS sans modifications génétiques. Mission accomplie en octobre dernier, à l'Institut des cellules souches de Harvard. L'idée? Eviter à la cellule d'avoir à réaliser des étapes intermédiaires entre la "lecture" des quatre transgènes et la production des substances (protéines) qui leur correspondent. Comment? En injectant dans la cellule, non les transgènes,



Et aussi...

Vie synthétique

Le rêve a pris forme

Un génome fabriqué artificiellement a fait la démonstration que l'homme peut créer la vie: une bactérie qui l'a reçu s'est mise à fonctionner ! Une première.

Des bactéries façonnées par l'homme et capables de dépolluer des sols ou de produire du carburant... Ce rêve a commencé à devenir réalité en 2010. Dans l'institut privé qui porte son nom, le scientifique et homme d'affaires américain Craig Venter a en effet créé la première bactérie synthétique. Certes, il ne s'agit que d'une copie d'un être vivant qui existe déjà, la bactérie *Mycoplasma Mycoides*. Mais il s'agit bien d'un être vivant sans père ni mère...

L'équipe s'est tout d'abord procuré la séquence du génome, disponible sur Internet. Un génome constitué d'un seul chromosome, contenant une centaine de gènes formés de quelques millions de nucléotides. Puis les chimistes ont programmé un synthétiseur automatique pour qu'il fabrique, à partir de ces éléments, des fragments de ce génome. Restait à as-

sembler les morceaux dans le bon ordre – un véritable exploit –, puis à ajouter quelques subtils motifs méthyl ici ou là pour que le génome ressemble point par point à un génome de bactérie. Cela fait, cette copie fut insérée dans une bactérie vidée de son propre génome.

"INVENTER" UNE BACTÉRIE

Résultat: cet être synthétique s'est mis à fonctionner normalement, allant même jusqu'à se reproduire pour donner naissance à des bactéries ressemblant comme deux gouttes d'eau à leurs congénères! L'étape suivante consistera à produire une bactérie dont le génome serait cette fois inventé par l'homme. L'opération devrait prendre plus longtemps... Un temps qui devrait permettre de réfléchir aux éventuels risques de ces manipulations et aux précautions qui s'imposent. **Anne Debroise**

mais le produit de leur synthèse: les ARN messagers. *"De la sorte, on évite toute modification du génome et on élimine le risque de cancérogenèse"*, explique Derrick Rossi, qui a conduit les recherches. Car ces ARN déclenchent bien le changement d'identité des cellules, mais eux sont rapidement détruits. *"Plus sûre, cette technique est aussi cent fois plus efficace que celle utilisant les virus, avec laquelle moins de 0,1 % des cellules sont finalement converties en IPS, précise le chercheur. De plus, les IPS obtenues avec les ARN sont encore plus proches des véritables cellules souches embryonnaires."* Un point important, car les IPS génétiquement modifiées ne faisaient que tendre vers l'état embryonnaire sans en être de parfaits substituts. Reste que pour être plus ressemblantes, ces IPS *"n'expriment pas exactement les mêmes gènes et on ne sait pas encore si cela pose problème ou non"*, tempère Mathilde Girard. Avant de pouvoir les utiliser en médecine régénérative, les chercheurs devront donc apprendre à mieux les connaître et, surtout, percer les secrets de la reprogrammation, un phénomène aussi fascinant que mal compris: leur pouvoir de différenciation à partir d'un même matériel génétique. **Marine Corniou**

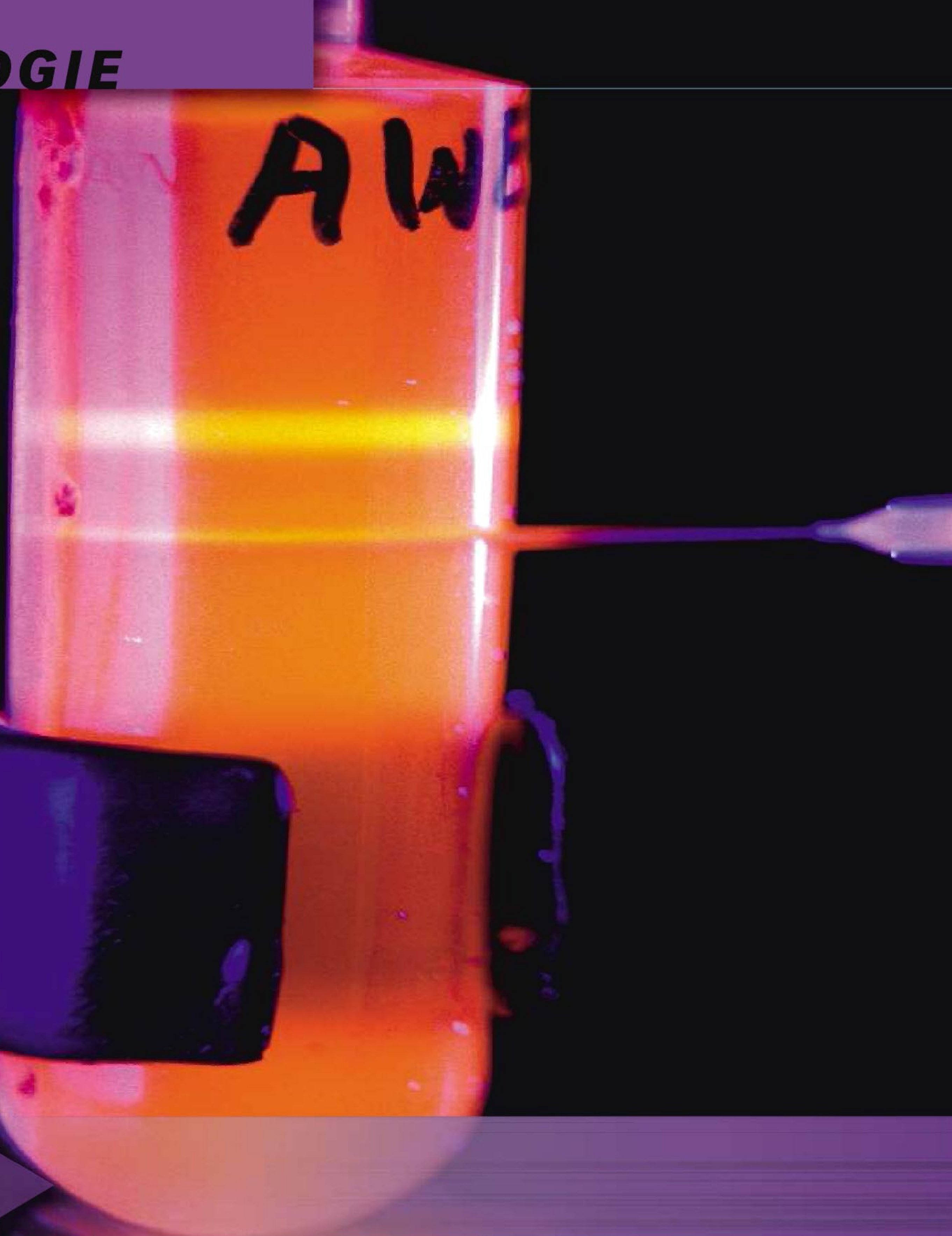
Biologie moléculaire

Un nouveau code génétique découvert

Les biologistes savaient que l'ADN, sous forme de chromosomes dans le noyau de nos cellules, porte les gènes. Ils savaient aussi qu'à chaque fois qu'elle en a besoin, la cellule "transcrit" les gènes en ARN et utilise ces copies d'ADN comme guide d'assemblage des protéines. Enfin, les scientifiques savaient que pour produire des centaines de milliers de protéines avec juste une vingtaine de milliers de gènes, comme c'est le cas chez l'homme, les ARN sont découpés et réassemblés en autant de configurations qu'il existe de protéines. Mais ce

qu'ils ignoraient jusqu'à l'an dernier, c'est comment la cellule choisit les réarrangements des ARN qu'elle doit pratiquer, selon qu'elle est une cellule de foie, de cerveau ou autre. Désormais, grâce à une équipe de l'université de Toronto, ce code génétique inédit qui préside à ce choix est connu: certaines séquences des ARN contiennent des informations qui indiquent à la cellule, selon les circonstances, quel morceau elle doit garder, détruire ou rabouter à quel autre. Informations actuellement en cours de décryptage. **P.C.**

> En vingt ans, la puissance de séquençage a été multipliée par un million.



2011

Le séquençage du génome humain

Grâce au haut débit, le séquençage cible enfin les variations individuelles. L'ADN de 30 000 personnes sera décrypté. Objectif : personnaliser les traitements médicaux.

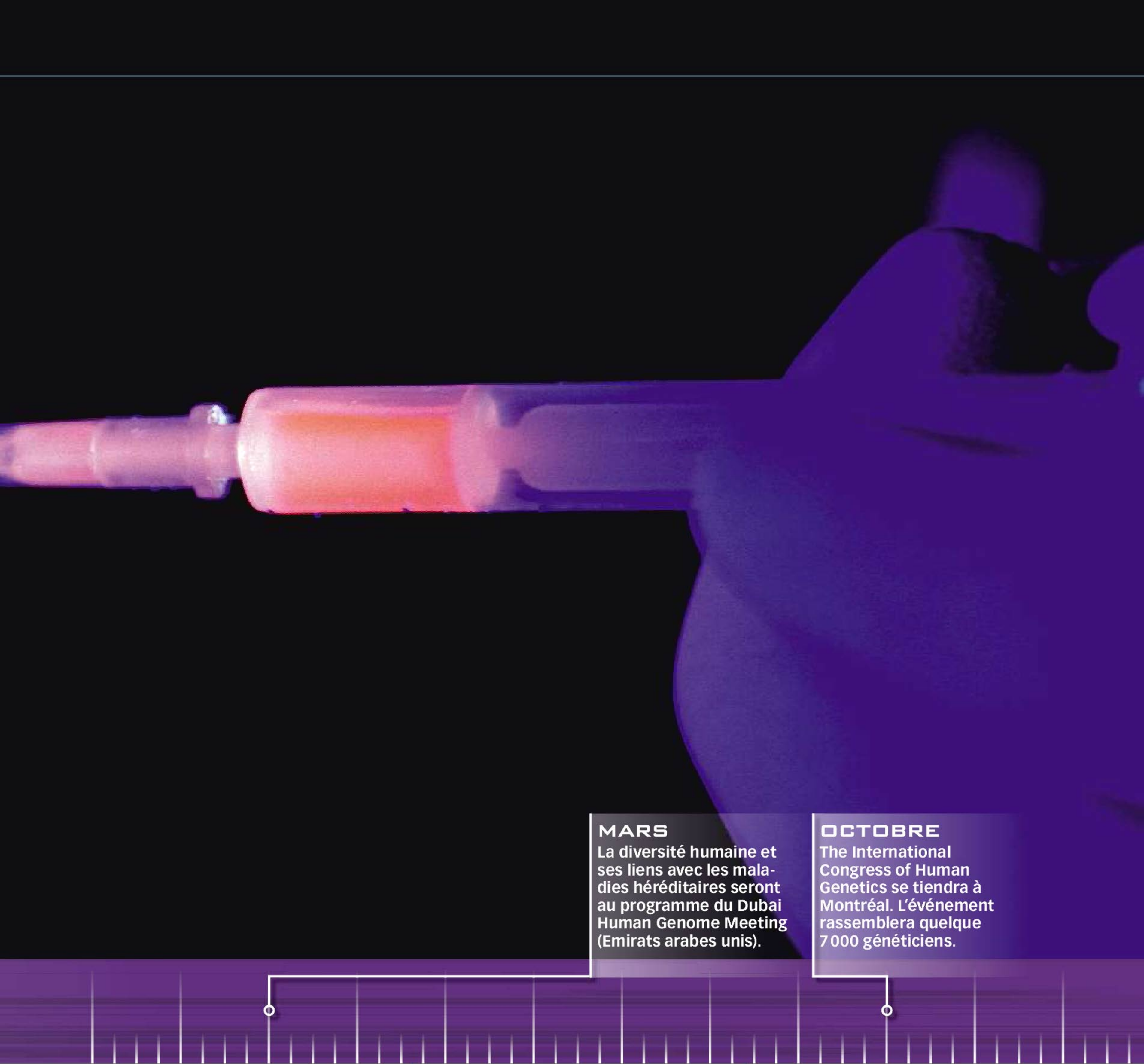
On le sait, les séquences d'ADN diffèrent d'autant plus entre les individus qu'ils appartiennent à des espèces éloignées. Entre humains, la différence ne touche ainsi que 0,1 % des

bases, ces quatre motifs chimiques qui composent l'ADN. C'est pourtant cette infime part de variations qui intéresse les généticiens. Elle témoigne en effet de nos différences,

de notre histoire évolutive, mais aussi de nos susceptibilités génétiques et de nos sensibilités aux maladies.

C'est pourquoi, dans les années qui ont suivi le séquençage du génome humain, de grands projets de séquençages individuels ont été lancés. L'idée : pouvoir relier le génotype, c'est-à-dire la séquence d'ADN, avec le phénotype, c'est-à-dire les caractéristiques

P. LANDMANN/LOOK AT SCIENCES



MARS

La diversité humaine et ses liens avec les maladies héréditaires seront au programme du Dubai Human Genome Meeting (Emirats arabes unis).

OCTOBRE

The International Congress of Human Genetics se tiendra à Montréal. L'événement rassemblera quelque 7 000 généticiens.

passse à la vitesse supérieure

physiques des individus, de manière à pronostiquer et à prendre en charge rapidement leurs défaillances, et partant, les soigner de manière individualisée.

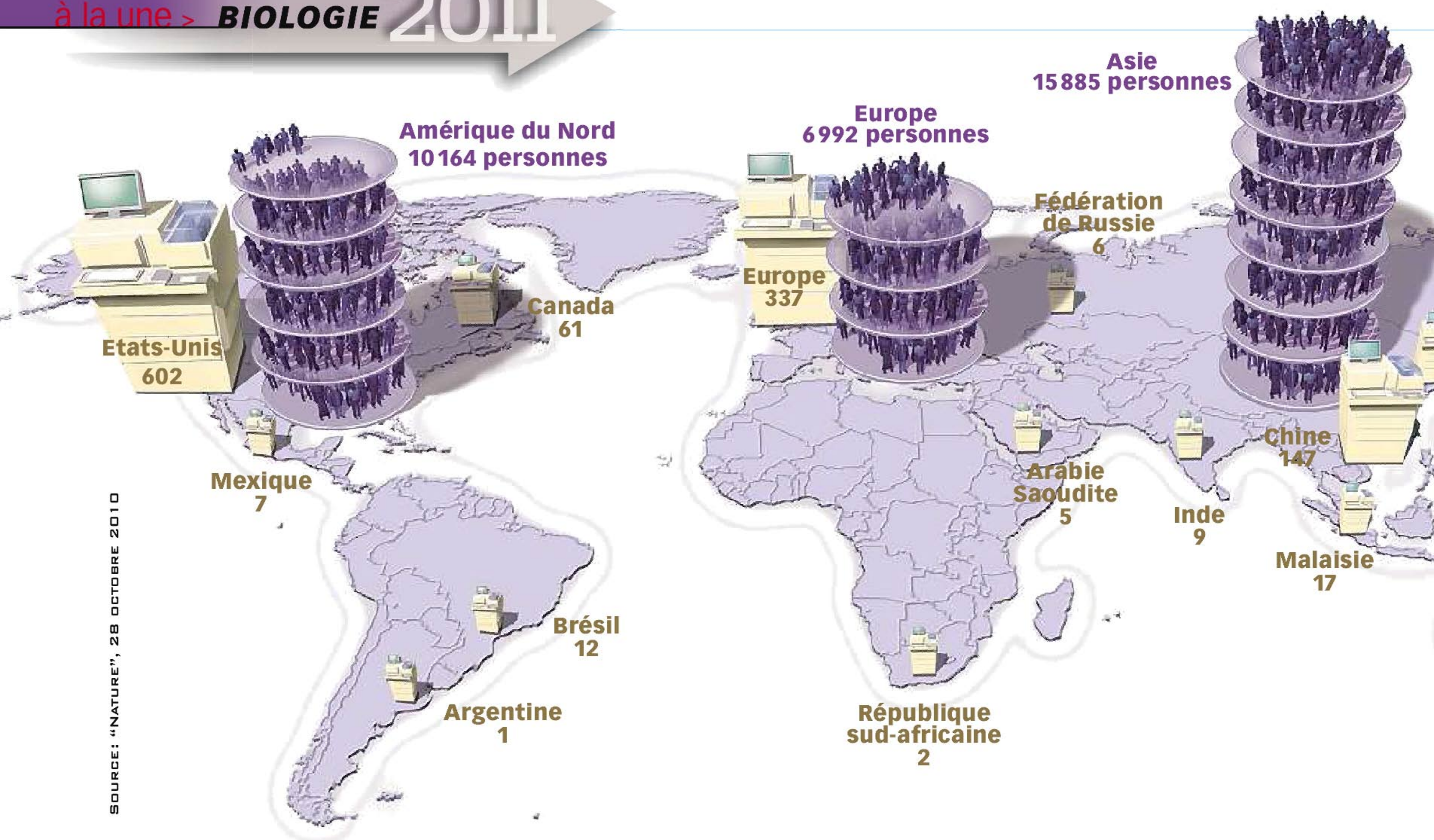
Pour cela, encore fallait-il pouvoir accélérer le processus. *“Entre 1990 et 2011, la puissance de séquençage a été multipliée par un million”*, rappelle François Rechenmann, chercheur à l'Institut national de recherche

en informatique et en automatique (Inria). A la base de ces progrès fulgurants : l'automatisation du processus de séquençage.

DES AUTOMATES DE SÉQUENÇAGE

Sur le papier, ce séquençage consiste à déterminer l'ordre dans lequel se succèdent les nucléotides le long de la molécule d'ADN, sachant que cet

ordre constitue l'information génétique nécessaire à la composition des protéines que produit chaque cellule, et qu'il participe aux caractéristiques de l'organisme comme la couleur des yeux ou sa sensibilité à certaines maladies. En pratique, cette lecture de l'ADN est réalisée par des automates de séquençage qui effectuent toutes les étapes chimiques : →



SOURCE: "NATURE", 28 OCTOBRE 2010

→ découpage de l'ADN en fragments, liaison de chaque base avec une molécule fluorescente, lecture de cette fluorescence avec une caméra haute résolution. En 2010, quelques centaines de génomes ont ainsi été séquencés à travers le monde.

Mais l'année 2011 sera celle du haut débit, avec des dizaines de milliers de génomes décryptés : jusqu'à 30 000 estime même une enquête menée par la revue *Nature*. Une performance qui repose entièrement sur le perfection-

nement des automates de séquençage qui sont désormais capables de décrypter les génomes en parallèle.

Parmi les grands projets phares de cette vague de séquençage, le projet "1 000 génomes", lancé en 2008 par l'Institut américain de recherche sur le génome humain, l'Institut Sanger au Royaume-Uni et l'Institut de génomique de Pékin en Chine, affiche l'ambition de séquencer l'ADN non plus de 1 000 personnes, comme il était prévu initialement, mais de 2 500 personnes à travers le monde. Le but : identifier plus de 95 % des variations des génomes que l'on retrouve chez plus d'une personne sur 100. Pas question cependant de séquencer au cas par cas ces 2 500 génomes à haute

résolution, ce qui nécessiterait de lire plus de 30 fois chacun d'entre eux afin de réduire les incertitudes. Une habile extrapolation, basée sur la connaissance de la répartition des variations, permettra, en séquençant seulement 6 génomes à haute résolution et la grande majorité à résolution plus faible, de dresser la carte des variations génétiques planétaires.

TRAITER D'ABORD LES CANCERS

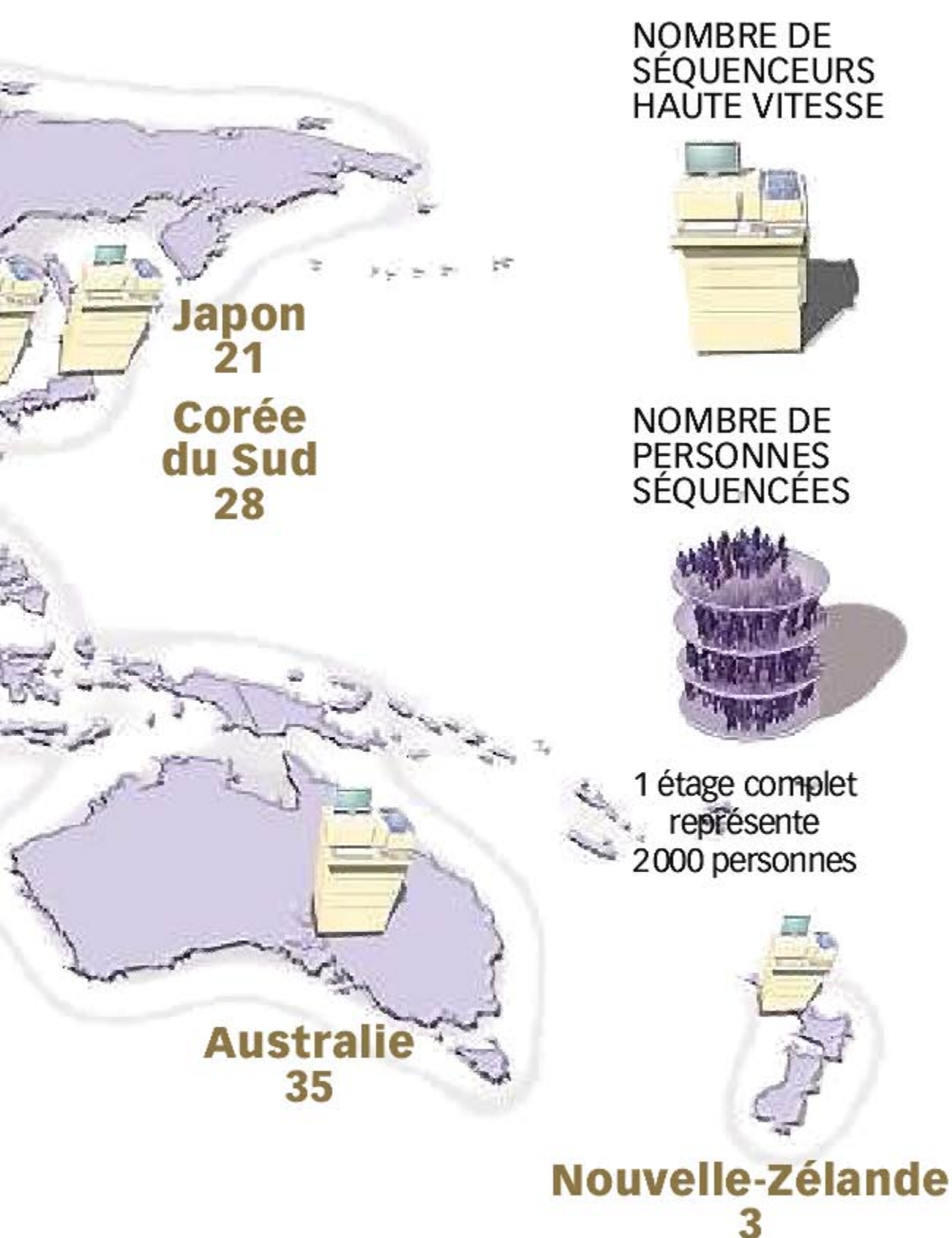
Une carte véritablement utile, selon Lisa Brooks, directrice du projet à l'Institut américain de recherche sur le génome humain : "Si un généticien identifie une mutation qu'il pense impliquée dans le diabète, par exemple, il pourra trouver dans notre base de données toutes les variations du gène impliqué qui existent dans la population mondiale." Parmi tous les projets de séquençages individuels lancés actuellement, 1 sur 6 concerne les cancers. Le plus important d'entre eux s'est fixé la bagatelle de séquencer



"Connaître les variations d'ADN permettra d'aller vers des thérapies ciblées"

THOMAS HUDSON, CENTRE DE RECHERCHE SUR LE CANCER DE L'ONTARIO

30 000 génomes seront séquencés d'ici la fin de l'année

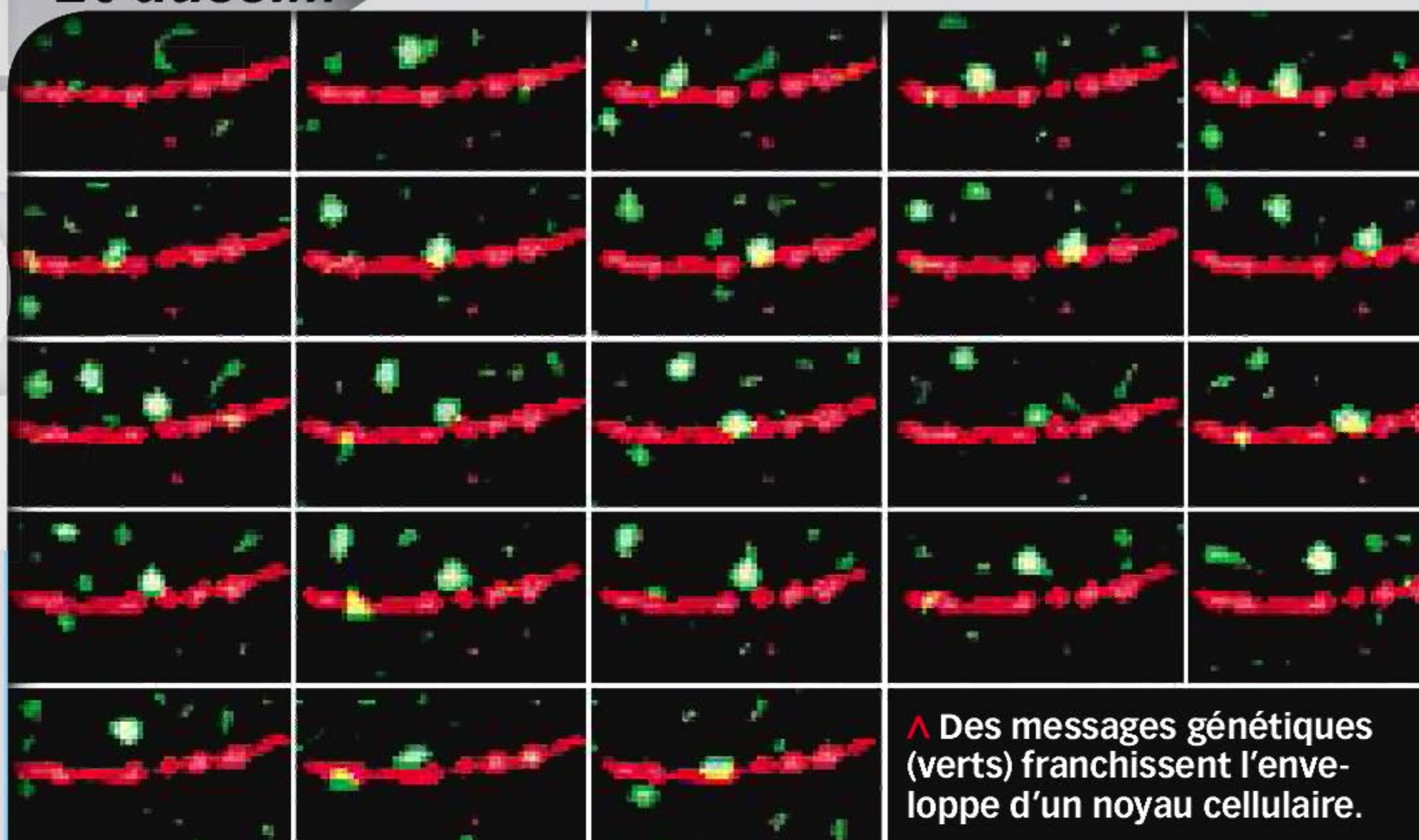


50 000 génomes. Il rassemble 13 pays au sein du Consortium international du génome cancéreux, dont le coordinateur est Thomas Hudson, président du Centre de recherche sur le cancer de l'Ontario. "Tous les cancers sont des maladies du génome, affirme le chercheur. Connaître les variations génétiques qui provoquent le cancer permettra non seulement de diagnostiquer des tumeurs, mais aussi d'aller vers des thérapies ciblées, sachant que sur les personnes présentant telle ou telle mutation, un traitement fonctionnera ou non."

