

SCIENCES
ET
AVENIR

Sciencesetavenir.fr

**Incroyables
découvertes
grâce aux
momies**

p.42

DIEU

et

L'UNIVERS

p.24

**Big Bang, apparition de la vie,
sont-ils dus au hasard ?**

M 02667 - 810 - F: 4,30 € - RD



AOÛT 2014 - N° 810 - BELGIQUE : 4,90 € / LUXEMBOURG : 4,90 € / SUISSE : 7,20 FS / AUTRICHE : 4,90 € / ESPAGNE : 5,00 € / ITALIE : 4,90 € / ALLEMAGNE : 6,80 € / PORTUGAL : 4,90 € / GRÈCE : 4,90 € /
GUYANE : 4,90 € / ANTILLES - REUNION : 4,70 € / MAROC : 4,20 MAD / TUNISIE : 6,10 TND / CANADA : 6,99 \$ CAN / ÉTATS-UNIS : 6,99 \$ US / TOM : 730 XPF / TOM (AVIONI) : 1400 XPF

* © PETER WALTHER / IMAGOPHOTO / CONTRASTO / S&P

HP recommande Windows.

Travail, loisir. À vous de choisir.



Présentation de la nouvelle génération

HP Pavilion x360

360° DE POLYVALENCE. UN PRIX UNIQUE.

HP Pavilion x360 11-n000nf équipé de Beats Audio™ et d'un écran tactile. Convertible à 360° avec ses 4 modes d'utilisation.

Ravi de vous rencontrer.



A partir de 399 € TTC*

Make it matter.



Make it matter = Donnez de l'importance.

* Prix public conseillé.

Microsoft et Windows sont des marques déposées de Microsoft Corporation. Toutes les autres marques déposées sont la propriété de leurs détenteurs respectifs. Certaines éditions de Windows 8.1 ne prennent pas en charge toutes les fonctionnalités. Pour profiter pleinement des fonctionnalités de Windows 8.1, le système peut nécessiter la mise à niveau et/ou l'achat de matériel, pilotes et/ou logiciels supplémentaires. Voir www.microsoft.com. Certaines applications sont vendues séparément ; varient selon le marché.

© Copyright 2014 Hewlett-Packard Development Company, L.P.



Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

Pourquoi le monde ?

Avec son compas, le Dieu du mystique William Blake sur la couverture de notre magazine semble bien là pour mesurer le monde. D'ailleurs, nombre d'entre nous n'avons pas oublié ces représentations et métaphores fameuses issues du siècle des Lumières, tels le « Grand Architecte » ou le « Grand Horloger ». Installé là-haut sur les nuages, tout près du ciel et de ses mystères — les étoiles fixes, ces astres errants que sont les planètes et pléthore de météores inattendus —, trône une sorte de grand savant doué de raison qui met de l'ordre dans notre univers. À cet Être suprême, il fut effectivement rendu un culte singulier pendant quelques années de la Révolution, à la fin du XVIII^e siècle. Mais dans notre pays sécularisé, Auguste Comte est aussi passé par là, au siècle suivant. Et selon lui et le courant scientifique, la science — et le progrès qui en découlerait — devait finir par éliminer la croyance. Que ce fût en un dieu d'une religion « naturelle » ou en celui des religions révélées. Exit l'être à longue barbe

blanche. Exit l'irrationnel. Exit les dogmes et textes sacrés dictés par la voix divine... Sauf qu'avec le XX^e siècle, toutes ces visions ont été mises sens dessus dessous. Qui plus est, par la science elle-même. D'où le dossier de ce mois d'août, qui s'attache tout particulièrement à l'irruption, si l'on ose écrire, du Big Bang. Ce grand boum, raillé par l'éminent astrophysicien Fred Hoyle, est devenu, de fait, l'affaire du siècle. Et il ne cesse de résonner en ces débuts du XXI^e siècle où jamais le Cosmos n'a été aussi précisément mesuré. Nous racontons comment a basculé notre appréhension de l'Univers. Comment, d'infini et éternel — ce que pensait Einstein —, il est devenu objet historique, auquel il a semblé possible d'assigner un début, voire une fin. Comment, avec les annonces des astronomes (expansion de Hubble...) et de physiciens théoriciens (atome primitif de l'abbé Lemaître...), les scientifiques ont été bouleversés. Et les théologues aussi. Ce récit nouveau ne faisait-il pas trop penser à la Genèse ? De quoi en offusquer beaucoup (athées) et en

tenter tout autant (concordistes désireux de faire coïncider faits scientifiques et écrits religieux, p. 27). Mélange des genres refusé par tous les autres, croyants compris ! Aujourd'hui, il arrive que la réflexion redevienne radicalement scientifique. Ainsi, celle de Stephen Hawking selon qui « une théorie du Tout permet de se passer de Dieu ». Avec cette affirmation, analyse Jean-François Robredo, professeur de philosophie et historien des sciences, dans son excellent ouvrage *Le Big Bang est-il un mythe ?*, le célèbre physicien britannique « suggère que la théorie du Tout aurait en elle-même une signification pour l'homme. Et donc que, soit Dieu n'existe pas, soit la théorie du Tout est Dieu ! » De quoi faire trembler le pape lui-même. Et nous laisser pantelants devant l'éternelle question : Pourquoi le monde ? Rien ne doit cependant nous empêcher, par une belle soirée d'été, de nous allonger dans un pré parmi les grillons et de contempler, émerveillés, cette obscure clarté qui tombe des étoiles.

* Éd. PUF, 106 p., avril 2014.



33, rue Vivienne 75003 Paris Cedex 02

Tél. : - 01.55.35.56.00. Fax : - 01.55.35.56.04

E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Aline KINER (hors-série) - 01.55.35.56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Adjoint à la rédaction en chef
Laurent PERICONE (édition) - 01.55.35.56.10

Rédactrices en chef adjointes
Andréa DE BEI
(photo-illustration) - 01.55.35.56.31
Stéphane DESMICHIELLE
(pôle digital) - 01.55.35.56.24

Direction artistique
Thierry VERRER (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL
(directeur artistique) - 01.55.35.56.22
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) - 01.55.35.56.07
Mathieu NOWAK (actualités,
rendez-vous) - 01.55.35.56.38

Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental,
sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46

Sylvie RIOU-MILLIOT
(médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter
(archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44
Arnaud DEVILLARD (numérique,
data, généraliste) - 01.55.35.56.27
Marc GOZLAN (médecine bio,
généraliste) - 01.55.35.56.60
Olivier HERTEL (technologie,
futur, décryptage) - 01.55.35.56.03
Sylvie ROUAT
(espace, océanologie) - 01.55.35.56.40
Elena SENDER grand reporter
(biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs
Johan KIEKEN, Loïc CHAUVEAU,
Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL,
Henri-Pierre PENEL

Assistante de rédaction
Isabelle RUDI-HOUET - 01.55.35.56.30 -
irudi@sciencesetavenir.fr

Ont participé à ce numéro
A. BOEHL, L. BRASIER, S. DAMANT, L. FOLLIER,
J.-F. HAIT, P. KALDY, M. KERGOAT, F. LEROY

Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON (1^{er} secrétaire) - 01.55.35.56.17

Maquette
Horia BAHRI - 01.55.35.56.19
Jean-Louis GILABERT - 01.55.35.56.28

Photo-illustration
Isabelle TIRANT - 01.55.35.56.32

Illustration
Sylvie DAOUDAL - 01.55.35.56.20
Betty LAFON - 01.55.35.56.37

Photographe
Karine HUET - 01.55.35.56.25

Pôle digital
Lise LOUMÉ (rédactrice santé) - 01.55.35.56.39
Damien HYPOLITE
(chef de projet infographie) - 01.55.35.56.23
Joël IGNASSE
(rédactrice spécialisée) - 01.55.35.56.15

Hugo JALINIÈRE (rédacteur santé) -
01.55.35.56.52
Erwan LECOMTE
(chef de rubrique) - 01.55.35.56.56

Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) -
01.55.35.56.49
Astrid SAINT AUGUSTE - 01.55.35.56.48

**RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS,
VENTE AU NUMÉRO**
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
33, rue Vivienne, 75002 Paris.
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

Fabrication
Xavier LOTH (directeur de la fabrication)
Stéphanie TERREAU (chef de fabrication)
Pierre LE SECH - 01.44.88.36.27

Informatique
Daniel DE LA REBERDIÈRE - 01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines
Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14
Nathalie TRÉHIN - 01.55.35.56.13

ABONNEMENTS
Tél. : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02
abonnements@sciencesetavenir.fr

Tarif des abonnements :
France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros
+ 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pays étrangers sur demande.

Abonnements Belgique : Partner Press,
tél. : 00.32.2.556.41.40 - www.viapresse.be

PUBLICITÉ
MediaObs, 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : 01.44.88.97.79.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de mediaobs.com

Directrice générale
Corinne ROUGE - 01.44.88.93.70
assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70
Directeur de publicité : Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75
Directrice de clientèle et responsable Web :
Karine GROSSMAN - 01.44.88.99.08
Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57
Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.99.26
Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88.97.58

VENTES
Numéro vert (réservé aux diffuseurs de Paris et aux dépôts)
0.800.24.69.33

Directeur commercial
Jean-Claude ROSSIGNOL - 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe
Pauline COUDERAT - 01.44.88.34.55
Directeur des ventes
Valéry SOURIEAU
Directeur des abonnements
Philippe MENAT - 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54

Relations extérieures
France ROQUE - 01.44.88.35.79

Sciences et Avenir SAS
Président, Directeur de la publication :
Claude PERDRIEL
Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse,
75002 Paris. Tél. : 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.



Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend un Tout-en-Un Objets du mois et un message Challenges jetés sur couverture en diffusion partielle des abonnés. Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par Presstalis.

#TousBranchés



RENAULT ZOE
100 % ÉLECTRIQUE, 100 % CONNECTÉE

CHANGEONS DE VIE
CHANGEONS L'AUTOMOBILE





NASA, ESA, STSC/LIVO

DOSSIER P. 24

Dieu et l'Univers

Pour certains, il est l'œuvre d'une puissance créatrice. Mais des physiciens planchent sur des théories fondées sur le hasard : plongée au cœur des origines du Cosmos.

- 3 Édito par Dominique Leglu
- 7 Courrier

ENQUÊTE

- 10 Méditerranée : le littoral sous la menace

SCIENCES FONDAMENTALES

- 12 **ACTUALITÉS** / Le mont Fuji sous pression après le séisme de 2011 / Le champ magnétique s'affaiblit encore
- 34 Des bactéries embarquées vers Mars
- 38 Gros plan sur l'infiniment petit
- 40 Rosetta va se mettre en orbite autour de sa comète
- 41 Livres

HISTOIRE

- 14 **ACTUALITÉS** / La vie complexe, il y a 2,1 milliards d'années / L'armée de terre cuite modelée d'après de vrais soldats / Deux mausolées reconstruits au Mali
- 42 Le scanner fait parler les momies
- 46 Réalité virtuelle : la machine à remonter le temps
- 49 Livres

NATURE

- 18 **ACTUALITÉS** / Les plantes ont l'ouïe fine / Une nouvelle échelle pour le bruit / Un crustacé voit les rayons ultraviolets
- 50 La bataille du corail
- 54 Les méduses prennent leurs quartiers d'été
- 56 Les oiseaux nous en mettent plein la vue
- 59 La France se lance dans l'éolien flottant
- 59 Livres

SANTÉ

- 20 **ACTUALITÉS** / Le diagnostic d'Alzheimer sera plus simple / Le Pr Séralini republie son étude sur les OGM
- 60 Gare à l'abus de césariennes
- 63 Revue de presse
- 64 Les insectes s'invitent au menu
- 68 Comment réussir ses conserves maison ?
- 70 Un virus de la grippe rendu invincible
- 71 Le froid extrême prolonge la vie des organes
- 71 Livres



Les insectes, un aliment vraiment prometteur ? p. 64
P. NASKRECK/M. P./BIOSPHOTO

HIGH-TECH

- 22 **ACTUALITÉS** / Se faire filmer par son propre drone / Linné, superstar du Net / Un écran tactile pour deux
- 72 Les démineurs au défi des armes chimiques
- 76 Serge Abiteboul, génération numérique
- 78 La microfluidique accélère la création de médicaments
- 80 La réalité virtuelle à portée de carton
- 81 Le robot auto-stoppeur va tailler la route
- 81 Livres



Serge Abiteboul, l'informatique pour terrain de recherche p. 76

DIDIER GOURY / SIGNATURES

SCIENCE PRATIQUE

- 82 Les dispositifs anti-grêle sont-ils efficaces ?
- 84 Test : les chargeurs nomades
- 88 L'observation du ciel d'août
- 90 Rendez-vous
- 92 **Le quiz de l'été**
- 98 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr



Des petites batteries annexes au secours des tablettes et smartphones p. 84

BERNARD MARTINEZ



© Association française des petits débrouillards © Naya de Inserm/Futuroscope : Th. Mauvignier



bientôt chez vous

A l'occasion de ses 50 ans, l'Inserm s'associe au Science Tour conçu par l'Association française des petits débrouillards. Plate-forme numérique, expositions, projections de films, ateliers, venez découvrir le monde de la biologie et de la santé à travers les grandes avancées de la recherche biomédicale.

Septembre

13 Montpellier	24 Paris
20 Nîmes	26 Marseille
Nice	29 Clermont
23 Corte (Corse)	Feurs
	Voiron
	Bourgoin

Octobre

3 Rennes	15 Talence
9 Bordeaux	17 Strasbourg
10 Tarbes	19 Armentières
11 Colmar	

Décembre

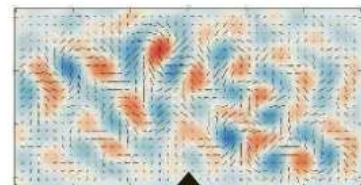
6 Créteil
 Limoges



www.lesciencetour.org

« Pauvre xxi^e siècle ! [...] Sa découverte majeure est décrétée "fait accompli". Circulez, il n'y aura plus rien à voir, de toute sa vie restante rien de plus grandiose que le boson [de Higgs] et la naissance de l'Univers d'une fluctuation quantique [...] En êtes-vous tellement sûrs ? »

Alexandre Aristov (Paris)



BICEP2/COLLABORATION

Onde gravitationnelle primordiale qui aurait pu naître aux tout débuts du Big Bang (*Sciences et Avenir* n° 806, avril 2014).

Courriels à : redaction@sciencesetavenir.fr



« Face à la mer, le repli s'organise »
(*Sciences et Avenir* n° 809, juillet 2014)

Des galets et des épis

Vous parlez des dégâts par manque de galets. Ayant eu une maison [...] près d'Ault [...], je suis surpris que vous ne parliez pas des usines à galets situées sur le hâble d'Ault, à Cayeux-sur-Mer. Dans les années 1970, il n'y avait que deux usines et deux marais sur le hâble. Dans les années 1980 à 1990, les prélèvements sur le hâble se sont multipliés, ainsi que le nombre de marais. Ensuite, des galets ont été directement prélevés sur

les dunes protégeant le hâble. C'était jusqu'à plus de 100 camions par jour.

Dominique Héron (courriel)

S. et A. : Selon le géographe Stéphane Costa, les principaux galets récoltés l'étaient dans des dépôts anciens, en retrait de la côte, car il semble que l'activité soit aujourd'hui bien mieux réglementée. Thomas Dewez, du BRGM, indique qu'à cause du système de courants et d'épis, les galets sont aujourd'hui chassés vers le nord, et que l'entreprise carrière installée justement au nord les récupère pour ensuite recharger les épis plus au sud...

Pesticides tueurs d'abeilles ?

Votre article « Les ruches, victimes des pesticides » (*S. et A.* n° 809) rapporte des effets néfastes des pesticides sur les populations d'abeilles, présentés dans une étude certainement très rigoureuse parue dans une revue à comité de lecture. Néanmoins, le titre conclut un peu vite. En effet, les doses de pesticides utilisées dans l'étude sont-elles représentatives des doses que sont susceptibles de recevoir les ruches dans la réalité ? [...] De plus, si vous souhaitez parler de la surmortalité actuelle des abeilles, [...] vous feriez mieux de vous intéresser aux syn-



REA

thèses de recherches publiées par les organismes qui travaillent sur le sujet depuis plusieurs années, tels que l'Afssa [Agence française de sécurité sanitaire des aliments, aujourd'hui intégrée dans l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail] ou l'Académie d'agriculture de France. Et ce faisant, vous vous seriez rendu compte que [...] plusieurs autres facteurs expliquent les problèmes actuels des abeilles.

Dr Jean-Jacques Ingremeau (courriel)

S. et A. : Cet article très bref, qui reprend deux études concluant que l'exposition aux néonicotinoïdes à faible dose peut expliquer le syndrome d'effondrement des colonies, ne peut refléter toutes les spécificités de ces travaux. Mais nous avons évoqué à de très nombreuses reprises dans nos pages les multiples pistes éclairant la surmortalité des abeilles, notamment dans notre hors-série n° 175, juillet-août 2013.

Microstructures

J'ai été très intéressé, mais aussi désagréablement interpellé par l'article « La nacre, une structure de choc », publié dans le n° 809. [...] Il est erroné d'écrire que les propriétés mécaniques exceptionnelles du nouveau matériau s'expliquent par le fait que « c'est une question de structure ». [...] C'est de « microstructure » que l'on parle ici. [...] Quelles sont ces « plaquettes d'alumine » ? [...] La structure cristalline de l'alu-

mine ne la prédispose pas à présenter une telle microstructure.

Jean-Marie Haussonne, professeur émérite, université de Caen-Basse-Normandie

S. et A. : Vous avez tout à fait raison, et c'est pourquoi nous avons parlé d'« étonnante microstructure » ou de « structure à l'échelle microscopique » pour varier les formulations. Quant aux plaquettes d'alumine, l'article publié dans *Nature Materials* fait référence à des « alumina platelets », et c'est aussi le terme employé par les chercheurs lors de notre enquête.

Méditerranée : le littoral sous la menace

Avec l'augmentation de l'intensité des tempêtes et la montée des océans, le risque de submersion de la côte méditerranéenne est avéré. Des stratégies de défense et de repli sont en cours d'élaboration. Deuxième volet de notre enquête.