Mais, comme l'avoue Lisa Brooks: "Il y a un gouffre aujourd'hui entre notre connaissance des séquences génomiques et son utilisation." En clair, si Thomas Hudson prévoit que dans quelques années "de nouvelles techniques permettront de séquencer un génome individuel pour seulement 10 dollars en un quart d'heure", le plus gros challenge reste de comprendre à quoi correspondent précisément ces variations.

Anne Debroise ■

Et aussi...



▲ Des messages génétiques (verts) franchissent l'enveloppe d'un noyau cellulaire.

L'optique promet une autre vision du vivant

Dotés d'une résolution de plus en plus performante, les microscopes optiques vont permettre aux chercheurs d'observer l'intérieur des cellules.

On les croyait dépassés. Pourtant, les microscopes optiques réapparaissent dans les laboratoires. En 2011, plusieurs marques mettront sur le marché de nouveaux appareils dits à "super-résolution". Les scientifiques pourront ainsi observer le ballet des protéines à l'intérieur des neurones en train de communiquer entre eux, ou dans des cellules qui se répliquent, fabriquent des protéines, deviennent cancéreuses... Ce qu'interdit la microscopie électronique qui nécessite de congeler des tissus morts pour les observer.

"La microscopie super-résolue a déjà fait ses preuves dans quelques laboratoires pionniers", témoigne Jean-Claude Vial, du Laboratoire de spectrométrie physique de Grenoble. En théorie, la résolution des microscopes optiques est limitée à 200 nanomètres, soit le cinquième d'une cellule: pas de quoi voir les détails plus petits. La faute à la diffraction des rayons lumineux par les bords de l'instrument: elle prend de telles proportions que les objets séparés de moins de 200 nm ne peuvent plus être distingués. "Mais supposez que vous ayez un tas de

petits objets fluorescents séparés de moins de 200 nm, explique Stephan Hell, directeur du département de nanobiophotonique à l'Institut Max-Planck (Allemagne). Si leur signal lumineux peut être allumé et éteint à volonté afin qu'ils soient vus les uns après les autres, cela permet de les distinguer. C'est ainsi que fonctionnent les techniques de super-résolution." Du coup, les nouveaux microscopes feraient baisser la résolution à 50 nm.

UN COMPOSÉ FLUORESCENT

Le principe: greffer sur les molécules à observer des composés chimiques fluorescents. Puis n'exciter qu'une très faible partie de ces composés. De cette manière, on localise l'origine du signal, au centre de la tache de diffraction. Il suffit ensuite de recommencer en excitant les autres marqueurs. "L'avantage de la microscopie optique, c'est qu'on peut voir à l'intérieur des petits animaux vivants en utilisant une sonde. En plus, le marquage permet de révéler des fonctions biologiques et d'obtenir des séquences vidéo", s'enthousiasme Jean-Claude Vial. A.D.

à la une >

GÉOSCIENCES

2010



Climat

Des points de rupture ont été identifiés

Fonte des glaces devenant irréversible, arrêt de la mousson. . . En 2010, les climatologues ont mis en lumière un nouvel aspect du réchauffement : passé un seuil, il menace de faire basculer des pans entiers du système Terre dans l'inconnu. La preuve par six.

Entre l'échec de la conférence de Copenhague, les erreurs pointées du doigt dans le dernier rapport du GIEC, et l'affaire des mails volés dans les ordinateurs de climatologues anglais, la nouvelle est passée plutôt inaperçue. Pourtant, la série d'articles publiés en décembre 2009

dans les prestigieux Comptes rendus de l'Académie nationale des sciences américaine (PNAS) a, plus que tout le reste, donné la tonalité de l'année 2010 – et sans doute au-delà – dans le domaine des sciences du climat. A savoir de l'intérêt grandissant que portent les scientifiques de diverses spécialités, comme l'écologie, la glaciologie ou l'océanographie, à ce qu'ils appellent les "points de bascule climatique". De quoi s'agit-il ? De la possibilité qu'il existe un seuil au-delà duquel une petite dose →

SEPTEMBRE

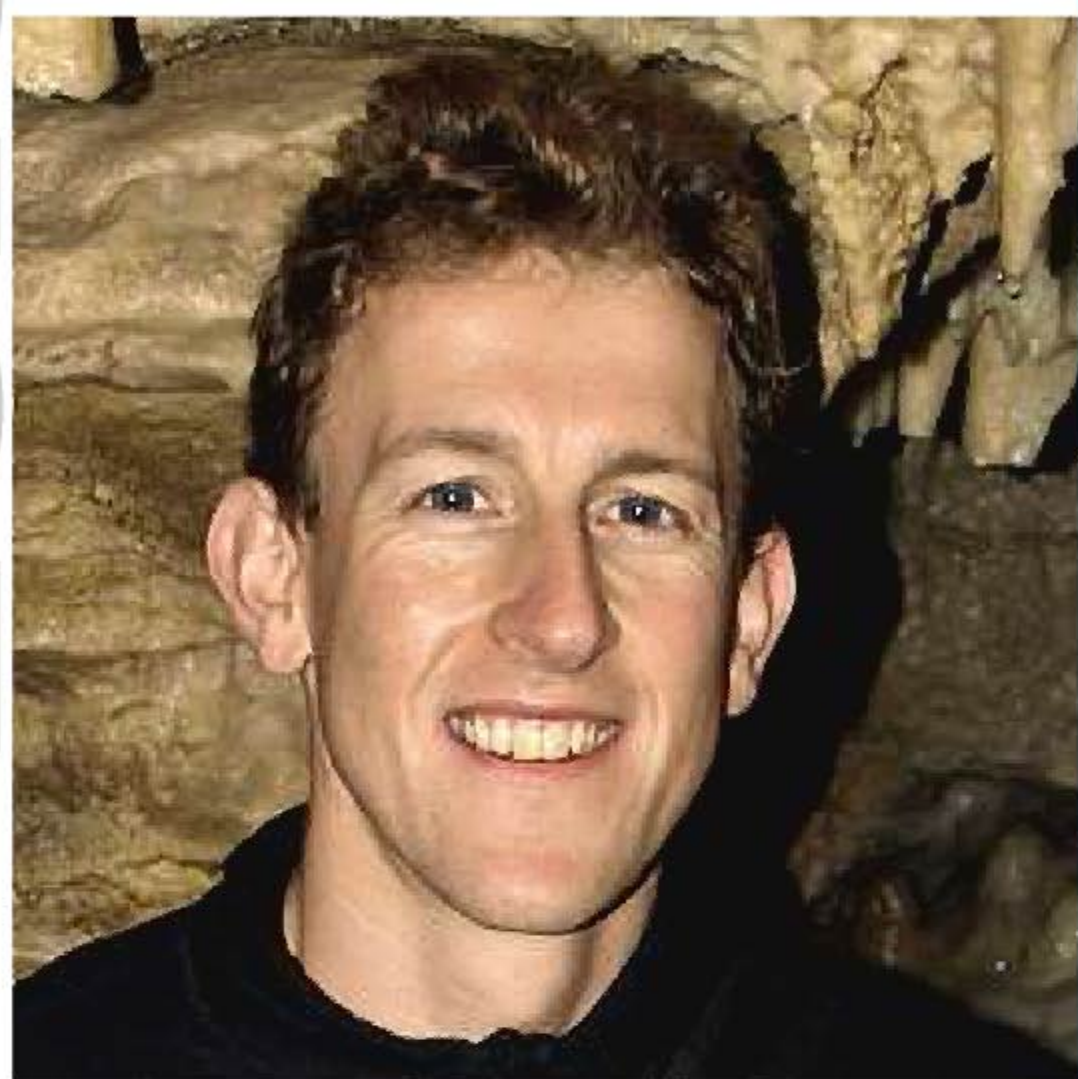
Une étude révèle que l'Amazonie deviendrait une savane si la température grimpe de 2 °C.

OCTOBRE

Un rapport liste l'impact pour l'Europe de potentiels changements climatiques abrupts.

NOVEMBRE

Une étude évalue le seuil au-delà duquel le déclin de la calotte du Groenland sera irréversible.



“Le terme de ‘points de bascule’ suggère l’existence de processus d’auto-amplification”

TIMOTHY LENTON, DU TYNDALL CENTRE FOR CLIMATE CHANGE RESEARCH, NORWICH (GRANDE-BRETAGNE)

→ de réchauffement supplémentaire fasse basculer certaines composantes du système terrestre dans des états fondamentalement différents de ceux d’aujourd’hui. Par exemple? Une fois un tel seuil franchi, la fonte des calottes glaciaires au Groenland et en Antarctique deviendrait inéluctable. *Idem* en ce qui concerne un arrêt total de la circulation océanique dans l’Atlantique, la disparition inévitable de la forêt amazonienne ou de la mousson d’été indienne, le dégel complet du permafrost ou la fin des émissions de poussières du Sahara. Voilà pour les six plus importants “points de bascule” (voir infographie), mais la liste des candidats ne s’arrête pas là!

“En se focalisant sur l’évolution de la

Croire que les effets du réchauffement global seront graduels est une illusion

température moyenne du globe, nous vivons dans l’illusion que le changement climatique ne sera qu’un processus graduel de réchauffement, analyse Timothy Lenton, du Tyndall Centre for climate change research à Norwich (Grande-

Bretagne), un des principaux théoriciens des points de bascule. *Mais la réalité, c’est que les impacts de ce réchauffement ont peu de chance d’être graduels: de grandes régions de la planète pourraient subir de profonds changements, parfois*

rapides, souvent irréversibles, menaçant des millions de personnes.”

La quête de ces systèmes vulnérables est donc ouverte. Pour les débusquer, les dizaines d’équipes qui planchent sur le sujet disposent de trois armes. La

première, c’est l’étude du passé, qui peut mettre en évidence des changements abrupts pour ces systèmes lors d’épisodes antérieurs de changement climatique. Les paléoclimatologues estiment ainsi que la circulation océanique dans l’Atlantique Nord a été profondément ralentie à plusieurs reprises au cours de la dernière période glaciaire. Une étude parue en novembre dernier envisage qu’elle se soit même inversée il y a 20 000 ans, les courants profonds s’écoulant alors du sud vers le nord!

La deuxième piste concerne la sensibilité du système étudié. “Le terme de point de bascule suggère l’existence

La fonte des glaciers du Groenland

Elle deviendrait irréversible dans le cas où le réchauffement dépasserait 3 °C (p. 98).

La panne du tapis roulant Atlantique

Elle se déclarerait si la quantité d’eau douce parvenant dans l’Atlantique Nord dépasse un seuil encore mal défini (p. 99).

La disparition de la forêt amazonienne

Elle serait inévitable à partir du moment où la forêt aura perdu la moitié de sa surface à la suite de sécheresses à répétition (p. 100)

6 points de bascule majeurs ont été identifiés

LA QUÊTE DES SIGNES PRÉCURSEURS

A l'image des systèmes d'alerte aux tsunamis ou aux séismes, peut-on prévenir qu'un seuil est sur le point d'être franchi ? Les climatologues misent sur la théorie des systèmes dynamiques. Selon celle-ci, un système se rapprochant d'un point critique de transition possède des caractéristiques universelles : il se remet de plus en plus lentement des perturbations qu'il subit. Comme un élastique sur lequel on tire et qui reprend vite sa forme initiale lorsqu'il est neuf, mais qui finit, après un certain temps, par perdre cette capacité. "Il n'est pas possible d'expérimenter sur les composantes du système climatique, par exemple en arrêtant la circulation océanique et en regardant en combien de temps elle reprend. En revanche, nous pouvons observer la façon dont ces systèmes réagissent aux petites perturbations naturelles qu'ils subissent en permanence", explique Vasilis Dakos, de l'université de Wageningen au Pays-Bas. En 2008, il a mis en évidence l'existence de ces signes précurseurs de basculement lors de changements climatiques abrupts survenus dans le passé. Les séries de données disponibles ne seraient cependant pas encore assez longues pour savoir si des systèmes climatiques actuels sont sur le point de basculer.



Le dégel du permafrost sibérien

Il serait irréversible si la température à sa surface grimpe localement de 9 °C (p. 100).

La raréfaction des nuages de poussières du Sahara

Elle serait enclenchée si la région devenait plus humide, laissant s'installer la végétation (p. 98).

L'arrêt de la mousson indienne

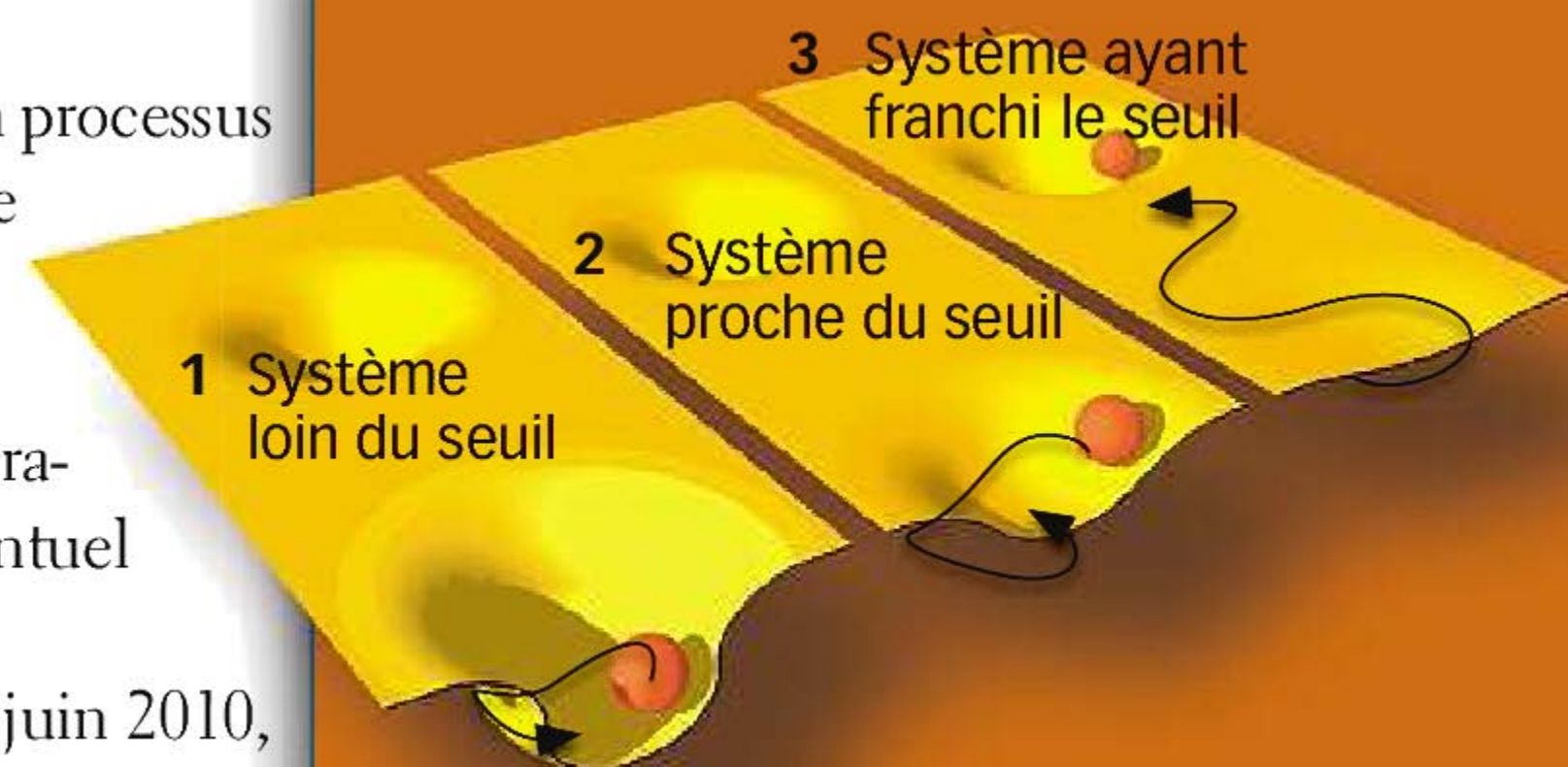
Il serait envisagé si les quantités d'aérosols dans l'air au-dessus de l'Asie augmentaient sensiblement (p. 96).

d'un processus d'auto-amplification au cœur même de la dynamique du système", explique Timothy Lenton. La plus connue de ces rétroactions est celle qui met en jeu la glace de la banquise : une augmentation initiale de la température entraîne sa fonte, laissant apparaître l'eau de mer. Or cette eau réfléchira moins les rayons du soleil que la glace ; elle va donc augmenter localement le réchauffement. La perte de la glace amplifie donc la hausse des températures à l'origine de la fonte.

Enfin, la troisième voie d'exploration des points de bascule repose sur les modèles numériques. Ceux-ci permettent,

une fois mis en évidence un processus d'auto-amplification, de simuler la réponse de ces systèmes à divers scénarios d'augmentation des températures, et de guetter un éventuel seuil de bascule.

Dans un article publié en juin 2010, Kirsten Zickfeld, de l'université Simon-Fraser (Canada), estime sur la base d'un questionnaire envoyé à des experts du climat que plus les températures augmenteront au XXI^e siècle, plus la probabilité de franchir au moins un des points de bascule majeurs est grande. "Ce qui est intéressant, →



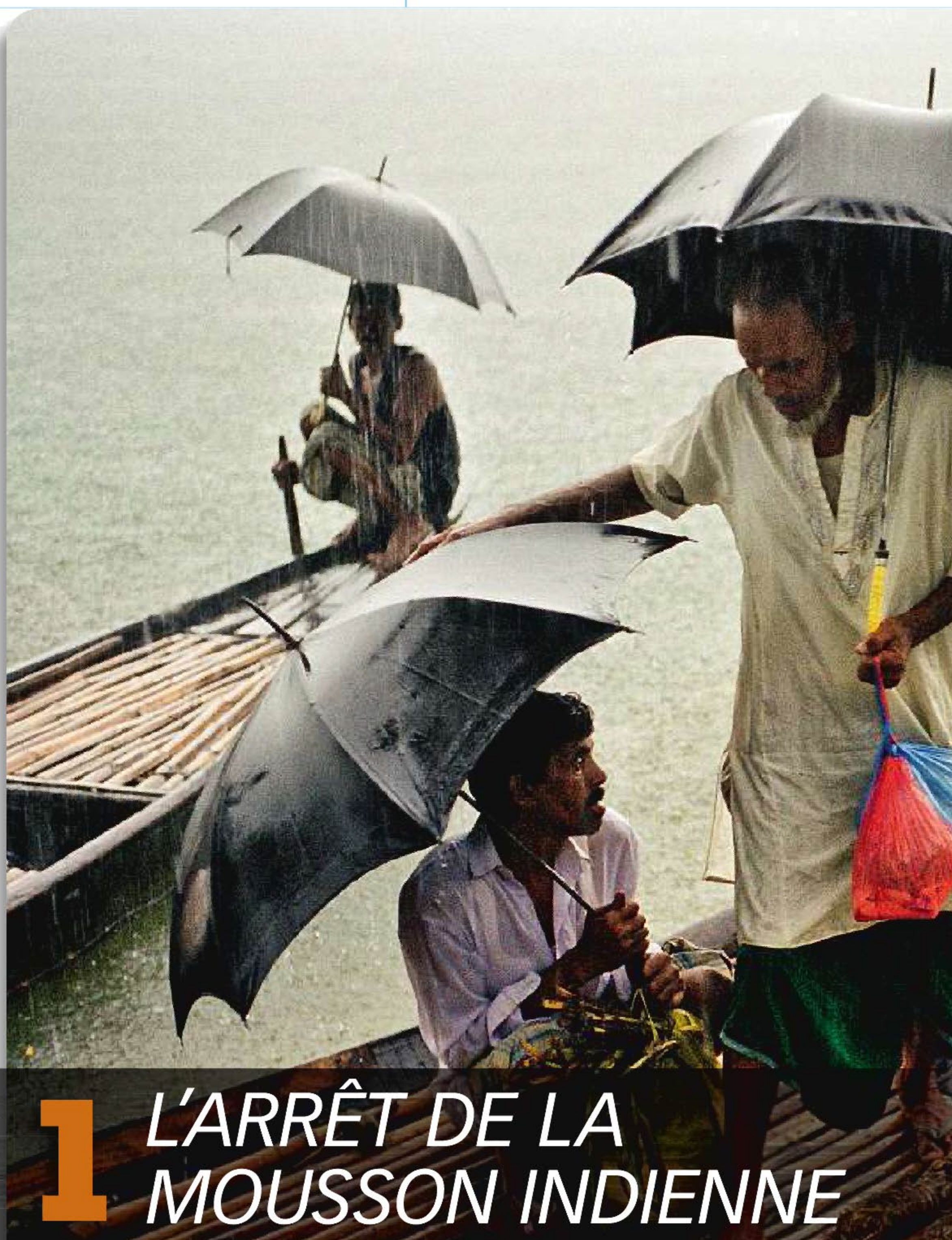
Le phénomène du point de bascule peut être schématisé par les mouvements d'une bille dans un trou. Quand le système est loin du seuil, la bille reprend sa position d'équilibre rapidement après une perturbation (1). Si le système se rapproche du moment critique, le retour à l'équilibre est plus long (2). Lorsque le seuil est franchi, la bille s'échappe et rejoint un autre trou.

→ c'est que même pour le scénario de la plus faible hausse des températures, la probabilité de franchir un seuil est considérée comme non nulle par la plupart des spécialistes", confie la chercheuse. En clair, la possibilité qu'un des rouages du système climatique franchisse le point de non-retour dans les décennies à venir est sérieusement envisagée. Avec des conséquences pour les autres? "Nous n'entrevoyons pas nécessairement d'effet domino entre les différents systèmes à point de bascule, prévient Timothy Lenton. Certains pourraient même en fait en stabiliser d'autres." Par exemple, si la fonte de la calotte de glace du Groenland devrait augmenter le risque de voir la circulation océanique s'arrêter (voir p. 99), un ralentissement des courants marins retarderait la fonte du Groenland, car ils transporteraient moins de chaleur des tropiques vers les pôles.

UNE POSSIBLE STABILISATION

Reste que la recherche des points de bascule climatiques n'en est qu'à ses balbutiements. "On ne peut toujours pas dire où sont les seuils, ni même affirmer avec certitude que tous les systèmes étudiés possèdent effectivement un point de bascule", reconnaît Anders Leverman du Potsdam Institute for climate impact research (le PIK), qui a publié en octobre dernier un rapport sur l'impact en Europe de ces potentiels changements. En cause? La possibilité qu'existent pour chacun des candidats envisagés des processus non identifiés qui s'opposent à l'emballement et stabilisent le système dans son état actuel. "Il semble que nous devions vivre au moins encore une décennie d'ignorance concernant les impacts les plus inquiétants du réchauffement global", remarque pour sa part Hans Joachim Schellnhuber, directeur du PIK, à l'origine avec Timothy Lenton d'une formalisation de la notion de point de bascule. Rendez-vous donc en 2020. **Boris Bellanger** ■

LIBRARY/MAGNUM



1 L'ARRÊT DE LA MOUSSON INDIENNE

Des centaines de millions de personnes attendent chaque année qu'elle déverse l'eau nécessaire à leurs cultures, tout en redoutant les crues qu'elle peut engendrer. Mais voilà: la mousson d'été indienne pourrait ne plus être au rendez-vous. Parce que le mécanisme à l'origine même de ces pluies cycliques rend possible leur disparition. "Les pluies de la mousson existent seulement parce qu'il pleut lors de la mousson", explique sans plaisanter Kirsten Zickfeld, de

l'université Simon-Fraser (Canada), qui a développé un modèle numérique pour tester la stabilité de ce phénomène. Pour le comprendre, il faut revenir sur son fonctionnement. Au printemps, le continent indien chauffe plus rapidement que l'océan et, de ce fait, les vents qui soufflaient jusqu'alors vers la mer changent de sens, apportant un air chargé d'humidité au-dessus des terres. La condensation de la vapeur d'eau des nuages en gouttes de pluie libère alors de la chaleur dans



< La mousson est liée à un contraste thermique entre un continent chaud et un océan plus frais. Si cette différence de température s'atténue, ce phénomène naturel serait menacé.

QUAND

Au cours du siècle

CONSÉQUENCES

Impact sur l'agriculture en Asie du Sud

PROBABILITÉ

Inconnue. On sait mieux comment la mousson pourrait s'arrêter, mais on ne sait pas si cette éventualité est plus probable dans le cadre du réchauffement climatique

l'atmosphère, ce qui accroît la différence de température entre l'océan et le continent.

La pollution en cause

Plus il pleut, plus ce contraste thermique est grand, plus le flux d'air humide en provenance de l'océan est important, et donc... plus il pleut! "Chaque printemps, une spirale démarre, initiée par l'insolation et auto-amplifiée par la mousson elle-même", résume Kirsten Zickfeld. Mais si la différence de température entre océan et continent

est atténuée, la spirale fonctionnera dans l'autre sens: les vents seront plus faibles et transporteront moins d'humidité, il pleuvra moins, ce qui réduira la libération de chaleur latente, donc le contraste thermique. Il pleuvra dès lors de moins en moins... Cette réduction initiale du gradient thermique entre océan et continent peut être obtenue si la température au-dessus de l'Inde baisse. Par exemple, si l'albédo de la surface continentale – la part du rayonnement solaire réfléchi –

augmente, par le biais d'une déforestation à grande échelle, ou si l'albédo de l'atmosphère, via la pollution par les aérosols sulfatés, augmente. "Nos simulations montrent qu'il existe une valeur critique de l'albédo telle que la dynamique de la mousson ne peut plus être entretenue", dévoile Kirsten Zickfeld. Mais il est très difficile de quantifier ce seuil. "Autre enseignement, la réponse du système est rapide: "Si, une année, on a une très importante quantité

d'aérosols au-dessus de l'Asie du Sud, il pourrait ne pas y avoir de mousson, estime la chercheuse. Et s'il n'y a plus ces aérosols l'année d'après, la mousson pourrait reprendre." Alors que les simulations prévoient une intensification de la mousson à l'avenir, du fait de l'augmentation plus rapide des températures à la surface des continents qu'en mer, ce phénomène pourrait faire défaut si les aérosols contrecarrent localement le réchauffement.

2 LA FONTE DU GROEN

QUAND

Le point de bascule peut être atteint dans quelques décennies

CONSÉQUENCES

Dans plusieurs milliers d'années, jusqu'à 7 m d'élévation du niveau des mers en cas de fonte totale de la calotte

PROBABILITÉ

Elevée

Un Groenland totalement et durablement dépourvu de toute glace : voilà ce qu'entrevoient les climatologues si le réchauffement continue sur sa lancée. En 2007, le GIEC estimait qu'une augmentation de 3 °C de la température globale pourrait faire basculer la calotte glaciaire dans un processus de déstabilisation inexorable. Des simulations numériques réalisées depuis proposent des seuils divers, allant de + 0,6 °C seulement à plus de 6 °C. Si la température du seuil varie d'un modèle à l'autre, l'existence même d'un seuil est à relier à un mécanisme de rétroaction entre le climat et la calotte : l'effet de l'altitude. De fait, la tempéra-

< Selon le GIEC, une augmentation de 3 °C de la température globale entraînerait l'amincissement inexorable de la calotte glaciaire.

3 LA RARÉFACTION DES NUAGES DE POUSSIÈRES DU SAHARA

Aujourd'hui, c'est l'endroit le plus poussiéreux du monde. Demain, la dépression du Bodélé, dans le nord du Tchad, pourrait bien l'être plus encore, ou devenir... un lac ! Or, cette zone de 150 km de côté est responsable de plus de la moitié des émissions de poussières du Sahara. Transportées sur des milliers de kilomètres, elles fertilisent les océans, et jusqu'à l'Amazonie. Elles influencent aussi les températures

du globe en réfléchissant les rayons du soleil. Les simulations envisagent deux futurs antagonistes pour la région du Bodélé. Pour certaines, le climat y deviendrait plus aride, et les vents plus violents. Ce qui augmenterait la quantité de poussières, donc "un renforcement de leur effet refroidissant", estime Richard Washington (université d'Oxford). Pour d'autres, la région serait plus humide. "Or, une modification de la

pluviométrie, du couvert végétal ou de la circulation atmosphérique, peut empêcher le soulèvement des poussières, qui est en soi un phénomène à seuil, rappelle Christel Bouet, de l'université Paris-Est. L'humidité renforce en effet la cohésion des particules du sol, et la végétation les met à l'abri du vent. Cette gigantesque source de poussières pourrait ainsi se tarir d'ici à 2100, accentuant le réchauffement.

> Une simulation envisage un avenir plus humide pour une partie du désert, donc moins de poussières.

QUAND

A l'horizon 2100

CONSÉQUENCES

Moindre fertilisation des océans et de l'Amazonie, moindre effet refroidissant sur la température de l'atmosphère

PROBABILITÉ

Inconnue

DES GLACIERS LAND

ture de l'atmosphère décroît avec l'altitude, et la calotte de glace atteignant par endroits 3,5 km d'épaisseur, il fait bien plus froid à son sommet qu'au niveau de la mer.

Moins épais, plus fragiles

Or, sous l'effet de la fonte des glaces, la calotte perdrait de son épaisseur : il y régnerait donc une température plus élevée, ce qui en retour faciliterait la fonte à l'origine de cet amincissement...

Reste que, s'il est possible de franchir le seuil de non-retour dans les décennies à venir, la désintégration complète de la calotte polaire nécessiterait plusieurs millénaires. Une fonte qui pourrait aussi être irréversible, même en cas de refroidissement en cours de route, selon l'étude publiée en novembre par Jeff Ridley, du Met Office

(Royaume-Uni). *"Nous avons mis en évidence des seuils en termes de quantité de glace restante au Groenland au-delà desquels la calotte ne retrouve pas son état initial, même si nous retombons au niveau préindustriel de concentration atmosphérique en CO₂."* Si la calotte est réduite de plus de moitié, voire si elle fond complètement, un retour aux températures du XIX^e siècle ne lui permettrait de retrouver qu'un quart de sa surface actuelle. Avec pour conséquence, à long terme, une élévation irréversible du niveau des mers de 5 m ! Pour retrouver une calotte telle qu'on la connaît aujourd'hui, il faudrait alors entrer dans une nouvelle période glaciaire. Ce qui n'est pas attendu avant plusieurs dizaines de milliers d'années.



▼ Une trop grande quantité d'eau douce libérée par la fonte des glaciers du Groenland bloquerait la circulation océanique.

4 LA PANNE DU TAPIS ROULANT ATLANTIQUE

Un océan quasi immobile, brassé seulement par les vents. Voilà à quoi ressemblerait l'Atlantique si la circulation thermohaline s'arrêtait.

Chaque seconde, plus de 15 millions de mètres cubes d'eau dense (car froide et salée) plongent dans les mers du nord avant de retourner vers le sud. Une circulation abyssale compensée en surface par un flux chaud venu des tropiques, qui adoucit au passage le climat européen. Or, ce "tapis roulant" pourrait se gripper si la quantité d'eau douce qui parvient à l'Atlantique Nord, via les précipitations et la fonte du Groenland, dépasse un seuil, pour l'instant mal connu. Car cette eau douce dilue l'eau de mer et la rend moins dense, gênant sa plongée et freinant dès lors la circulation océanique. Une fois initié, ce ralentissement s'auto-amplifierait. *"Si la circulation venait à ralentir, cela réduirait du même coup le transport d'eau salée*

et affaiblirait plus encore le processus de densification des eaux, donc la circulation...", explique Didier Swingedouw, du CNRS.

L'Europe grelotterait

Sans cette circulation, l'Europe du Nord verrait sa température chuter de plusieurs degrés en hiver, et le niveau des mers augmenter de 1 mètre. La distance qui nous sépare de ce seuil est difficile à apprécier, car les modèles sont imparfaits. Mais, il faudrait encore 50 à 100 ans pour obtenir un arrêt total de la circulation océanique, une fois le point de bascule franchi.

QUAND

Pas avant la fin du siècle

CONSÉQUENCES

Cinquante ans après, refroidissement en Europe du Nord, et 1 m d'élévation du niveau des mers sur les côtes européennes

PROBABILITÉ

Faible à l'horizon 2100

5 LA DISPARITION DE LA FORÊT AMAZONIENNE

De hautes herbes à perte de vue, et quelques arbres pour rompre la monotonie : tel pourrait être le futur visage de l'Amazonie. Car si les périodes de sécheresses se multiplient, comme l'envisagent certains modèles climatiques, la luxuriante forêt tropicale humide risque de faire place à une savane. En cause, un changement de régime des pluies dans la région provoqué par l'augmentation de la température des océans Pacifique et Atlantique. Une perturbation initiale qui serait amplifiée par la régression de la forêt elle-même, celle-ci recyclant l'eau vers l'atmosphère par évapotranspiration. Moins de forêt cela veut dire moins de pluie, et donc encore moins de forêt... Des chercheurs brésiliens estiment que si l'Amazonie perd la moitié de

sa superficie actuelle, ce mécanisme de rétroaction provoquerait inévitablement la perte du reste de la forêt. Sans parler des quantités de CO_2 qui seraient, du coup, libérées dans l'atmosphère. Et ce destin serait aussi valable si c'est la déforestation, et non le climat, qui conduit à franchir ce seuil fatidique.

Le double effet du CO_2

Mais ce scénario reste incertain, car il faut prendre en compte l'impact sur la végétation de l'augmentation de la teneur en CO_2 : en effet, dans ce type de situation, leur croissance s'accélère, et leur besoin en eau diminue, car les plantes ferment leurs stomates (petits orifices permettant les échanges gazeux). "L'élévation de la concentration en CO_2 a donc deux effets antagonistes : une possible

réduction des précipitations sur l'Amazonie, mais aussi une moindre demande en eau des plantes, résume Peter Cox, de l'université d'Exeter. L'incertitude sur le devenir de la forêt vient du fait qu'on ne sait pas lequel de ces deux effets va supplanter l'autre."

Mais le chercheur de prévenir que si le changement climatique est causé par d'autres gaz à effet de serre, comme le méthane, le risque de voir disparaître l'Amazonie – et l'immense puits de carbone qu'elle représente – apparaît bien plus grand.



6 LE DÉGEL DU PERMAFROST

Dans les profondeurs des sols gelés de Sibérie orientale dorment depuis 40000 ans près de 650 milliards de tonnes de carbone organique. Mais, il ne faudrait que cent ans, dès lors que le réchauffement climatique aura brisé cette cage de glace, pour que l'essentiel de ce carbone se retrouve dans l'atmosphère ! D'après la simulation de

Dmitry Khvorostyanov (Ecole polytechnique, Palaiseau), si la température de surface des sols se réchauffe de 10 °C, la propagation de cette chaleur en profondeur activera la décomposition de la matière organique enfouie. "Une fois enclenché, ce processus sera irréversible, révèle le chercheur. Car la chaleur dégagée par la réaction d'oxydation de la matière organique maintient le sol à une température qui permet cette dégrada-

QUAND

Pas avant la fin du siècle

CONSÉQUENCES

Libération de grandes quantités de CO_2 , aggravant le réchauffement

PROBABILITÉ

Elevée



< Une diminution des pluies dans la région, due à l'augmentation de la température des océans, pourrait accentuer la déforestation déjà engagée par l'homme.

QUAND

Le point de bascule pourrait être dépassé d'ici à 2050

CONSÉQUENCES

Remplacement de la forêt tropicale par la savane, libération de CO₂ dans l'atmosphère

PROBABILITÉ

Inconnue. Mais d'autant plus probable que la déforestation sera importante

Et aussi...

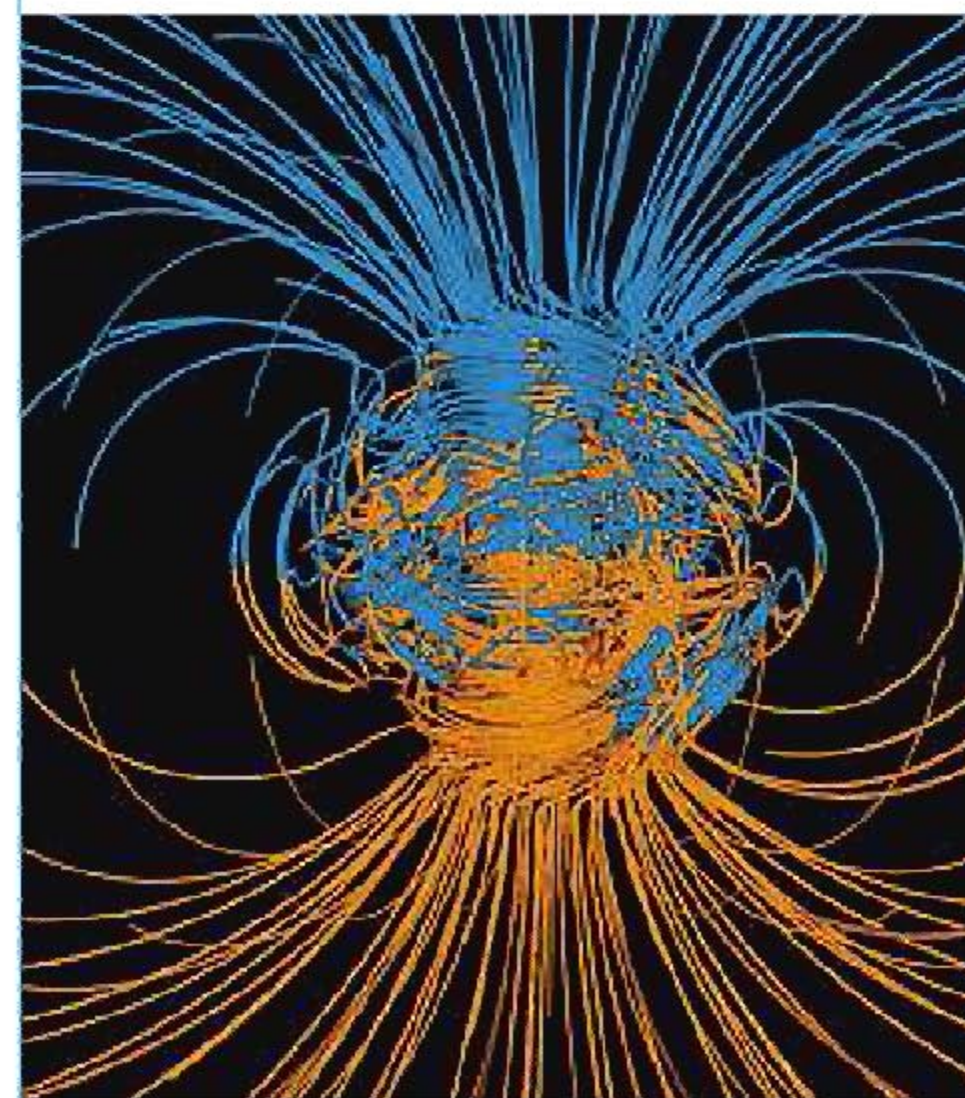
Pôle magnétique

Une dérive ultrarapide a été mise en évidence

Il y a 15 millions d'années, si la boussole avait existé, elle aurait indiqué le pôle Nord magnétique à l'est, et un an seulement après, au nord, comme aujourd'hui ! Selon l'étude d'une coulée de lave du Nevada effectuée par Scott Bogue (Occidental College, Los Angeles) et Jonathan Glen (US Geological Survey), le champ magnétique terrestre aurait changé de direction à un rythme de 1 degré par semaine, soit mille fois plus rapidement que les vitesses séculaires mesurées jusqu'à présent ! En moyenne, les pôles magnétiques échangent en effet leur position tous les 250 000 ans – mais deux inversions peuvent être distantes de 10 000 ans comme de dix millions d'années – et la transition prend généralement 5 000 ans. C'est la deuxième fois seulement qu'un changement

> Il faut en moyenne 5 000 ans pour que le champ magnétique terrestre s'inverse.

aussi abrupt de direction du champ magnétique de notre planète est observé. Lors de la première dérive, révélée en 1995, c'est un changement de 6 degrés par jour qui avait été suggéré ! Ces nouveaux résultats confortent donc l'existence de ces transitions rapides qu'il demeure difficile d'expliquer par les modèles de fonctionnement du champ magnétique terrestre. **B.B.**



SIBÉRIEN

tion." La décomposition, par les micro-organismes, des feuilles et des racines piégées dans le permafrost fait grimper la température au sein du sol jusqu'à 45 °C. "Donc, même si le réchauffement s'arrêtait, le processus continuerait", poursuit le chercheur. Près de 3 milliards de tonnes de carbone pourraient être libérées chaque année, l'équivalent du tiers des émissions anthropiques actuelles. Le seuil de non-retour pourrait être atteint dans un peu plus d'un siècle.

Tectonique

Une nouvelle compréhension

La vitesse à laquelle une plaque tectonique plonge sous une autre est proportionnelle à la largeur de cette plaque. Cette relation a été découverte par Woutter Schellart de la Monash University (Melbourne, Australie) à l'aide d'un modèle numérique reproduisant en 3D des zones de subduction. Elle permet de comprendre par exemple pourquoi la plaque de Farallon, qui plongeait sous l'Amérique du Sud à une vitesse de 10 cm par an il y a 50 millions d'années, ne s'enfonce plus que

de 2 cm par an aujourd'hui. Car, dans le même temps, la zone de subduction qui s'étendait sur 14 000 km du nord au sud, s'est réduite à 1 400 km. La relation mise en évidence par Woutter Schellart modifie ainsi la vision classique de la tectonique des plaques selon laquelle le déplacement des plaques est le reflet en surface des mouvements de matière au sein du manteau terrestre. Cette nouvelle étude révèle qu'en fait la plaque elle-même exerce un contrôle sur sa propre dynamique. **B.B.**

GETTY - F.LATREILLE - G.GLATZMAIER/UNIVERSITY OF CALIFORNIA SANTA CRUZ

**AOÛT**Début de la dernière phase du forage du navire *Chikyu* au large du Japon.**2011**

Un forage sous-marin vise les 7 kilomètres

Atteignant une profondeur record, il permettra d'étudier avec une très grande précision la genèse des séismes.

Pénétrer au cœur de la zone de formation des séismes, à 7 km de profondeur sous le plancher océanique : tel est l'objectif du très ambitieux projet international NanTroSeize, qui se déroulera dans la fosse de Nankai, au large du Japon, de mi-2011 à fin 2012. "C'est le forage océanique le plus profond jamais envisagé!", s'enthousiasme Harold Tobin, de l'université du Wisconsin, en charge du projet. Il nous permettra d'atteindre une zone inexplorée jusqu'à présent où se produisent régulièrement de puissants séismes engendrant des tsunamis géants". Pour réaliser cet exploit, les géologues misent sur le *Chikyu*, un navire de recherche scientifique japonais livré

en 2005 et équipé d'un derrick, qui devra forer sous 2 000 m d'eau tout en affrontant de forts courants marins.

JUSQU'AU MANTEAU TERRESTRE

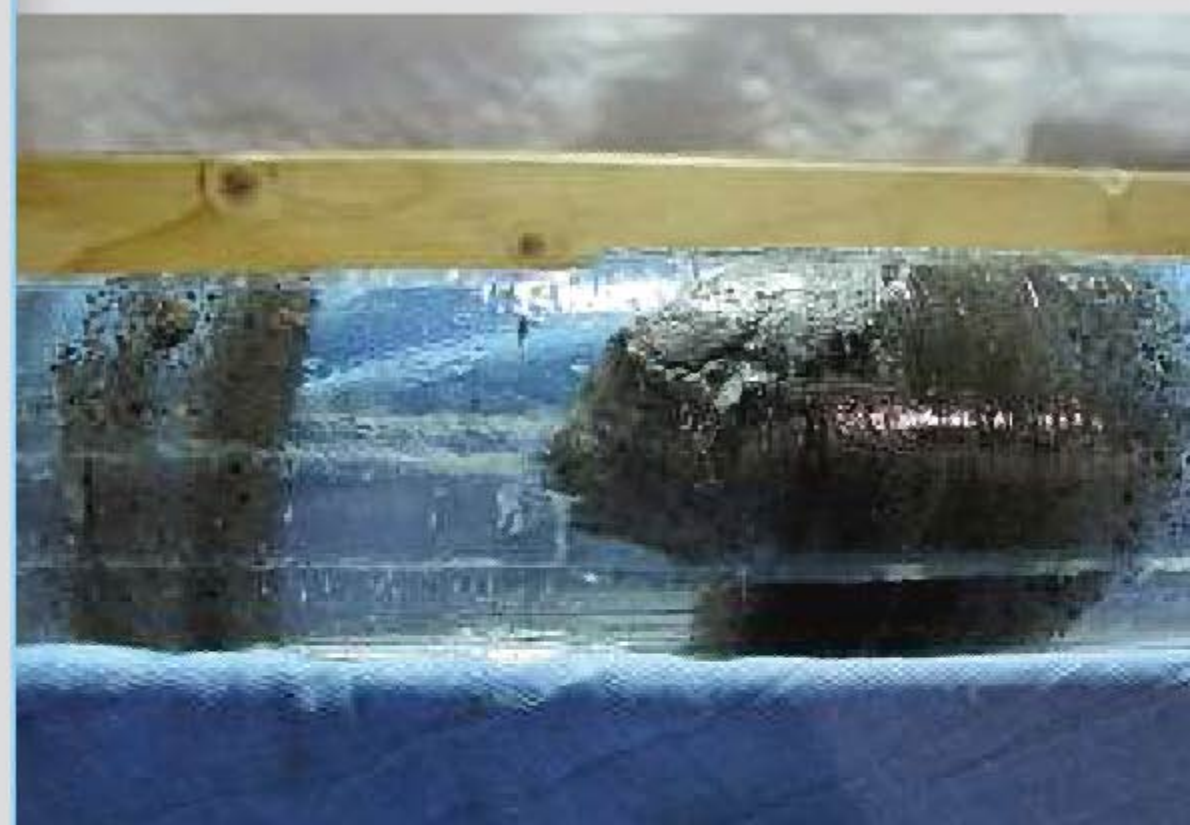
Des capteurs de pression, de température, et des sismomètres seront installés dans le puits de forage. "Nous observerons ainsi in situ l'accumulation de tensions dans la roche entre deux séismes, et la libération de cette énergie lors d'un tremblement de terre", détaille Harold Tobin. Après cette mission, le défi ultime du *Chikyu* sera de traverser toute la croûte océanique pour atteindre le manteau terrestre. Une autre *terra incognita* en vue. **Boris Bellanger**

Et aussi...

Les plus vieilles glaces du Groenland vont parler

Le 27 juillet 2010, le projet NEEM atteignait son but : arracher à la calotte du Groenland sa glace la plus ancienne. De quoi remonter dans le passé climatique de la région sur près de 140 000 ans, soit 20 000 ans de plus que les précédents forages. "Nous disposons ainsi d'archives comprenant la totalité du précédent épisode interglaciaire, baptisé l'Eémien, dévoile Valérie Masson-Delmotte (CEA). Et, grande première, nous pensons avoir aussi remonté de la glace correspondant à la période glaciaire avant l'Eémien." Si certaines analyses ont été faites sur place, le gros du travail sera réalisé en 2011. Les résultats les plus attendus concernant l'évolution de la concentration en méthane dans l'atmosphère de l'hémisphère Nord, qui pourra être comparée avec les données obtenues en Antarctique. Et il n'y a pas que les paléoclimatologues qui soient impatients ! "Nous avons atteint le socle rocheux et récupéré des particules et des cailloux, explique la chercheuse. Les biologistes vont pouvoir se lancer à la poursuite du moindre pollen ou morceau d'ADN." De quoi en apprendre plus sur la flore qui occupait le Groenland avant qu'il ne soit recouvert de sa chape de glace. **B.B.**

▼ L'analyse des cailloux prisonniers de la carotte doit révéler le plus lointain passé de l'île.



JAMSTEC/CDEX - L. SIMON

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE & VIE

★ **1 AN - 16 NUMÉROS**
• **12 mensuels + 4 hors-séries + 2 éditions spéciales**
(50,40€*) (11,80€*) (19,60€*)

+ LE CASQUE SANS FIL
(Prix public 30 €)

Le casque audio sans fil est un ensemble émetteur/casque qui est idéal pour une utilisation sur chaîne Hi-fi, téléviseur, ordinateur... sans risque de déranger son voisinage ! Avec sa portée de 30 mètres*, il vous apporte une excellente écoute partout dans votre demeure ! Il offre une radio FM directement intégrée dans les écouteurs du casque.



SEULEMENT

59€
Au lieu de ~~111,80€*~~

UNE RÉDUCTION
EXCEPTIONNELLE
DE PLUS DE

47%



L'émetteur peut-être raccordé à la prise casque de n'importe quelle source stéréo, que ce soit audio ou vidéo, tels que télévision, chaîne hifi, lecteur DVD, console de jeux, PC, lecteur Mp3/Mp4, Walkman ou toute source audio ayant une prise jack de 3,5 mm, etc.

*Distance de transmission: jusqu'à 30 mètres sans interférence. Nécessite 2 piles AAA (non fournies) pour casque et 2 piles AAA pour l'émetteur (non fournies)

BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à:
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA - 75903 PARIS CEDEX 15

☐ **Oui, Je profite de votre offre exceptionnelle :**

Je m'abonne à Science & Vie pour 1 an (12 n° + 4 HS + 2 ES) + le casque sans fil pour 59€ seulement au lieu de 111,80€* (prix public) soit 47% de réduction

☐ Je préfère seulement m'abonner à Science & Vie pour 1 an (12 n° + 4 HS + 2 ES) pour 55 € au lieu de 81,90 €* (prix kiosque) soit 30 % de réduction

☐ Je commande uniquement le casque sans fil au prix de 30 €* et je joins à mon courrier le règlement total de ma commande.

Je règle par :

☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie ☐ Carte bancaire

N° _____

Expire à fin _____

Code Crypto _____
Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

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 pourrions 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)

ABONNEZ-VOUS EN LIGNE SUR LE SITE

www.kiosquemag.com

C'EST RAPIDE, PRATIQUE, FACILE ET SÉCURISÉ

C1120A

*Prix public et prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 30/04/2011 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 4,90 € et les éditions spéciales au prix de 5,95 €. Le casque sans fil vous sera adressée 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 casque sans fil. 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 - 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15 - Mondadori Magazines France SAS RCS 472 791 262 NANTERRE.

OTON

Connue pour favoriser l'amour maternel, l'harmonie au sein du couple, l'orgasme... l'ocytocine serait-elle alors la clé biologique de la paix entre les hommes ? En 2010, des expériences ont tranché. Surprise : cette hormone engendre aussi une forme d'agressivité.

Molécule de l'amour

Elle est également celle de la guerre





MAI

Une étude menée sur des autistes légers révèle que l'inhalation d'ocytocine dope leurs capacités d'interactions sociales.

JUIN

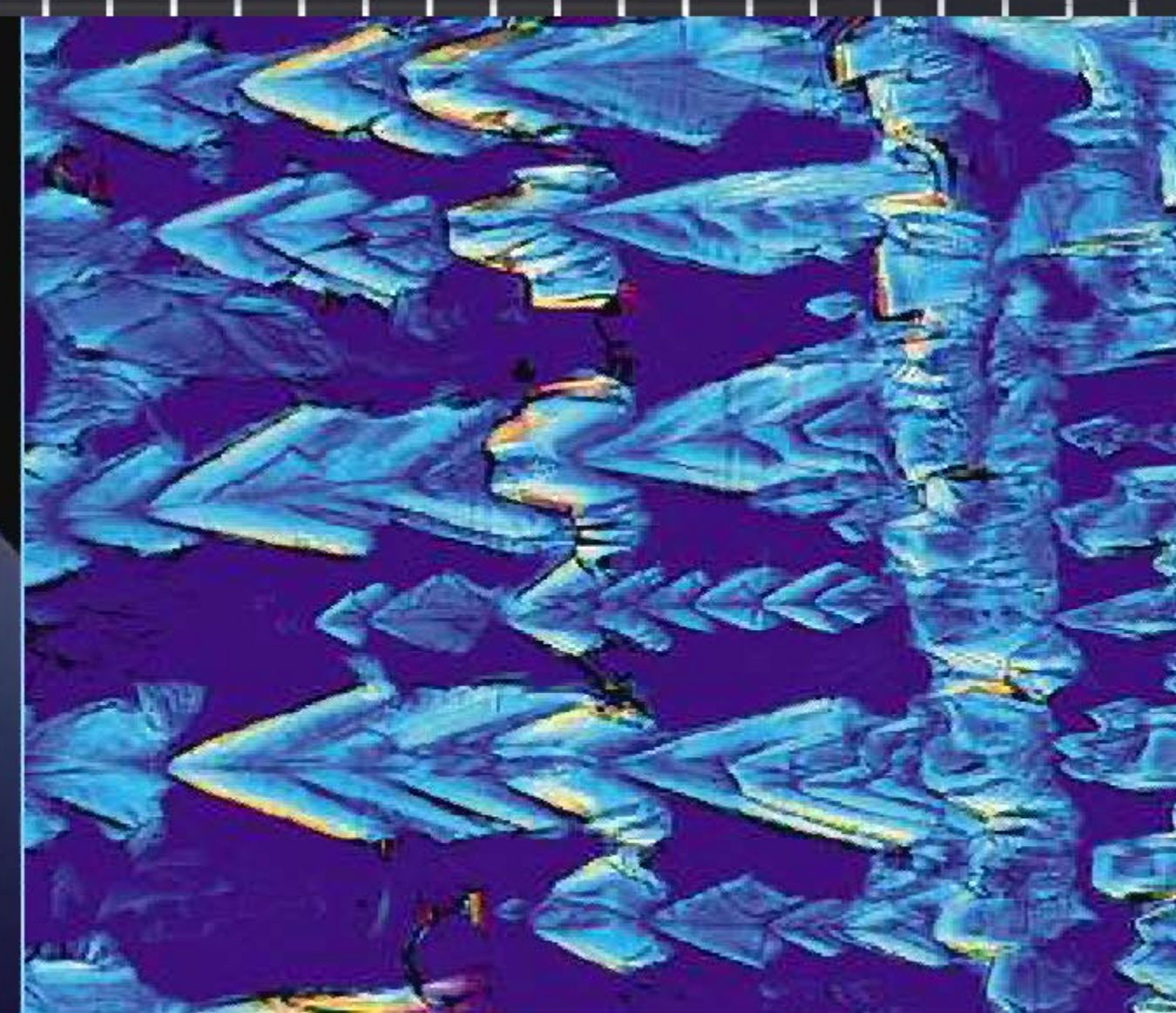
Une enquête montre que l'ocytocine promeut un "altruisme de clocher" qui se limite au groupe auquel on appartient.