PAR
Rachel Mulot

« **O** NA EU LA GUERRE, ils auront les submersions. À chaque génération ses problèmes. » C'est ce qu'une octogénaire, résidente permanente de Palavas-les-Flots (Hérault), a répondu à des sociologues montpelliérains enquêtant sur la perception des risques en Languedoc-Roussillon. Après elle, le déluge ? C'est possible... D'ici à 2060, avec la montée du niveau de la mer, la hauteur de l'eau lors des tempêtes pourrait augmenter de 40 centimètres dans cette région de la Méditerranée, si l'on extrapole les données du Giec, le Groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Et leurs effets pourraient être plus ravageurs, concernant une surface comparable à celle que noient déjà les tempêtes survenant tous les cin-



quante ou cent ans, estiment des études du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), submergeant routes et maisons. Avec ses 130 kilomètres de plages sableuses, le golfe du Lion, une des baies ouvertes les plus importantes d'Europe, est ainsi particulièrement exposé aux submersions marines et à l'érosion. La mer y a mangé 260 hectares (l'équivalent de 364 terrains de football) depuis 1954, et des cartes détaillées de ces aléas ont été réalisées entre 2007 et 2013*. « Avec ses côtes archi-bétonnées, la

Méditerranée va devoir livrer une bataille lourde d'enjeux, commente un politique héraultais. Stratégiquement, il est aussi important de savoir où maintenir ses défenses que de se préparer à se replier. »

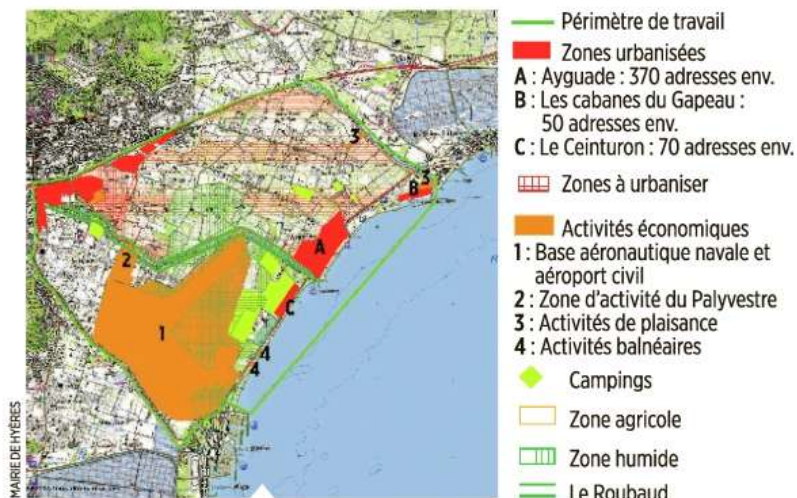
Justement, la commune de Vias (Hérault), dont la population passe de 5 500 habitants l'hiver à 60 000 l'été, réfléchit au réaménagement de toute sa « côte ouest », soit 450 hectares situés en zone de submersion et d'inondation, soumis à forte érosion. Ce territoire concentre la moitié des hébergements de plein air de la région, avec 3350 emplacements de camping, ainsi que la moitié des « cabanes » du Languedoc-Roussillon, soit 3000 parcelles hébergeant 150 familles en permanence. Comme Ault la picarde (*lire S. et A n° 809, juillet 2014*), Vias la languedocienne est devenue l'un des cinq sites pilotes français expérimentant une « relo-

BETTY LAFON

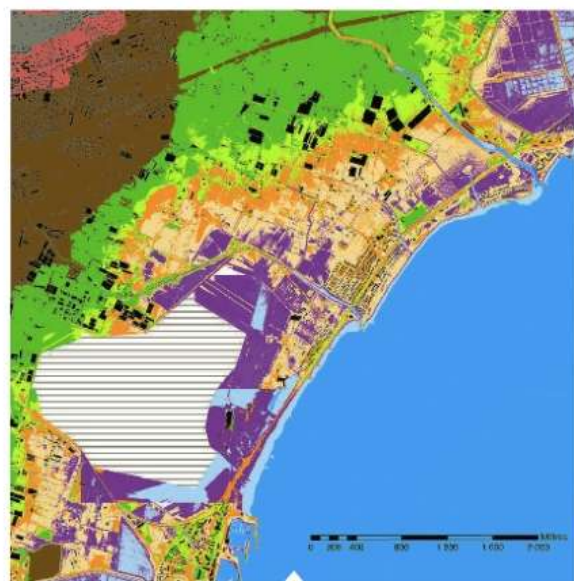


Le port de l'Ayguade, à Hyères (Var), noyé après des pluies torrentielles en janvier. La commune réfléchit, avec le concours de l'État, à un plan de relocalisation des activités et des biens de sa plaine menacée de submersion. Une expérimentation qui intéresse le monde entier.

Face aux inondations, des enjeux stratégiques à Hyères



Zones d'activités sur la plaine côtière du Ceinturon (Hyères). Cette carte préliminaire doit être complétée par des études.



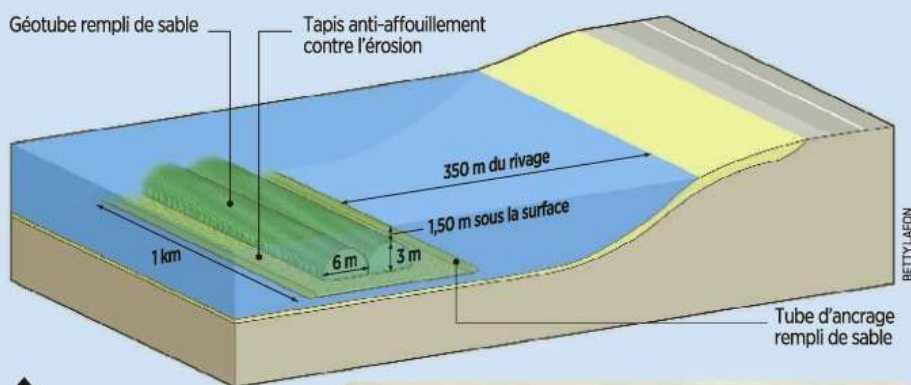
Les zones inondables ont été délimitées sur cette carte topographique de la plaine du Ceinturon. Trois grandes parties se distinguent, en fonction de leur degré de vulnérabilité face à la mer : celle comprise au niveau ou sous le niveau de la mer (en bleu). Celle potentiellement la plus sensible aux phénomènes de submersion (en violet), où le risque est le plus proche dans le temps ; elle est comprise entre le niveau de la mer et 1 mètre NGF*. Enfin, les zones basses potentiellement sensibles à long terme aux phénomènes de submersion (en jaune et orange) : elles sont comprises entre 1 mètre NGF et 2 mètres NGF. Cette carte sera bientôt complétée par une cartographie à haute résolution des zones de submersion à l'horizon 2030 et 2100, avec des niveaux marins surélevés de 20 à 60 cm.

* Nivellement général de la France, le niveau zéro étant le marégraphe de Marseille.

calisation des activités et des biens » dans le cadre de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. Il y est envisagé de reconstituer le cordon dunaire, de déployer des zones vertes et de réaménager l'espace en concertation avec la population. Dès 2015, certains campings pourraient reculer de quelques dizaines de mètres. Mais chut... Les avant-projets sont encore confidentiels,

le sujet reconnu « sensible ». « Au temps de l'insouciance, des années 1960 à 1980, ont succédé les tensions. Nous entrons désormais dans le temps des négociations, souligne Henry Ollagnon, d'AgroParis-Tech, qui a mené des audits sur le terrain. *Vias fera jurisprudence : c'est donc un enjeu local, intercommunal et national.* » Même prudence du côté d'Hyères-les-Palmiers, autre site

Des géodigues pour atténuer la houle



▲ **Sète, dans l'Hérault, expérimente** une digue immergée d'un kilomètre de long. C'est l'une des technologies les plus prometteuses pour atténuer la houle qui arrache le sable lors des tempêtes.

► **L'impact de ces boudins de géotextile** — ici lors de leur immersion en 2012 — est mesuré par des chercheurs du BRGM. La plage tend à s'élargir et résiste mieux aux aléas climatiques.



BETTY JAFON

S. A. M. TRACOMAR

► d'expérimentation. Une route de deux kilomètres est menacée d'érosion sur la plaine côtière du Ceinturon (voir les cartes p. 9). La question de sa pérennité à certains endroits est posée. Au-delà, de nombreux biens et activités sont potentiellement menacés : un village de bord de mer, des activités balnéaires, mais aussi des habitats agricoles, un aéroport civil, une base aéronautique navale, des réseaux d'alimentation ainsi que des zones humides... Les risques d'érosion — jusqu'à 0,5 mètre par an de recul en moyenne de 1972 à 2003 — sont connus, pas ceux de submersion. La municipalité a donc décidé de faire réaliser une cartographie ambitieuse originale de cet aléa marin à l'horizon 2030 et 2100, avec des niveaux surélevés de

50 cm

Le recul moyen annuel par érosion de la côte à Hyères de 1972 à 2003. Le risque de submersion à l'horizon 2030 et 2100 sera bientôt précisé avec une haute résolution.

20 à 60 centimètres. Le BRGM l'a bouclée en juillet, mais elle ne sera pas rendue publique avant son analyse par les services de la ville. « Nous avons travaillé sur des scénarios de tempêtes trentennales, cinquantennales et centennales. Et ce, avec une haute résolution — à 2 mètres près — et en tenant compte des effets des bâtiments sur la propagation des écoulements lors du phénomène de submersion », explique le géologue Alexis Stépanian, du BRGM Paca. On pourra donc distinguer les zones les plus immédiatement et gravement menacées. Ce qui donnera du poids aux autorités pour hiérarchiser les priorités, discuter avec les personnes en danger, et décider des endroits trop périlleux à défendre. « On ne peut plus se borner à une culture de la réparation et de l'assistance

post-crise, approuve le géographe Stéphane Costa, président de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. Il faut développer une culture du risque et de l'anticipation. »

Un message adapté à chaque type de population

Et il y a du travail, à en croire Hélène Rey-Valette, de la faculté d'économie de Montpellier, qui a déjà mené six enquêtes sur le sujet auprès d'habitants du littoral et travaille actuellement sur Hyères. « Il faut des messages adaptés à différents types de population, avertit-elle. Jusqu'à présent, nous observons un déni, surtout chez les personnes âgées ou peu éduquées, contrairement aux jeunes actifs. Bien entendu, les gens qui bénéficient d'une vue sur la mer ont du mal à accepter, contrairement aux résidents situés en seconde ligne, ou aux excursionnistes qui y voient une opportunité. » Ces derniers ont compris que, faute de faire reculer les lignes de béton, ce sont les plages qui finiront par disparaître. Quid des propriétaires qui pensaient leur vue imprenable ? Si les autorités peuvent racheter progressivement les biens menacés en y laissant leurs occupants jusqu'à une échéance convenue (40, 60 ans ?) avant de les détruire, l'abandon sera peut-être moins amer. C'est l'une des pistes explorées par la juriste Marie-Laure Lambert, de l'université d'Aix-Marseille. « Nous ne sommes qu'au début de la réflexion sur l'indemnisation, voire de nouvelles formes de propriété ou d'usages sur le littoral », prévient-elle. D'ici là, comment défendre efficacement la côte ? Les ouvrages en dur aux effets dévastateurs (lire S. et A n° 809 et l'interview ci-contre) sont désormais délaissés pour des techniques plus douces, comme le rechargement en sable, le drainage des plages (Saint-Raphaël, Sète) ou les digues immergées (Cannes,

le cap d'Ail, Hyères). Sur le lido de Sète-Marseillan, on expérimente ainsi depuis mars 2013 la plus grande « géodigue sous-marine » d'Europe, soit des tubes en géotextile lestés de sable et déployés sur un kilomètre au large de la plage. « Cette technologie apparaît comme l'une des plus prometteuses pour atténuer la houle qui vient arracher le sable lors des tempêtes », explique François Commeinhes, président de Thau agglo.

Retrouver la plage sous les pavés

Les premiers essais, à Cannes en 2007, s'étaient révélés piteux : l'effet principal du tube immergé avait été de retenir les déchets flottants. À Sète, le BRGM de Montpellier suit l'évolution de la plage à l'aide d'un système vidéo. « Les résultats restent préliminaires car nous n'avons pas eu de grosses tempêtes depuis 2013, précise Yann Balouin, du BRGM. Nous observons néanmoins que la plage tend à s'élargir et à mieux résister aux coups de vent. »

Surtout, de tels ouvrages sont réversibles, quoique massifs. À Sète, un mètre linéaire de tube pèse une trentaine de tonnes, les tubes faisant plus de 20 mètres d'un seul tenant. « Ces techniques ne proposent qu'un "espace de respiration" temporaire », tempère Andrew Cooper, spécialiste des côtes à l'université d'Ulster, en Irlande (lire l'interview ci-contre). Leur utilisation donne un faux sentiment de sécurité et nie le fait que les côtes ont besoin d'espace. Si nous le leur donnons, elles feront de très bons tampons contre les tempêtes. » Son leitmotiv ? « Sous les pavés, retrouvez la plage. » Une révolution qui risque de prendre quelques décennies.

* sciav. fr/810submersion ; sciav. fr/810erosion

Lire aussi le premier volet de notre enquête « Manche, Atlantique : face à la mer, le repli s'organise » (S. et A. n° 809).



INTERVIEW

ANDREW COOPER

PROFESSEUR D'ÉTUDES CÔTIÈRES À L'UNIVERSITÉ D'ULSTER, IRLANDE *

« Il faut s'adapter et non résister à n'importe quel prix »

Face à la menace de submersion des côtes, quelles sont les initiatives pionnières ?

Aux États-Unis, la Caroline du Nord et le Maine ont décidé d'interdire la construction d'ouvrages en dur pour protéger les côtes des assauts de l'Atlantique. Les habitants renoncent à construire dans ces zones : la plage peut ainsi se régénérer. Car le problème ne réside pas dans les mouvements de la plage, mais dans l'édification d'habitations sur cet espace mobile. En Grande-Bretagne et en France, le National Trust et le Conservatoire du littoral expérimentent des projets dans lesquels les activités humaines n'interfèrent pas avec les processus naturels. C'est un grand pas en avant. Mais jusqu'à présent, seuls des terres agricoles, des polders, quelques routes ont été « rendus à la mer », y compris aux Pays-Bas. Les expérimentations innovantes de « relocalisation des activités et des biens » menées par certaines communes de France sont donc particulièrement encourageantes. Je suis impatient d'en voir les résultats.

L'ingénierie des digues telle qu'elle a été développée au Pays-Bas est-elle la solution ?

Les Néerlandais, acculés sous le niveau de la mer, ont la chance d'avoir une économie développée, des siècles d'ingénierie et une offre naturelle énorme de sable dans la mer du Nord. Ils se sont abrités derrière des digues. Mais leur modèle, non durable, ne doit pas être exporté. Parfois, via des subventions, certains pays ont abandonné des méthodes traditionnelles (maisons démontables, surélevées, déplacement avec le trait de côte) pour bâtir en dur. Le résultat a été désastreux, comme à Zanzibar. Il faut désormais s'adapter, et non résister à n'importe quel prix. Aucune

construction en dur n'aurait pu empêcher l'impact de l'ouragan Irene en 2011, aux États-Unis, où les flots ont emporté routes et maisons, faisant 55 morts. De même en France en 2010 avec la tempête Xynthia, tout aussi meurtrière, où des digues ont rompu dans plusieurs localités, comme à la Faute-sur-Mer. Même là où existent des ouvrages de défense, nous devons nous attendre à d'importants dommages.

Comment choisir ce qu'il faudra défendre ou abandonner ?

Les sociétés défendront en priorité les enjeux majeurs, comme les ports et les centrales nucléaires, et disposeront de ressources moindres pour la population et les habitations individuelles. Ces choix doivent donc être envisagés dans une perspective stratégique et mis en œuvre à travers une planification adaptée. Évidemment, nul ne pourra admettre que des villes entières – comme Miami – soient noyées sous les flots. Dans un environnement moins développé, en revanche, l'adaptation est possible. Mais une prise de conscience s'impose pour faire évoluer les mentalités. Ainsi, en Grande-Bretagne, ce sont les contribuables qui financent les ouvrages de protection des villas de nouveaux riches russes situées en bord de mer. La situation pourrait évoluer si ces citoyens prenaient conscience qu'ils financent non seulement la vue imprenable de milliardaires, mais aussi la destruction des plages et du littoral, à leurs dépens. Enfin, si les particuliers devaient supporter les coûts de protection de leur habitation ainsi que l'impact des ouvrages de défense de l'environnement, on pourrait s'attendre à ce que la situation évolue favorablement.

Propos recueillis par R. M.

* Dernier ouvrage paru : *The Last Beach*, Duke University Press, 2014.

Un satellite pour mesurer le CO₂

ENVIRONNEMENT Le satellite de la Nasa OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory) a été mis en orbite le 2 juillet après plusieurs reports de lancement. Sa mission : effectuer un bilan du CO₂ dans l'atmosphère de la Terre en repérant les régions qui émettent (sources) et celles qui absorbent (puits) le carbone. **A. Kh.**

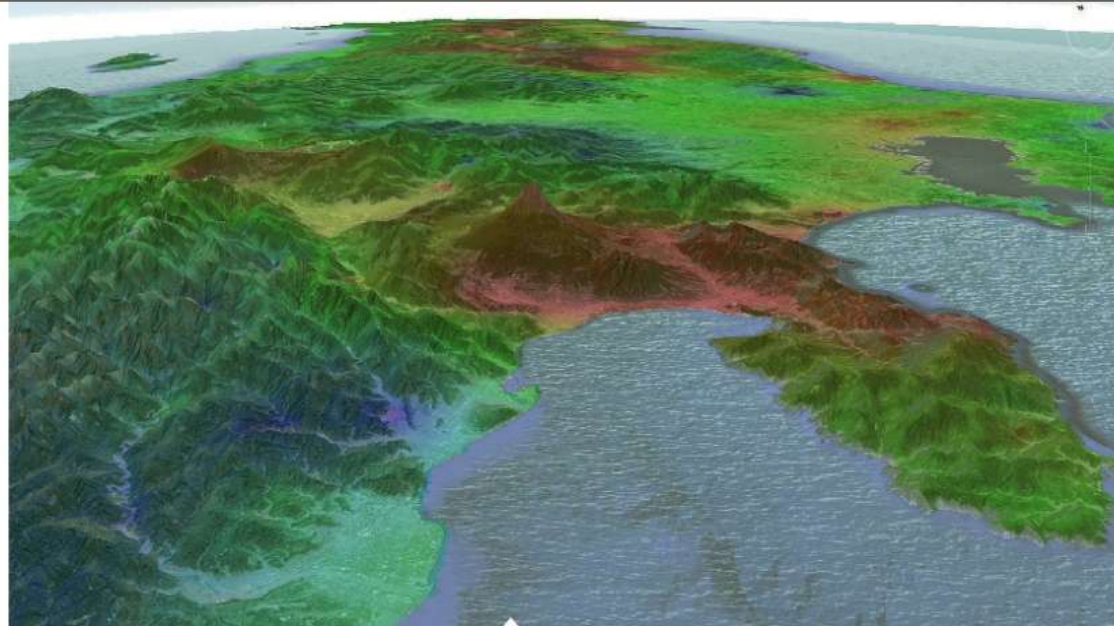
La coupe du monde a fait trembler la Belgique

SISMOLOGIE En sautant de joie (ou de désespoir), les supporters de foot font trembler la Terre. Le 1^{er} juillet, les sismologues de l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle, ont enregistré les secousses à 500 m d'un écran géant, alors que l'équipe belge affrontait les États-Unis en coupe du monde. Ils en ont observé lors du premier but, du second, lorsque l'équipe américaine a marqué, et à la fin du match lorsque les Belges, ayant gagné (2-1), ont laissé éclater leur joie. **A. Kh.**



Les sismographes ont enregistré les buts belges (1 et 2) et américain (3) et la joie d'après match (4).

ROYAL OBSERVATORY OF BELGIUM



La carte illustrant les anomalies de vitesse du bruit de fond sismique au Japon montre des zones sous pression (en mauve) après le séisme de Fukushima, comme la région du mont Fuji.

Le mont Fuji sous pression après le séisme de 2011

Le tremblement de terre de Fukushima a modifié la structure du volcan, fragilisant sa stabilité.

VOLCANOLOGIE Il faut surveiller de très près le mont Fuji, avertit une équipe franco-japonaise. Situé à une centaine de kilomètres de Tokyo, l'édifice volcanique a subi de plein fouet les ondes sismiques générées par le grand tremblement de terre de Tohoku, le 11 mars 2011, à l'origine de la catastrophe de Fukushima. « Au sein du réservoir volcanique, des fissures ont dû s'ouvrir, d'autres se déformer, fragilisant la stabilité du volcan », explique Florent Brenguier, de l'Institut des sciences de la Terre de Grenoble. Certes, aucune éruption ne s'en est ensuivie, mais la structure intime du volcan a changé.

« L'analyse du bruit de fond sismique montre une brusque variation des caractéristiques de terrain survenue juste après le grand séisme », poursuit le sismologue. Ce bruit, présent en permanence, considéré avant les années 2000 comme un parasite, est dû en grande partie au va-et-vient de la houle sur le fond marin. Il se propage plus ou moins vite selon la nature du terrain et permet de sonder le sous-sol. L'équipe a vu une chute brutale des vitesses sous le mont Fuji — entre autres — après le 11 mars 2011. Une anomalie qui indique que le niveau de pression a augmenté sous le volcan. **A. Kh.**

FLORENT BRENGUIER

Première plongée dans le « no man's land » aquatique

BIOLOGIE Pour la première fois, une expérience a permis d'analyser la structure de l'eau liquide à -46 °C. Car l'eau peut rester liquide bien en dessous de zéro si elle ne contient pas d'impuretés. Mais sa structure moléculaire dans cette zone encore mystérieuse surnommée le « no man's land », entre -40 °C et -110 °C environ, était inconnue. L'analyse, réalisée à l'aide d'un laser à rayons X, révèle une organisation pyramidale des molécules au sein du liquide. **A. B.**

G. STEWART/SLAC NATIONAL ACCELERATOR LAB.

SOURCE : J. SELLBERG, NATIONAL ACCELERATOR LAB., MENLO PARK (ÉTATS-UNIS).