GETTY - PHANIE

Que serions-nous sans l'ocytocine? Des êtres moins humains que nous ne le sommes, au meilleur sens du terme. Cette hormone, produite essentiellement par l'hypothalamus, une partie interne du cerveau, est impliquée dans nombre de nos comportements parmi les plus bé-

néfiques: elle favorise l'attachement de la mère à ses enfants, les contractions de l'accouchement, la lactation, ainsi que l'intensité de l'orgasme, la générosité ou encore →

➤ L'ocytocine (ici, sous forme cristallisée) est produite dans le cerveau par l'hypothalamus.



> La sécrétion d'ocytocine à l'œuvre au cours d'une messe sportive décuple l'esprit "supporter": gagner c'est bien; voir l'autre perdre, c'est mieux.

✓ Une puissante solidarité de corps se double d'une recherche active de sécurité qui entraîne à son tour une agressivité défensive.



→ la quiétude au sein du couple. Au point qu'on l'a surnommée la "molécule de l'amour". Mais jusqu'où s'étend l'influence de l'ocytocine? Cette hormone pourrait-elle être la clé biologique de la paix entre tous les hommes? Au mois de juin 2010, une découverte a enfin permis d'apporter une réponse, aussi réjouissante que... décevante. L'équipe de Carsten De Dreu, du département de psychologie de l'université d'Amsterdam, a en effet montré que si la "molécule de l'amour" promeut bien l'altruisme, cette noble attitude se limite toutefois au groupe auquel appartient

systématiquement deux groupes rivaux. Les joueurs, certains ayant inhalé de l'ocytocine, d'autres un placebo, sont confrontés à des situations dans lesquelles leurs mises sont plus ou moins favorables à eux-mêmes, à leur groupe ou, au contraire, défavorisent le groupe adverse en même temps qu'elles favorisent ou non le leur. Les résultats sont éloquentes: l'ocytocine fait passer de 20 % à 58 % le pourcentage de joueurs "généreux". Non seulement elle renforce les liens entre deux individus, mais elle promeut la solidarité collective à l'intérieur du

maximale pour son propre groupe. Comment expliquer qu'une molécule connue pour consolider les liens entre deux individus et forger la solidarité d'un groupe puisse aussi favoriser la concurrence entre deux groupes?

RECHERCHE ACTIVE DE SÉCURITÉ

"D'autres études ont montré que l'attachement, via le contact physique, les compliments, déclenche la sécrétion d'ocytocine, répond Carsten De Dreu. Nous pensons donc que la recherche active de protection et de sécurité au sein d'un groupe peut, en retour, promouvoir l'agression défensive d'autres groupes perçus comme une menace." Une hypothèse partagée par Elissar Andari, du Centre de neuroscience cognitive de l'université Lyon-1. La chercheuse a montré en mai dernier que l'inhalation d'ocytocine améliore les capacités d'interactions sociales des autistes légers. Invités à échanger des passes de ballon avec deux joueurs, l'un retournant toujours la balle,

L'ocytocine favorise aussi les rivalités et la volonté de défendre son groupe

l'individu sous son influence. Darwin parlait "d'altruisme de clocher", d'autres d'esprit de corps ou de "supporter".

Pour parvenir à cette conclusion, les chercheurs ont regroupé par trois quelques dizaines d'étudiants et organisé des jeux d'argent impliquant

groupe. Surtout, elle engage aussi à une forme "d'agressivité défensive". Certains de ces jeux montrent en effet qu'elle augmente systématiquement les décisions de ne pas coopérer – et donc de réduire les gains du groupe concurrent, quitte à ne pas obtenir la somme



Et aussi...

Imagerie

La maturité cérébrale peut désormais se voir

Dire d'un enfant qu'il est "très mûr pour son âge" n'engageait jusqu'ici que l'appréciation personnelle. Depuis septembre dernier, ce n'est plus le cas : un scanner peut désormais dire, en 5 minutes seulement, quel est l'âge d'un cerveau. Des chercheurs de l'université de Washington ont, en effet, fait le lien entre la manière dont se répartit l'activité des neurones dans les régions du cerveau et l'âge des individus. Ils ont pour cela enregistré, avec un scanner à résonance magnétique, l'activité cérébrale au repos de 238 personnes, âgées de 7 à 30 ans, laissant libre cours à leur pensée. Sans tâche particulière à accomplir, le cerveau

est néanmoins actif. Le scanner a ainsi suivi, pendant 5 minutes, l'activité de 150 zones cérébrales. Résultat : dans plus de 90 % des cas, ces "motifs" d'activité suffisent pour faire correctement la part des enfants (7 à 11 ans), de celle des adultes (24 à 32 ans). En moyenne, le cerveau présente des caractéristiques typiques de son organisation d'adulte vers 22 ans : les connexions entre régions éloignées du cerveau augmentent, et celles entre régions voisines diminuent. Ce nouveau lien entre âge et connectivité cérébrale pourrait aider à diagnostiquer précocement des maladies – autisme, schizophrénie, dépression –, qui perturbent l'activité cérébrale au repos. **F.L.**

l'autre la passant systématiquement au troisième joueur, les autistes ne font pas la distinction entre le "gentil" et le "méchant" joueur... Sauf sous l'influence de l'ocytocine. Là, ils ne jouent plus qu'avec le "gentil" ! *"Si l'ocytocine induisait uniquement l'altruisme et non pas l'altruisme 'de clocher', explique la chercheuse, elle aurait dû augmenter la coopération avec les deux partenaires."*

Par quels mécanismes amène-t-elle le cerveau à opérer cette sélection sociale ? Les deux spécialistes pointent l'amygdale. Cette région cérébrale est connue pour sa capacité à moduler la peur. Or l'ocytocine inhibe l'activité de l'amygdale. *"A travers des interactions avec d'autres hormones, telle la sérotonine qui joue un rôle dans les mécanismes de défense contre l'attaque, l'ocytocine pourrait favoriser la consolidation du groupe en diminuant la peur pour faire face aux ennemis",* estime Elissar Andari. 2010 restera donc l'année où guerre et paix se révèlent aussi une affaire d'hormones... **François Lassagne**

WITT/SIPA - A. CHACO/FOTOARENA/ATP/UMA

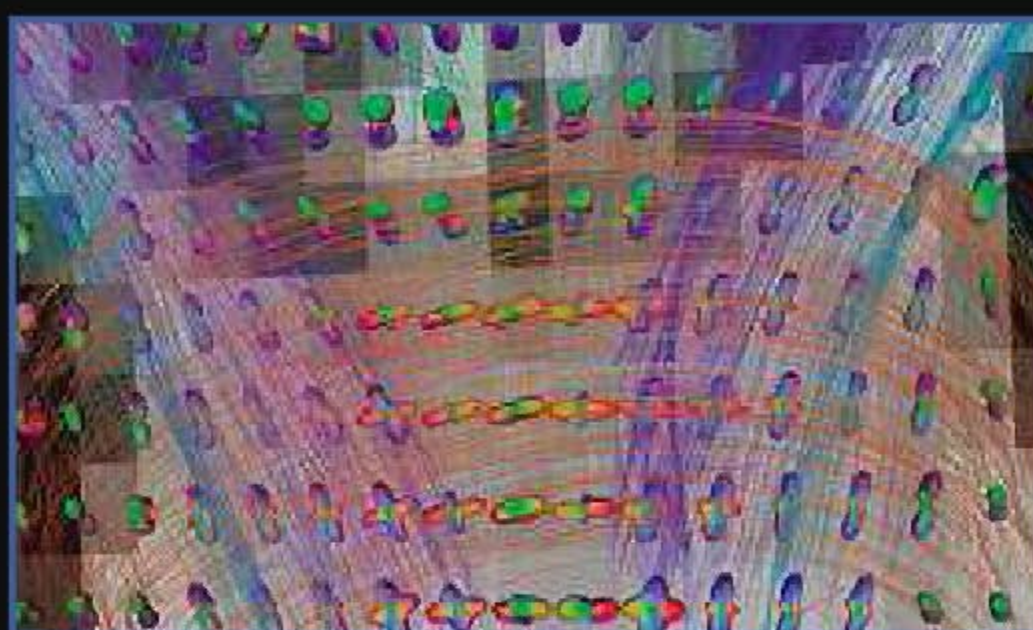
Images violentes

Le fait qu'elles "insensibilisent" est expérimentalement prouvé

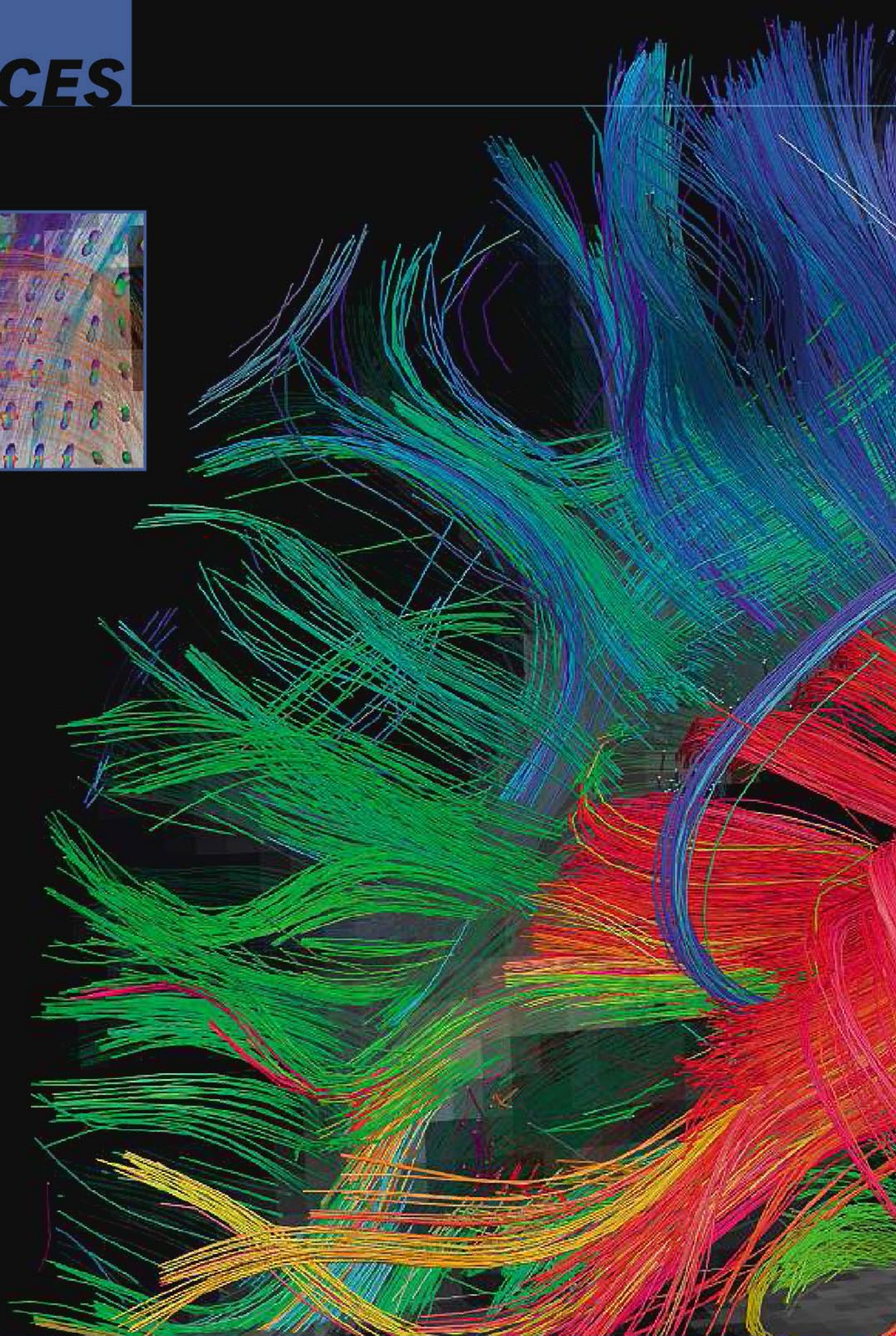
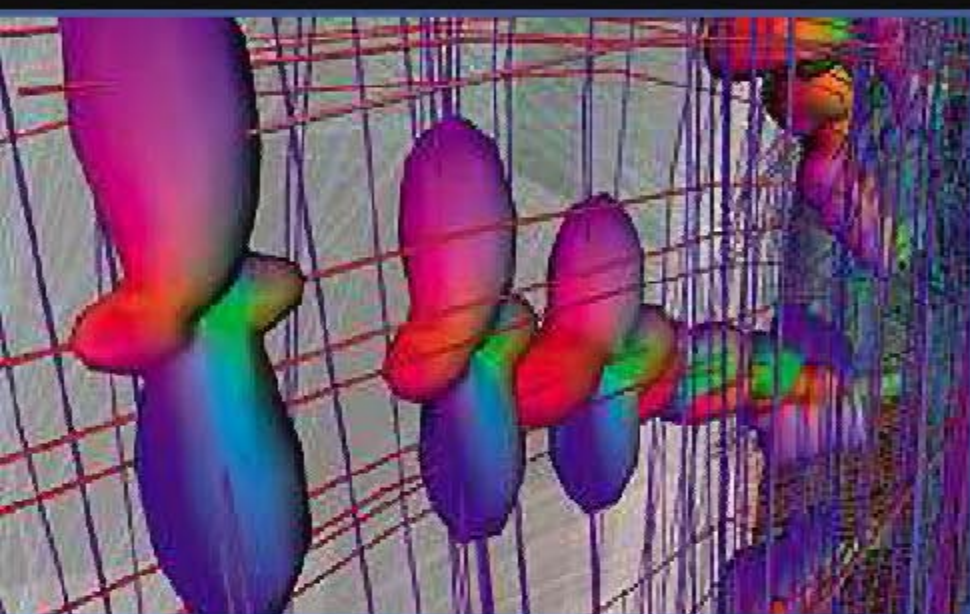
La violence en images déferle à portée de clic et d'écran, et les adolescents en font une consommation régulière. Avec quelles conséquences ? Si de nombreuses études psychologiques ont montré que les images violentes amplifient les comportements agressifs, il est désormais établi qu'elles émoissent aussi radicalement la sensibilité émotionnelle en modifiant l'activité cérébrale. C'est ce qu'ont mis en évidence, en octobre dernier, des chercheurs américains et allemands. Ils ont mesuré la conductivité électrique de la peau et l'activité cérébrale de 22 adolescents de 14 à 17 ans, auxquels ils projetaient

des scènes de différents niveaux de violence. Leurs mesures sont sans appel : plus les scènes sont répétées, moins la sensibilité émotionnelle est élevée (la conductivité électrique de la peau diminue) et moins les régions cérébrales révélant le traitement émotionnel des informations sont actives. Les chercheurs ont aussi mesuré que les plus "accros" étaient ceux chez qui la désensibilisation était la plus marquée : l'effet d'émoissement est donc durable. Cette insensibilisation pourrait inciter les adolescents à tenir pour normaux des comportements agressifs. **F.L.**

> Pour établir les liaisons entre les différentes parties du cerveau (fibres colorées, à dr.), les scanners à résonance magnétique analysent la disposition des fibres nerveuses dans des "cubes" cérébraux de quelques millimètres (ci-contre).



< Chaque cube cérébral, en forme de "cacahuète", représente un voxel (un "pixel" en 3D), dont les excroissances indiquent les directions principales des fibres qu'il contient.



2011

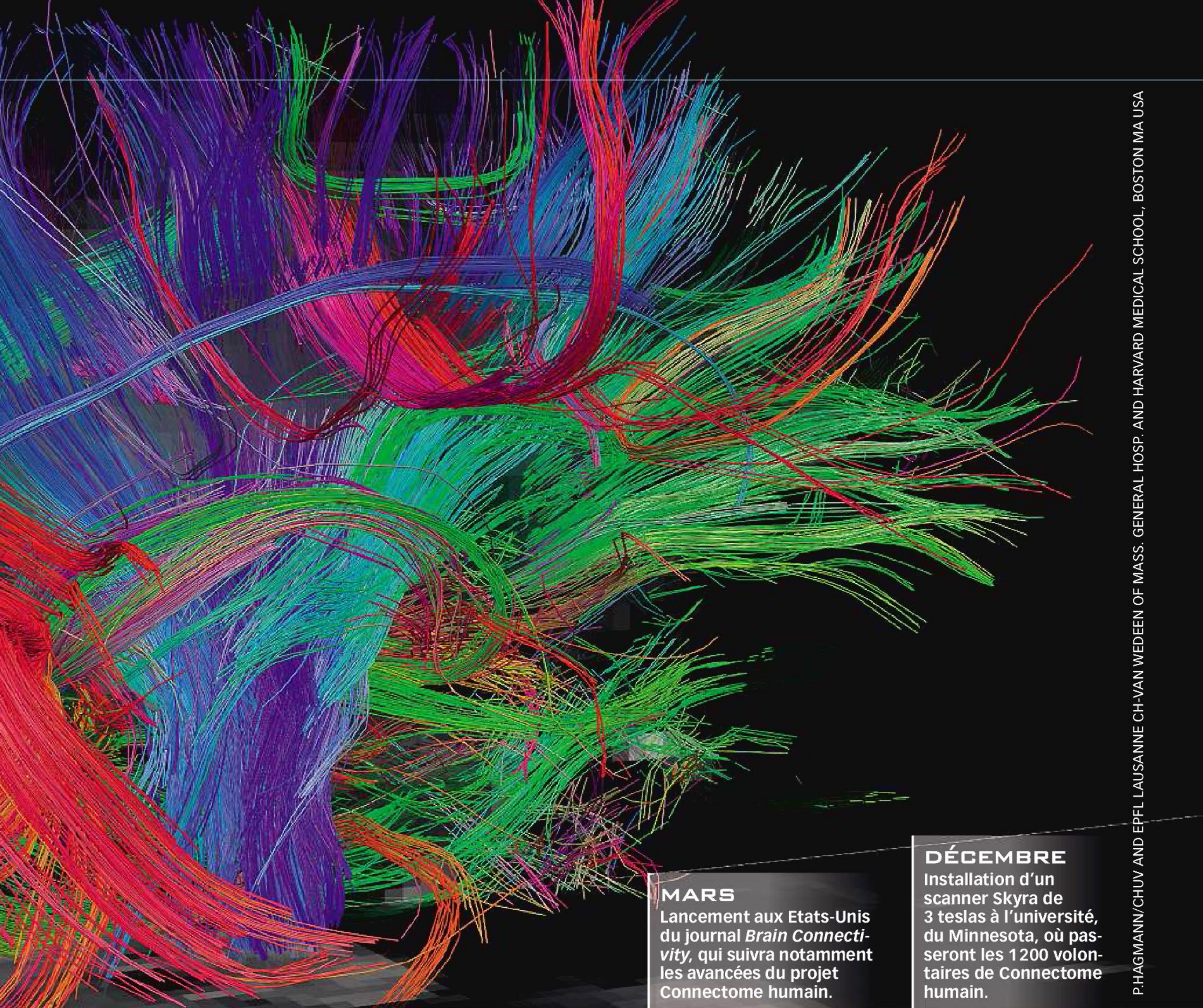
Vers la première carte en 3D de

Une imagerie cérébrale inédite et l'intégration des divers facteurs qui le modèlent vont permettre de cartographier notre cerveau comme jamais. Un projet très prometteur.

En septembre 2011, le projet américain "Connectome humain" soufflera sa première bougie. Et à cette date, la compréhension de l'esprit humain aura fait un nouveau pas en avant:

les neurologues seront en bonne voie de disposer de la carte en trois dimensions établissant avec un degré de précision inédit les "autoroutes de l'information" qui sillonnent le

cerveau. Une carte attendue de longue date, car si l'imagerie cérébrale détaille aujourd'hui les régions essentielles du cerveau au millimètre près, il manque l'essentiel: la forme du réseau qui les relie, et, surtout, les facteurs – génétiques et environnementaux – qui le façonnent. La tâche est redoutable: nos 100 milliards de neurones sont reliés entre eux *via* leurs axones, ces



MARS

Lancement aux Etats-Unis du journal *Brain Connectivity*, qui suivra notamment les avancées du projet Connectome humain.

DÉCEMBRE

Installation d'un scanner Skyra de 3 teslas à l'université du Minnesota, où passeront les 1200 volontaires de Connectome humain.

nos cent milliards de neurones

longues prolongations qui partent du corps des cellules nerveuses. Et chaque neurone est susceptible de recevoir des connexions de plusieurs milliers d'autres neurones, un enchevêtrement incroyablement compact de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de connexions nerveuses. Pour plonger au cœur de cette toile bourdonnante, trois universités et un hôpital américains

(universités de Californie, du Minnesota et de Washington, hôpital général du Massachusetts) se sont associés.

UN PANEL INCOMPARABLE

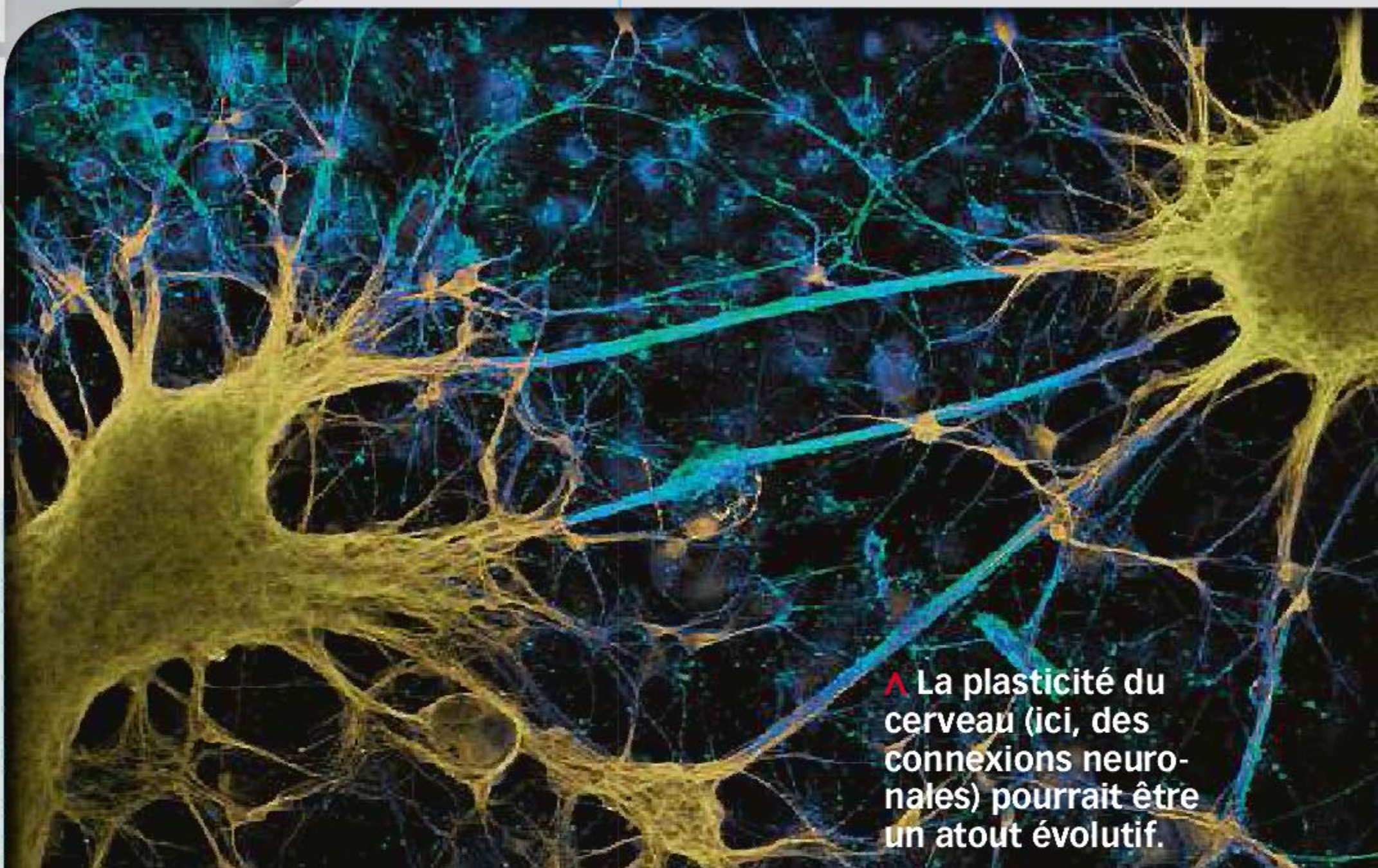
Sous l'égide de l'Institut national de la santé, ils disposent d'un financement de 40 millions de dollars, afin d'offrir à tous les chercheurs, d'ici cinq ans, dans une base informatique unique, les données

décrivant la connectivité cérébrale de 1200 adultes en bonne santé, accompagnées de leurs profils génétiques et de données comportementales. Jusqu'ici, les études comparatives en neurosciences se basaient, au plus, sur quelques centaines de personnes. “*Il n'existe aucune initiative de cette envergure*”, précise Jean-Baptiste Poline, co-responsable du programme →

→ “Imagerie, génétique, variabilité” au centre de recherche NeuroSpin, à Saclay. Le projet Connectome humain a la force du nombre et surtout deux atouts de taille : le recours à des techniques d'imagerie cérébrale inédites, et le recoupement avec les données génétiques. De fait, les chercheurs travaillent à la mise au point de nouveaux scanners à résonance magnétique capables de déduire de la diffusion des molécules d'eau la position et l'orientation des connexions nerveuses. Le cerveau des volontaires sera examiné millimètre cube par millimètre cube pour constituer des milliers de “voxels” – des “pixels” en 3D, révélant l'allure de leur réseau nerveux.

TRAQUER LES GÈNES

Les personnes étudiées seront, soit des frères et sœurs, soit des jumeaux, car l'idée est de constituer des groupes de fratries de 4 personnes, issues de 300 familles représentatives de la population américaine. Ces liens de sang permettront d'évaluer plus aisément le poids respectif de l'environnement et de l'hérédité sur un caractère physiologique donné. L'ambition est en effet de chercher dans quelle mesure les gènes agissent sur certaines capacités cognitives (la mémoire, l'attention...) et les relations qu'entretient chaque voxel analysé avec le reste du cerveau. Titanesque ? Assurément. Mais la voie est ouverte. Une équipe californienne vient de publier – en marge du projet Connectome humain – l'analyse de 31 600 voxels chez 740 personnes, dont 448 000 variantes génétiques ont été décryptées. Seuls quelques gènes ont attiré l'attention des chercheurs pour des études ultérieures. Mais la preuve est faite que la tâche n'est pas impossible : l'effroyable complexité du réseau cérébral est à portée de la science. Et l'année 2011 devrait en apporter la confirmation. **François Lassagne** ■



▲ La plasticité du cerveau (ici, des connexions neuronales) pourrait être un atout évolutif.

La plasticité cérébrale pourrait recevoir une autre explication

Observer, analyser, apprendre, mémoriser, anticiper... Ces facultés essentielles reposent sur la plasticité du cerveau, dont les connexions se font et se défont, et dont les échanges chimiques évoluent sans cesse sous l'action de l'expérience accumulée, du stress, du vieillissement... Comment ? Les neuroscientifiques sont de plus en plus convaincus, études sur l'homme et sur l'animal à l'appui, que

l'influence de l'environnement sur l'expression des gènes – l'épigénétique – joue un rôle clé dans ce chantier permanent. Mais ils vont plus loin : l'organe de l'esprit pourrait bien avoir été façonné par l'évolution pour laisser les gènes des neurones se laisser influencer par le monde extérieur. Une piste de recherche fascinante, qui pourrait se traduire par d'importantes découvertes en 2011. **F.L.**

Des révélations sont attendues sur la conscience et ses secrets

Comment naît la conscience ? Et pourquoi sommes-nous conscients ? Faute de savoir où et comment chercher, la science s'est longtemps gardée de trouver des réponses définitives à ces deux questions. Cependant, grâce aux progrès constants de l'imagerie cérébrale, les scientifiques déchiffrent peu à peu certaines des capacités les plus élaborées de l'esprit humain : attention, raisonnement, langage, décision... Ce qui les a convaincus que le secret de la conscience doit pouvoir, lui aussi, être découvert dans les règles du fonctionnement cérébral. Au point qu'aujourd'hui seule une poignée de théories s'affrontent

encore. L'année 2011 verra-t-elle enfin un modèle s'imposer, rendant compte aussi bien de l'expérience ordinaire de la conscience – le simple fait d'être conscient – que des phénomènes de perception subliminale ou des états de conscience altérée ? C'est ce qu'espèrent les chercheurs qui se réuniront en mai prochain à Stockholm lors de la conférence “Cerveau, esprit et réalité”. D'autant qu'en 2011, la robotique s'invite dans cette quête. Un mois avant la rencontre majeure en Suède se tiendra pour la première fois, à York, en Grande-Bretagne, un symposium consacré à la “conscience des machines”. **F.L.**

Pour Noël, OFFREZ OU OFFREZ-VOUS des abonnements !

Un cadeau original, qui se renouvelle de numéro en numéro

3 abonnements

19€ chacun
soit 57€ les 3

2 abonnements

22€ chacun
soit 44€ les 2

1 abonnement

25€

Magazine	Nombre de n ^{os}	Réf.
Grazia	26 n ^{os}	55
Biba (format poche)	20 n ^{os}	16
L'Ami des Jardins	10 n ^{os}	10
Modes et Travaux	15 n ^{os}	12
Top Santé	11 n ^{os}	13
Pleine Vie	10 n ^{os}	18
Réponses Photo	7 n ^{os}	05
Diapason	6 n ^{os}	04
Sciences&Vie Découvertes	7 n ^{os}	35
Sciences&Vie Junior	7 n ^{os}	33
Auto Plus	15 n ^{os}	40
L'Auto Journal	10 n ^{os}	42
Sport Auto	6 n ^{os}	41
Télé Poche	33 n ^{os}	50
Télé Star	28 n ^{os}	51
Le Chasseur Français	8 n ^{os}	03
La Chasse	7 n ^{os}	01

Encore + de choix sur **www.KiosqueMag.com**
+ d'avantages + rapide + écologique

BULLETIN D'ABONNEMENT

A compléter et à retourner à Mondadori
Service Abonnement B805 - 60732 Ste Geneviève Cedex

Je choisis les magazines dans la liste ci-dessus et j'indique la référence des magazines choisis. Le montant de ma commande est de €

☐ Je joins mon chèque libellé
à l'ordre de **Mondadori Magazines France**

☐ Je préfère régler par carte bancaire :

N° de carte :

Expire le : Notez les 3 chiffres figurant au dos de votre carte :

Signature :

Mes coordonnées :

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Email :@.....

Je souhaite m'offrir le ou les magazine(s) suivant(s) : (liste ci-dessus)

Réf. :/...../...../...../...../...../...../.....

Personne à laquelle j'offre un abonnement :

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Je souhaite offrir le ou les magazine(s) suivant(s) : (liste ci-dessus)

Réf. :/...../...../...../...../...../...../.....

52761

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Mondadori 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. Offre réservée aux nouveaux abonnés en France métropolitaine jusqu'au 15/01/2011.

Comment une mauvaise herbe devient-elle résistante à un herbicide ?

Question de François Reumont, Paris 18^e

Vous évoquez sans doute l'invasion subite de millions d'hectares de cultures OGM aux Etats-Unis par une mauvaise herbe résistante aux herbicides, l'amarante... Depuis les années 1990, la culture des maïs, colza, coton et soja transgéniques résistants à un herbicide, le glyphosate (le fameux Roundup), y rencontrait un franc succès car il suffisait à l'agriculteur de pulvériser un seul herbicide sur l'intégralité des cultures pour éliminer les mauvaises herbes sans abîmer la plante cultivée. Seulement, dès l'an 2000, des mauvaises herbes résistantes au Roundup apparaissent dans les champs de soja.

UN PHÉNOMÈNE PRÉVISIBLE

Depuis, le problème a explosé : 19 espèces de mauvaises herbes (ou plantes adventices) résistantes au glyphosate ont été recensées dans 22 Etats, réduisant considérablement les rendements sur plus de 4 millions d'hectares. En France, où le glyphosate est moins

utilisé, des mauvaises herbes résistantes sont tout de même apparues en 2007. Pourtant, ce phénomène de résistance était totalement prévisible. Et contrairement à ce que certains craignaient, il ne résulte pas d'un croisement entre les plantes sauvages et les plantes OGM. *“Seule la sélection naturelle est ici en jeu, explique Christophe Délye, chercheur à l'Institut national de la recherche agronomique de Dijon. Lorsqu'on utilise un seul herbicide en grande* →

> Un seul herbicide, le glyphosate, pulvérisé sur l'intégralité des cultures (ici, du soja) permettait d'éliminer les mauvaises herbes.

✓ La plante cultivée était génétiquement modifiée pour résister à l'herbicide (ici, un test de résistance).







▲ Une mutation génétique spontanée a permis à l'amarante de résister elle aussi.

→ *quantité, vient forcément le moment où une mauvaise herbe se révèle insensible, survit et se multiplie.*” Exactement de la même façon que l’usage d’antibiotiques favorise l’émergence de bactéries résistantes. C’est ce qui s’est passé pour l’amarante : il a suffi que parmi les milliers de mutations qui surviennent spontanément dans la population, l’une d’elle confère à un individu la faculté de résister pour déclencher l’invasion. D’autant plus rapidement avec l’amarante qu’un seul plant peut produire plus de 10 000 graines...

Plusieurs mécanismes donnent aux plantes le pouvoir de déjouer le

Roundup, herbicide “total” censé pourtant détruire tous les végétaux. Tous dépendent de la manière dont le glyphosate est supposé les tuer. Cette molécule s’attaque à l’EPSPS, une enzyme qui participe à la production d’acides aminés essentiels à la survie de la plante.

PLUSIEURS MÉCANISMES

Le glyphosate agit surtout au niveau des méristèmes, les zones de croissance de la plante situées dans les racines et les tiges. “*Chez les mauvaises herbes résistantes, l’herbicide est transporté vers les feuilles plutôt que vers les méristèmes. Il ‘brûle’ certaines feuilles*

mais cela ne tue pas la plante”, ajoute Christophe Délye. Ce mécanisme dont les rouages sont encore incertains, est le plus fréquemment observé. Mais il en existe d’autres : en janvier dernier, des chercheurs ont découvert que certaines amarantes contenaient en moyenne 5 fois plus de copies du gène EPSPS (jusqu’à 160 !), ce qui leur permet de fabriquer de l’EPSPS en quantité suffisante pour faire face à l’attaque de Roundup. D’autres encore parviennent à produire une EPSPS mutante, empêchant ainsi le glyphosate de reconnaître sa cible. Ironie de la nature : c’est une EPSPS mutante qui rend les cultures OGM de Monsanto résistantes au Roundup... Quant aux autres herbicides, les stratégies de résistance sont comparables : mutation de la cible ou détournement du produit vers des parties moins vulnérables. Mieux, certaines mauvaises herbes sont capables de se “détoxifier” en expulsant rapidement l’herbicide de leur organisme. L’évolution fait donc bien les choses : quelle que soit la menace, certains individus parviennent toujours à tirer leur épingle du jeu.

M. Co.

GAGNEZ UN ABONNEMENT
D’UN AN À

SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous ! Nous ne pourrions 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 pour une personne de leur choix). La question doit impérativement être rédigée sur une carte postale.

SCIENCE & VIE, QUESTIONS/RÉPONSES
1 rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 PARIS CEDEX 15.

COMMENT FAIRE FACE À LA RÉSISTANCE ?

Face au désastre qu’entraînent les mauvaises herbes résistantes, poussant même certains agriculteurs à abandonner leurs champs, les entreprises phytosanitaires tentent de riposter en créant de nouvelles cultures OGM capables de résister simultanément à deux ou trois herbicides. “*C’est une mauvaise solution car tôt ou tard, les mauvaises herbes multirésistantes apparaîtront*”, avertit Christophe Délye, chercheur à l’Inra. Existe-t-il d’autres moyens de lutter contre ce phénomène ? Les scientifiques estiment qu’il serait préférable de restaurer la diversité sur tous les plans : diversité des plantes cultivées, rotation des cultures, mais aussi variété des herbicides utilisés, pour prendre les mauvaises herbes de court. Et garder une longueur d’avance dans l’interminable course contre les résistances.

< Amélioration de la régulation thermique ou lutte contre les parasites: deux théories s'affrontent.



SCIENCE & VIE *en pratique*

Q&R

Pourquoi nos lointains ancêtres ont-ils perdu leur fourrure ?

Question de Nicolas Perot, Paris 10^e

Contrairement à une idée très répandue, notre fourrure n'a pas disparu quand nos ancêtres ont commencé à porter des vêtements. Des études ont permis d'évaluer le laps de temps écoulé entre la perte de la fourrure et l'époque où les hominidés se sont vêtus pour la première fois : ils sont restés nus comme des vers pendant plus d'un million d'années ! Au vrai, les scientifiques n'ont toujours aucune certitude quant à la raison de la perte de notre toison. Sachant, malgré tout, que deux théories pourraient expliquer notre nudité.

La première invoque une amélioration de la régulation thermique. Nos ancêtres, en marche pour sortir d'Afrique, seraient passés d'un milieu de vie tropical à la savane aride. Ils auraient perdu là leurs poils, évitant la surchauffe.

Cependant une peau nue, sensible aux UV, absorbe encore beaucoup de chaleur. L'avantage de la nudité n'est donc pas évident, d'autant moins que les autres primates vivant dans des régions semblables ont conservé leur fourrure...

Depuis peu, une nouvelle théorie prend l'avantage : celle de la lutte contre les parasites, qui véhiculent des maladies parfois mortelles pour leur hôte. Véritable nid à puces et à tiques, la fourrure reste essentielle pour se protéger du froid, notamment la nuit. Or, nos ancêtres étaient capables de construire des abris et de faire du feu. Ils auraient donc pu, peu à peu, perdre leur toison sous la pression parasitaire. Puis la sélection sexuelle aurait accéléré le processus : les individus glabres auraient eu une descendance plus nombreuse, car d'apparence moins parasitée, donc plus sain et plus attirant pour leurs partenaires. **M.-C.Ma.**

PRÉCISION

Les crépitements créés par les téléphones portables dans les haut-parleurs (Science & Vie n° 1117, p. 126) sont dus à la détection et l'amplification des signaux radio des mobiles accédant au réseau par les circuits de l'amplificateur, et non par les seuls haut-parleurs.



Pourquoi claque-t-on des dents quand il fait froid ?

Question de Laurent Hubin, Bruxelles (Belgique)

Difficile de réprimer ce mouvement de castagnettes de nos mâchoires quand la sensation de froid nous submerge. Ces claquements de dents, tout comme les frissons qui agitent le corps, sont des réponses réflexes au froid dès que l'organisme atteint sa limite d'adaptation aux basses températures. Une limite détectée grâce à des récepteurs sensibles situés dans la peau et les organes : ils lancent

un signal à l'hypothalamus, zone du cerveau chargée de réguler la température corporelle. L'hypothalamus commande alors, par l'intermédiaire du système nerveux autonome, la contraction des muscles agonistes et antagonistes, ceux qui effectuent un mouvement et son contraire. Leurs contractions à répétition créent des frottements entre les fibres musculaires qui génèrent de la chaleur et

réchauffent ainsi l'organisme. "Le visage étant particulièrement exposé au froid, le muscle masséter de la mâchoire est fortement sollicité, d'où les claquements de dents", souligne le docteur Nicolas Bourmeyer, chercheur au CNRS. A noter que ces contractions sont également responsables de la chair de poule quand elles font se dresser les poils, retenant ainsi une couche d'air protectrice. **M.H.**



Les phoques sont-ils vraiment homosexuels ?

Question de René Le Bertre, Fontenay-aux-Roses (92)

Cette question fait sûrement allusion à l'expression familière alléguant aux phoques un comportement homosexuel. Mais attention, la comparaison comporte plusieurs interprétations. L'une fait allusion au foc, la voile d'avant d'un voilier, très efficace par vent arrière. Interprétation cependant réfutée par le fait que le foc est aussi utilisé à d'autres allures. S'il n'y a pas certitude sur la graphie de l'expression, une chose est sûre : des comportements homosexuels ont bien été observés chez les phoques. Mais des

comportements animaux regroupés sous le terme "homosexualité" ont été décrits dans presque toutes les espèces animales en liberté. "Des vers aux oiseaux, en passant par les grenouilles, ces rapports sont presque universels", affirme Marlene Zuk, professeur de biologie à l'université de Californie.

PLUS DE 450 ESPÈCES

La forme comme la fonction de ces attitudes diffèrent selon les animaux. Dans son livre *Biological Exuberance*, le biologiste et sexologue américain

Bruce Bagemihl a décrit ces mœurs chez plus de 450 espèces. Ainsi, les phoques mâles s'engagent dans des relations homosexuelles pendant toute l'année, hors période de reproduction. Il est alors possible d'observer dans l'eau deux mâles s'embrasser tout en tournant sur eux-mêmes très rapidement, allant parfois jusqu'au coït. Nos cousins les chimpanzés, pour leur part, ont des pratiques homosexuelles variées et presque aussi courantes que leurs rapports hétérosexuels, tissant des liens solides au sein de leur groupe.



< Cette réponse réflexe survient lorsque le corps atteint sa limite d'adaptation aux basses températures.

Pourquoi la mer est-elle bleue ?

Question de Mikaël Aurelio Doulson Alberca, Nîmes (30)

S'il est vrai que le bleu du ciel s'y reflète, cela n'intervient que très peu dans ce phénomène. La couleur bleue de la mer est avant tout le résultat d'un phénomène d'optique : l'absorption. Pour comprendre, il faut savoir que la lumière émise par le Soleil est blanche, constituée par une somme de rayonnements de longueurs

d'onde différentes qui couvrent un spectre allant de l'infrarouge à l'ultraviolet en passant par le jaune, le vert et le bleu. Quand il pénètre dans l'eau, le rayonnement solaire frappe les molécules qui la composent. Or, dans le domaine visible, les molécules de l'eau de mer absorbent les longueurs d'onde du rouge au jaune – tandis que les

autres sont réémises. Ce pouvoir absorbant donne les tons du bleu au vert de la mer plus ou moins intenses selon la profondeur, la nature du fond et des particules en suspension. Ainsi, une grande quantité de plancton fait tendre la coloration du côté du vert. La couleur des océans est donc utilisée pour surveiller l'évolution du plancton! G.A. ✦

Tandis que les canards musqués mâles réalisent d'extraordinaires parades amoureuses qui attirent indifféremment mâles et femelles, souvent, ces dernières se mettent elles-mêmes en couple et s'aident pour élever leurs petits. Citons également les éléphants mâles qui exécutent des combats érotiques pour assurer leur domination l'un sur l'autre tout en démontrant leur affection... Et certains oiseaux, comme 13 % des cygnes notamment, chez qui les couples homosexuels peuvent durer plusieurs années.

Comment de telles pratiques déviantes de la seule reproduction ont-elles pu perdurer ? Pour Marlene Zuk, la réponse tient à l'évolution qui aurait sélectionné ces comportements car ils participent à la stabilité des groupes animaux, jouant un rôle de pacification et d'apprentissage sexuel chez les plus jeunes. M.H. ✦



▲ Les variations de couleur des océans sont avant tout le résultat d'un phénomène d'optique.

La pompe à chaleur aérothermique

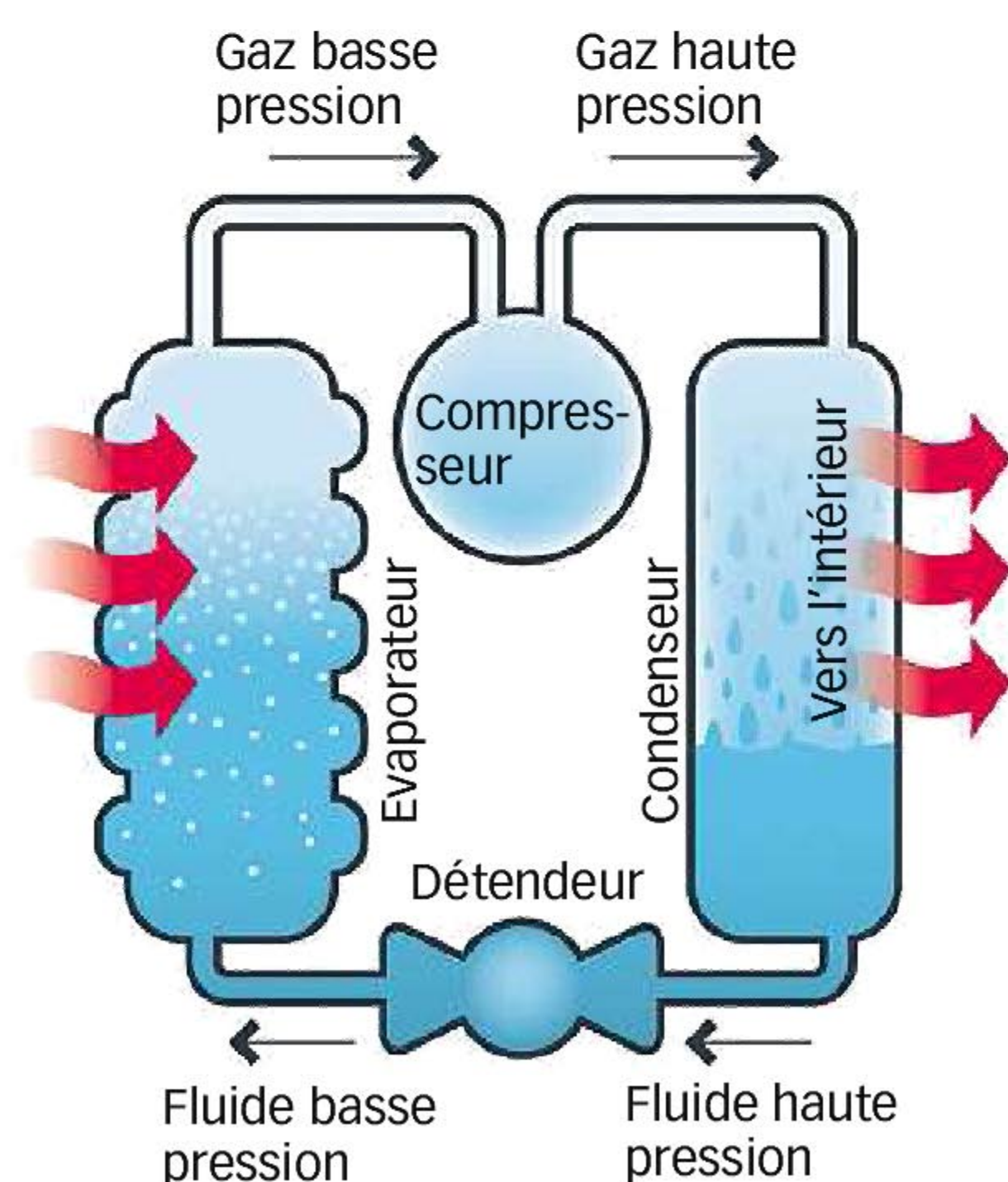
A partir du 1^{er} janvier 2011, l'affichage de la performance énergétique des logements devient obligatoire dans les annonces immobilières. Cette mesure vise à encourager les travaux d'économie d'énergie dans toutes les habitations. Outre la question de l'isolation, le choix d'un mode de chauffage pertinent – c'est-à-dire à la fois économe et peu émetteur de CO₂ – pour un logement donné est aussi important. Parmi les différentes technologies mises en avant par des organismes comme l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) figure en bonne place la pompe à chaleur (PAC).

Inventée il y a un siècle et demi, en 1855 (voir "Un peu d'histoire"), la PAC fonctionne à l'instar d'un réfrigérateur : elle déplace des calories par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur qui capture et libère la chaleur en s'évaporant

ou en se condensant (voir "Comment ça marche"). Mais, dans ce mode de chauffage, les calories sont puisées soit dans le sol (pompe géothermique), soit dans l'eau souterraine ou de surface (pompe hydrothermique), soit dans l'air ambiant (pompe aérothermique). C'est ce dernier type de PAC qui a popularisé la technologie depuis les années 1980. Car ces pompes aérothermiques sont peu encombrantes. Par ailleurs, elles ne nécessitent aucun travail de terrassement ou de forage, ce qui les rend plus simples et moins chères à installer que leurs homologues (voir "Bon à savoir"). Enfin, dans des conditions optimales, sur des logements neufs ou très bien isolés, elles peuvent diviser la facture énergétique par 2 ou 3 et réduire d'un facteur de 1,5 à 4 les émissions de CO₂, selon l'Ademe, par rapport à un système de chauffage →

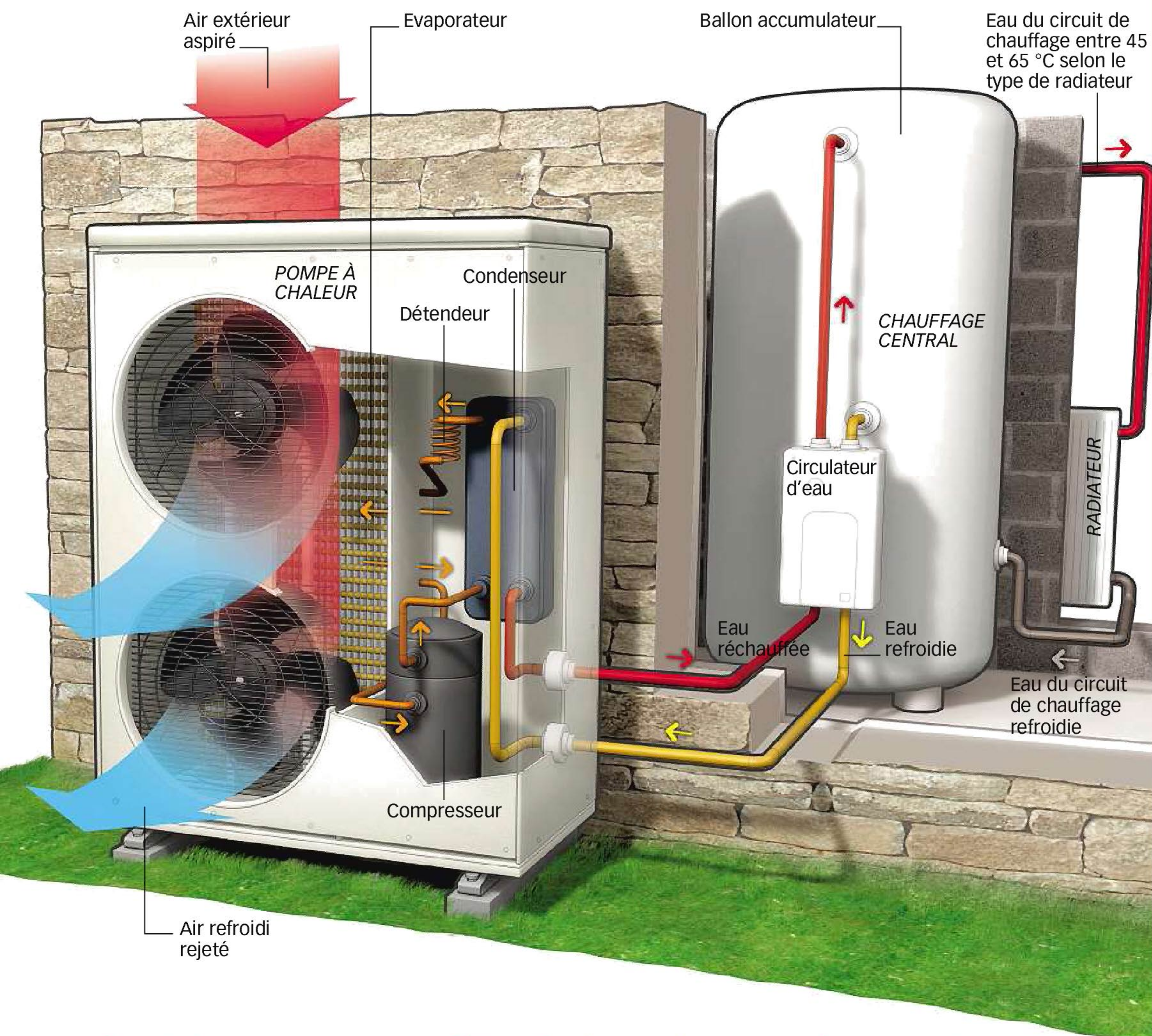
1 De la chaleur est extraite de l'air ambiant

La pompe à chaleur capte l'air ambiant via un évaporateur et l'utilise pour chauffer le fluide frigorigène (plus froid), qui passe alors de l'état liquide à l'état gazeux. La chaleur du gaz augmente lorsqu'il est comprimé par un compresseur, puis ce gaz est envoyé dans un condenseur.



COMMENT ÇA MARCHE

Une pompe à chaleur aérothermique capte des calories dans l'air et les restitue à l'intérieur des bâtiments, soit par l'intermédiaire d'air pulsé (système air/air), soit à travers un réseau d'eau chaude (système air/eau, représenté ci-contre). Elle utilise pour cela un fluide frigorigène qui est alternativement évaporé et condensé dans un circuit fermé. L'électricité dépensée pour faire tourner le circuit produit ainsi 3 à 4 fois plus de chaleur que si elle était consommée par une résistance électrique.



2 La chaleur est ensuite transmise à un circuit d'eau

Dans le condenseur, le gaz repasse à l'état liquide en cédant à un circuit d'eau la chaleur acquise dans l'évaporateur. Le liquide frigorigène ainsi reformé retourne via un détendeur dans l'évaporateur de départ pour s'y évaporer à nouveau.

3 L'eau chaude est stockée dans un ballon accumulateur

L'eau, chauffée entre 45 et 65 °C, est stockée dans un ballon accumulateur. Il permet à la pompe de travailler dans les meilleures conditions (avec des températures extérieures les moins basses possibles et indépendamment des pics de consommation d'eau).

4 Le système de chauffage domestique est alimenté

L'eau du ballon accumulateur est acheminée dans les radiateurs ou le plancher chauffant des habitations. Si la température extérieure chute, l'efficacité de la pompe à chaleur diminue et il est alors nécessaire de recourir à un chauffage d'appoint.



→ à énergie fossile. Certaines sont même réversibles, ce qui permet de climatiser l'habitat durant l'été. Tous ces arguments ont séduit un bon nombre de propriétaires puisque le parc français comporte aujourd'hui environ 1 100 000 PAC (tout type confondu).

UN MARCHÉ EN BAISSÉ

En fait, les ventes de pompes à chaleur ont progressivement décollé jusqu'à atteindre leur apogée en 2008, avec une hausse de 119 %, par rapport à 2007. Mais depuis deux ans, le marché se tasse. *"Il a baissé de 20 % l'année dernière et nous attendons une nouvelle baisse au moins aussi importante cette année"*, estime David Bonnet, directeur stratégie et développement chez le fabricant de matériel de chauffage et de climatisation Technibel et président de l'Association française pour les pompes à chaleur (AFPAC). Faut-il y voir une défiance vis-à-vis de la technologie ? Non. Certes, les PAC sont relativement bruyantes (45 à 60 dB) et, paradoxe, elles perdent en efficacité au fur et à mesure que la température extérieure diminue, et donc que les besoins en chaleur s'accroissent. Mais, les vraies raisons de ce tassement du marché sont plutôt à chercher du côté de la diminution des aides de l'Etat, de la concurrence avec le photovoltaïque en plein essor, du haut degré de compétence requis (mais pas toujours présent) pour réaliser des installations bien dimensionnées, et enfin du prix du baril de pétrole à nouveau à la baisse (50 \$ en 2009 contre 140 \$ en 2008) qui rend moins urgent le remplacement du parc de chaudières au fioul. Toutefois, les fabricants de PAC réfléchissent déjà au développement de PAC de nouvelle génération, encore plus performantes, et couplées à d'autres sources d'énergies (voir "Et demain") qui pourraient relancer le marché.