Goutte frappée par un laser.

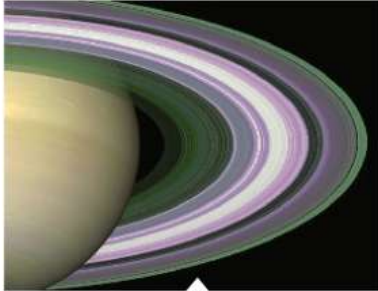
230 Le nombre de molécules à l'origine de l'arôme des aliments

BIOCHIMIE Seulement 230 composés chimiques produisent la palette des odeurs de tous les aliments. Chaque parfum se résume à un mélange de trois à quelques dizaines de constituants. L'arôme le plus complexe serait celui du... cognac, avec 36 molécules différentes. **A. B.**

SOURCE : ANDREAS DUNKEL, TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN, FREISING-WEIHENSTEPHAN (ALLEMAGNE).

TOP 3

Cassini: les plus belles images de Saturne en dix ans



La sonde spatiale Cassini a observé la dynamique chaotique des anneaux de Saturne, au sein desquels on assiste peut-être à la formation d'une nouvelle lune.



Sur la lune Titan, se déroulent des processus géologiques semblables à ceux de la Terre, avec des pluies de méthane formant rivières et lacs à sa surface.



Sur la lune Encelade, Cassini a découvert des geysers glacés contenant de l'eau. Sous la croûte de glace, on soupçonne la présence d'un océan d'eau liquide.

NASA/JPL/SPACE SCIENCE INSTITUTE ET UOA

IDÉE NEUVE

Pour un autre cosmos

ASTROPHYSIQUE Pour la première fois, des scientifiques vont pouvoir tester un modèle cosmologique qui ne s'encombre pas de l'introuvable matière noire ou de la mystérieuse énergie sombre. Dans le modèle alternatif de Dragan Hajdukovic du Cern, l'expression de la gravité change à très grande échelle. En misant sur l'existence d'une charge gravitationnelle inconnue, on se passe de ces deux énigmes. Le test va être mené après le lancement (prévu en 2018) du télescope spatial James Webb, successeur de Hubble. **A. Kh.**

Nucléaire sous surveillance

ENVIRONNEMENT Deux satellites japonais développés par l'université de Tokyo ont été lancés pour surveiller les problèmes environnementaux aux abords des centrales nucléaires de Tchernobyl et de Fukushima. Ils seront chargés de prendre des photos et de recueillir des niveaux de radioactivité au sol. **M. N.**

42 yoctonewtons

La plus petite force jamais mesurée

PHYSIQUE Repoussant la limite de l'infiniment petit, des chercheurs ont réussi à exercer sur des atomes la force la plus faible jamais enregistrée jusqu'ici. Au cours de leur expérience, ils ont fait osciller à l'aide de lasers un nuage d'atomes de rubidium à une température proche du zéro absolu. La valeur de cette force infinitésimale est exprimée en yoctonewtons, ou 10^{-24} newton. **A. B.**

SOURCE : S. SCHREPLER, UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE, BERKELEY (ÉTATS-UNIS).

Essai réussi pour le premier lanceur post-soviétique

ESPACE Premier test réussi fin juin pour le lanceur russe Agara, parti de la base de Plesetsk, dans le nord-ouest du pays. Avec lui, la Russie entre dans une nouvelle ère spatiale : Agara est le premier lanceur post-soviétique et se passe de la base de lancement de Tiouratam (Baïkonour) au Kazakhstan. Il est propulsé par un mélange de kérosène et d'oxygène liquide, moins polluant. **A. Kh.**



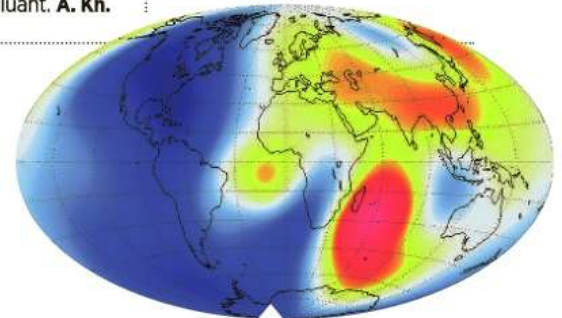
ANDREY MORGUNOV/RIA NOVOSTI / AFP

Le champ magnétique s'affaiblit encore

Au cours des six derniers mois, une baisse a été constatée dans la moitié ouest du globe par les trois satellites chargés de le mesurer.

COSMOLOGIE La constellation de satellites européens Swarm, lancée en novembre 2013, a livré son premier résultat : le champ magnétique terrestre, véritable bouclier protégeant la planète des redoutables rayons cosmiques et des tempêtes de particules solaires, continue de perdre en intensité. Sur les six derniers mois, la baisse affecte notam-

ment le continent américain et l'océan Pacifique, alors que le champ se renforce dans certaines régions du globe comme l'océan Indien. Autre enseignement : le nord magnétique poursuit son déplacement en direction de la Sibérie (lire S. et A. n° 781, mars 2012). Ces variations, principalement dues à l'activité du noyau terrestre, vont être désor-



Le champ magnétique a diminué dans certaines zones (en bleu) et augmenté dans d'autres (en rouge) entre janvier et juin.

mais scrutées avec une précision inégale par les trois satellites Swarm. L'objectif est de mieux comprendre les raisons de l'affaiblissement du champ et l'influence qu'exerceraient aussi le manteau, la croûte terrestre, l'ionosphère et la magnétosphère. **A. B.**

ESA/DTU SPACE

EN BREF

ÉPAVE PROTÉGÉE. L'Unesco va dépêcher une mission d'assistance à Haïti, à la suite de l'annonce de la découverte de l'épave supposée de la *Santa Maria* de Christophe Colomb. **CHASSE AU TRÉSOR DANS LES GLACIERS.** Des scientifiques suisses exhortent randonneurs et alpinistes à ouvrir l'œil cet été : des objets préhistoriques refont surface avec la fonte des glaces. **RETOUR AU LOUVRE.** Après dix mois de restauration, la *Victoire de Samothrace* a retrouvé sa place au Louvre.



HENRIK BRAHE/CAE

Une cité romaine surgit sous les limons du Nil

ARCHÉOLOGIE Les vestiges ensevelis d'une vaste cité romaine viennent d'être découverts par une équipe d'archéologues italo-égyptienne dans le delta du Nil, à 25 kilomètres au sud de Rachid (Rosette). Malgré les importantes couches d'alluvions qui les enrobent, les travaux de prospection magnétique ont permis de détecter de nombreuses constructions. Cette ville enfouie ramenée à la lumière se serait développée jusqu'à la fin de la période romaine (27 avant J.-C. - 476 après J.-C.). Il est probable que ce site est celui de l'antique capitale Métélis, dont la localisation était à ce jour inconnue. **B. A.**



La vie complexe, il y a 2,1 milliards d'années

Une étude confirme une première apparition d'organismes pluricellulaires un milliard et demi plus tôt qu'on ne croyait.



ABDELRAZAK EL ALBANI/CNRS

L'analyse est basée sur 400 fossiles en excellent état trouvés au Gabon.

PALÉONTOLOGIE La découverte a chamboulé notre connaissance de l'histoire de la vie : des organismes pluricellulaires complexes peuplaient les océans il y a 2,1 milliards d'années — jusque-là, les plus anciens étaient datés de 600 millions d'années. Annoncée en 2010, cette étude est aujourd'hui entérinée par l'analyse détaillée de plus de 400 fossiles extraits de la formation de Franceville, au Gabon, menée par l'équipe du géologue Abderrazak El Albani (CNRS/université de Poitiers).

Les chercheurs décrivent un écosystème composé d'organismes micro- et macroscopiques vivant en environnement marin peu profond. L'émergence de ce biotope diversifié coïncide avec un pic de concentration en oxygène dans l'atmosphère d'une durée de 200 à 300 millions d'années. L'effondrement brutal de cette teneur aurait sonné le glas de cette première expérience de vie complexe et ouvert une ère de plus d'un milliard d'années dominée par une vie exclusivement microbienne. **L. B.**

Neandertal mangeait aussi de la salade

PRÉHISTOIRE

L'analyse biophysique d'excréments humains vieux de 50 000 ans — une première — a révélé que l'homme de Neandertal consommait aussi des végétaux. Les paléofèces trouvées près d'Alicante en Espagne contenaient des lipides d'origine végétale transformés par la flore intestinale. **P. K.**

SOURCE : AINARA SISTIAGA, UNIVERSITÉ DE LA LAGUNA, TENERIFE (ESPAGNE).

Grotte Chauvet : le cadre naturel protégé

PATRIMOINE

En vue de protéger l'environnement de la caverne ornée du Pont-d'Arc (Ardèche), dite grotte Chauvet, le conseil général de l'Ardèche vient de faire l'acquisition des espaces naturels de l'ensemble de la combe d'Arc (l'ancien méandre de l'Ardèche avec l'arche naturelle et la plage en amont) pour un montant de 700 000 €. **B. A.**

L'armée de terre cuite modelée d'après de vrais soldats

ARCHÉOLOGIE La célèbre armée chinoise de terre cuite mise au jour en 1974 dans le mausolée de l'empereur Qin (III^e siècle avant J.-C.) représenterait de véritables

IMPERIAL LOGISTICS

Reconstitution en 3 D d'un des soldats de l'armée de Qin.

soldats. C'est ce qu'indique une étude pilote sur 30 figurines de cette armée d'argile qui en compte 8000. En les photographiant sous différents angles, les archéologues ont recréé leurs visages en 3D par photogrammétrie. Un premier comparatif révèle qu'aucune

oreille n'est semblable d'un visage à l'autre, ce qui tend à prouver que des individus réels ont servi de modèle. Les chercheurs entendent examiner d'autres traits, afin de retracer l'origine ethnique des soldats ou de détecter la patte des artisans qui les ont façonnés. **L. B.**

un réseau d'une fiabilité à toute épreuve,
c'est un réseau de techniciens qui mouillent le maillot



Orange, un réseau très haut débit 100 % fibre
reseaux.orange.fr

Accès au réseau fibre, en France métropolitaine, avec offre et équipements compatibles. Fibre : en zones éligibles, sous réserve de raccordement effectif de l'immeuble et du domicile du client à la fibre. Détails et conditions disponibles en boutique ou sur orange.fr

la vie change avec **orange**[™]



Deux mausolées reconstruits au Mali

L'Unesco a entrepris de rebâtir les 14 tombeaux de Tombouctou détruits par les islamistes.

PATRIMOINE Il y a deux ans, la cité de Tombouctou, au Mali, vivait une véritable tragédie. Certains des plus illustres monuments de ce site classé au patrimoine mondial disparaissaient sous les coups de pioche d'islamistes insurgés. Quelle est aujourd'hui la situation ?

« À ce jour, seuls deux des 14 tombeaux détruits, sur les 16 que comptait la "Cité aux 333 saints", ont pu être relevés. Il manque en effet 8 millions de dollars [près de 6 millions d'euros] sur les 11 nécessaires à leur reconstruction », s'alarme Lazare Eloukou Assomo, représentant de l'Unesco au Mali. Les premiers travaux ont permis de décou-



Il manque plusieurs millions d'euros pour achever la reconstruction.

vrir des techniques architecturales plus complexes qu'imaginé. Ils reprendront dès septembre, après la saison des pluies.

Un mois plus tard devrait se tenir à Bamako une conférence internationale sur le retour des inestimables manuscrits de Tombouctou vers leur ville d'origine. Des dizaines de milliers de ces ouvrages — dont les plus anciens remontent au XIII^e siècle — avaient pu être soustraits à la folie destructrice des islamistes. Les gardiens des principales bibliothèques et de l'Institut Ahmed-Baba (Cedrab) les avaient sauvés à leurs risques et périls en les dissimulant dans des sacs de riz transportés à Bamako, où ils attendent toujours. **B. A.**

À VOIR SUR TABLETTE



M. COLLINS / C. MORRIS & CARON

Ce poisson est notre ancêtre

PALÉONTOLOGIE Âgé de 505 millions d'années, *Metaspriggina*, un poisson de la taille d'un pouce, sans mâchoire et dépourvu de squelette, serait le dernier ancêtre commun à tous les vertébrés : il possédait sept paires d'arcs branchiaux, dont les deux premières annoncent l'apparition des mâchoires des vertébrés. Des paléontologues viennent de reconstituer sa nage grâce à une « pêche miraculeuse » d'une centaine de nouveaux fossiles, dont les plus significatifs proviennent des schistes de Burgess, au Canada. **L. B.**

Très ancienne asymétrie

PALÉONEUROLOGIE

L'aire de Broca, située dans le cerveau et liée au langage, présente une même asymétrie — une compaction à gauche — chez les singes bonobos, les hommes actuels et... les hommes préhistoriques. Celle des chimpanzés est, en revanche, configurée différemment. Cela montre que le dernier ancêtre commun à ces grands singes africains et aux hommes actuels avait déjà un cerveau asymétrique et latéralisé au niveau des lobes frontaux. **R. M.**

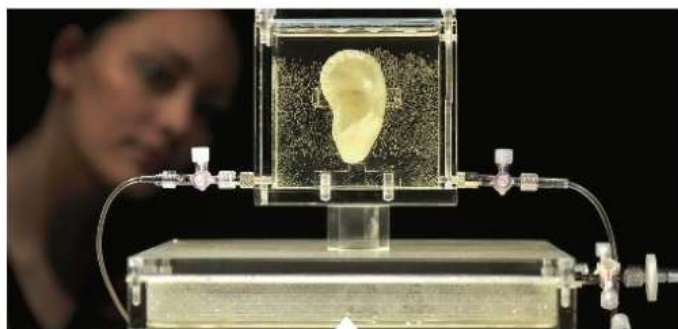
SOURCE : ANTOINE BALZEAU, MUSÉE DE L'HOMME, PARIS.

Des pièces d'artillerie de l'expédition d'Égypte refont surface

ARCHÉOLOGIE Des canons, des fusils et des pistolets datant de l'expédition menée par Bonaparte en Égypte (1798) ont été retrouvés par une équipe russe effectuant une campagne de fouilles sous-marine au large du port d'Alexandrie. Ils proviendraient de l'épave du *Patriote*, localisée dans les années 1980. Le navire, coulé à son arrivée dans la baie, transportait une partie du matériel scientifique de l'expédition. Les vestiges récupérés sont actuellement en cours de traitement. **B. A.**

INSOLITE

On a imprimé l'oreille de Van Gogh



L'organe a été créé à partir d'ADN du peintre et de cellules d'un parent.

BIOLOGIE Une artiste néerlandaise a fabriqué une copie de l'oreille de Vincent Van Gogh. L'organe perdu par le peintre en 1888 a été imprimé en 3D à partir d'une culture

de cellules vivantes de cartilage de l'arrière-arrière-petit-fils de son frère Théo, auxquelles son ADN, extrait d'une enveloppe qu'il avait utilisée, a été incorporé. **L. B.**

MALADIE D'ALZHEIMER ET MALADIES APPARENTÉES

Une personne malade, une famille mobilisée, TOUS concernés !

© Fotolia - Roland W. Waniek



Les familles ont besoin de vous !



Vous souhaitez soutenir notre association et vous engagez aux côtés des personnes malades, des aidants, des bénévoles France Alzheimer et maladies apparentées. Face au fléau Alzheimer, la solidarité reste, pour l'heure, le premier des remèdes ! Chaque don compte et est précieux pour aider les familles. Votre engagement et votre générosité permettent à l'Association de mener à bien toutes ses actions au profit des familles partout en France.

Pour en savoir plus

www.francealzheimer.org,
rubrique « Soutenir la cause »

Aujourd'hui en France, 3 millions de personnes sont directement ou indirectement touchées par la maladie d'Alzheimer ou par une maladie apparentée. Les conséquences de ces maladies neurodégénératives sur les personnes malades, mais aussi sur leurs aidants impactent directement le quotidien des familles. Prendre soin d'une personne malade peut entraîner chez l'aidant une fatigue physique et psychologique qu'il est important de prévenir. Accepter de se faire aider et prendre du répit sont indispensables pour les aidants afin d'éviter toute situation de crise.

Améliorer la qualité de vie avec la maladie

Depuis sa création, il y a 30 ans, France Alzheimer et maladies apparentées veille à placer l'être humain au cœur de son dispositif d'aides. Les actions menées sur le terrain, partout en France et gratuitement par les associations départementales s'inscrivent dans cette logique.

« Nos échanges quotidiens avec les familles et notre expérience de presque 30 ans nous permettent aujourd'hui d'identifier précisément leurs besoins. Nos actions visent à apporter soutien, écoute et accompagnement adapté aux familles. Prendre soin d'une personne malade

d'Alzheimer, ça ne s'improvise pas. Ça s'apprend et notre association est là pour donner aux aidants les clés de cet apprentissage » explique Marie-Odile Desana, présidente de France Alzheimer et maladies apparentées.

France Alzheimer, pionnier de la recherche en France

Si la route vers un traitement curatif est encore longue, France Alzheimer et maladies apparentées contribue à la recherche avec, depuis 2009, plus d'un million d'euros pour financer les travaux de plusieurs équipes de chercheurs. Au total, plus de 200 projets ont été soutenus en 26 ans.

La vérité des chiffres

Aujourd'hui en France

225 000 nouveaux cas par an

855 000 personnes malades

32 000 personnes malades de moins de 65 ans

Demain

En 2050, **1 personne sur 4** sera atteinte de la maladie d'Alzheimer chez les plus de 85 ans

Journée mondiale 2014

Tout un village en parle !

Le Village Alzheimer® s'installe cette année à Paris, sur le parvis de la gare Montparnasse. Espace gratuit d'information et de sensibilisation, ce Village accueillera le grand public du 19 au 21 septembre. Au total, ce sont 275 m² qui seront dédiés à la maladie, à la recherche, à l'accompagnement et à la prise en soin des familles.

Retrouvez le programme des ateliers et conférences sur journeemondiale.francealzheimer.org



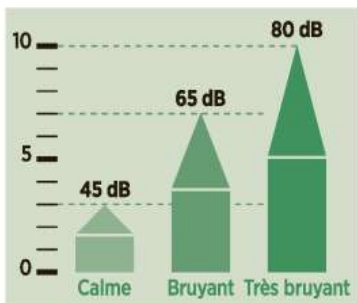
TEAM RHONE

L'Italie remporte le concours du logement écologique

URBANISME L'équipe italienne de l'université Roma Tre a remporté le Solar Decathlon qui s'est terminé le 14 juillet dans les jardins du château de Versailles. Cette compétition voyait s'affronter 20 équipes d'étudiants sur des projets de réhabilitation urbaine. « Rhone for DenCity » a séduit un jury international d'architectes et d'urbanistes par son approche globale de restauration d'un quartier entier de la périphérie de Rome. Maisons et immeubles seraient autonomes en énergie grâce à des systèmes solaires de production de chaleur et d'électricité, notamment des murs récupérateurs de chaleur et des procédés de climatisation issus de l'énergie photovoltaïque. **L. C.**

Une nouvelle échelle pour le bruit

POLLUTION SONORE Les associations parisiennes Bruitparif et lyonnaises Acouité ont mis au point un nouvel indice de nuisance sonore, plus facile à comprendre que l'échelle logarithmique du décibel. Il s'agit d'une échelle allant de 1 à 10 ; le bruit de fond est représenté par un rectangle, les pics (passage d'un avion ou d'un train, véhicule bruyant) par un triangle. **L. C.**



SOURCE : BRUITPARIF - INFOGRAPHIE : B. LAFON



Les sons de la chenille ont été enregistrés par vibromètre à l'aide d'un petit ruban (en haut).

ROGER/MESSIER

Les plantes ont l'ouïe fine

L'arabette émet des molécules de défense quand elle entend des insectes l'agresser.

BOTANIQUE Les plantes sont sensibles aux sons, et cela leur permet de se défendre contre des agresseurs. Une équipe de l'université du Missouri (États-Unis) a révélé le 2 juillet que l'arabette (*Arabidopsis thaliana*), la plante modèle des laboratoires, émet des molécules chimiques de défense lorsqu'elle entend des insectes qui l'agressent. Les scientifiques

ont montré que les plantes font la différence entre les vibrations des insectes en train de manger et celles provenant du vent. La perception de ces infimes mouvements sonores induit donc une réponse appropriée à l'agression.

En comparant des plantes soumises à un enregistrement de chenilles en train de grignoter une feuille à d'autres laissées

dans un parfait silence, ils ont en outre mis en évidence un phénomène d'apprentissage : en présence d'insectes, les arabettes qui ont entendu l'enregistrement ont immédiatement émis de fortes quantités de glucosinolate et d'anthocyanes, alors que la réponse des autres a été plus lente et plus faible. Reste maintenant à déterminer les mécanismes en jeu. **L. C.**

99 %

La part du plastique dont on a perdu la trace dans les océans

ÉCOLOGIE Alors que des millions de tonnes de plastique sont rejetés chaque année dans les océans, on n'a retrouvé jusqu'à présent que 40 000 tonnes de déchets flottants. Seule explication des chercheurs : les animaux marins ont mangé le reste. **L. C.**

SOURCE : ANDRÉS CÓZAR, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ, PUERTO REAL (ESPAGNE).

Quelques échantillons des 40 000 t de plastique recueillis.



JOAN COSTA/CSC

1922 m

La profondeur sous le plancher océanique où l'on a trouvé de la vie

BIOLOGIE MARINE Des bactéries, des archées et des champignons vivants ont été retrouvés à près de 2 kilomètres sous le bassin de Canterbury, au large de la Nouvelle-Zélande. Lorsque l'on s'enfonce, pression et température augmentent et à cette profondeur, on mesure 100 °C et 50 mégapascals (MPa). En théorie, des microorganismes pourraient vivre à 5 kilomètres de profondeur. **L. C.**

SOURCE : M.-CRISTINA CIOBANU, INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER (IFREMER).

L'écureuil de Bornéo dévoile sa queue

ZOOLOGIE Le très discret *Rheithrosciurus macrotis*, qui se cache dans les forêts des collines de Bornéo, est le mammifère à la queue la plus touffue. Elle est plus large de 30 % que le reste du corps. Une découverte faite grâce à la réalisation du tout premier film sur cet animal. L'appendice



ERIC MEIJGAARD

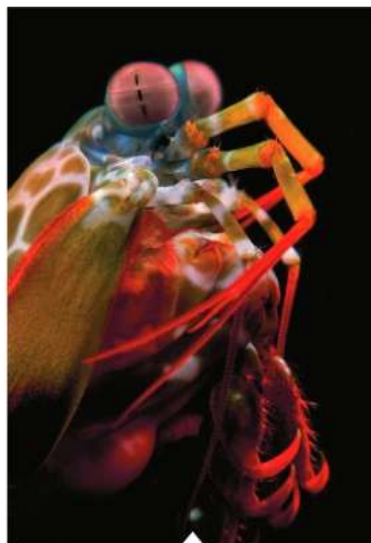
pourrait servir à impressionner les prédateurs comme la panthère nébuleuse. D'après une légende persistante, ce rongeur — seul membre de son genre — est amateur de sang, d'où son surnom d'« écureuil vampire ». Mais cette assertion n'a jamais été prouvée. **L. C.**

SOURCE : EMILY MAE MEIJGAARD, BRITISH INTERNATIONAL SCHOOL, JAKARTA (INDONÉSIE).

Un crustacé voit les rayons ultraviolets

La squille pourrait détecter des signaux UV sur l'exosquelette de ses semblables.

ZOOLOGIE La crevette-mante (aussi appelée squille) peut observer des choses « complètement hors de notre portée visuelle », révèle Michael Bok, de l'université du Maryland Baltimore County (États-Unis), qui vient de publier une étude sur l'incroyable complexité de la structure de ses yeux. Avec son équipe, il a dénombré chez l'animal 16 types de photorécepteurs différents, dont six captent les ultraviolets. Ces derniers contiennent un pigment visuel couplé à l'un des quatre filtres UV dont sont pourvus les yeux. Chaque filtre bloque certaines longueurs d'onde de la lumière ultraviolette et laisse passer une étroite partie du spectre. Les filtres sont composés d'acides



MICHAEL BOK

Les yeux de la squille sont pourvus de filtres polarisants performants.

aminés que l'on trouve aussi dans la peau ou l'exosquelette des animaux marins, chez qui ils stoppent les UV nocifs. Mais chez la squille, ils ont un tout autre usage : « C'est comme si l'on mettait des lunettes teintées rouge qui bloquent les autres longueurs d'onde de la lumière, à la différence que chez la crevette-mante, le mécanisme joue au niveau cellulaire des photorécepteurs », explique Michael Bok. Une telle complexité étant inutile pour se repérer dans l'eau ou identifier des proies, les chercheurs supposent que les crevettes-mantes entretiennent des interactions sociales complexes avec leurs congénères. Leurs yeux pourraient détecter de subtils signaux visuels sur leur exosquelette. **J. I.**

Un tueur du frelon asiatique

ENTOMOLOGIE C'est une piste de lutte contre le frelon asiatique *Vespa velutina*, qui se répand en France faute de prédateur. Un insecte, *Conops vesicularis*, peut parasiter les reines en pondant un œuf dans leur abdomen. Après éclosion, la larve dévore les organes de la reine. La progression du frelon pourrait être jugulée en faisant proliférer localement l'insecte. **L. C.**

SOURCE : ÉRIC DARROUZET, UNIVERSITÉ DE TOURS, FRANCE.

Comment certains poissons sont devenus électriques

ICHTHYOLOGIE L'organe qui permet à certains poissons de lancer des décharges électriques est apparu plusieurs fois au cours de l'évolution. C'est ainsi que le gymnote ou le poisson torpille disposent de la même arme sans être apparentés génétiquement. Les mutations liées à l'apparition de cet organe ont été identifiées chez trois espèces distinctes : elles portent sur les mêmes protéines nécessaires à la transformation des cellules musculaires en cellules électriques. **P. K.**

SOURCE : JASON GALLANT, MICHIGAN STATE UNIVERSITY, EAST LANSING (ÉTATS-UNIS). NORBERT WU/MINDEN PICTURES/BIOPHOTO



Anguille électrique.

PAROLES

« Nous constatons, d'année en année, une forme de dérive qui conduit à la chasse au loup sans le dire »

Christine Sourd, directrice adjointe en charge de la biodiversité au WWF.

Les poissons jaunes ont de la mémoire

ÉTHOLOGIE Le labidochromis jaune a la mémoire longue. Des chercheurs ont appareillé un aquarium de caméras et d'une règle verticale qu'ils pouvaient monter ou descendre. Pendant trois jours, ces poissons endémiques du lac Malawi n'ont été



CC BY 2.0 / BRIAN GRANTWICK

Le labidochromis jaune se souvient de son lieu de nourrissage pendant 12 jours.

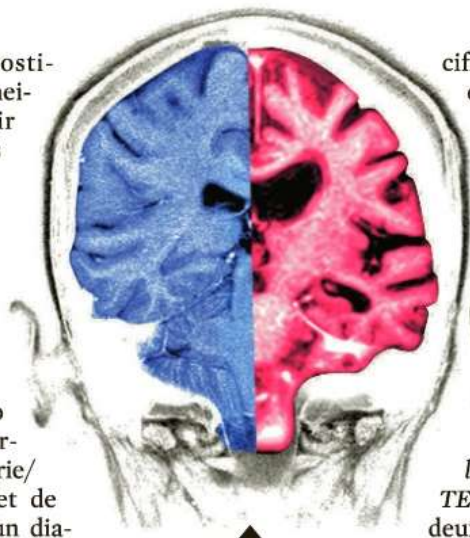
nourris que lorsque la règle était en hauteur. Puis les labidochromis ont été retirés pendant 12 jours du lieu de l'expérience. À leur retour, ils continuaient à se rendre sur le lieu de nourrissage lorsque la règle était en hauteur. **L. C.**

SOURCE : T. HAMILTON, MACEWAN UNIVERSITY, EDMONTON (CANADA)

Le diagnostic d'Alzheimer sera plus simple

L'identification de deux biomarqueurs impliqués dans la maladie va permettre de la repérer plus précocement.

NEUROLOGIE. Diagnostiquer la maladie d'Alzheimer pourrait devenir plus simple aux stades précoces, quand les premiers symptômes (troubles de la mémoire) peuvent correspondre à plusieurs maladies. Une équipe internationale, coordonnée par le professeur Bruno Dubois (Inserm/université Pierre-et-Marie-Curie/AP-HP), vient en effet de publier les critères d'un diagnostic simplifié. En 2007, l'équipe en avait déjà identifié plusieurs : l'atrophie de l'hippocampe, structure touchée dans la maladie d'Alzheimer, visualisée par IRM ; une activité métabolique cérébrale particulière mise en évidence par TEP (tomographie à émissions de positons) montrant aussi les lésions spé-

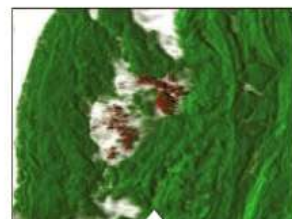


▲ **Atrophie cérébrale** d'un patient souffrant d'Alzheimer (à droite) comparé à un témoin (à gauche).

cifiques (plaques amyloïdes) dans le cerveau ; ou encore la présence de changements protéiques dans le liquide céphalo-rachidien. Aujourd'hui, « parmi tous ces biomarqueurs, nous avons identifié les plus performants », explique Bruno Dubois. Nous avons montré que l'analyse du liquide céphalo-rachidien était de loin le critère le plus puissant, ainsi que la TEP amyloïde. » À partir de ces deux biomarqueurs, un algorithme de diagnostic permet d'obtenir une quasi-certitude de maladie. « Pas question pour autant d'évoquer un dépistage de la population, insiste le neurologue. Ces critères vont servir à la recherche, car lorsqu'on veut développer un traitement, il faut être sûr que les patients aient bien la maladie. » **E. S.**

HYPOTHÈSE

AVC : la piste bactérienne



Des bactéries (en rouge) ont été retrouvées dans les carotides (en vert) de patients décédés.

NEUROLOGIE Selon une équipe de l'université d'État de New York, à Binghamton, stress, bactéries et accident vasculaire cérébral (AVC) sont liés. Dans un travail publié dans *mBio*, les chercheurs ont utilisé des fragments de carotides prélevés sur des personnes présentant des plaques d'athérome (dépôts de lipides sur les artères). Ces parois naturellement recouvertes d'un biofilm bactérien ont été mises en culture avec des catécholamines, les hormones libérées lors d'un événement stressant. Ce qui a provoqué la désagrégation des biofilms. Or cette dispersion pourrait aussi être à l'origine de la rupture d'une plaque. Et donc de l'AVC. **S. R.-M.**

Une repousse de cheveux inédite



Cuir chevelu avant traitement, au bout de 2 mois, 5 mois puis 8 mois.

DERMATOLOGIE En huit mois de traitement, une personne chauve a retrouvé l'intégralité de sa chevelure. Le patient était atteint d'alopecia universalis (dite pelade universelle), une maladie auto-immune qui se caractérise par la perte complète des cheveux et des poils du corps. Des médecins de Yale lui ont administré un traitement appelé citrate de tofacitinib, dont l'efficacité a été prouvée dans une autre maladie auto-immune : la polyarthrite rhumatoïde. En inhibant l'attaque du système immunitaire notamment sur les follicules pileux, le tofacitinib a bien stimulé la repousse des cheveux et des poils. **H. J.**

SOURCE : BRITTANY G. CRAIGLOW, YALE UNIVERSITY SCHOOL OF MEDICINE, NEW HAVEN (ÉTATS-UNIS).

82 %

La part de bactéries présentes sur les doigts retrouvées sur les smartphones

BACTÉRIOLOGIE Une analyse a identifié sur des smartphones 7000 types de bactéries différentes, parmi lesquelles des streptocoques (souvent présents dans la bouche), des staphylocoques et des *Corynebacterium* (que l'on trouve communément dans la peau). **L. L.**



Une rétine humaine reconstituée in vitro

OPHTALMOLOGIE Une rétine humaine contenant tous ses types cellulaires a été obtenue *in vitro* après mise en culture de cellules souches iPS. « C'est une étape importante pour reconstituer des modèles de maladies de la rétine », confirme Muriel Perron, de l'université Paris-Sud. Placées dans un gel, les cellules se sont auto-organisées sur plusieurs couches et ont formé un petit globe doté d'un épithélium pigmenté comme dans l'œil. Après six mois de culture, certaines cellules ont même réagi à la lumière. **P. K.**

SOURCE : XIUFENG ZHONG, JOHNS HOPKINS UNIVERSITY SCHOOL OF MEDICINE, BALTIMORE (ÉTATS-UNIS).

EN BREF

ÉCONOMIES EN VUE. L'Avastin (Roche) va être autorisé dans le traitement de la DMLA, et pourra remplacer le Lucentis (Novartis), vendu 16 fois plus cher (800 € contre 50 € l'injection). **NOUVELLE INDICATION.** Le Botox vient d'obtenir son autorisation dans le traitement de l'incontinence urinaire. **VARIOLE EN STOCK.** Des fioles contenant le virus de la variole ont été découvertes dans un local de rangement de l'Agence américaine des médicaments (FDA). Elles doivent être analysées puis détruites.

270 millions de dollars
Le budget pour étudier l'e-cigarette

SANTÉ PUBLIQUE

La Food and Drug Administration américaine (FDA) a lancé 48 études sur les effets de la cigarette électronique et ses usages. Nombre de bouffées, délivrance de nicotine, impact sur la consommation de tabac, effets sur les cellules et les poumons, etc. Résultats en 2018. **R. M.**

Le premier gène exclusivement lié à l'autisme

GÉNÉTIQUE Pour la première fois, un gène responsable d'une forme d'autisme a été identifié. Il s'agit d'un sous-type rare d'autisme (0, 5% des cas), associé à des troubles gastro-intestinaux, une tête élargie et de grands yeux fixes. La découverte de mutations révèle un lien entre développement du cerveau et innervation du système digestif. **M. G.**

SOURCE : R. BERNIER, UNIVERSITY OF WASHINGTON, SEATTLE (ÉTATS-UNIS).

Le Pr Séralini republie son étude sur les OGM

Le chercheur avait créé la polémique avec un article sur des rats nourris au maïs transgénique. Il le complète avec les données brutes.

TOXICOLOGIE Huit mois après le retrait forcé de son article sur le maïs NK603 (lire S. et A. n° 803), le professeur Gilles-Éric Séralini, de l'université de Caen, a republié son article dans une autre revue, *Environmental Sciences Europe* (Springer). L'étude controversée suggère que des rats nourris pendant deux ans avec du maïs NK603 — tolérant à l'herbicide Roundup développé par Monsanto — connaissent une mortalité et une incidence de tumeurs plus précoces et plus nombreuses que les rats nourris avec un maïs traditionnel. À la suite des critiques, l'équipe du Pr Séralini la republie avec, cette fois, les données brutes, et rappelle que « le protocole choisi était celui d'une étude de toxicologie sur deux ans et non celui d'une étude de cancérogénèse » et que « d'innombrables études toxicologiques utilisent la souche de rats Sprague Dawley, tandis que les études de Monsanto réalisées à trois mois sur ses OGM utilisent les mêmes effectifs et... la même souche ».



Gilles-Éric Séralini est professeur de biologie à l'université de Caen.

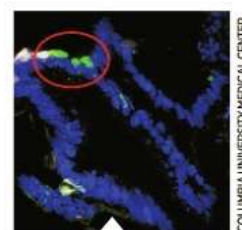
Ses détracteurs pointent que le scientifique ne publie toujours pas de photos des « rats contrôle ». Ces animaux nourris sans OGM pourraient en effet avoir développé eux aussi des grosseurs spectaculaires, comme les rats nourris aux OGM et pesticides. La publication des images de rongeurs aux corps déformés avait largement participé au retentissement médiatique de l'article. **R. M.**

De l'insuline intestinale

GASTRO-ENTÉROLOGIE

Comme le pancréas, l'intestin sécrète de l'insuline. Une équipe américaine l'a découvert en désactivant un seul gène, FOXO1, au niveau de cellules intestinales. D'après les chercheurs, ce résultat pourrait aboutir à une nouvelle piste de traitement du diabète de type 1 — dans lequel les cellules pancréatiques sont attaquées par le système immunitaire —, en activant une nouvelle source de production d'insuline dans le corps. **S. R.-M.**

SOURCE : RYOTARO BOUCHI, COLUMBIA UNIVERSITY, NEW YORK (ÉTATS-UNIS).



Cellules intestinales modifiées produisant de l'insuline (en vert).

19 000

La dernière estimation du nombre de gènes humains

GÉNOMIQUE 1700 gènes en moins par rapport à la précédente estimation. On est de plus en plus loin des 100 000 gènes pressentis avant le début du projet Génome humain. **M. G.**

SOURCE : IAKES EZKURDIA, CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CARDIOVASCULARES, MADRID (ESPAGNE).

L'odeur du paludisme attire les moustiques



PARASITOLOGIE Les moustiques sont attirés par les souris atteintes de paludisme. Les rongeurs malades présentent en effet une odeur particulière quand la concentration du *Plasmodium*, le parasite responsable de la maladie, est maximale dans le sang. Des chercheurs ont identifié deux composés volatils attirant les moustiques libérés plus fortement à ce stade par les souris. Ils ont aussi découvert qu'un autre composé, au contraire, est émis en moindre quantité. Or ce dernier, lui, repousse les moustiques. **P. K.**

SOURCE : C. M. DE MORAES, FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZÜRICH (SUISSE).



▲ Le drone caméra Hexo+ devrait avoir une autonomie de 15 minutes.



◀ C'est par réseau Bluetooth qu'AirDog sera relié à son propriétaire.

Se faire filmer par son propre drone

Avec sa caméra embarquée, le système commandé depuis un smartphone pourra filmer son utilisateur.

ROBOTIQUE Le mariage des caméras d'action, des drones et des *selfies* — ces autoportraits réalisés avec les smartphones — est annoncé. La start-up grenobloise Squadrone System, qui comptait lever 50 000 dollars (37 235 € environ) sur le site de financement Kickstarter ouvert à tous les internautes, en a obtenu plus d'un million en juillet pour un projet de drone-caméra, Hexo+. Cet engin à six moteurs suit et filme son utilisateur

selon une altitude, un cadrage, un angle de vue préalablement définis sur une application mobile. L'Hexo+ est muni de capteurs et d'un système de géolocalisation lui permettant de repérer automatiquement le smartphone équipé de l'application. Le drone peut opérer à 70 km/h maximum, avec une autonomie de 15 minutes.

L'Hexo+ devrait être commercialisé en 2015, mais ne sera pas le seul à défricher

ce nouveau marché : il devra batailler avec l'AirDog, prévu pour novembre prochain. Ce petit quadricoptère fonctionne en communication avec un boîtier que l'on garde près de soi. Il transmet au drone, par Bluetooth longue portée (300 mètres maximum), les données de géolocalisation, les mouvements et la trajectoire du sujet. L'AirDog recalcule en permanence sa position pour respecter les paramètres de prise de vues programmés. **A. D.**

EN BREF

DRONES. L'Agence américaine de l'aviation civile, la FAA, s'est prononcée en faveur d'une interdiction des livraisons de biens par drone. **GOVERNANCE D'INTERNET.** Dans un rapport, des sénateurs français prônent une réforme d'Internet afin de mettre un terme à une gouvernance et une domination économiques surtout américaines. **SÉCURITÉ AÉRIENNE.** Les appareils électroniques déchargés ne sont plus admis en cabine dans les vols vers les États-Unis et la Grande-Bretagne.

Linné, superstar du Net

CLASSEMENT Un scientifique du XVIII^e siècle s'offre le luxe de devancer Jésus pour le titre de personnalité la plus influente au monde sur l'encyclopédie en ligne Wikipedia, toutes langues confondues. Le vainqueur est en effet le Suédois Carl von Linné, le « pape » de la classification des espèces vivantes. Ce résultat surprenant, auquel a abouti l'algorithme mis au point par Young-Ho Eom de l'université de Toulouse, s'explique en rappelant que Wikipedia contient un très grand nombre de liens comprenant des noms scientifiques d'espèces, tous ramenant au naturaliste suédois. **H. R.**



SPL/ANGIMAGES

0,3 mm

La largeur d'une reproduction d'« Impression, soleil levant »

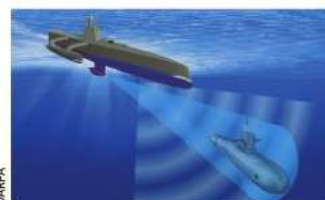
NANOTECHNOLOGIES Le célèbre tableau de Claude Monet a été reproduit à une taille inédite avec des nanostructures d'aluminium. Ceux-ci, en fonction de leur taille, renvoient la lumière à une certaine fréquence, ce qui provoque l'émission d'une couleur. Leur combinaison a permis de reconstituer le tableau. **A. D.**

SOURCE : JOEL K. W. YANG, UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE ET DE DESIGN DE SINGAPOUR.