E.L.

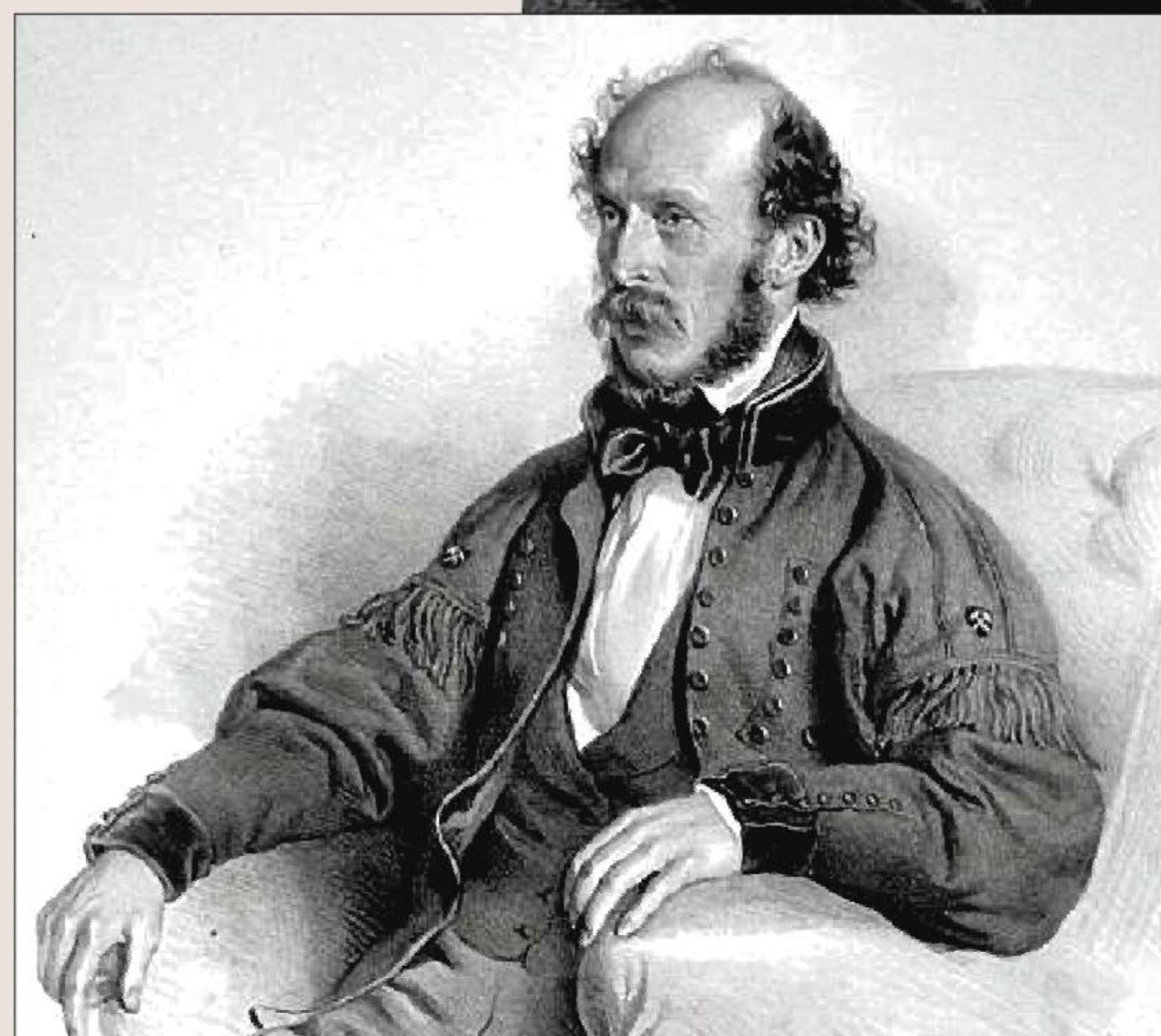
UN PEU D'HISTOIRE...

L'histoire de la pompe à chaleur (PAC) est liée à celle du réfrigérateur et du climatiseur, car elle fonctionne selon un principe similaire de déplacement de calories d'un milieu vers un autre. Durant la seconde moitié du XIX^e siècle, le besoin de conserver les aliments lors des longs transports pousse les ingénieurs à développer un moyen de fabriquer de la glace artificiellement. C'est l'ingénieur français Sadi Carnot qui jette les bases de la thermodynamique (science de la chaleur et des machines thermiques) en 1824. Ses théories permettent aux premières machines frigorifiques à cycles de compression de vapeur de voir le jour. Ainsi, dès 1834 l'inventeur américain Jacob Perkins met au point une machine à fabriquer de la glace fonctionnant à l'éther.

Réfrigérateur inversé

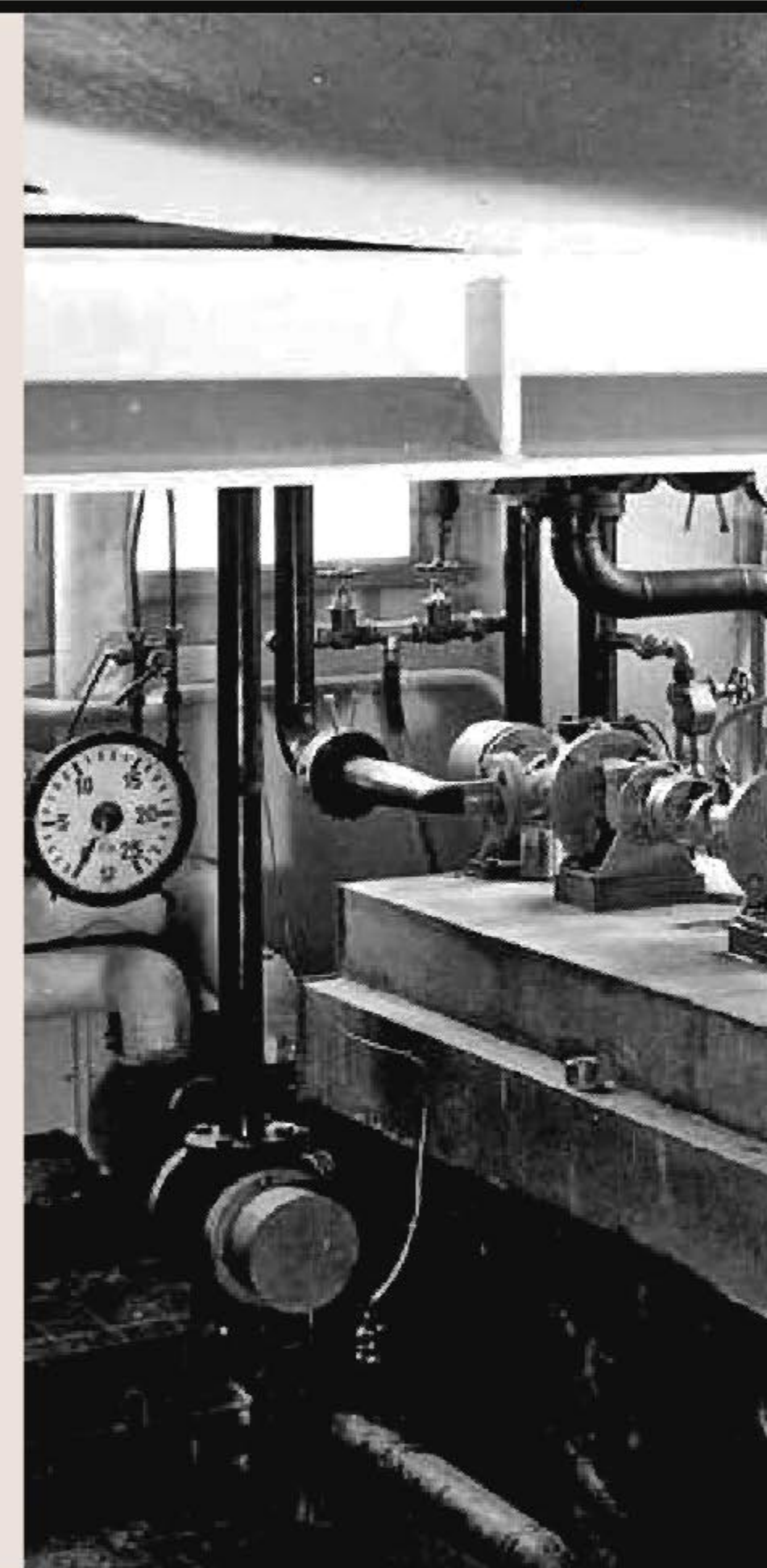
En 1852, le physicien britannique Lord Kelvin suppose qu'un système de réfrigération fonctionnant de manière réversible pourrait produire de la chaleur. Trois ans plus tard, l'ingénieur autrichien Peter von Rittinger installe ainsi la toute première pompe à chaleur, destinée à une usine de production de sel, dans le village autrichien d'Ebensee. L'ingénieur espère ainsi réduire de 80 % la consommation énergétique de l'entreprise en bois

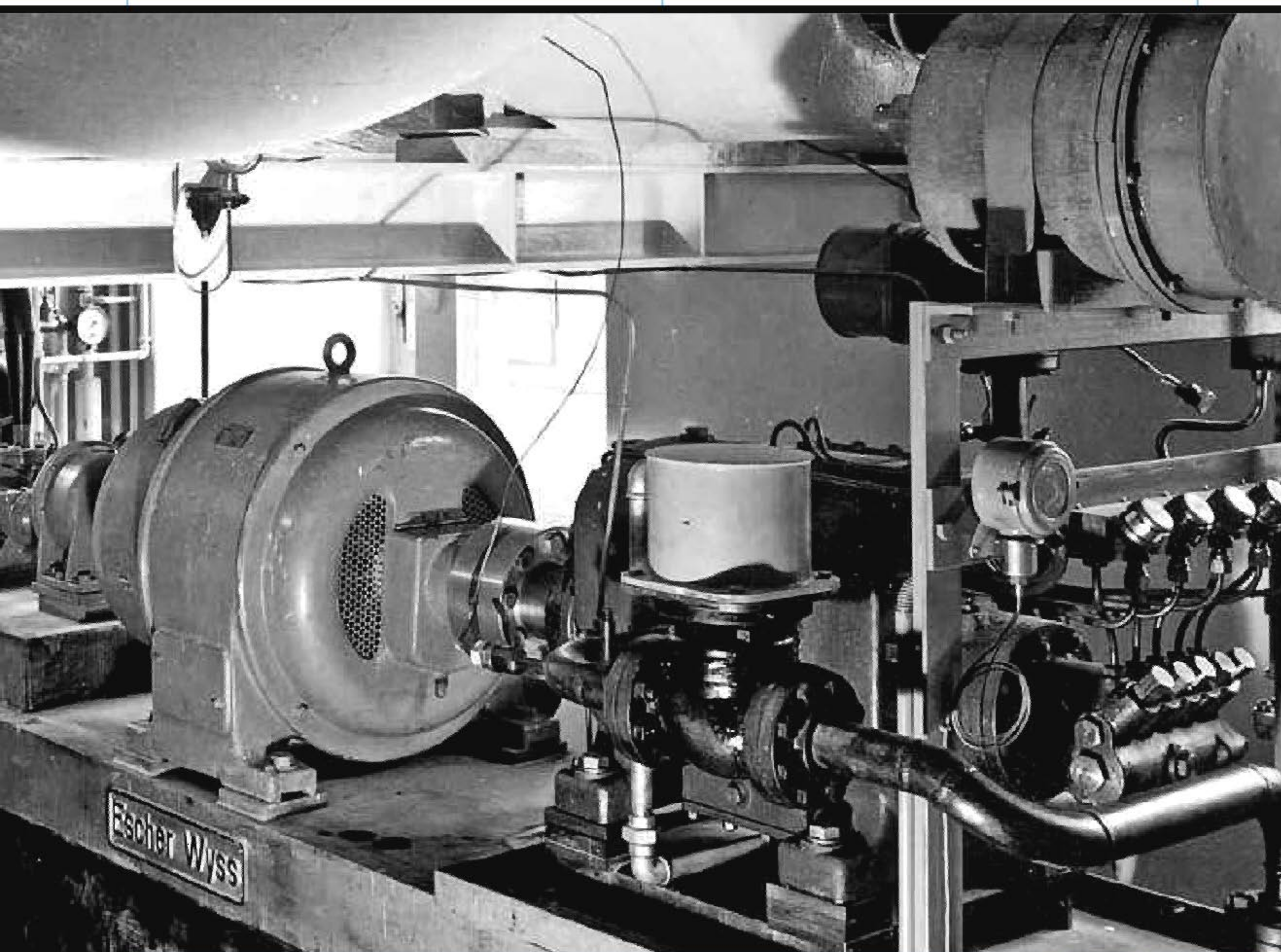
de chauffage. Mais la technologie est encore balbutiante et les interruptions pour maintenance sont incompatibles avec les besoins de l'industrie. Il faudra donc attendre les années 1930 pour que les PAC empruntent les progrès techniques réalisés sur les réfrigérateurs. Elles s'équipent de compresseurs plus rapides, plus petits, mus par des moteurs électriques et non plus à vapeur. Le dioxyde de soufre, le chlorure de méthyle et l'ammoniac, utilisés comme fluides frigorigènes, sont



remplacés à partir de 1928 par des composés fluorocarbonés (CFC), moins toxiques pour l'homme (on découvrira plus tard leur impact néfaste sur l'environnement). Dans le cadre de volumineuses installations pilotes, des PAC commencent

alors à chauffer et parfois aussi à climatiser des bureaux, des universités... L'ingénieur écossais Graeme Haldane équipe même sa maison et son bureau de la première pompe à chaleur individuelle en 1928. C'est sur le continent américain





Années 1930

◀ Bénéficiant de réels progrès techniques, les pompes à chaleur commencent à équiper des bâtiments administratifs, comme ici l'hôtel de ville de Zurich.

Années 2000

▼ Les ventes de PAC croissent après des améliorations de leurs performances jusqu'à atteindre leur apogée en 2008.

1855

◀ L'ingénieur autrichien Peter von Rittinger installe la première pompe à chaleur dans une usine de production de sel à Ebensee.

que, dans les années 1950, la demande commence à se faire sentir. Mais les coûts très bas du pétrole ne favorisent pas l'essor du marché. Il faudra attendre 1973 et 1979 et les deux chocs pétroliers pour que les PAC deviennent une solution intéressante pour limiter la consommation en fioul des chaudières domestiques. En France, EDF lance le programme Perche (pompes à chaleur en relève de chaudière dans l'habitat existant). L'opération fonctionne : c'est la ruée vers les PAC qui promettent de "se chauffer de l'air du temps". Le marché s'emballe et passe de 1000 unités vendues par an à presque

50000. Mais rapidement, les installateurs sont débordés. Afin d'étoffer les catalogues dans des délais très courts, des prototypes de PAC sautent trop vite de la planche à dessin aux étals. Nombre d'entreprises s'improvisent installateurs, sans véritable formation. Mal dimensionnée, sujette à la corrosion, trop bruyante, voire ruineuse, cette génération de PAC échaude plus d'un client. Le marché s'effondre alors brutalement.

Progrès techniques

"De près de 70000 pompes vendues sur le territoire en 1983, le marché est passé à presque rien l'année suivante", raconte David Bonnet, directeur stratégie et développement chez Technibel. Durant quatorze ans, la PAC connaît une traversée du désert. Néanmoins, la technologie continue à progresser par



le biais des réfrigérateurs. A la suite du protocole de Montréal en 1987, les CFC et les HCFC (hydrochlorofluorocarbones) du circuit de réfrigération sont remplacés par des HFC (hydrofluorocarbures). L'arrivée des microprocesseurs et de capteurs plus fins permet un contrôle plus fin de la température. En 1997, EDF lance le label Vivrelec. L'objectif : redorer le blason du chauffage électrique, en développant notamment des pompes à

chaleur dans les constructions neuves. Le marché redécoule doucement en Europe, aux Etats-Unis et en Asie. Enfin, en 2001, les PAC se dotent de compresseur à vitesse variable qui permet d'adapter leur régime de fonctionnement aux besoins du moment, plutôt que de fonctionner en mode tout ou rien. La durée de vie de la pompe s'en trouve alors prolongée et la consommation électrique réduite de 10 à 30 %.



BON À SAVOIR

■ QUELLES SONT LES AIDES DE L'ÉTAT ?

Pour 2011, elles passeront de 25 à 22,5 % pour les pompes air/eau. Les pompes air/air, elles, ne bénéficient d'aucune réduction d'impôt depuis le 1^{er} janvier 2009. Contrairement à leurs homologues, elles ne profitent pas de la TVA à 5,5 % sur la fourniture et l'installation du matériel.

■ PEUT-ON INSTALLER UNE PAC DANS N'IMPORTE QUEL LOGEMENT ?

Théoriquement oui. Mais c'est sur des logements neufs qu'elle présente la meilleure efficacité, grâce à une excellente isolation thermique, des radiateurs basse température et la possibilité d'installer un plancher chauffant intégré au bâti. Pourtant, d'après l'Afpa, 70 à 75 % des PAC sont installées dans des logements non neufs. Des travaux d'isolation sont alors souvent un prérequis indispensable pour en tirer bénéfice.

■ COMBIEN COÛTE UNE PAC ET QUEL EST LE RETOUR SUR INVESTISSEMENT ?

Le prix est fonction du type d'installation, de la surface et de la qualité d'isolation du logement. Selon EDF, dans le neuf, pour une pompe à chaleur récupérant l'énergie dans l'air extérieur et alimentant un plancher chauffant, les prix d'installation sont compris entre 80 et 110 € TTC/m² de surface chauffée. En fonctionnement, la PAC coûte entre 2,30 et 3,70 € par m² chauffé par an, précise l'Ademe. *"Le temps de retour sur investissement est de sept à neuf ans"*, chiffre David Bonnet, directeur stratégie et développement chez Technibel. Une PAC bien dimensionnée, bien installée et entretenue régulièrement fonctionne entre quinze et vingt ans.

■ COMMENT CHOISIR L'INSTALLATEUR ?

Installer une PAC nécessite un dimensionnement parfait, tenant compte de la surface, de l'isolation, et du type de chauffage de l'habitation. Il est donc fondamental de s'assurer que l'installateur dispose d'un agrément Qualipac.

ET DEMAIN ?

"La pompe à chaleur de demain ne devrait pas être très différente de celle d'aujourd'hui, annonce David Bonnet, directeur stratégie et développement chez le fabricant Technibel. La technologie est arrivée à maturité et n'a donc pas vocation à changer radicalement dans les années à venir. Quelques améliorations techniques pourraient néanmoins permettre d'obtenir un meilleur rendement d'ici 2012." De quoi relancer un marché qui s'essouffle. Ainsi, plusieurs pistes de recherches sont à l'étude. L'une d'entre elles consiste à injecter de l'intelligence artificielle dans le système pour adapter le chauffage en fonction de la météo.

Affiner le fonctionnement

En pratique, cela reviendrait à gérer finement et de manière automatisée le régulateur de la pompe à chaleur, afin d'adapter sa vitesse de fonctionnement aux besoins de chauffage. Ainsi, la machine pourrait s'inspirer de scénarios climatiques probables afin d'adapter son mode de fonctionnement idéal en fonction du climat et de l'inertie thermique du bâtiment. A cela pourraient être couplés des

scénarios tarifaires en fonction des variations du prix du fioul, du gaz ou de l'électricité, afin de choisir la source énergétique la moins onéreuse. En effet, une seconde piste est de coupler la pompe à chaleur avec d'autres sources d'énergie. Cela permettrait ainsi d'utiliser la ou les sources d'énergies les plus abondantes, à un instant donné, pour chauffer la maison à moindres frais. *"De tels modèles pourraient arriver sur le marché d'ici 2011 à 2013"*, précise David Bonnet.

Reste une dernière piste : améliorer les fluides frigorigènes qui sont utilisés dans les pompes à chaleur. *"Certains fluides tels que le R407 actuel sont bien adaptés à du chauffage, tandis que d'autres, tels que le R410, sont plus performants sur des climatiseurs, détaille le directeur de l'Association française pour les pompes à chaleur. Peut-être trouvera-t-on à l'avenir un fluide non polluant et plus performant tant en chauffage qu'en climatisation."*



> Parmi les pistes étudiées figure l'amélioration des fluides frigorigènes utilisés dans les pompes.

TARIF EXCEPTIONNEL

ABONNEZ-VOUS À SCIENCE&VIE



Réduction
exceptionnelle
-30%

1 AN - 12 NUMÉROS

35 €
au lieu
de 50,40 €*
SEULEMENT

BULLETIN D'ABONNEMENT

À compléter et à retourner accompagné de votre règlement dans une enveloppe affranchie à:
SCIENCE & VIE - SERVICE ABONNEMENTS - 1, RUE DU COLONEL PIERRE AVIA - 75503 PARIS CEDEX 15

☒ **Oui, Je profite de votre offre exceptionnelle :**
1 AN - 12 numéros pour 35€ au lieu de 50,40 €*
soit plus de 30% de réduction.

☐ **12 n° + les 4 Hors-séries pour**
49 € au lieu de 70 € soit plus de
30 % de réduction



Je règle par :

☐ Chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie ☐ Carte bancaire

N° _____

Expire à fin _____

Code Crypto _____
Les 3 chiffres au dos de votre CB

Date et signature obligatoires

Voici mes coordonnées :

C1120B

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment...) : _____

Code Postal : _____ Ville : _____

Tél : _____

Grâce à votre n° de téléphone (portable) nous pourrions 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)

ABONNEZ-VOUS EN LIGNE SUR LE SITE

www.kiosquemag.com

C'EST RAPIDE, PRATIQUE, FACILE ET SÉCURISÉ

*Prix de vente en kiosque. Offre valable pour un 1er abonnement livré en France métropolitaine jusqu'au 31/04/2011. Après enregistrement de votre demande, vous recevrez sous 3 semaines votre premier numéro. Vous ne disposez pas du droit de rétractation pour l'abonnement au magazine. 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 - 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15 - Mondadori Magazines France SAS RCS 452 791 262 NANTERRE.

Le premier scooter électrique pliable

A l'instar des vélos pliables, le scooter électrique XO2 du constructeur français XOR Motors s'adapte au coffre d'une voiture et s'embarque dans le train.

Il suffit de vingt secondes seulement pour déplier ou replier ses différents éléments, verrouillés par une molette unique : rétroviseurs, cadre et roue arrière. Il passe ainsi de 1,75 m de long et 71 cm de large à 1 m et 42 cm. La structure du XO2 est en aluminium et le véhicule pèse moins de 50 kg, hors batterie. Un poids léger qui, associé à des moteurs puissants, permet d'approcher la rapidité des scooters à essence les plus performants : le modèle le plus puissant, équipé d'un moteur de 8 kilowatts, atteint ainsi en quelques secondes 120 km/h ! A la vitesse moyenne de 90 km/h, le XO2 parcourt 70 kilomètres, soit une distance trois fois supérieure au trajet quotidien habituellement effectué en scooter. La batterie lithium-polymère, qui constitue le plancher du deux-roues, se transporte sous la forme d'une valise roulante de 30 kg. Ce format permet de l'approcher



facilement de n'importe quelle prise murale. La recharge est rapide, chaque minute procurant une autonomie de 1 kilomètre à 100 km/h, et complète au bout de 120 à 150 minutes, selon les modèles. Le constructeur annonce un cycle de 2 500 charges/décharges, ce qui permettrait au XO2 de parcourir près d'un million de kilomètres ! Dernier atout du scooter électrique pliable, qui sera disponible au deuxième trimestre 2011, la possibilité de louer la batterie pour 50 euros par mois.

L.F.

Prix : de 1900 € environ à 3 100 €, hors location de batterie, selon la puissance du moteur.
Rens. : www.xor-motors.com/fr



LA CAMÉRA QUI FAIT

Accrochée à l'oreille, la minicaméra de la société américaine Looxcie filme en permanence. Une simple pression sur le bouton de l'appareil sauvegarde les 30 dernières secondes. Les données sont alors envoyées à votre téléphone par Bluetooth. Pour l'instant, seuls les smartphones avec un système d'exploitation Android sont compatibles. En outre, l'appareil n'a pas encore de chargeur aux normes européennes.

L.F.

Prix : env. 140 €.
Rens. : <http://looxcie.com/>



▼ Replié, l'engin peut se loger dans le coffre d'une voiture. La batterie se transporte comme une valise à roulettes.

CORPS AVEC VOUS



▲ Fixé sur l'oreille, l'appareil sauvegarde les 30 dernières secondes lorsque vous appuyez sur le bouton.

Ça change la vie...

Un minifrigo pour voyager avec ses médicaments

En cas de diabète, de sclérose en plaques, de polyarthrite, de cancer..., il peut s'avérer impossible de voyager. Les traitements (insuline, adrénaline, hormones, etc.) doivent en effet être continûment maintenus au froid. Une contrainte difficile en déplacement. Le Medifridge, un minuscule réfrigérateur de voyage mis au point par deux inventeurs néo-zélandais, pourrait bien faciliter la vie de ces malades. Ce modèle de poche (21,5 x 6,4 x 10,5 cm, pour 550 g), maintient une température entre 3 et 7 °C. Le compartiment (17,8 x 2,5 cm) accueille 2 stylos contenant des médicaments ou 6 flacons de 10 ml. La fermeture du couvercle est assurée par un système d'aimants et non un clip, plus difficile à ouvrir en cas de problèmes circulatoires dans les mains. Le refroidissement est assuré par déplacement de chaleur entre deux matériaux conducteurs de nature différente soumis à un courant électrique (effet Peltier). Ainsi, l'appareil s'affranchit de fluide calorifère et de compresseur bruyant. La chaleur est dissipée par un ventilateur émettant un niveau sonore de seulement 28 dB, selon le fabricant. Livré avec un kit voiture et un transformateur, le Medifridge fonctionne partout dans le monde grâce à son adaptateur 110-240 V. Une fois débranché, il garde une température fraîche pendant environ une heure et demie. E.L.



Prix : env. 95 €.
Rens. : www.medactiv.fr



Le dictaphone aussi doué à l'

Grâce à une minicaméra infrarouge et un microphone, ce luxueux stylo noir de 36 grammes enregistre simultanément ce qu'écrit et ce qu'entend son utilisateur! Mis au point par la société américaine LiveScribe, le Smartpen Echo, c'est son nom, s'adresse en priorité à tous ceux qui prennent des notes pendant un cours, une interview, une conférence, etc. Numérisées et indexées en temps réel dans sa mémoire flash par un processeur ARM, les notes manuscrites et la bande-son associée peuvent ensuite être rapatriées sur ordinateur (Mac ou PC) via un câble

AV En cliquant sur un mot du texte manuscrit mémorisé, on accède à l'enregistrement audio correspondant.