SUR LE WEB

Jouer au service de l'espionnage sous-marin

DÉFENSE L'Agence américaine consacrée à la recherche militaire, la Darpa, fait appel aux joueurs pour mieux comprendre les stratégies de poursuite entre un bateau et un sous-marin. Elle leur propose un jeu de simulation et passera au crible tous leurs déplacements. L'objectif est de définir des stratégies pour un véritable drone trimaran dont la mission sera de traquer des sous-marins. Un premier prototype, l'ACTUV (Autonomous Continuous Trail Unmanned



Vessel), doit être construit l'an prochain par Leidos, une société militaire privée américaine. **E. L.**
HTTP://ARCHIVE.DARPA.MIL/ACTUV/

A VOIR SUR TABLETTE



CARNEGIE MELLON SCHOOL OF COMPUTER SCIENCE

Un programme de montage vidéo automatique

INFORMATIQUE Le programme LiveLight extrait l'essentiel d'une vidéo brute pour créer un résumé avec des moments clefs. Pour ce faire, il repère les variations dans l'action ou le cadrage, l'irruption de personnages ou objets, et écourte les longueurs. Une heure de film peut être ainsi traitée en une à deux heures sur un ordinateur standard. Peut-être un futur moyen d'améliorer des films amateurs, mais le système pourrait aussi s'utiliser en vidéosurveillance, pour détecter des apparitions à l'image et des anomalies. **A. D.**

SOURCE : BIN ZHAO, ERIC P. XING, UNIVERSITÉ CARNEGIE MELLON, PITTSBURGH (ÉTATS-UNIS).

Un écran tactile pour deux

L'écran transparent TransWall permet à deux personnes se trouvant de chaque côté de communiquer, simplement en le touchant du doigt.

TECHNOLOGIE Voici le premier écran transparent et tactile des deux côtés, qui permet à deux personnes situées de part et d'autre d'interagir en face à face. L'une voit en miroir ce que fait l'autre (des lettres et des chiffres à l'endroit d'un côté apparaissent à l'envers de l'autre).

Concrètement, TransWall est un écran holographique pris en sandwich entre deux feuilles de Plexiglas. L'écran ne contient aucun élément électronique. Chacun de ses deux côtés est surplombé par un vidéoprojecteur. Les images sont réfléchies par le Plexiglas pour apparaître sur l'écran. Le cadre est équipé d'un transducteur de surface qui capte les vibrations de l'écran sous l'effet du toucher, et intègre des capteurs infrarouges



TransWall pourrait équiper des chambres stériles ou des locaux sécurisés.

qui suivent les mouvements des doigts. La combinaison de ces deux éléments déclenche la projection d'images et de contenus ainsi que des vibrations sous les doigts, le tout synchronisé avec les gestes des utilisateurs. Le sys-

tème, développé par une équipe universitaire sud-coréenne de design industriel, peut avoir une vocation ludique ou marketing mais aussi équiper des chambres stériles en hôpital ou des locaux ultra-sécurisés. **A. D.**

Un kit pour rendre sa voiture autonome

Quoi ? Le Cruise RP-1 est un pilote automatique destiné à maintenir n'importe quelle voiture sur sa voie en surveillant la route et en respectant les distances de sécurité.

Comment ? Un boîtier contenant caméras et radars, le Sensor Pod, est placé sur le toit du véhicule. Il transmet les informations à un ordinateur dans le coffre qui en fait l'analyse et les traduit en commandes : freiner, ralentir, tourner le volant, etc.

Quand ? L'équipement sera commercialisé en 2015.



Combien ? Le prix estimé de l'installation est de 10 000 dollars (7400 €).

Qui ? Cruise Automation, une start-up de San Francisco. **A. D.**

L'alcool au volant scruté à distance

SÉCURITÉ ROUTIÈRE Un récepteur laser a été couplé à un miroir, placés chacun de part et d'autre de la route, pour détecter le taux d'alcoolémie. Quand une voiture passe, un rayon laser traverse l'habitacle et le miroir le renvoie dans le récepteur. Celui-ci mesure s'il y a une perte d'intensité, car les vapeurs d'alcool absorbent une partie des photons. Mais rien ne permet de dire si c'est le conducteur qui a bu. **A. D.**

SOURCE : JAROSLAW MLYNCZAK, UNIVERSITÉ MILITAIRE DE TECHNOLOGIE, VARSOVIE (POLOGNE).

L'ère des biobots

ROBOTIQUE Après les robots, les « biobots » : des robots biologiques fabriqués à partir de cellules musculaires. Le premier du genre s'est inspiré de l'architecture os-tendons-muscles. Formé sur un squelette d'hydrogel imprimé en 3D, il se déplace par le biais d'impulsions électriques.

S. R.-M.

SOURCE : ABEL BLISS UNIVERSITY OF ILLINOIS, URBANA-CHAMPAIGN (ÉTATS-UNIS).

1 km

La hauteur d'un gratte-ciel chinois en 2018

ARCHITECTURE Le projet Phoenix du cabinet londonien Chetwoods Architects, consiste en deux tours, dont l'une sera haute d'un kilomètre. Elles seront dressées côte à côte sur une île au milieu d'un lac à Wuhan. Le plus haut gratte-ciel du monde se veut « vert », avec façades photovoltaïques, éoliennes, murs végétaux, recyclage des déchets et des eaux de pluie. **A. D.**



CHETWOODS ARCHITECTS

Dieu et l'Univers

Les dernières observations l'indiquent sans appel : qu'une seule des constantes qui régissent l'Univers soit un brin différente, et la vie est impossible... Signe, pour certains, qu'il a été créé pour l'homme. Mais les physiciens concoctent d'autres représentations fondées sur le hasard.

DOSSIER RÉALISÉ PAR
Azar Khalatbari

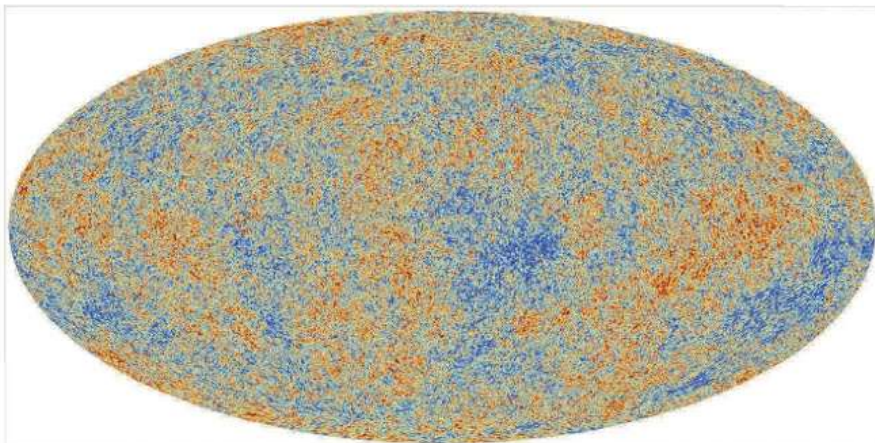
A PEINE LES COSMOLOGISTES commencent-ils à découvrir notre univers, grâce aux observatoires et satellites de plus en plus performants mis en service depuis quelques décennies, qu'ils ont de quoi être saisis de stupeur. Ils se rendent compte en effet que si ses caractéristiques étaient un brin différentes — la vitesse de la lumière, la constante de gravitation ou encore la masse de l'électron —, il serait totalement

autre. Terriblement autre, même, car incapable, comme le démontrent toutes les simulations numériques, d'engendrer la vie... et donc l'homme ! Nous ne serions tout simplement pas là pour en parler. Notre univers serait-il donc si spécial et ses paramètres fondamentaux « choisis » pour que la vie puisse y apparaître, au point que certains évoquent un « ajustement fin » (*fine tuning*) de l'Univers ? La cosmologie, qui se fait

fort d'être une entreprise scientifique rigoureuse, ne serait-elle là que pour apporter... la preuve d'une volonté initiale en faveur de l'homme, ce que d'aucuns n'hésitent pas à rebaptiser Dieu ? L'interrogation a de quoi faire sursauter tous les scientifiques, athées ou non, qui refusent de mélanger science et religion. Elle reste cependant d'actualité, n'en finissant pas de rebondir et d'adopter des formes diverses. ►

A full-page background image showing the 'Pillars of Creation' in the Eagle Nebula. The pillars are massive columns of gas and dust, appearing in shades of blue, green, and orange against a dark cosmic background with scattered stars. The central pillar is the most prominent, reaching upwards. Other pillars are visible to the left and right, some appearing to be eroded or broken apart.

À 7000 années-lumière de nous, dans la direction de la constellation du Serpent, la nébuleuse de l'Aigle étend ses colonnes de gaz et de poussières, véritables pouponnières d'étoiles. Le télescope spatial Hubble a fourni cette image en fausses couleurs. Par la suite, la Nasa a baptisé ces colonnes « les piliers de la création », jouant sur l'ambiguïté du terme.



ESA/PLANCK

► Tout a commencé en 1927. Cette année-là, un chanoine astronome belge, l'abbé Georges Lemaître, publie un article qui passe totalement inaperçu, d'autant qu'il est rédigé en français. Il n'est réellement lu que quatre ans plus tard, lorsque l'astrophysicien britannique Arthur Eddington en fait une traduction. Le chanoine y suggère une solution novatrice aux équations d'Einstein, que le père de la relativité lui-même s'empresse d'écarter tant ce qu'elle prévoit semble inconcevable : Lemaître décrit un univers changeant au cours du temps. Une hypothèse difficile à admettre à une époque où

▲ **Les derniers résultats** du satellite européen Planck (ci-dessus, la carte des contrastes de température du tout jeune Univers) montrent que les constantes physiques semblent ajustées pour faire apparaître la vie.

le Cosmos est considéré comme immuable. Pourtant, les observations de Vesto Slipher et Edwin Hubble réalisées à la même époque grâce au télescope du mont Wilson, en Californie, montrent bien que l'Univers est en expansion et confortent la solution de Lemaître. L'Univers a donc une histoire : dans le passé, il a été plus chaud et plus dense qu'aujourd'hui. En extrapolant, il aurait même été, à ses débuts, semblable à un point extrêmement dense. C'est l'hypothèse de l'« atome primitif », qui deviendra, grâce à un concours de circonstances rocambolesque, l'ancêtre de la théorie du Big Bang.



PHILIPPE QUAISSÉ/DASCO

HUBERT REEVES

ASTROPHYSICIEN

« La foi relève de la démarche personnelle, de l'expérience propre »

« Il faut distinguer le domaine scientifique, qui explique comment les choses fonctionnent, du domaine des valeurs. Prenons l'exemple de la bombe atomique : la science peut nous dire comment en fabriquer une. Mais elle ne peut nous dire s'il faut le faire, car cette question est du ressort de la philosophie et de la religion. La science est incapable d'affirmer que Dieu existe ou n'existe

pas. Cette distinction est très importante. Citons Galilée, déclarant en son temps aux autorités ecclésiastiques : « Dites-nous comment on va au ciel, laissez-nous vous dire comment va le ciel. » La foi relève de la démarche personnelle, de l'expérience propre. À certaines périodes, en fonction des rencontres, des événements, on peut être plus ou moins mystique. »

Propos recueillis par Dominique Leglu

Il n'en fallait pas plus pour que le pape d'alors, Pie XII, déclare en 1951 devant l'Académie pontificale, cette institution qui rassemble de nos jours des scientifiques de toutes obédiences : « *Il semble en vérité que la science d'aujourd'hui, remontant d'un trait des millions de siècles, ait réussi à se faire le témoin de ce Fiat lux [Que la lumière soit] initial...* » Le cosmologiste Jean-Pierre Luminet, de l'observatoire de Paris à Meudon (Hauts-de-Seine), raconte la suite dans son ouvrage *L'Invention du Big Bang* : « *Farouche adversaire d'un tel "concordisme" [lien entre science et religion], Lemaître demanda audience au pape et remit respectueusement les choses en place. Le 7 septembre 1953, devant l'assemblée générale de l'Union astronomique internationale, Pie XII tint effectivement un discours radicalement opposé : la cosmologie scientifique ne parlait ni de Fiat lux, ni de création* » (lire l'encadré ci-contre).

De quoi l'Univers serait-il l'achèvement ?

Mais il est trop tard. Le premier discours de Pie XII a déjà suscité de nombreuses réactions chez les scientifiques qui tiennent à distinguer science et religion. Parmi eux, le célèbre astrophysicien britannique Fred Hoyle, qui a beaucoup contribué à la compréhension de la formation des noyaux atomiques ou de la chimie du carbone. Dans les années 1950, il anime à la BBC une série d'émissions à succès intitulée « The Nature of the Things ». Pour lui « Fiat lux » et « création » sont des termes trop connotés. Il clame partout que « *l'explosion originelle est une théorie naïve et puérile, digne d'un enfant de 8 ans* » et l'appelle par dérision — et avec un sens aigu de la communication — Big Bang. Bingo ! Ce mot fait une entrée fracassante dans les conversations mondaines et s'installe durablement, au grand

CHRISTIANISME

L'Église sépare officiellement Big Bang et création divine

« **I**l n'appartient pas à l'Église de porter un jugement sur une théorie scientifique en tant que telle. Ce n'est pas de son ressort. » C'est ainsi que le pape Benoît XVI a inauguré, à l'automne 2008, le colloque de l'Académie pontificale des sciences, cette entité située au cœur du Saint-Siège et dédiée à la recherche fondamentale, l'éthique et la responsabilité environnementale. Avant de conclure « qu'il n'existait aucune contradiction entre la notion chrétienne de création et la science ». Pourtant, trois ans plus tôt, le même Benoît XVI avait soutenu que l'Univers était le produit d'un projet intelligent*, se référant à « l'intelligent design » des créationnistes qui considèrent que l'Univers et les espèces sont apparus brusquement, en accord avec les récits bibliques. À l'époque, le jésuite astrophysicien George Coyne, directeur de l'Observatoire du Vatican, s'était élevé contre cette vision « concordiste » en déclarant que l'« intelligent design » n'avait rien de scientifique. La position officielle de l'Église est donc désormais une séparation totale entre la théorie du Big Bang et le Créateur. Même si, comme l'explique Jean-Michel Maldamé, dominicain et membre permanent de l'Académie pontificale, on voit se développer dans la communauté catholique « une tendance concordiste, particulièrement aux États-Unis : il s'agit de chercher à concilier la Bible avec les dernières découvertes scientifiques ». Et si l'Europe semble, pour l'heure, préservée de cette dérive, c'est en raison de « l'enseignement obligatoire de la philosophie au lycée, gage d'un esprit critique », poursuit-il. Au sein de l'Église, les relations entre science et foi restent marquées par un passé mouvementé. Au début du ^{xx}e siècle, trois siècles après Galilée, condamné à abjurer pour avoir affirmé que la Terre tournait sur elle-même, l'abbé belge Georges Lemaître, père de la théorie du Big Bang, y joua un rôle déterminant. Il décrivit un univers en expansion, certainement beaucoup plus dense et chaud autrefois (lire ci-contre). Il était dès lors tentant de dérouler



L'abbé Georges Lemaître (à gauche au premier plan), « père » du Big Bang, avec le pape Pie XII.

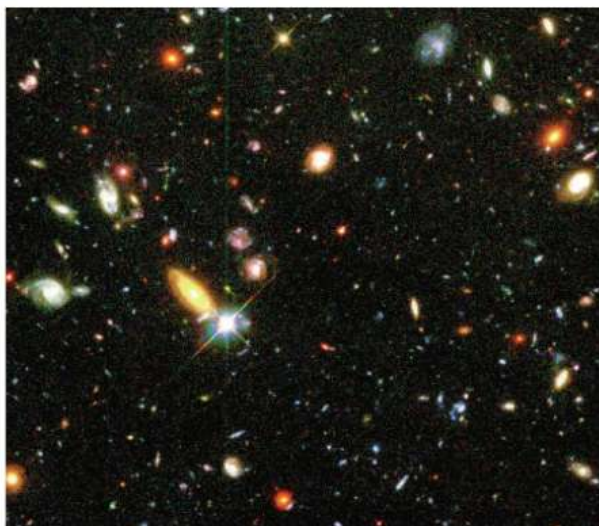
le film de cette évolution jusqu'aux premiers instants. Le pape Pie XII y décela ainsi la preuve de la création divine. Une confusion que Lemaître ne cessa de dénoncer, « voyant même une incompatibilité méthodologique entre l'application des lois de la physique et l'affirmation de la création », précise Paul Clavier, philosophe à l'École normale supérieure. Cette incompatibilité fait l'objet d'une argumentation scientifique dans l'article de l'abbé, qui distingue le « commencement naturel, issu de la physique, de la Création en lien avec la métaphysique ». En affirmant continuellement cette distinction auprès de sa hiérarchie, Lemaître préparait le terrain pour le concile Vatican II, ouvert en 1962 par le pape Jean XXIII et clos en 1965 sous le pontificat de Paul VI, marqué par une ouverture aux techniques et cultures contemporaines. Par ailleurs, l'Église développe ses propres activités scientifiques, notamment avec deux institutions : l'Observatoire du Vatican, doté d'un télescope au mont Graham (sud-est de l'État d'Arizona) qui dépend de l'université d'Arizona (États-Unis), et l'Académie pontificale des sciences, entité autonome, qui rassemble « des scientifiques issus de tous les champs de

recherche, toutes les cultures et toutes les confessions, certains se revendiquant comme athées », précise Jean-Michel Maldamé. Au sein des religions monothéistes, le christianisme présente une particularité importante dès lors que l'on s'intéresse à une perspective historique : « Il considère que la cause créatrice de l'Univers est en partie immanente — c'est-à-dire qu'elle fait partie de l'Univers lui-même, à travers Jésus fils de Dieu, explique Heinz Wismann, philosophe et philologue, directeur de recherche à l'École des hautes études en sciences sociales. Le créateur s'insère donc au sein du monde dont il est la cause. » Alors que le judaïsme et l'islam adoptent des causes transcendantes : la cause créatrice est totalement à l'extérieur du Cosmos lui-même et, de ce fait, échappe à la logique du monde. « Aucune relation généalogique — de filiation par exemple — ne peut y exister », poursuit le philosophe. Dieu n'y est donc pas un être de chair et de sang « mais davantage une quête ». L'exception du christianisme aurait eu, pour certains historiens, des conséquences importantes comme celle de s'autoriser à penser l'Univers selon la logique humaine... les prémices de l'astronomie en quelque sorte.

* sciav.fr/810papecreation

► dam de Hoyle lui-même qui fera toute sa vie partie des rares astrophysiciens à s'opposer à cette idée, pour ne pas être apparenté à une quelconque religion.

Dans l'esprit du public, le Big Bang devient en effet très vite une théorie qui explique l'origine de l'Univers — et donc l'instant zéro de la création — par une gigantesque explosion. « C'est aller un peu vite en besogne, explique Étienne Klein, physicien et philosophe au Commissariat à l'énergie atomique (CEA), qui dénonce une trop grande précipitation à conclure. Au cours du *xx^e* siècle, les physiciens ont compris comment s'étaient formées les étoiles, les galaxies, les noyaux des atomes. On peut ainsi affirmer, par exemple, que ce sont des nuages de gaz s'effondrant sur eux-mêmes qui sont à l'origine des étoiles, ou que les noyaux atomiques sont issus de la fusion de noyaux légers. À chaque fois, on explicite les processus qui ont conduit à l'achèvement de la chose dont on veut décrire l'origine. En somme, à rebours du sens commun donné à ce mot, "origine" veut dire "conclusion". Or si l'Univers a eu une origine, c'est qu'il n'a été précédé par



NASA/STSC/HUBBLE/DEEP FIELD TEAM

▲
Tels des joyaux colorés, des milliards de galaxies de tailles, de formes et de luminosité différentes s'étendent à travers l'espace. Mais elles ne représentent qu'environ 5 % du contenu de l'Univers.

rien. Mais alors, de quoi pourrait-il être l'achèvement ? » Invoquer le « néant » ne nous avance guère, car « dès que nous tentons de nous en faire une idée, nous lui attribuons des propriétés qui le transforment en une chose qu'il ne peut pas être », précise Étienne Klein.

Il en est de même si l'on suppose que la cause de l'Univers est contenue dans l'Univers lui-même, c'est-à-dire immanent, comme l'avait pensé par exemple le philosophe grec Thalès qui, au *vi^e* siècle

avant notre ère, désignait l'eau comme origine de l'Univers. « Si l'Univers contient sa propre cause, alors il devient éternel : car tel un moteur présent au cœur même du monde, cette cause peut intervenir à tout moment et éviter l'effondrement, explique Heinz Wismann, philologue et philosophe, directeur de recherche à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS). À l'inverse, si la cause est transcendante, aucun mécanisme du monde que nous connaissons ne s'applique à cette cause. En effet, les liens logiques que nous tissons ne peuvent s'appliquer qu'au Cosmos lui-même et non pas à ce qui est en dehors de lui. »

La physique ne peut expliquer l'origine du monde

La suite logique de ce constat est très simple : « Croire que des mécanismes ou des raisonnements qui ont cours dans le Cosmos peuvent nous permettre de comprendre l'origine transcendante du monde est un leurre », poursuit le philologue. Or, la physique que nous développons est issue de ce monde. « De ce fait, cette physique de l'immanence ne peut être appliquée à une cause transcendante du monde », renchérit Heinz Wismann. « C'est pourquoi la cosmologie ne peut révéler l'instant zéro de la création du monde, ni même ne peut affirmer que le monde a eu une origine », résume Étienne Klein. Exit donc la question des liens entre le créateur et le Big Bang.

Dès lors, une fois libéré du « boulet » de la création, le Big Bang, au sens où l'entendent les astrophysiciens — c'est-à-dire un cosmos qui aurait été plus dense et plus chaud dans le passé —, devient un modèle scientifique. On aurait pu en rester là, sur une belle théorie dont les grandes lignes avaient été vérifiées entre le milieu des années 1960 et la fin des années 1980... mais c'était compter sans le tournant observationnel de la discipline ! Depuis trois décennies



CLÉMENT MAHOUD/DEAU/FIGARO/FIGARO PHOTO

ÉTIENNE KLEIN

PHILOSOPHE, PHYSICIEN AU CEA, À SACLAY (ESSONNE)

« Prise au sérieux, l'origine de l'Univers demeure une question métaphysique »

« Imaginer une époque antérieure au Big Bang semble aussi absurde que de se demander ce qu'il peut bien y avoir au nord du pôle Nord. Dans les deux cas, la réponse qui paraît s'imposer est : rien. Il ne pourrait exister, par définition, de période avant la naissance de l'Univers, de sorte que la question de savoir ce qui a pu s'y passer est vide de sens, de la même façon que s'il n'y a rien au nord du pôle Nord, c'est parce que la

région à laquelle on fait ainsi allusion n'existe pas, ou que les mots dont nous disposons — « exister » notamment — sont impuissants à en dire les contours. Si on voit dans le Big Bang l'amorce de tout ce qui est, on tombe immanquablement sur une autre question métaphysique, celle de savoir ce qui a bien pu le déclencher au milieu de nulle part. »

Extrait de *Discours sur l'origine de l'Univers*, Flammarion, 2010.

en effet, les télescopes en orbite révèlent d'infimes précisions sur notre univers, remettant ainsi au goût du jour la question du créateur par le biais du fameux « ajustement fin ». Car les tout derniers résultats cosmologiques, notamment ceux du satellite européen Planck, sont on ne peut plus précis : l'Univers contient 26 % de matière noire, 5 % de matière visible et 69 % d'énergie sombre. De plus, la valeur de la constante cosmologique responsable de son expansion accélérée est 10^{120} fois plus faible que ce à quoi on pouvait s'attendre théoriquement, et sa « courbure » est égale à zéro pile. Ce qui indique que l'espace a très précisément une géométrie euclidienne semblable à celle d'une feuille de papier.

Hasard ou intentionnalité créatrice

Changeons un seul de ces paramètres et imaginons ce qui pourrait bien se passer. « *La seule chose que l'on puisse affirmer est que oui, si les constantes avaient été différentes, nous serions dans un autre univers* », explique Aurélien Barrau, du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie de Grenoble (Isère). Pour autant, la vie aurait-elle pu apparaître ? Certains tentent de le démontrer (voir par exemple le travail d'Abraham Loeb p. 31). « *On peut tout aussi bien supposer que la complexité nécessaire à l'apparition de la vie puisse exister dans un autre type d'univers*, reprend Aurélien Barrau. *N'oublions pas que nous ne connaissons même pas les phénomènes qui pourraient avoir lieu dans cet autre univers. Il se peut que tout cela soit simplement un faux problème, fruit de notre ignorance.* »

Cependant, si l'on s'en tient à ce qui est connu, qu'un seul de ces paramètres varie... et notre existence même devient une hypothèse impossible à envisager ! Est-il possible que tout cela ne soit

JUDAÏSME

La création de l'Univers reste un mystère inaccessible

« **T**raditionnellement, il n'y a pas eu de pensée cohérente du judaïsme sur l'origine de l'Univers », explique Maurice-Ruben Hayoun, philosophe et professeur aux universités de Strasbourg et de Genève. On trouve néanmoins dans la tradition juive des allusions à l'éternité ou à l'adventicité [venue à l'être dans le temps] de l'Univers : a-t-il été créé dans le temps, ce qui est en désaccord avec Aristote qui enseigne que le temps

est éternel ? Est-il éternel ? Le penser, c'est renverser l'un des fondements de la Torah. Le midrash [exégèse] de la Genèse contourne la difficulté en disant ceci : « *Expliquer à des êtres de chair et de sang le mystère de la création de l'Univers est chose impossible.* » « *Aujourd'hui, reprend le philosophe, il y a la tentation du concordisme — qui pousse à chercher dans les écrits bibliques une justification scientifique et vice versa. Il s'agit là d'une confusion de méthode et de registre.* »

ISLAM

Pas de lien entre science et religion



Une lecture littéraliste du Coran bannit l'idée de hasard (ci-dessus, l'université Al-Azhar au Caire).

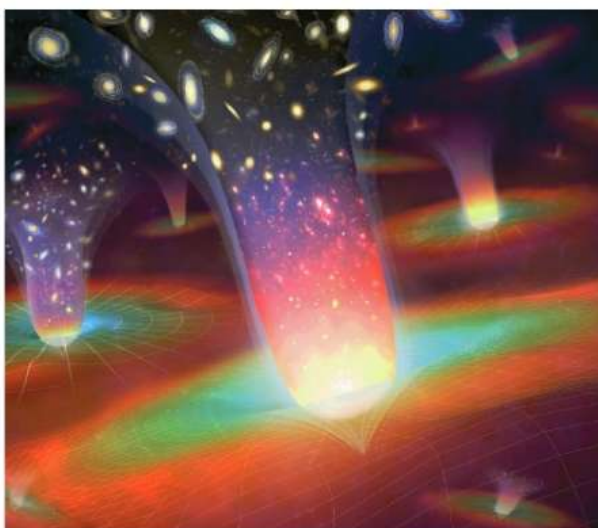
Le débat cosmologique du xx^e siècle n'a pas pénétré le monde musulman. « *Dans les années 1950-1960, celui-ci était occupé par les guerres d'indépendance qui avaient cours dans une grande partie des pays d'Afrique du Nord* », rappelle Bruno Guiderdoni, astrophysicien, directeur de l'Observatoire de Lyon et directeur de l'Institut des hautes études islamiques. De plus, « *il ne peut y avoir de position officielle par rapport au Big Bang, car il n'y a pas de clergé au sein de l'islam sunnite — soit plus de 90 % des musulmans dans le monde* », ajoute Nouredine

Belhout, directeur de la Faculté des sciences islamiques de Paris. Cependant, pour l'expert, « *la lecture littéraliste du Coran bannit toute idée de hasard, qui intervient aujourd'hui dans une grande partie des sciences.* » D'une manière générale, dans leur pratique courante, les musulmans séparent le fait religieux du savoir scientifique. Bruno Guiderdoni note cependant « *une tendance de plus en plus grande à trouver dans le Coran une explication du fait cosmologique* ». Là encore, la tentation du concordisme est présente.

► que l'effet du hasard ? Faut-il y voir une intentionnalité créatrice ? Pour sortir de cette impasse de l'« ajustement fin », les cosmologistes concoctent depuis une dizaine d'années d'autres représentations de l'Univers, en touillant dans leur chaudron numérique des théories tout droit sorties des neurones les plus productifs. Ces nouveaux modèles sont le fruit de ce que l'on appelle la « gravité quantique », qui constitue le grand défi des prochaines décennies, car promettant d'apporter un nouvel éclairage sur les tout débuts de l'Univers.

Des dimensions invisibles enroulées sur elles-mêmes

Pour comprendre, il faut là encore revenir à la première moitié du xx^e siècle, l'âge d'or de la physique. C'est l'époque où Einstein développe la relativité générale, cette nouvelle théorie de la gravité qui englobe celle de Newton avec une ambition autrement plus grande : décrire l'Univers dans sa totalité. Le Cosmos tout entier devient alors un objet de science, pensé de manière logique. Pendant ce temps, la physique



MARC GARLICK/SPL/COSMOS

▲ Certains développements de la physique théorique envisagent un multivers au sein duquel se développeraient une foule d'univers différents, chacun ayant ses propres caractéristiques (ci-dessus une représentation de quelques-uns d'entre eux).

quantique — qui décrit le monde subatomique et l'intime réalité de la matière — fait ses premiers pas. Mais les deux théories peinent à concilier leurs points de vue respectifs. Ainsi, la relativité générale décrit, par exemple, un monde où les échanges d'énergie sont continus tandis que la mécanique quantique y voit des « paquets d'énergie » (quantas) irréductibles.

D'où l'émergence contemporaine des théories de la gravité quan-

tique. Celles-ci ont en effet la prétention d'englober les deux physiques, celle adaptée aux très grandes échelles et celle du monde microscopique. Et, pour l'heure, deux pistes de recherche se dessinent. L'une est la gravité quantique à boucle qui considère que matière et espace sont discontinus, à l'image d'un tableau pointilliste : à très petite échelle, le monde serait granulaire. L'autre est la théorie des cordes, qui assimile les particules élémentaires à un seul et unique objet : une minuscule corde dont chaque vibration correspondrait à une particule. Selon cette théorie, l'espace posséderait des dimensions supplémentaires qui complèteraient les trois dimensions qui nous sont familières (longueur, largeur et hauteur). Ces dimensions seraient invisibles car extrêmement petites et enroulées sur elles-mêmes, à l'image de minuscules fils sortant de la trame d'un tissu usé à deux dimensions (longueur et largeur).

Un écheveau de milliards d'univers

Ces deux pistes de recherche sont encore inabouties, mais chacune apporte une nouvelle vision du Cosmos qui permet d'en finir avec le « borbier » de l'ajustement fin. Et les mondes qu'elles proposent défient l'imagination. Les tenants de la gravité quantique à boucle parviennent en effet à concevoir un univers évoluant... sans début ni fin. Ils renouent avec l'idée, maintes fois évoquée par les philosophes de l'Antiquité, d'un cosmos cyclique. « Ainsi, notre univers en expansion serait issu du rebond d'un autre univers en contraction ayant existé avant lui », explique Aurélien Barrau.

Le nôtre, à son tour, finira par arrêter sa dilatation pour se contracter et rebondira avant même d'être réduit à un point, échappant ainsi à cette « singula-



TONIOLO/AGF/LEEMAGE

MARGHERITA HACK

ASTROPHYSICIENNE *

« Ni le croyant ni le non-croyant ne peuvent démontrer par la science l'existence de Dieu »

« Science et foi peuvent très bien cohabiter. Le chercheur croyant adoptera la méthode scientifique pour ses recherches et il attribuera à cette mystérieuse entité appelée Dieu, inspirateur de la raison et aussi cause ultime du monde, la capacité du cerveau humain à déchiffrer l'Univers. Le non-croyant, de son côté, prendra acte du fait que la matière, dans ses formes les plus élémentaires, est capable de s'agréger pour former des atomes et des molécules,

des étoiles et des planètes, et des êtres vivants. L'un croit dans la matière et ses forces intrinsèques, sans autre finalité, l'autre croit que ces forces intrinsèques de la matière obéissent à une volonté et un Bien supérieur. Les deux hypothèses sont parfaitement équivalentes même si elles restent diamétralement opposées. »

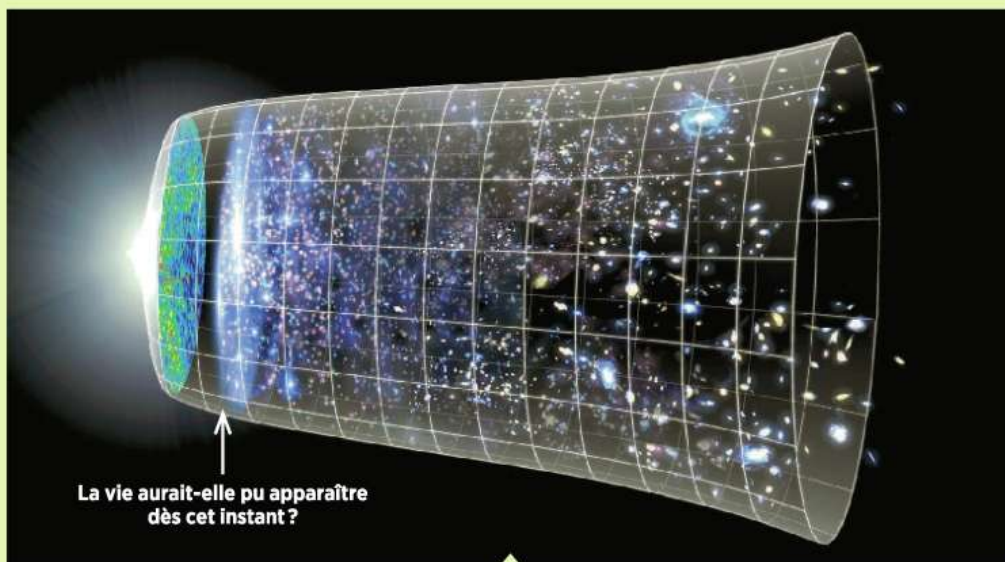
Extrait de *L'Infini et nous. Dieu, la vie et l'Univers vus par une scientifique athée*, Robert Laffont, 2013.

* Décédée en 2013.

La vie, née avant même la Terre?

Un scientifique américain estime que la vie a pu apparaître par hasard à un autre moment de l'histoire de l'Univers. Intuition géniale?

Et si la vie, au lieu d'avoir attendu 10 milliards d'années pour apparaître sur notre planète Terre, avait surgi seulement 15 millions d'années après le Big Bang? À l'époque, il n'y avait pas encore de galaxies ni d'étoiles, et encore moins de planètes leur tournant autour. Hypothèse farfelue ou idée géniale? Vu la notoriété de son auteur, Abraham Loeb, professeur d'astronomie et de cosmologie à Harvard et membre de l'Académie des sciences des États-Unis, personne ne s'est autorisé le moindre haussement d'épaules. Mieux! Quand il a publié en décembre 2013 son article expliquant que la vie avait pu apparaître à un autre moment dans l'histoire de l'Univers, la communauté scientifique a été plus que troublée. Une très grande majorité estime en effet que son développement nécessite l'existence d'une planète dotée d'une atmosphère et d'eau liquide, et donc d'une température favorable. C'est d'ailleurs sur ce dernier point, et ce n'est pas un hasard, qu'Abraham Loeb argumente en priorité, estimant que cette présence proviendrait du « fond diffus cosmologique » et non de la lumière des étoiles, non encore formées. Autrement dit, elle trouverait sa source dans cette première lumière de l'Univers, émise lorsque les photons ont pu se propager, et découverte en 1965 par les Américains Arno Penzias et Robert Wilson. Elle constitue désormais l'un des piliers



Moyennant quelques postulats controversés, les conditions indispensables à l'apparition de la vie ont pu être rassemblées alors que l'Univers (représenté ici sur 13,6 milliards d'années) n'avait qu'environ 15 millions d'années.

actuels de la cosmologie. À cette époque, selon les calculs d'Abraham Loeb, elle devait osciller entre 0 et 100 °C (contre -271 °C aujourd'hui). De quoi permettre à l'eau — l'une des conditions *sine qua non* à l'apparition de la vie — de se maintenir à l'état liquide. Mais comment trouver une surface planétaire pour que celle-ci se développe? « Une première génération d'étoiles a pu se former et éventuellement abriter de rares planètes, veut bien concéder Bruno Guiderdoni, directeur de l'Observatoire de Lyon. Mais cette hypothèse est encore très discutée. » Pas facile, par ailleurs, d'expliquer comment la vie a pu apparaître en quelques millions d'années à peine alors que sur Terre, le processus a été beaucoup plus long: « Il s'est passé 500 millions d'années entre

l'émergence de conditions physico-chimiques compatibles avec la vie et les premières traces fossiles enregistrées », rappelle Hervé Le Guyader, professeur de biologie évolutive à l'université Pierre-et-Marie-Curie. Abraham Loeb connaît ces critiques, mais ancre son raisonnement dans les incertitudes qui jalonnent encore nos représentations du Cosmos. Il ne serait pas impossible que les conditions indispensables au développement de la vie aient pu être rassemblées à un moment qu'on n'avait pas encore imaginé, dans des circonstances bien différentes de ce que nous connaissons: la densité de matière était alors en moyenne un million de fois plus élevée et l'énergie sombre (qui fait accélérer

l'expansion de l'Univers) inexistante. Surtout, cette possibilité d'une vie lors de périodes où régnaient des conditions radicalement autres a un autre effet majeur: elle remet du hasard dans le débat cosmologique. Au sein d'une foule de possibilités, c'est par pur hasard que la vie aurait fini par se développer ici et maintenant. « D'après Abraham Loeb, on peut se passer du principe anthropique en science », résume Bruno Guiderdoni. Et cette théorie évacue la question d'un éventuel créateur. « Question purement métaphysique qui ne saurait interférer avec la méthodologie des sciences physiques », estime Paul Clavier, enseignant en philosophie à l'École normale supérieure. C'est sans doute le but du travail d'Abraham Loeb.

► rité » qui ne peut être décrite par la physique dont nous disposons. Quant à la théorie des cordes, elle suppose que notre univers, loin d'être unique, fait partie d'un écheveau de milliards d'autres. « Cette hypothèse est même compatible avec la relativité générale et la mécanique quantique », poursuit Aurélien Barrau. Les membres de ce « multivers » posséderaient chacun un jeu de paramètres physiques spécifiques et certains — comme le nôtre — regrouperaient les conditions indispensables à la vie.

Un double dans un autre univers habité

Ces univers parallèles seraient dans les dimensions supplémentaires de l'espace, sans contact les uns avec les autres. Ainsi, il nous est difficile de savoir si un monde habité semblable au nôtre existe dans un autre univers. Les théoriciens du multivers, comme le physicien Leonard Susskind, professeur à l'université de Stanford en Californie (États-Unis), évoquent même 10^{500} possibilités d'univers, soit un nombre à 500 zéros ! Une quantité si gigantesque que la probabilité que chacun d'entre nous ait un double dans un autre univers habité n'est pas nulle. Ainsi, comme l'écrivent Taubias Hürter et Max Rauner, auteurs des *Univers parallèles*, la question existentielle au sein des multivers serait : « Combien suis-je ? » Et « l'ajustement fin » n'aurait plus de sens. Sans compter que dans le lot, existerait au moins un univers dont les caractéristiques coïncideraient avec les conditions d'apparition de l'homme, ce qui rendrait caduque la question d'un univers taillé pour l'homme. La recherche du créateur redeviendrait une expérience uniquement sensible et émotionnelle, métaphysique, et l'apparition de la vie une affaire de statistiques... ■

Aux origines étaient les mythes

Tortue, crocodile, œuf ou encore chaos...
l'élément premier à l'origine de l'Univers diffère selon les cultures et les continents.