Le casque de mélomane à toute épreuve

Un casque filaire très robuste et un son excellent: c'est ce que les entreprises Philips et O'Neill ont cherché à obtenir, en concevant The Stretch. Fabriqué en polymère Nylon TR55, six fois plus dur que le polycarbonate utilisé habituellement, il résiste à tous les chocs ainsi

qu'à des températures jusqu'à -25°C . Pourvus d'un solide câble antinœuds qui se débranche rapidement s'il reste accroché par accident, et de connecteurs renforcés, ces écouteurs sont quasi incassables. Un casque idéal pour ceux qui pratiquent le snowboard ou le

ski, mais aussi pour les mélomanes car The Stretch est doté de haut-parleurs de 40 mm de diamètre, qui offrent un son riche et cristallin et délivrent des basses puissantes.

F.H.

Prix: env. 100 €. Rens.: www.philips.fr

écrit qu'à l'oral

USB. Le logiciel fourni permet alors d'utiliser les notes pour accéder rapidement aux contenus audio. Il suffit de cliquer sur un mot manuscrit à l'écran pour entendre ce qui était dit au moment où l'on écrivait ce mot. Idéal pour éclaircir le contenu d'un passage qu'on avait mal noté ou pour réécouter un cours difficile. La seule limitation du Smartpen est qu'il nécessite d'utiliser un papier spécial. Baptisé Dot Paper, celui-ci contient un quadrillage de points quasi invisibles à l'œil nu qui permettent à la caméra infrarouge de se repérer. LiveScribe vend des blocs-notes compatibles mais leur coût est quelque peu élevé (à partir de 5 euros pièce). Heureusement, on peut transformer du papier normal en papier compatible avec une imprimante récente (résolution d'au moins 600 dpi) et un logiciel fourni par LiveScribe. Le stylo est doté d'une batterie rechargeable et il dispose d'une autonomie de cinq heures en mode enregistrement. **D.M.**

Prix: env. 200 €
pour la version 8 Go
(soit 800 heures d'enregistrement audio).
Rens.: www.livescribe.com/fr



✓ Il est exceptionnellement solide, mais aussi très performant.

UN VÉLO D'APPARTEMENT POUR LES FOUS DES COLS DE MONTAGNE



Faire du vélo à la maison avec la même sensation d'effort que sur une route de montagne, voici ce que promet le Ciclotte à tous les amateurs de "spinning" (version intensive du vélo d'appartement). Conçu par le designer italien Luca Schieppati et fabriqué par Lamiflex Group, ce vélo utilise un système de transmission inédit (dit "épicycloïdal"). L'intérêt: chaque coup de pédale équivaut à quatre tours de sa roue d'inertie. La résistance magnétique créée est donc d'autant plus forte, et l'effort beaucoup plus intense. En prime, sa structure en acier et carbone oscille légèrement, comme sur la route. **L.B.**

Prix: env. 8350 €.
Rens.: www.ciclotte.com

Le premier lave-linge qui fait mousser la lessive

Pour qu'un lave-linge consomme moins d'électricité, il n'y a qu'une solution: abaisser sa température de lavage. Mais sans pour autant perdre en efficacité. Dans cette optique, le coréen Samsung a eu l'idée d'utiliser pour la première fois de la mousse dans son modèle Eco Bubble. Car celle-ci a un pouvoir: elle lave le linge quotidien à froid (15 °C) aussi efficacement qu'un programme standard à 40 °C. D'où une économie d'énergie qui peut atteindre 70 %! En fait, quand le mode Eco Bubble est activé, un petit générateur injecte, avant chaque lavage, de l'air dans le mélange d'eau et de lessive. Celle-ci est donc mieux dissoute. Les milliers de bulles de lessive pénètrent alors beaucoup plus rapidement le linge et

agissent sur les taches, même à basse température. Au final, le temps de lavage est écourté de 10 minutes. Ce modèle est classé A+++.

L.B.

Prix: env. 650 € (7 kg) et 750 € (8 kg).
Rens.: www.samsung.com/fr/ecobubble



> La mousse lave à froid aussi bien qu'un programme standard à 40 °C.



Le téléviseur qui donne la bonne distance de vision

Ce téléviseur Bravia LX900 de Sony devrait ravir les parents: il va les dispenser de veiller à ce que les enfants ne soient pas trop près de l'écran. En effet,

l'appareil s'en charge. En détectant les visages situés à moins d'un mètre, une petite caméra est capable de signaler de façon radicale que les jeunes téléspectateurs doivent reculer: l'image se coupe et l'écran plat affiche un message d'alerte. La caméra peut aussi éteindre l'écran si personne n'est assis devant l'appareil.

Cette gamme de téléviseurs est en outre équipée de deux capteurs qui ajustent l'image et le son automatiquement pour un meilleur confort. Le premier règle le volume et la luminosité en fonction de l'endroit où vous êtes assis. Le second détecte automatiquement l'intensité et la température de couleur de la lumière de la pièce afin d'ajuster le rétroéclairage de la dalle LED. Ce réglage permet ainsi de réduire la consommation électrique. Ces téléviseurs bénéficient de la technologie 3D Full HD (1920 x 1080 pixels) avec une fréquence d'échantillonnage de 200 Hz (réduction du flou dans les scènes d'action). Pour profiter de la sensation de relief, il faudra bien sûr porter l'une des deux paires de lunettes actives à cristaux liquides fournies. **P.R.**

Prix: à partir d'env. 2300 €. Rens.: www.sony.fr



< Son système de refroidissement optimise l'allumage et la diffusion de la lumière.

UNE AMPOULE BASSE CONSO D'EXCEPTION

Lucibel, spécialiste français de l'éclairage basse consommation, crée une génération d'ampoules basse consommation plus performantes. Un nouveau système de refroidissement de l'amalgame (alliage de mercure solide et d'autres métaux), situé dans le culot de l'ampoule, optimise l'allumage et la diffusion de la lumière. Le modèle Quick Start peut ainsi atteindre 60 % de son flux lumineux en moins de 30 secondes, soit deux fois plus vite que ses concurrents. Cette ampoule de 12 watts (équivalent 48 watts) offre une durée de vie de 8000 heures. Elle ferait économiser en moyenne plus de 80 € par an, selon le fabricant. **J.J.**

Prix: env. 11,50 € le pack de 2 ampoules. Rens.: www.lucibel.com

SCIENCE & VIE

8 écoliers découvrent de l'en 2000
la bataille des énergies
L'origine des calculateurs prodiges
La cuisine est-elle une science ?



Il y a 50 ans...

En 1961, les Etats-Unis hébergeaient une batterie d'inventeurs, et donc de gadgets en tout genre: phono de poche, meule domestique, chaise transparente, pipe

démontable... Pour illustrer cette créativité exceptionnelle, S&V en avait sélectionné une dizaine, à l'image de cette pompe extincteur. Son utilisation? Multiple: "Gonfler un pneu, éteindre un

commencement d'incendie et sécher des bougies humides". Ce n'est pas tout: "Elle est inodore, inoffensive et puissante. Elle peut même être manipulée par des femmes"! **M.V.**



1 | BIORIGINE Exigence de nature

Parce que les laboratoires Vitarmonyl sont exigeants de nature, ils ont sélectionné pour tous des plantes de haute qualité, issues de l'agriculture biologique et cultivées dans le respect des cycles naturels. Avec BiOrigine, chacun contribue à son bien-être quotidien avec tout le plaisir de saveurs bio.

Sous forme de comprimés, d'ampoules ou d'infusions, les plantes apportent toutes leurs propriétés bienfaisantes pour des actions ciblées. Dans un souci de transparence et de respect de l'environnement, BiOrigine s'engage dans un process de production biologique et à préserver la nature.

BiOrigine
PLANTES DE CULTURE BIOLOGIQUE

Consulter notre site internet
www.vitarmonyl.com



2 | VIVABOX Leffe Apéritif

vivabox
Leffe apéritif

Leffe crée l'évènement avec le lancement d'une «Vivabox Apéritif».

Elle réunit :

- 3 variétés apéritives Leffe : Leffe Blonde, Leffe 9°, Leffe Ruby,
- 2 verres calices
- 1 magazine Leffervescence

incluant des recettes apéritives pour mettre en avant les accords mets et bières

- 1 bon cadeau pour l'achat différé de trois packs de 6x25 cl à choisir parmi les 6 variétés de la famille Leffe.

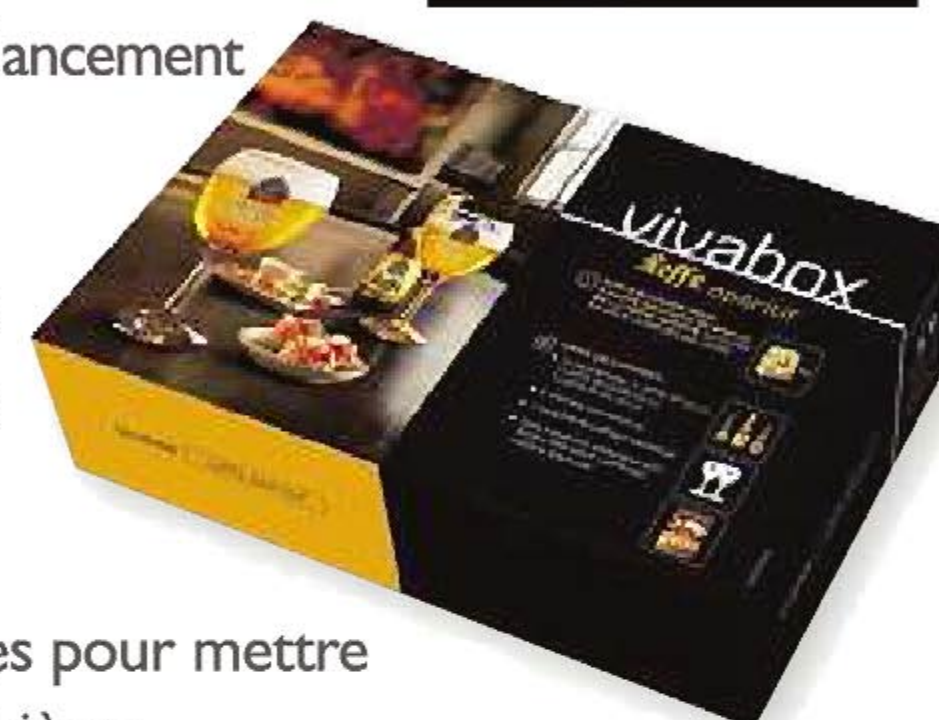
En outre, toutes les recettes apéritives spécialement élaborées pour Leffe par Hélène Darroze sont aussi à retrouver sur le site www.leffe.com.

Vendu chez Carrefour à partir du mois de novembre.

Prix de vente : 21,90Euros

* L'abus d'alcool est dangereux pour la santé, à consommer avec modération.

Consulter notre site internet
www.leffe.com



3 | 21 ANS D'AGE, Glenfiddich Explorer Case

Glenfiddich
SINGLE MALT
SCOTCH WHISKY

Première distillerie au monde, en 1909, à avoir exporté un Single Malt en dehors des frontières d'Ecosse, Glenfiddich est aujourd'hui le Single Malt le plus apprécié au monde. Éditée à l'occasion des fêtes de fin d'année, voici la toute dernière création sur le thème du voyage: l'Explorer Case par Glenfiddich.

Classique mais revisitée, cette mallette est à la fois stylée, résistante et légère. Avec ses formes rappelant les malles anciennes, son porté

main élégant, ses fermetures boucles en laiton doré, cette petite valise est l'accessoire ultime des amateurs pour qui le voyage n'est pas qu'une nécessité, mais bien un art, un luxe et un plaisir.

* L'abus d'alcool est dangereux pour la santé, à consommer avec modération.

Consulter notre site internet
www.glenfiddich.fr



4 | L'OR ESPRESSO, Le choix d'un espresso 100% arabica

L'OR, marque de Sara Lee Coffee & Tea France, propose depuis début avril 2010 de nouvelles capsules espresso 100% arabica, baptisées L'OR ESPRESSO, disponibles dans les grandes surfaces françaises.

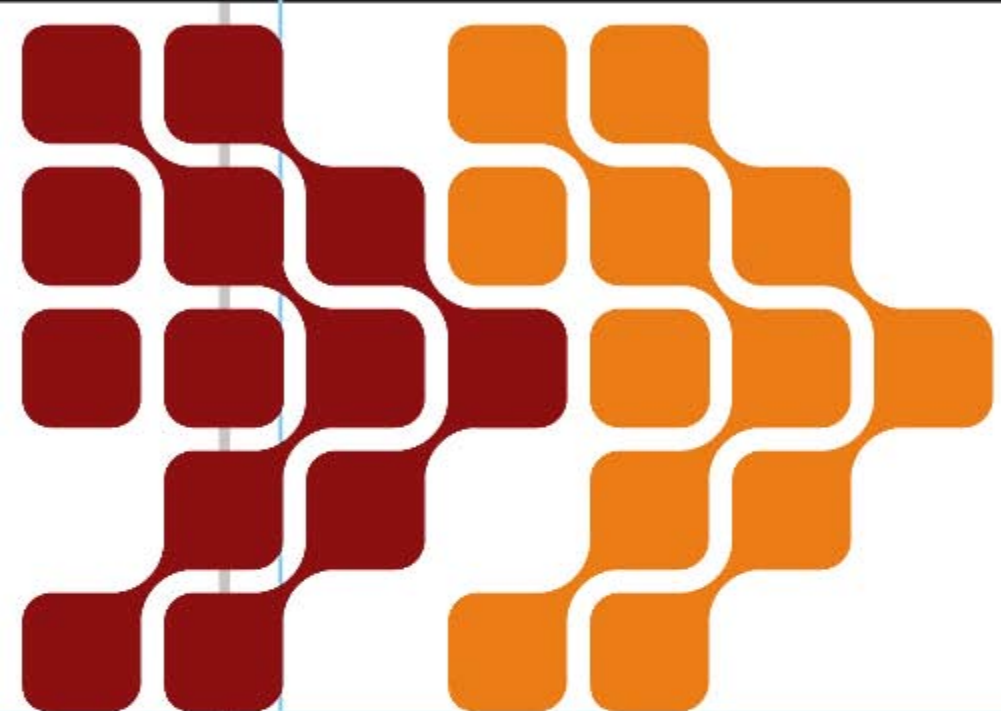
L'OR ESPRESSO, une gamme de capsules de grande qualité compatibles avec les machines à café Nespresso®*. Déguster L'OR ESPRESSO, c'est accéder facilement au plaisir d'un espresso de grande qualité, 100 % arabica aux arômes incomparables et uniques.

L'OR ESPRESSO se présente sous la forme d'une capsule transparente, spécialement conçue pour offrir un maximum de plaisir et de sensations dès l'ouverture de son sachet protecteur, et libérer un espresso unique, sous haute pression.

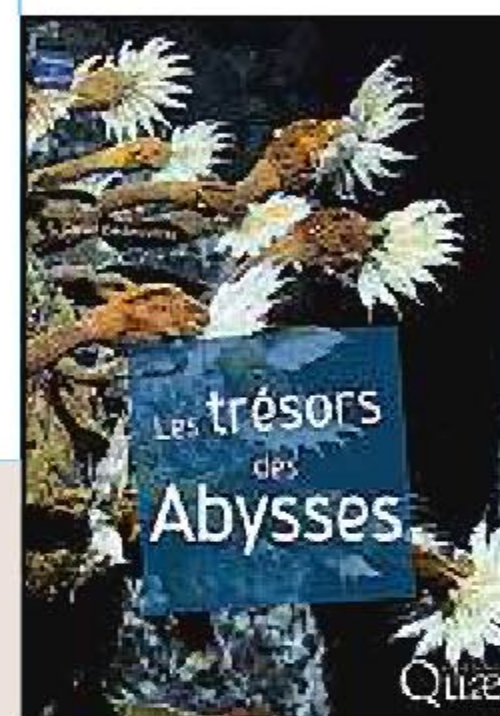
* Marque appartenant à un tiers, n'ayant aucun lien avec Sara Lee Coffee & Tea France.

Consulter notre site internet
www.loresspresso.fr





La petite bible des grandes profondeurs



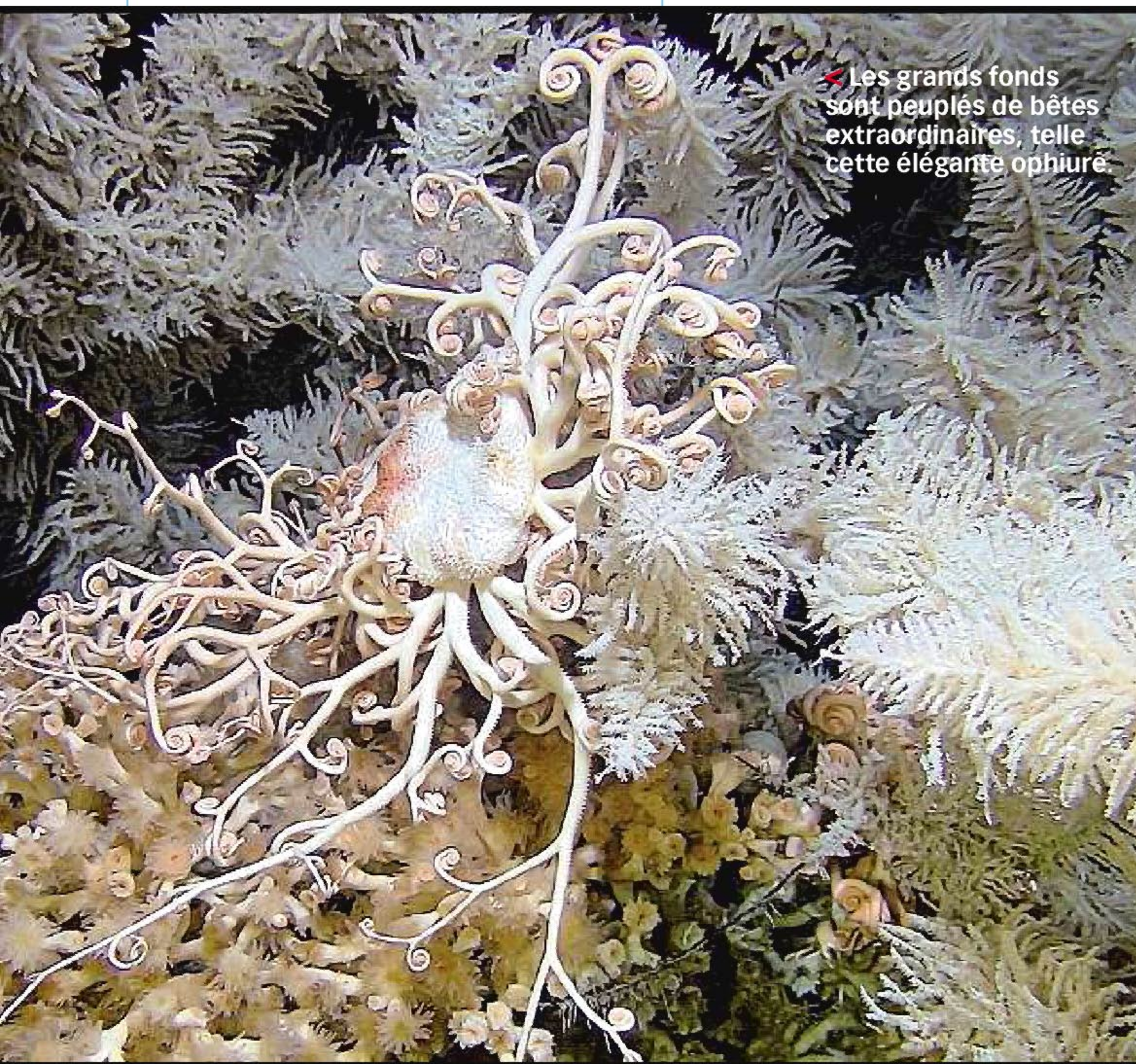
Les Trésors des abysses
Daniel Desbruyères,
Editions Quae,
184 p., 22 €.



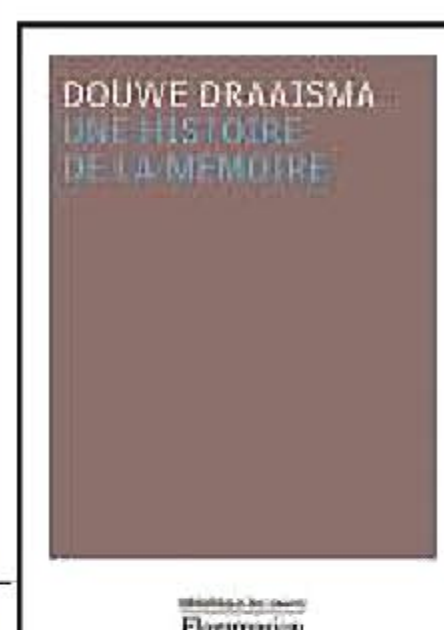
Un sandwich égaré peut parfois se révéler tout aussi démonstratif que quantité de travaux austères.

Preuve en est la manière dont la communauté scientifique a pris conscience de la faible activité microbienne dans les grandes profondeurs océaniques. Tout a commencé le 16 octobre 1968, lorsque le sous-marin Alvin fut surpris par une vague, le capot ouvert. L'engin se remplit d'eau et coula à plus de 1 500 mètres au sud-est du Massachusetts, laissant juste aux pilotes le temps de s'extraire mais condamnant leur pique-nique à la noyade. Un an plus tard, quand l'Alvin fut enfin récupéré, quel ne fut pas l'étonnement des scientifiques de retrouver à l'intérieur des sandwiches au beurre de cacahuètes et à la saucisse de Bologne... assez bons pour être mangés ! L'observation fit même l'objet d'un article dans la très

sérieuse revue Science, rappelle Daniel Desbruyères, merveilleux conteur des abysses. L'ancien chercheur à l'Ifremer, qui a participé à la découverte des sources hydrothermales, signe un livre joliment illustré, particulièrement didactique et passionnant sur la vie dans l'obscurité des océans. Quand l'homme a-t-il exploré ce milieu si hostile ? Comment vit-on sans lumière ? Les grands fonds ne sont-ils peuplés que de vieillards ? Qui sont ces "bêtes extraordinaires", le ver géant Riftia dépourvu de tube digestif, le clam Calyptogena magnifica "de la taille d'un plat à barbe", le ver de Pompéi Alvinella pompejana qui supporte une température de 60 à 80 °C ? Une indispensable petite bible sur le continent sombre et son "peuple de la nuit". **Rafaële Brillaud.**



Les grands fonds sont peuplés de bêtes extraordinaires, telle cette élégante ophiure



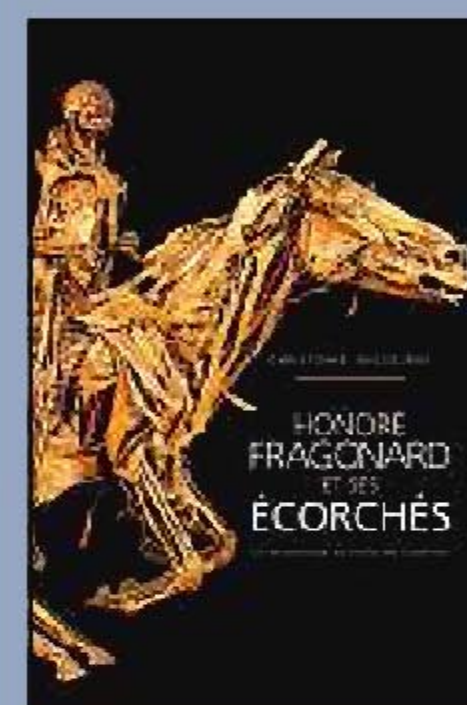
Une histoire de la mémoire
Douwe Draaisma,
Flammarion,
512 p., 26 €.

Du papyrus à l'informatique

Socrate la comparait à une tablette de cire trop molle et qui fond, pour traduire son manque de fiabilité. Freud, lui, parlait d'un "bloc-notes magique", convaincu que même des souvenirs dont il ne reste aucune trace en surface sont conservés à jamais dans les couches les plus profondes. Bref, *"l'histoire de la mémoire à travers les métaphores qui la racontent ne cesse de faire apparaître*

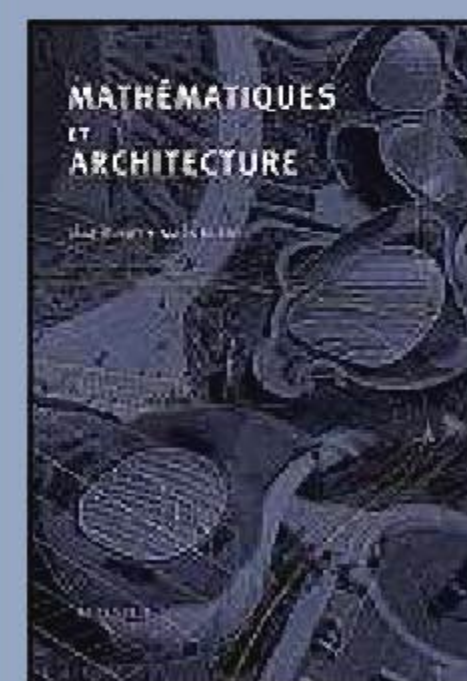
des mémoires différentes", écrit Douwe Draaisma. En plus, chacun fixe dans les métaphores qu'il applique un peu des préoccupations de son temps. *"Les conceptions que nous nous faisons du processus de mémorisation se nourrissent des techniques inventées pour conserver et reproduire l'information"*, ajoute le professeur de théorie et d'histoire de la psychologie à l'université de Groningue (Pays-Bas). Autrement dit, les "mémoires artificielles", papyrus, photographie ou informatique modèlent nos interprétations: on "grave" un événement dans notre esprit ou on "l'efface"... Avec verve, Douwe Draaisma relate des siècles de discussions scientifiques autour de la mémoire. **R.B.** ♦

Et aussi...



SECRETS D'ÉCORCHÉS

Honoré Fragonard voit désormais son œuvre exposée dans les musées. Pourtant, les écorchés de l'anatomiste des Lumières, cadavres d'animaux disséqués et momifiés dont ce livre donne le secret de fabrication, étaient à l'origine voués à l'étude. Le récit d'un épisode méconnu de l'histoire des sciences. **R.B.**
"Honoré Fragonard et ses écorchés", RMN, 160 p., 39 €.



ÉDIFICES EN MATHS

Qu'y a-t-il derrière le moucharabieh du Louvre d'Abou Dhabi ou les surfaces courbes du

Disney Concert Hall à Los Angeles? Des mathématiques, utilisées comme source d'inspiration ou comme outil pour résoudre des problèmes, qui ont influencé nombre de projets architecturaux depuis les années 1990. Une belle démonstration en images. **R.B.**
"Mathématiques et architecture", Actes Sud, 272 p., 42 €



PARCOURS QUANTIQUES

Entrecoupés de portraits noir et blanc, soixante-quinze physiciens quantiques se prêtent au jeu de l'écriture, évoquant leur parcours, leurs recherches, leur vision du monde ou leurs questionnements. En dépit de textes inégaux, c'est l'occasion, rare, d'approcher des hommes et femmes peu communs. **R.B.**
"Le Plus Grand des hasards", Belin, 224 p., 20 €.

SCIENCE & VIE

présente

LE CORPS HUMAIN COMME VOUS NE L'AVEZ JAMAIS VU !