À L'ORIGINE ÉTAIT L'ŒUF. Du nord au sud, d'est en ouest, peu de cultures ont pensé l'Univers sans faire appel à cette figure primordiale. Cette entité close et énigmatique est une constante des récits de la création, surtout dans les pays du Levant. Au Japon, l'œuf des origines renferme ainsi le germe du monde. C'est lorsqu'il se brise que Ciel et Terre se forment : la partie lumineuse de l'œuf s'évapore, laissant se coaguler la Terre primordiale. Ce n'est qu'ensuite qu'apparaissent les divinités, le couple Izanagi et Izanami, venu peupler la Terre. L'œuf tibétain renferme quant à lui les éléments constitutifs de l'Univers : un lac, au sein duquel un tourbillon donne naissance aux êtres vivants. Quant à la Chine, elle estime le temps de maturation de cet œuf primordial à 18 000 ans, fortifiant en son sein le premier être, Pan Gu, qui s'intercale entre éléments légers et lourds, grandissant de trois mètres par jour et repoussant d'autant la

Terre du Ciel. Sa tête deviendra le mont de l'Est tandis que ses larmes formeront le fleuve Bleu et le fleuve Jaune. Mais la figure de l'œuf est aussi utilisée au Mali, chez les Dogons. Il s'agit là d'un œuf oblong, en terre cuite, qui contient la demeure principale du dieu Amma. Ses parois comportent les étoiles, fixes, et quatorze mondes tournent autour d'une tige d'acier reliant ses deux extrémités, chacun disposant de son soleil et de sa lune. La Terre, plate, occupe la position centrale, avec les mondes lumineux au-dessus d'elle, les ténébreux en dessous. Dans cet œuf à quatorze étages, les divinités vivent une histoire rocambolesque faite de sacrifices et de sexe...

Il faut changer de continent pour rompre avec ce mythe de l'œuf originel : tortue et crocodile font leur apparition en Amérique. Au sud du Mexique, les Aztèques considèrent ainsi que la Terre et les treize couches du Ciel sont portées par un crocodile nageant



SERGE PICARD

« Avant les religions, les mythes ont raconté le jeu des forces antagoniques considérées comme divines ou cosmiques »

Heinz Wismann, philosophe et philologue



Les Dogons, au Mali, ont pensé l'Univers sous la forme d'un œuf oblong renfermant 14 mondes superposés.

dans les eaux primordiales. Quant aux Hurons, originaires du centre de la province canadienne de l'Ontario, ils ont placé à la base du monde une tortue. La première femme de cet Univers, tombée du ciel, a été recueillie sur sa carapace géante où elle a bâti la Terre. Mais il se peut aussi que le monde n'ait nul besoin d'un objet particulier pour éclore. Chez les Grecs, par exemple, c'est le chaos qui donne naissance à Gaïa, la Terre. Dessus, le ciel hémisphérique est en airain : c'est le domaine de Zeus, le roi des dieux.

Ainsi, bien avant que les religions n'apparaissent, les mythes ont « raconté le jeu des forces antagonistes considérées comme divines ou cosmiques, explique Heinz Wismann, philosophe et directeur de recherche à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS). Peu à peu, ces mythes se sont structurés pour devenir des mythologies. « L'association du raisonnement (logos) et de la narration (mythos) les a transformés en une structure hiérarchique avec des liens de cause à effet qui rendent le récit cohérent. En Grèce, c'est Hésiode, au VIII^e siècle avant notre ère, qui a élaboré la première mythologie au sens strict en construisant une généalogie des dieux dans sa Théogonie. » ■

D'après *Mondes, mythes et images de l'Univers*, de Leïla Haddad et Guillaume Duprat, préface d'Hubert Reeves, Seuil.

POUR EN SAVOIR PLUS

- **L'Invention du Big Bang**, Jean-Pierre Luminet, Points sciences, 2004.
- **Discours sur l'origine de l'Univers**, Étienne Klein, Flammarion, 2010.
- **Big Bang et au-delà. Balade en cosmologie**, Aurélien Barrau, coll. « Quai des sciences », Dunod, 2013.
- **Univers parallèles. Du géocentrisme au multivers**, Tobias Hurter et Max Rauner, CNRS Éditions, 2012.
- **L'Infini et nous. Dieu, la vie et l'Univers vus par une scientifique athée**, Margherita Hack, Robert Laffont, 2013.

ILLUSTRATION: GUILLAUME DUPRAT/CELESTIAL PHOTO

Des bactéries embarquées vers Mars

Le rover Curiosity, qui fête ce mois-ci sa deuxième année de présence sur la planète Rouge, a emporté des centaines de bactéries terrestres. Une contamination du sol martien est-elle possible ? Les analyses peuvent-elles être faussées ? Explications.

Par Jean-François Haït

LA NOUVELLE A FAIT SENSATION. Une étude menée par l'équipe de la microbiologiste Stephanie Smith, de l'université de l'Idaho (États-Unis), a révélé ce printemps que Curiosity s'était envolé vers Mars il y a tout juste deux ans, en août 2012, avec... 377 souches de bactéries à bord ! Réalisées à partir de prélèvements effectués avant le décollage du rover, ces analyses ont comptabilisé 65 espèces, parmi lesquelles de très nombreux bacilles, capables de produire des spores (1), ainsi que différentes espèces de staphylocoques. L'équipe a cultivé ces dernières et les a soumises simultanément à plusieurs conditions rigoureuses, dont certaines prévalent sur la planète Rouge : basse température, exposition aux rayons UV, pH très alcalin... Résultat : 11 % d'entre elles ont survécu. Il n'en fallait pas plus pour enflammer Internet, au motif que le rover martien aurait embarqué vers l'espace quantité de microbes qui auraient contaminé Mars et s'y seraient multipliés.

Pour Cassie Conley, chargée de la protection planétaire à la Nasa, ces éléments n'ont pas de quoi inquiéter la communauté scientifique. « Curiosity a décollé en étant parfaitement conforme aux normes internationales et à celles de la Nasa



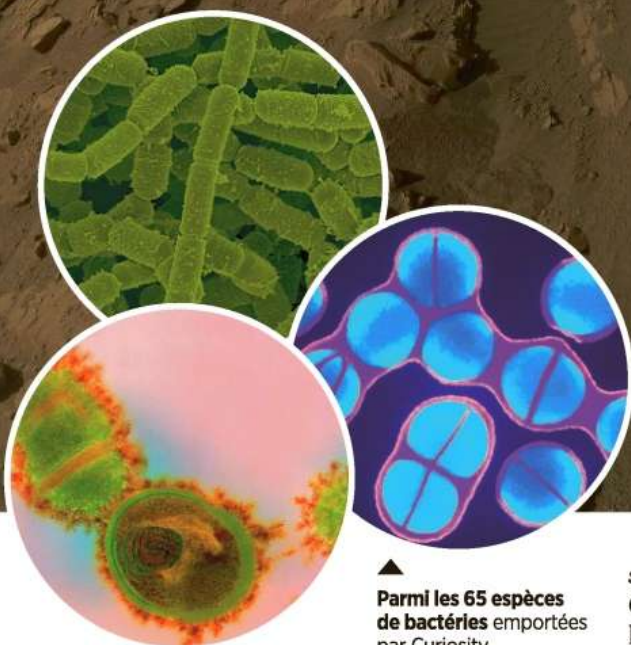
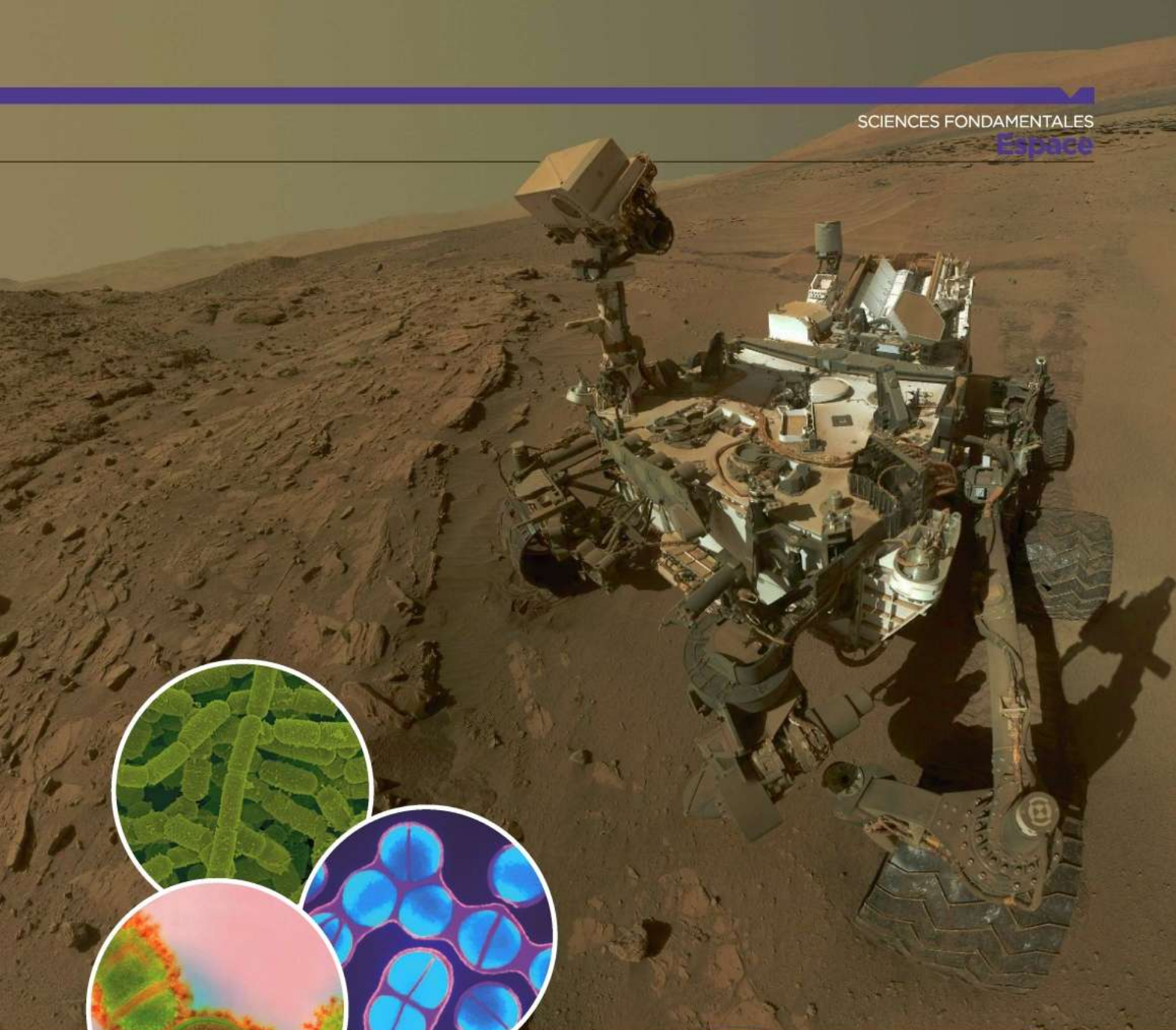
La mission Exomars, qui doit débuter en 2016, est en cours de stérilisation. Son rover, classé « 4 b », ne pourra emporter que 30 spores bactériennes.

en matière de propreté requise pour le site qu'il explore », affirme-t-elle, nullement bouleversée par cette étude. Et pour cause : les agences spatiales savent parfaitement que toutes leurs sondes décollent avec des microbes à bord. « La plupart des bactéries détectées dans cette étude sont retrouvées de manière routinière sur les missions spatiales, renchérit Christine Moissl-Eichinger, de l'Institut de microbiologie de l'université de Ratisbonne (Allemagne), qui travaille avec l'Agence spatiale européenne (ESA), et on sait déjà que certaines résistent à des conditions extrêmes. De plus, le nombre de 377 souches ne signifie nullement que chacune est représentée en grand nombre sur le rover. Enfin, si certaines bactéries peuvent survivre dans l'espace, il est très difficile

d'estimer le risque qu'elles puissent croître sur Mars. » En effet, les conditions de l'étude, aussi drastiques soient-elles, ne reproduisent pas exactement celles d'un voyage vers Mars suivi d'un séjour sur la planète Rouge. Seule l'expérience Expose, installée sur la Station spatiale internationale, a permis de s'en approcher, en soumettant des bactéries au rayonnement ambiant et au vide spatial, ou à une atmosphère martienne reconstituée, pendant près d'un an et demi.

Les agences spatiales visent une protection planétaire

Les résultats publiés en 2012 ont montré notamment que les spores d'une bactérie pourtant très coriace, *Bacillus pumilus*, exposées directement aux UV, avaient un taux de survie infime. En revanche, quand les micro-organismes sont à l'abri des UV, comme ils le seraient à l'intérieur d'un vaisseau spatial en route vers Mars, ce taux atteignait 10 à 40 %. Quant à tester directement sur Mars si de telles bactéries peuvent ensuite se développer, c'est évidemment inenvisageable... sauf à risquer de contaminer la planète. Le « zéro bactérie » étant impossible à obtenir, les agences spatiales — qui n'entendent pas



▲ Parmi les 65 espèces de bactéries emportées par Curiosity, le staphylocoque doré (à droite), le streptocoque (à gauche) et « *Paenibacillus amyloleticus* » (en haut), capable de former des spores.

renoncer à l'exploration du système solaire pour cette raison — tentent de minimiser le risque en menant une politique de « protection planétaire ». Celle-ci est même gravée dans le marbre de l'article 9 du traité de l'espace de 1967, signé par les puissances spatiales sous l'égide de l'ONU, qui pose les bases juridiques de l'utilisation de l'espace. « Dès le début de la conquête spatiale, on a pris conscience du risque de contaminer les corps célestes. D'où l'établissement de normes auxquelles tous les pays

signataires doivent satisfaire », note Gerhard Kminek, responsable de la protection planétaire à l'ESA et membre du Cospar (Comité pour la recherche spatiale).

Des normes de sécurité jugées parfois excessives

C'est cet organisme scientifique international qui a établi et qui révisé régulièrement les critères à respecter avant chaque lancer. Ainsi, chaque mission spatiale est-elle classée sur une échelle de 1 à 5, de l'absence de précautions particulières à des mesures de sécurité extrêmes pour parer à une contamination aux conséquences potentiellement désas-

treuses. La mission Curiosity a été classée « 4a », ayant l'autorisation d'embarquer au maximum 300 000 spores bactériennes sur la totalité de ses surfaces en contact avec Mars. Des normes qui font parfois grincer des dents, certains scientifiques les jugeant excessives par rapport au risque réel de contamination, au regard du surcoût qu'elles induisent dans les missions spatiales.

Pour les mettre en œuvre, il faut en effet nettoyer et stériliser plusieurs fois les éléments de l'engin au fur et à mesure de sa construction, le nettoyage se faisant avec de l'alcool (isopropyle) à 70°. Quant à la stérilisation, elle est réalisée en ►

Trois niveaux de sécurité pour l'exploration martienne



Mission de survol de Mars	Mission avec atterrissage sur Mars	Mission avec retour d'échantillons vers la Terre
Réduire la probabilité de crash de la mission	Sans objectif de recherche de la vie (exemple : Curiosity) Nombre maximum de spores autorisées : 300 000 *	Toutes les dispositions précédentes s'appliquent
Nombre total de spores autorisées : 500 000	Avec objectif de recherche de la vie (exemple : Exomars) Nombre maximum de spores autorisées : 30 *	Interdiction de ramener sur Terre des éléments de vaisseau spatial ayant été en contact avec Mars
		Les échantillons doivent être enfermés dans un conteneur hermétique et très résistant

* Valeurs données pour les parties de l'engin non hermétiquement closes ou qui peuvent être en contact direct avec la surface de Mars. (Version simplifiée des 5 niveaux de sécurité du classement du Cospar.)

► chauffant les pièces entre 110 °C et 125 °C pendant plusieurs heures. Mais, même avec ce traitement, il est impossible de stériliser à 100 %, certains recoins restant inaccessibles au traitement. On peut ainsi se souvenir des sondes Viking I et II en 1976, dont la mission était de se poser sur Mars. La planète Rouge étant encore mal connue, les deux engins avaient subi avant leur décollage un traitement drastique, une cuisson intégrale au four étant censée les débarrasser de leurs bactéries. Depuis, les scientifiques ont

affiné la connaissance des corps célestes et adapté les traitements en conséquence. Il s'agit surtout désormais de ne pas contaminer certaines régions où la vie pourrait éventuellement se développer du fait de la présence d'eau : cela concerne certains sites de Mars, mais aussi, entre autres, Europe, Ganymède et Callisto, trois lunes de Jupiter qui pourraient cacher un océan d'eau liquide sous leur surface gelée. La mission spatiale européenne Juice (Jupiter Icy Moon Orbiter), qui va les survoler autour de 2030, a été conçue

pour minimiser la probabilité d'un crash sur l'une de ces lunes. Curiosity, en revanche, n'évolue pas dans une région où de l'eau liquide ou de la glace pourraient être présentes.

Mais la contamination n'est pas le seul problème : la présence de bactéries peut aussi fausser certaines mesures et compromettre les objectifs scientifiques d'une mission. Il en va ainsi du laboratoire SAM, embarqué à bord de Curiosity et composé d'une série d'instruments dont SAM-GC, un chromatographe destiné à détecter de la matière organique sur Mars. Or, les bactéries, qui sont justement constituées de matière organique, pourraient avoir contaminé la foreuse qui prélève les échantillons de sol à analyser, ce qui fausserait les mesures. « Une bactérie ne posera pas de problème, souligne ainsi Michel Cabane, du Latmos (Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales), responsable scientifique de SAM-GC. Mais s'il y en a plusieurs, il n'est pas impossible que nous percevions un signal. En cas de doute, nous multiplierons les analyses. »

Les vestiaires des techniciens pointés du doigt

Le problème se posera avec davantage d'acuité pour Exomars. La mission russo-européenne doit partir chercher des traces de vie sur la planète Rouge en 2016 (un orbiteur et un atterrisseur) et en 2018 (un rover). Ce dernier, classé « 4b », n'aura le droit d'emporter que... 30 spores ! « La stérilisation d'Exomars est en cours et il s'agit de savoir quelles bactéries pourraient "passer au travers". C'est pourquoi nous analysons régulièrement des prélèvements faits dans la salle blanche (2) de Turin (Italie) où il est assemblé », souligne Christine Moissl-Eichinger. Des salles blanches qui réservent parfois

des surprises sous forme d'espèces bactériennes inattendues (lire l'encadré ci-contre).

En parallèle, les chercheurs tentent de trouver de nouvelles solutions pour éviter la contamination. Une tâche complexe car les engins spatiaux sont désormais truffés d'électronique ou de substances qui risquent d'être endommagées par les produits chimiques ou la chaleur. La solution se trouve... ailleurs. « Nous nous intéressons beaucoup aux vestiaires où les techniciens revêtent leur tenue réglementaire avant d'aller assembler les engins spatiaux dans les salles blanches. C'est là que se fait la contamination. Il faut repenser la manière dont on pénètre dans ces lieux », explique Christine Moissl-Eichinger.

Mais il faudra coûte que coûte trouver des solutions et améliorer drastiquement la sécurité, en particulier pour concevoir la mission qui rapportera sur Terre les premiers échantillons martiens. Cette dernière n'est pas encore formellement programmée, mais les scientifiques et les agences spatiales y réfléchissent depuis des années. L'enjeu sera double : vérifier qu'on ne ramène pas de Mars des bactéries qu'on aurait apportées avec soi depuis la Terre, mais

aussi, et surtout, ne pas contaminer la Terre avec des organismes vivants martiens dont le caractère pathogène serait totalement inconnu.