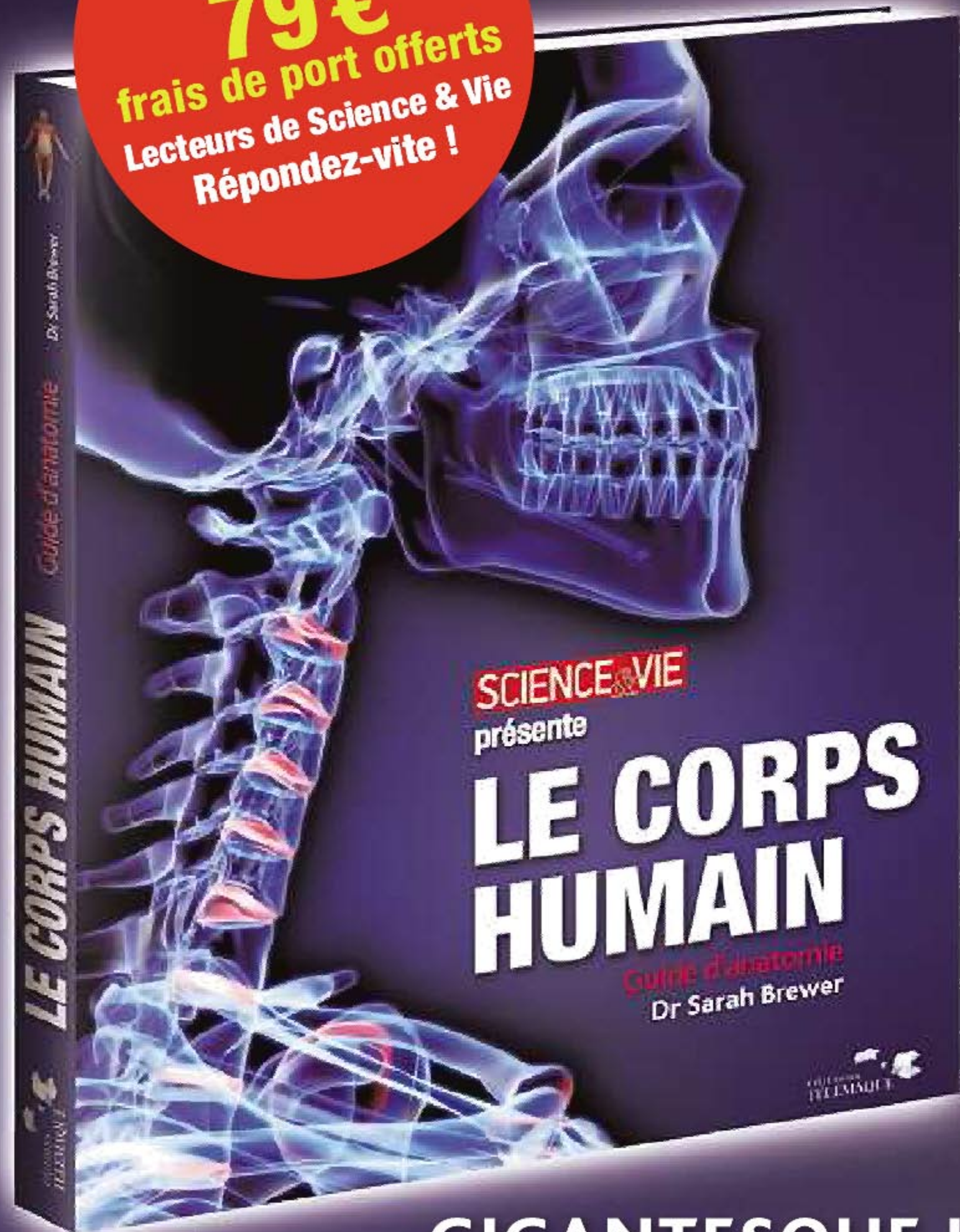
Une référence absolue en anatomie.

Un magnifique ouvrage pour tous, étudiants, praticiens ou simples passionnés de biologie humaine.

OFFRE
SPÉCIALE

79€

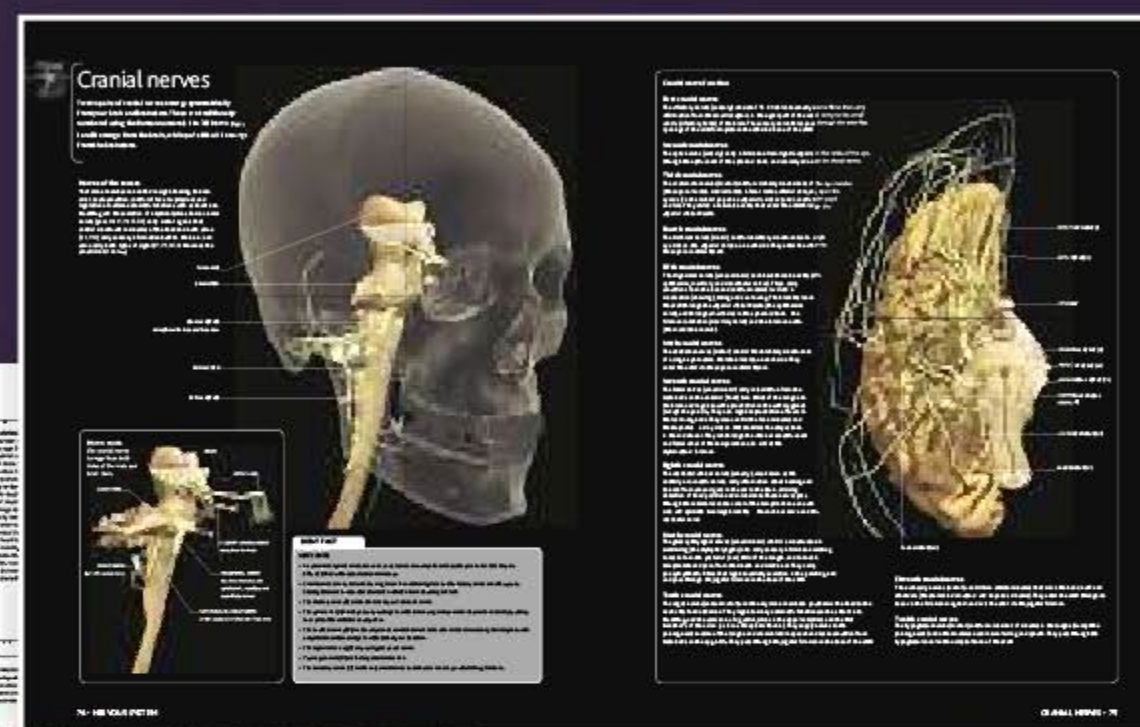
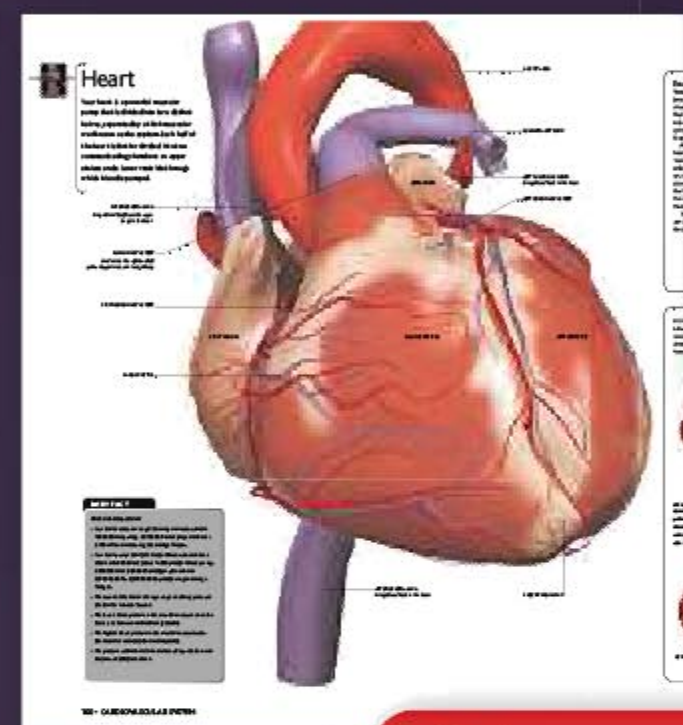
frais de port offerts
Lecteurs de Science & Vie
Répondez vite !



GIGANTESQUE !

Grand format : 35,3 x 43 cm – 4 kg !

176 pages, plus de 400 illustrations

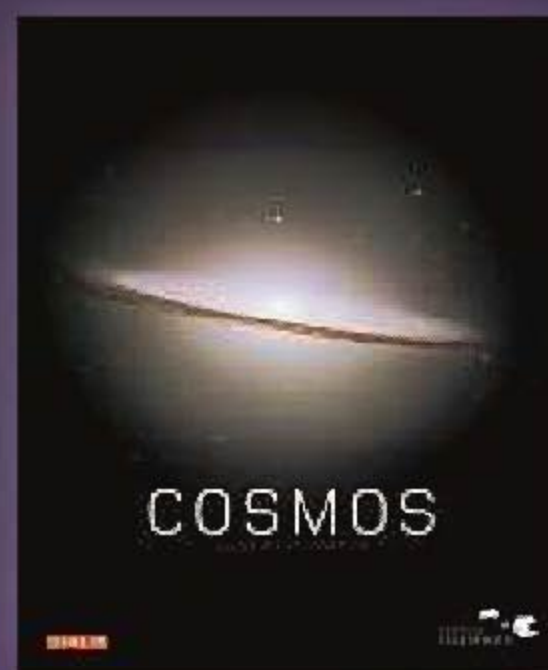


Découvrez les images du livre sur
www.science-et-vie.com

« Ce superbe ouvrage constitue le point de départ
le plus actuel des démarches entreprises afin d'offrir
une vision du corps humain... »

Axel Kahn, pdt de l'université Paris Descartes

DANS LA MÊME COLLECTION



BON DE COMMANDE

Complétez et retournez votre bon accompagné de votre règlement dans une enveloppe non-affranchie
à Science & Vie – Service VPC – 1, rue du Colonel Pierre Avia — 75503 Paris CEDEX 15

Oui, Je désire commander _____ exemplaire(s) de **LE CORPS HUMAIN** au prix de souscription de **79€ l'unité (frais de ports offerts)**

Mes coordonnées :

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Complément d'adresse (résidence, lieu dit, bâtiment) : _____

Code Postal : _____ Ville : _____

Téléphone : _____ E-mail : _____

☐ J'accepte que mon n° de téléphone et mon e-mail soient transmis à des partenaires

Mode de règlement :

☐ chèque bancaire ou postal à l'ordre de Science & Vie

☐ carte bancaire n° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Expire le : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Code crypto : | | | | | (les 3 chiffres au dos de votre CB)

Date et signature obligatoires

Offre valable dans la limite des stocks disponibles en France métropolitaine jusqu'au 31/10/2010. Conformément à la loi informatique et liberté 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. L'ouvrage vous sera adressé dans un délai de 4 à 6 semaines dès réception de votre règlement et dans la limite des stocks disponibles. RCS Paris B576134773. Pour toute information complémentaire, notre service client se tient à votre disposition au 01 46 48 47 18.

611 798



FESTIVAL

Le développement durable fait son spectacle

"Planète en tête" n'est pas qu'un nouveau venu dans le monde des festivals consacrés au développement durable avec ses classiques débats entre public et experts, car il a ceci de particulier que la sensibilisation au développement durable passe avant tout par le spectacle. D'ailleurs, ce festival est organisé par le Théâtre des sources de Fontenay-aux-Roses. Sur une semaine entière, Planète en tête propose spectacle de marionnettes, conte musical, pièces de théâtre, et film d'animation. La compagnie Tàbola Rassa propose, par exemple, une version modifiée de L'Avare de Molière où la richesse d'Harpagon n'est plus l'or mais l'eau. Un parti pris ludique qui n'enlève rien au sérieux des



messages délivrés et qui concernent aussi bien l'état de la planète, que les solutions pour réparer ce qui a été dégradé, ou celles qui permettront de préserver les trésors encore intacts. Pensez à réserver car les places sont limitées. **Er.H.**

"Planète en tête", à Fontenay-aux-Roses, du 24 au 29 janvier. Rens. : www.theatredessources.fr

EXPOSITION

Polar préhistorique

Le Muséum d'histoire naturelle de Toulouse accueille une exposition-événement consacrée à la préhistoire et aux nombreuses sciences et techniques qui ont permis de retrouver les origines de l'humanité. "Préhistoire(s) l'enquête" plonge le visiteur dans une ambiance de laboratoire d'analyse où il découvre comment les scientifiques font parler les différents éléments retrouvés sur les sites de fouilles. Au centre de l'exposition ; la sépulture de Téviec datant du Mésolithique

et dans laquelle on a retrouvé deux corps massacrés avant d'être soigneusement enterrés. On se retrouve donc dans la peau d'un enquêteur chargé d'élucider un crime. Cinq pistes sont à suivre et permettent de découvrir ce que sont l'étude des fossiles, les prélèvements d'ADN, les datations, la reconstitution de l'environnement technique, social et même naturel de nos lointains ancêtres. La progression dans l'enquête est l'occasion de découvrir quelques-uns des plus beaux trésors archéologiques de France et même du monde.

Er.H.

www.museum.toulouse.fr





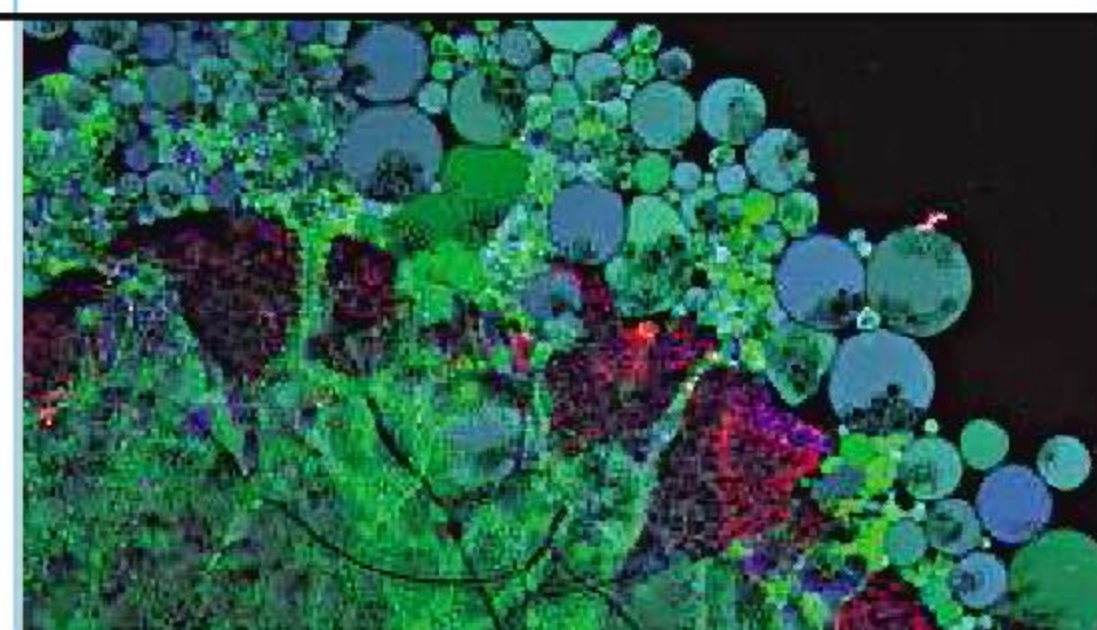
DVD

Enquête sur un rongeur envahisseur

Albert Einstein pensait que si les rats pesaient 20 kg ils seraient les maîtres du monde. Mais même avec leur poids plume, les rats ont réussi à bâtir un empire aussi vaste que le monde. Aucun obstacle ne semble pouvoir les arrêter. Pas même les océans puisque, comme nous l'apprend ce

documentaire du CNRS, 80 % des îles de la planète sont déjà colonisées. Le film s'intéresse aux différentes étapes de cette invasion et à ses conséquences environnementales. **Er.H.** 🍷

"Les rats, pirates des îles", film de Pierre-Emmanuel Chaillon et d'Eric Vidal, CNRS-Images. Rens.: <http://videothèque.cnrs.fr>



EXPOSITION

Art scientifique

Cette exposition aurait sa place dans des revues d'art tant les images sont somptueuses. Pourtant il s'agit bel et bien d'images scientifiques, toutes réalisées par les ingénieurs et techniciens de la plate-forme Imagerie de l'Institut Jacques-Monod. Au menu: clichés de microscopie cellulaire et de traceurs qui permettent de voir l'invisible en révélant des détails de quelques centaines de nanomètres seulement. Véritablement splendide. **Er.H.** 🍷

"Abstractions: la cellule en couleurs", au Palais de la découverte, jusqu'en avril 2011. Rens.: www.palais-decouverte.fr

DVD

Hommage au sphinx

C'est la plus colossale des statues jamais créée par l'homme et aussi l'une des plus énigmatiques. On ne sait, avec certitude, ni de quand elle date, ni qui en a commandé la construction. Deux éminents égyptologues, Zahi Hawass et Mark Lehner, nous racontent l'histoire de la construction du sphinx et de ses multiples restaurations dont la plus ancienne remonte à l'antiquité égyptienne. **Er.H.** 🍷

"Les Enigmes du sphinx", film de Gary Glassman et Christine Le Goff, Arte éditions. Rens.: www.arteboutique.com



Le ciel du mois

Par Serge Brunier

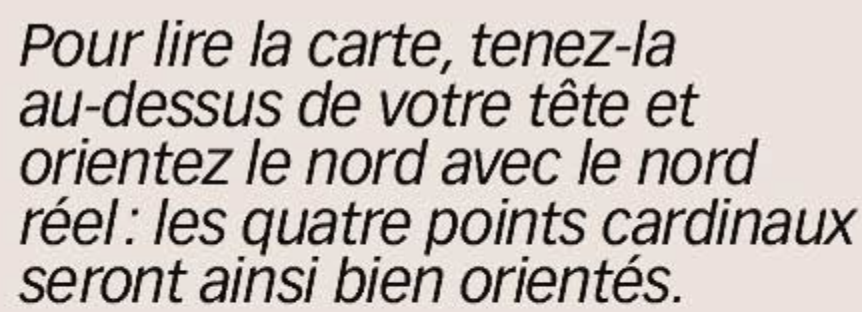


▲ Brillant d'un éclat rouge, Aldébaran permet de repérer le "V" couché.

L'amas des Hyades

C'est l'amas d'étoiles le plus proche de la Terre; très faciles à localiser grâce à un très brillant repère, Aldébaran, les Hyades dessinent un vaste V couché dans la constellation du Taureau. Si ses étoiles sont trop pâles pour être perceptibles en ville, en revanche, une douzaine d'entre elles sont visibles à l'œil nu, sous un ciel de campagne. Mais attention: Aldébaran, qui brille d'un éclat rouge au beau milieu du groupe, est en réalité deux fois plus proche que l'amas: sa distance est de 65 années-lumière, contre 150 années-lumière pour les Hyades. Celles-ci comptent près de quatre cents étoiles, nées toutes ensemble, d'une même nébuleuse. Parmi la quinzaine d'étoiles géantes qui dominent l'amas de leur éclat, cent fois supérieur à celui du Soleil, trois sont passées du stade de géante bleue à celui de géante rouge, ce qui a permis de calculer l'âge de l'amas: environ six cents millions d'années.

Retrouvez la chronique "Du côté des étoiles" sur France Info tous les samedis et sur www.france-info.com



A ne pas manquer... le 4

Le Soleil sera éclipsé par la Lune... dans toute l'Europe et en Afrique, à partir de 8 h 40. Malheureusement, cette éclipse étant partielle, elle ne provoquera pas de baisse de luminosité sensible du ciel et du paysage et les étoiles ne seront pas visibles. Surtout, le Soleil demeurera aveuglant et ce phénomène devra donc être suivi seulement à l'aide de lunettes spéciales, que l'on peut trouver dans les magasins de matériel astronomique: ne fixez jamais le Soleil à l'œil nu! A 10h51, lors du maximum de l'éclipse, le Soleil sera couvert entre 60 et 75 % par la Lune.

2011 > JANVIER > SCIENCE & VIE 135



DOCUMENTS

Sur les traces d'Howard Carter

Le journal "intime" du découvreur de la tombe de Toutankhamon est en ligne. Howard Carter, l'archéologue britannique qui eu la chance de découvrir en Egypte, le 4 novembre 1922, une tombe royale totalement inviolée depuis plus de 3000 ans tenait un journal. Il y rend compte de l'avancée des fouilles au jour le jour et y consigne ses difficultés, ses réussites et ses impressions devant les merveilleux trésors du plus célèbre des pharaons. Ces précieuses archives couvrent les neuf campagnes de fouilles



que l'archéologue mena entre 1922 et 1930 dans la tombe du pharaon et contiennent aussi les schémas et les dessins exécutés par Carter lui-même ainsi que les photographies qu'Howard Burton réalisa à l'époque. Un véritable trésor donc. Le tout étant bien évidemment en anglais.

Er.H.

www.griffith.ox.ac.uk/gri/4tut.html


PODCAST

Chimie culinaire

N'en déplaise aux fins gourmets, la cuisine est aussi affaire de physique et de chimie, selon Hervé This, spécialiste de gastronomie moléculaire au Laboratoire de chimie d'AgroParis-Tech à Paris. La dernière mouture de ses cours est en ligne et vous y découvrirez la théorie du soufflé, celle des œufs en neige, la meilleure façon de cuire un cochon de lait, etc. **Er.H.**

<http://podcast.agroparistech.fr/users/gastronomiemoleculaire>

ACTUALITÉS

Catastrophes en direct

Un site pour tout savoir des catastrophes naturelles qui ont lieu en France et à l'étranger. A la une, les événements, éruptions, tornades, séismes, pluies diluviennes qui viennent de se dérouler. Mais aussi une carte du monde façon Google Maps sur laquelle apparaissent les événements des 7 derniers jours. Bref, toute l'actualité des catastrophes naturelles en cartes, schémas, rapports, bilans, statistiques et vidéos. **Er.H.**

www.catnat.net


BASE DE DONNÉES

15 000 jeux vidéo classés

Même les jeux vidéo ont leurs laboratoires spécialisés. Ludoscience est l'un d'eux. Ses chercheurs ont mis au point une classification de plus de 15 000 jeux vidéo parmi lesquels nombre de "Serious Games". Ces simulateurs de la vie réelle sont appliqués à la recherche, à l'environnement, à l'écologie, à la santé mais aussi à la culture, à la politique, etc. **Er.H.**

www.gameclassification.com/FR/games/14857-The-Great-Flu/index.html

Enquête

Cher ami lecteur,

Numéro après numéro, nous mettons tout en œuvre pour mériter votre confiance. Et c'est pour cela qu'aujourd'hui nous faisons appel à vous.

Nous souhaiterions vous associer à notre réflexion sur Science & Vie dans le but de réaliser des numéros qui correspondent aussi parfaitement que possible à vos attentes et à celles de tous les lecteurs. Aussi souhaiterions-nous vous donner la parole ! Que pensez-vous de Science & Vie en général ? Et de ce numéro en particulier ? Quels articles vous ont attirés et comment les avez-vous appréciés ?

Lisez votre magazine comme d'habitude et ayez la gentillesse de participer à notre enquête quand vous aurez lu ce numéro, si possible dans les prochains jours.

Pour participer, rendez-vous sur www.enqueteSV.fr

Nous avons vraiment besoin de vos réponses, qu'elles soient critiques ou élogieuses, que vous ayez lu beaucoup d'articles dans ce numéro ou très peu. Votre aide nous est précieuse.

Très cordialement.

Matthieu Villiers
Directeur de la rédaction

La rédaction de **SCIENCE & VIE** a besoin de vous !

Que vous connaissiez très bien Science & Vie ou très peu (même si vous le lisez pour la première fois), votre avis nous intéresse !

Répondez à notre enquête sur www.enqueteSV.fr

et participez à l'amélioration de Science & Vie !



Qu'est-ce qui vous a déjà fait changer d'avis ?

Quand on chiffre un message, on imagine soit s'opposer à un adversaire dont les moyens de calcul sont limités – un ordinateur – soit à un adversaire aux moyens potentiellement illimités – un gouvernement, par exemple. En pratique, on définit une limite à la capacité de calcul que l'adversaire peut mobiliser, avec une grande marge de sécurité. Mais des physiciens ont affirmé qu'on pourrait fonder la cryptologie non plus sur les moyens de calcul, mais sur les lois mêmes de la physique. Je n'y croyais pas beaucoup. J'ai changé d'avis quand j'ai vu la cryptographie quantique concrétisant les prédictions théoriques. Mais je me suis interrogé à nouveau. Un laboratoire a récemment mis en défaut pratiquement tous les dispositifs de cryptographie quantique. Bien qu'étant théoriquement inviolables, ils sont attaquables. La mise en œuvre des lois de la physique passe par de la technologie ; et manifestement il y a un problème lors de la réalisation technologique de ce que la théorie prédit.



Qu'est-ce qui vous semble important et dont on ne parle pourtant jamais ?

On n'entend quasiment jamais le mot "algorithmes". Ça ne parle pas à grand monde. Et pourtant ! Des quantités d'algorithmes se trouvent derrière nombre de gestes de la vie courante. Vous retirez de l'argent : l'automate utilise des algorithmes. Vous réservez des billets ou vous comparez des tarifs aériens sur Internet : *idem*. De quoi s'agit-il ? De la description mathématique d'un programme destiné à être exécuté par un ordinateur. Et ces algorithmes peuvent être très compliqués. S'ils sont mal pensés, mal écrits, toutes ces facilités ne marchent pas. On ne s'intéresse pas à ces "rouages". N'empêche... On va vers un monde où la quantité d'informations utilisées par chacun devient immense. Et cela peut faire peur. En comprenant un peu mieux comment on peut maîtriser et contrôler ce mouvement – grâce aux algorithmes –, en comprenant ce qui sous-tend l'accélération des technologies de l'information, je crois que les craintes s'effaceraient, que ce progrès serait ainsi démystifié.

De quoi êtes-vous sûr sans qu'il soit possible de le démontrer ?

La cryptologie est la science qui permet d'assurer l'intégrité, l'authenticité et la confidentialité des communications et des transactions électroniques, sur la base de fondements mathématiques. En mathématiques, il y a une fort jolie conjecture, qui s'appelle la conjecture "P différent de NP". Pour le dire simplement, elle affirme que ce n'est pas la même chose de deviner la solution

d'un problème et d'avoir simplement à la vérifier quand on vous la fournit. C'est un des sept problèmes "du millénaire" mis en exergue par la fondation Clay. En tant que chercheur, je suis sûr que cette affirmation est vraie. J'en suis d'autant plus certain que si la démonstration inverse était faite, c'est tout un pan de la cryptologie qui s'effondrerait, et... cela m'ennuierait beaucoup ! Mais

je n'ai aucun moyen d'aller au-delà de ma conviction personnelle. Non que je pense que le problème soit indécidable : il y a sans doute une preuve quelque part. Mais l'état de la science ne nous permet pas de répondre. Il a fallu un siècle pour résoudre une des autres conjectures du millénaire. Celle-là a quarante ans... J'ai peu d'espoir qu'elle trouve une solution rapidement.



CHÂTEAU DE VERSAILLES

LE CHÂTEAU DE VERSAILLES PRÉSENTE

SCIENCES & CURIOSITÉS À LA COUR DE VERSAILLES

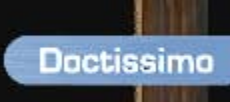
EXPOSITION JUSQU'AU 27 FÉVRIER 2011
VOS BILLETS SUR WWW.CHATEAUVERSAILLES.FR

Grâce au
mécénat de



SAINT-GOBAIN

En partenariat média avec



TOUS LES JOURS, SAUF LE LUNDI, DE 9H À 17H30, DERNIÈRE ADMISSION À 17H-INFORMATIONS ET RÉSERVATIONS AU 01 30 83 78 00

L'OR
ESPRESSO

Goûtez un espresso 100% arabica
à l'arôme unique



Goûtez à la différence.

Pour en savoir plus : www.lorespresso.fr

Compatible avec les machines à café Nespresso®*

*Marque appartenant à un tiers n'ayant aucun lien avec Sara Lee Coffee & Tea France.