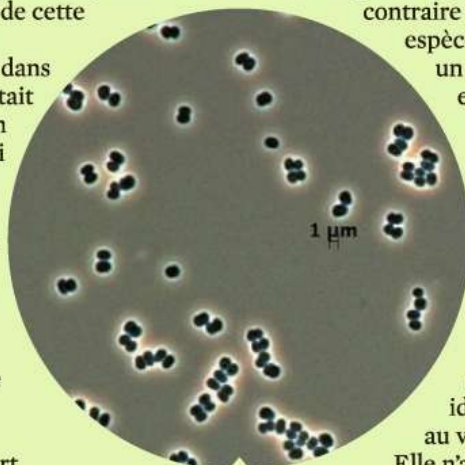
C'est pourquoi ce retour d'échantillons martiens est classé 5, le plus haut niveau sur l'échelle du Cospar. « Le problème principal concerne le conteneur qui doit ramener les échantillons. Il doit être parfaitement étanche et ne pas

La mystérieuse bactérie des salles blanches

Elle se nomme *Tersicoccus phoenicis*.

La particularité de cette bactérie ? Elle a été découverte en 2007 dans la salle blanche où était assemblée la mission Phoenix qui a atterri sur Mars en 2008, d'où son nom. En 2012, c'est au centre spatial de Kourou, en Guyane, qu'elle a été détectée. Elle n'a encore jamais été retrouvée ailleurs, même si elle est forcément présente quelque part dans l'environnement. Sa présence dans les salles

blanches prouve qu'elle peut, au contraire de beaucoup d'autres espèces, survivre dans un milieu très pauvre en nutriments, car ces endroits, extrêmement bien nettoyés, sont exempts de poussières. Des études sont en cours, notamment sur sa capacité à vivre en l'absence d'oxygène. Le profil idéal pour survivre au voyage martien ? Elle n'a pas été détectée sur Curiosity mais au moins, on l'aura repérée.



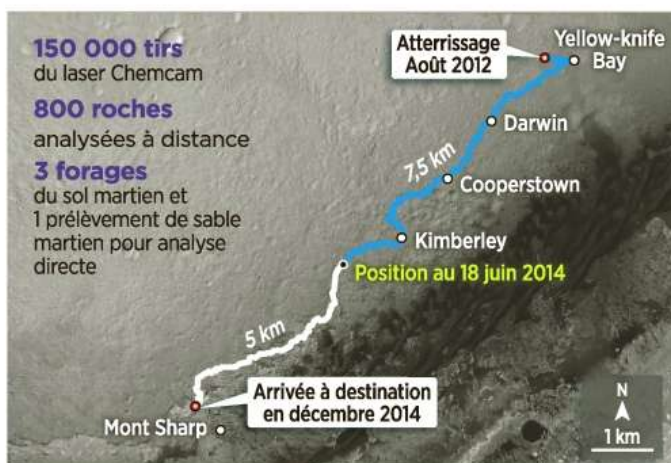
Tersicoccus phoenicis

NASA/JPL-CALTECH

EXPLORATION

Curiosity fête ses deux ans

Le 24 juin, le rover Curiosity a fêté sa première année... martienne. La planète Rouge met en effet 687 jours terrestres pour effectuer un tour du Soleil. Mais l'engin, qui avait atterri sur Mars le 6 août 2012, fête également ses deux années « terrestres ». Il se dirige vers le mont Sharp, dont les strates qui révèlent l'action d'eau liquide à différentes époques intéressent les scientifiques.



se rompre en cas de crash lors du retour sur Terre. Des études technologiques sont menées pour le concevoir », souligne Gerhard Kminek. Et, une fois sur Terre, que faire des échantillons ? Il existe bien des laboratoires de haute sécurité classés « P4 », tel le laboratoire Jean-Mérieux à Lyon, où les scientifiques ont l'autorisation de manipuler les organismes les plus pathogènes au monde, comme le virus Ebola. « Mais il ne pourrait pas protéger efficacement l'échantillon martien de la contamination par des bactéries terrestres lors des analyses, estime Gerhard Kminek. Il faudra donc concevoir un site sur mesure ». Et, pour parer à toute éventualité, mobiliser les agences de santé du monde entier. ■

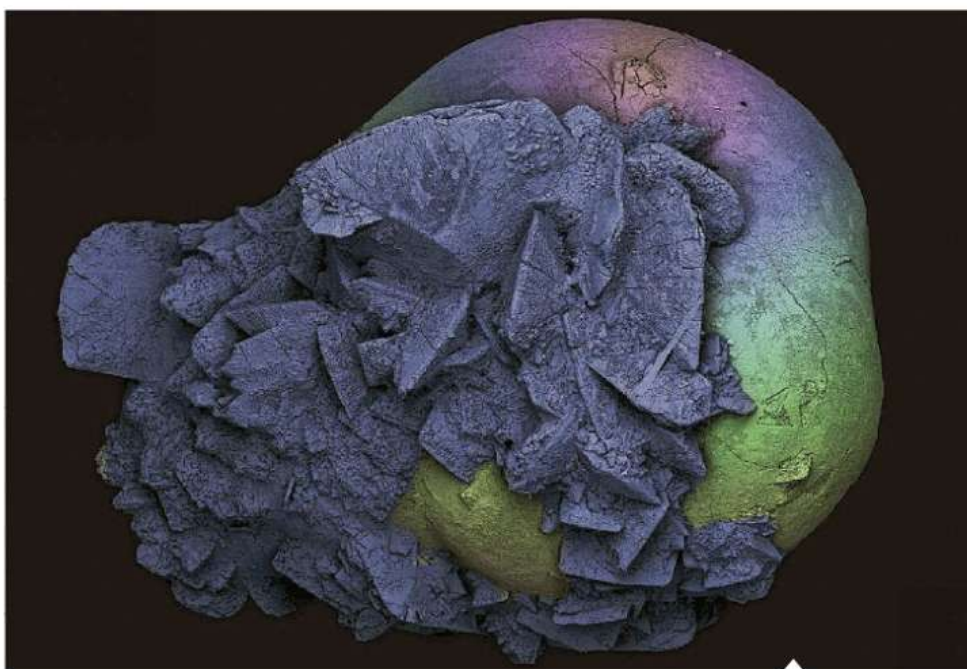
(1) Dans un environnement défavorable ou lors d'une pénurie de nutriments, certaines bactéries forment une coque très rigide qui préserve leur matériel génétique : la spore. Sous cette forme, elles peuvent survivre très longtemps (pour certaines plus d'un millier d'années) en attendant de se « réveiller » lorsque les conditions deviennent plus clémentes.

(2) Pièce où la concentration de poussières dans l'air est maintenue à un niveau très bas. L'air y est recyclé, la température et l'humidité contrôlées.

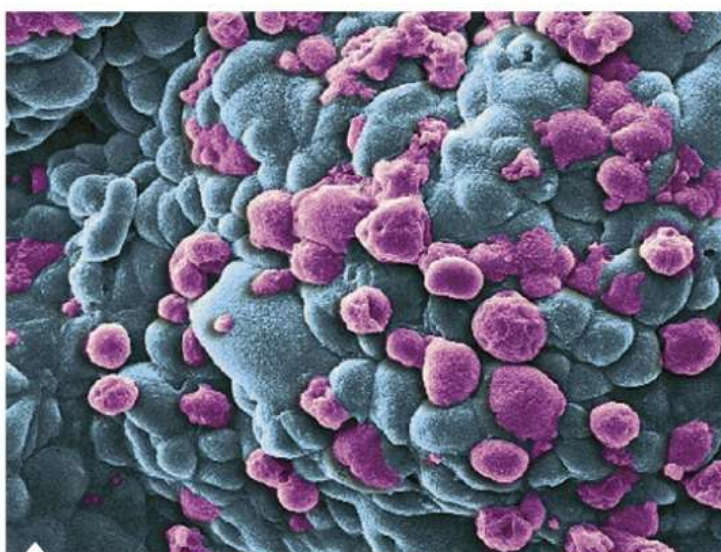
Gros plan sur l'infiniment petit

Ces images spectaculaires, réalisées au microscope électronique à balayage, font partie des 18 lauréates des Wellcome Awards 2014, un concours qui récompense les meilleures vues scientifiques parmi celles récemment acquises par la banque d'images britannique Wellcome Images. Un jury composé de sept personnes — chercheurs, éditeurs, journalistes et membres d'institutions scientifiques — a sélectionné ces vues en fonction de leur impact, de leur qualité technique et de l'éclairage scientifique qu'elles apportent. Ces images offrent un regard inédit sur un monde microscopique qui ne cesse de nous surprendre.

Audrey Boehly



KEVIN MACKENZIE

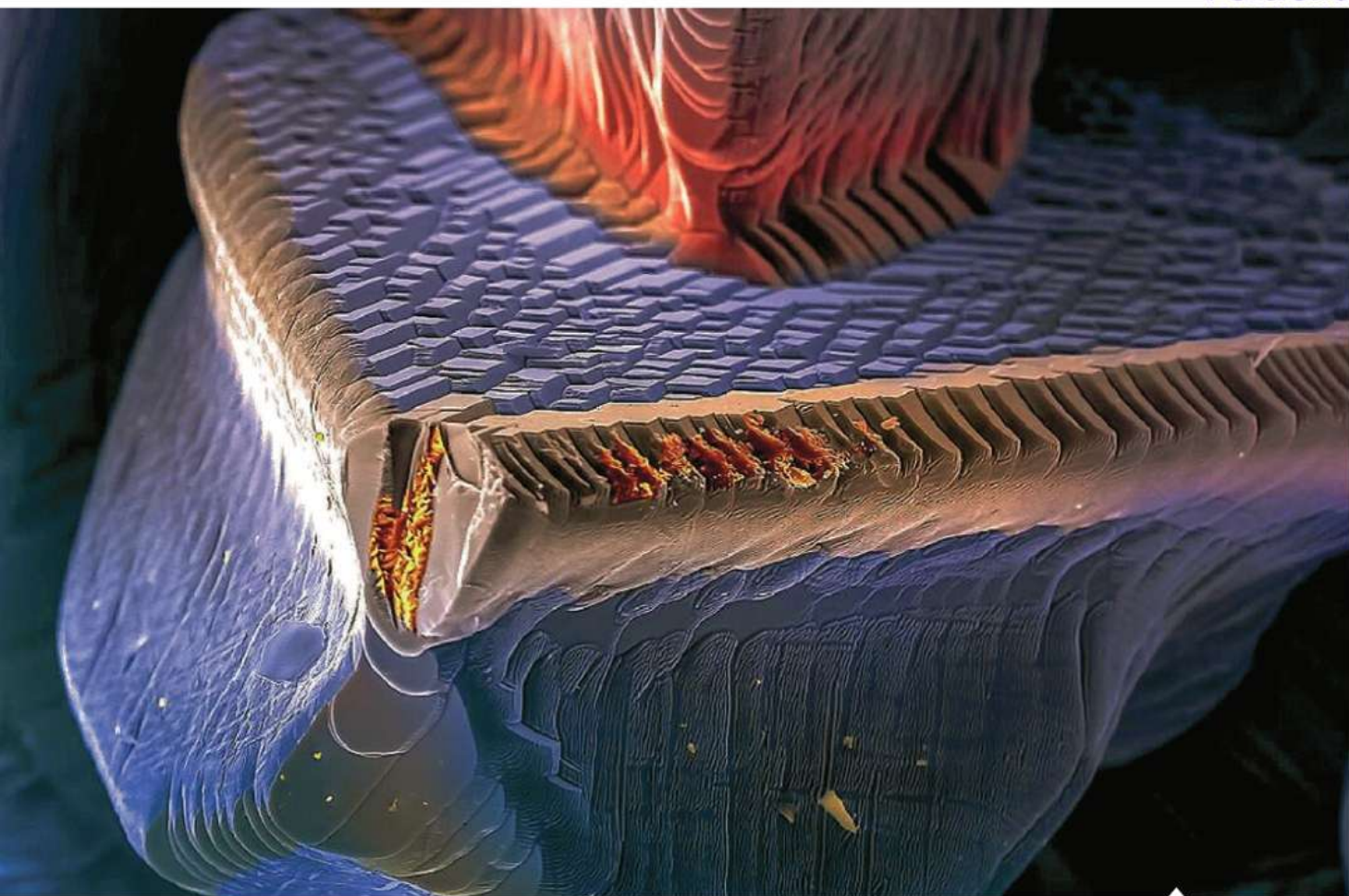


HULOUT, AL - JAWAL AND IZZAT SUFFIAN

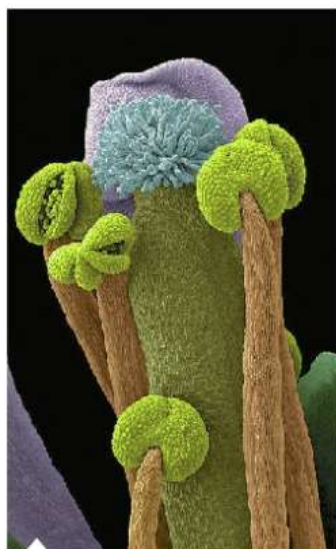
Mauvais calcul

Ce calcul rénal provient du corps de l'auteur de l'image, Kevin Mackenzie, responsable de l'unité de microscopie à l'Institut des sciences médicales de l'université d'Aberdeen (Royaume-Uni). Les calculs rénaux se forment lorsque des sels, des minéraux et d'autres composés chimiques issus de l'urine (comme l'oxalate de calcium ou l'acide urique) réagissent ensemble pour constituer un résidu solide. **Diamètre du calcul :** 2 millimètres.

Traitement ciblé Les cellules cancéreuses du sein (en bleu) ont été traitées à l'aide de nanoparticules qui transportent un médicament — la doxorubicine — directement au cœur de la tumeur. Son principe actif entraîne la mort spontanée des cellules (en violet). Ce traitement ciblé a pour but de réduire la taille de la tumeur et d'éviter sa prolifération tout en diminuant les effets secondaires. **Diamètre de la tumeur :** 0,25 mm.



EBERTHART JOSUE F. KERNAHAN AND E. RODRIGUEZ CANAS



STEFAN EBERHARD

Secret de fleur Au centre de l'organe reproducteur de cette fleur, le pistil, l'organe femelle, est entouré de l'organe mâle formé des étamines. L'arabette des dames, première plante dont le génome a été séquencé, est un organisme modèle couramment utilisé en biologie.
Largeur de l'image : 1,2 mm.

Résidus de combustion
L'analyse chimique de boues de déchets agricoles a été effectuée par combustion afin de déterminer la quantité de carbone, d'azote, d'hydrogène et de soufre qu'elles contenaient. Sur l'image, on observe les résidus de leur combustion (oxyde d'argent et composés riches en carbonate de calcium).
Largeur de l'image : 0,15 mm.



EBERTHART JOSUE F. KERNAHAN AND E. RODRIGUEZ CANAS

Embryon photogénique
Les embryons de ce poisson-zèbre, un poisson d'eau douce d'origine asiatique, sont utilisés comme organisme modèle en biologie du développement et pour l'étude des maladies neurodégénératives. Ils sont transparents et se développent à l'extérieur du corps de la femelle, ce qui rend aisée l'observation de leur croissance.
Longueur de l'embryon : 1 cm.



ANNE CAVANAGH AND DAVID MCCARTY

Au cœur d'un panneau solaire
Ce cristal à base de cuivre, d'indium, de gallium et de sélénium (CIGS) est un alliage semi-conducteur capable de transformer l'énergie solaire en électricité. Ce composé est l'un des plus fréquemment employés dans la fabrication des panneaux solaires à couche mince — une technologie alternative aux cellules photovoltaïques à base de silicium aujourd'hui majoritaires sur le marché. Les capteurs à couche mince offrent un rendement énergétique de 9 à 15 % (et jusqu'à 21 % en laboratoire). Légers et flexibles, ils peuvent facilement être intégrés dans les vitres ou sur les toits des bâtiments.
Largeur de l'image : 0,32 mm.

Rosetta va se mettre en orbite au

À 400 millions de kilomètres de la Terre, la sonde européenne doit rattraper sa cible qui file à 100 000 km/h. Détails de cette mission à haut risque.

Manœuvres d'approche : une chorégraphie en 3 temps



1. En août, Rosetta s'approche de la comète côté Soleil à une vitesse relative de 1 m/s en une succession de trajectoires triangulaires qui l'amèneront à 50 km de sa cible.



2. En septembre, la sonde décrira des circonvolutions à 30 km d'altitude afin de cartographier cinq zones d'atterrissage potentielles avec une précision de 15 cm.



3. En octobre, Rosetta se stabilisera sur une orbite évitant la queue de la comète. Puis la sonde descendra à 3 km de la surface pour larguer Philae.

Six instruments de Rosetta permettront d'ausculter la surface de la comète afin de déterminer le meilleur site d'atterrissage pour l'explorateur Philae.

Sonde Rosetta

Comète
67P/Tchourioumov-
Guérassimenko

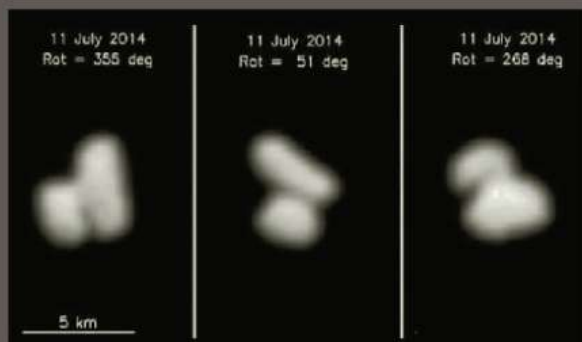
Cette rencontre, Rosetta l'attend depuis dix ans. Réveillée d'un long sommeil fin janvier après un voyage de 6 milliards de kilomètres à travers l'espace, la sonde spatiale européenne a aperçu pour la première fois la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko fin mars. Depuis qu'elle l'a en ligne de mire, Rosetta accroît sa vitesse afin de rattraper sa cible qui file à 100 000 km/h. En ce début août, elle rejoindra enfin celle qu'on surnomme « Tchoury » à 400 millions de kilomètres de la Terre. Une centaine de kilomètres à peine la séparera alors de la boule de glace

et de poussière d'environ 4 km de diamètre, qui recèle peut-être en son cœur les secrets de la formation du Système solaire. Un plan de vol millimétré doit permettre à Rosetta, pilotée en permanence par les équipes de l'Agence spatiale européenne, de s'avancer au plus près pour explorer la surface accidentée de Tchoury et sélectionner le meilleur site d'atterrissage pour Philae, son module d'exploration qu'elle larguera début novembre. Des manœuvres rendues plus périlleuses encore par la forme inattendue du noyau cométaire, découverte mi-juillet par les scientifiques. ■

Audrey Boehly

tour de sa comète

La surprise du double noyau



Mi-juillet, des images ont révélé la forme étonnante de la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenco. La boule de glace possède un double noyau, composé de 2 lobes de grosseur inégale. Cette configuration imprévue ne devrait pas affecter la trajectoire de la sonde mais pourrait rendre plus compliqué l'atterrissage du module Philae.

Les 5 phases de la mission Rosetta



INFOGRAPHIES: BETTY LAFON - PHOTOS: ESA-C. CARREAU/ATG MEDIALAB - ESA/ROSETTA/MPFS/UPD/LAN/AA/SSO/INTA/UPN/CASP/IDA

Livres Sciences fondamentales

Mécanique des étreintes



Alexei Grinbaum, Encre Marine, 165 p., 15 €

La mécanique quantique a fait couler beaucoup d'encre. Normal : cette physique du monde subatomique, qui prévoit que deux objets très distants peuvent se comporter comme une seule entité, cumule nombre de surprises. Mais parmi les chemins empruntés pour l'évoquer, aucun n'est aussi original, subtil et sensible que celui suivi par cet essai. Le concept

des « deux qui ne font qu'un » est exploré sous toutes les coutures à travers mythes, religions, métaphores, et chaque page révèle une lumière inattendue qui relie des concepts *a priori* bien éloignés. Un bijou de réflexion. ■ Azar Khalatbari



Jean-Paul Delahaye, Belin/Pour la Science, 195 p., 25 €

Inventions mathématiques

Une fois encore Jean-Paul Delahaye nous éblouit avec ce livre qui explore les mille et un objets incongrus inventés par les mathématiciens : ceux qui présentent une surface maximale dans un volume fini, des collections de

sphères emboîtées, des figures impossibles qui, vues de près, montrent des incohérences logiques et deviennent irréalisables, jusqu'aux nombres remarquables. Chaque invention devient ainsi accessible au lecteur non spécialiste, tandis que les férus de maths pourront approfondir le propos à travers des parties bien distinctes. ■ A. Kh.

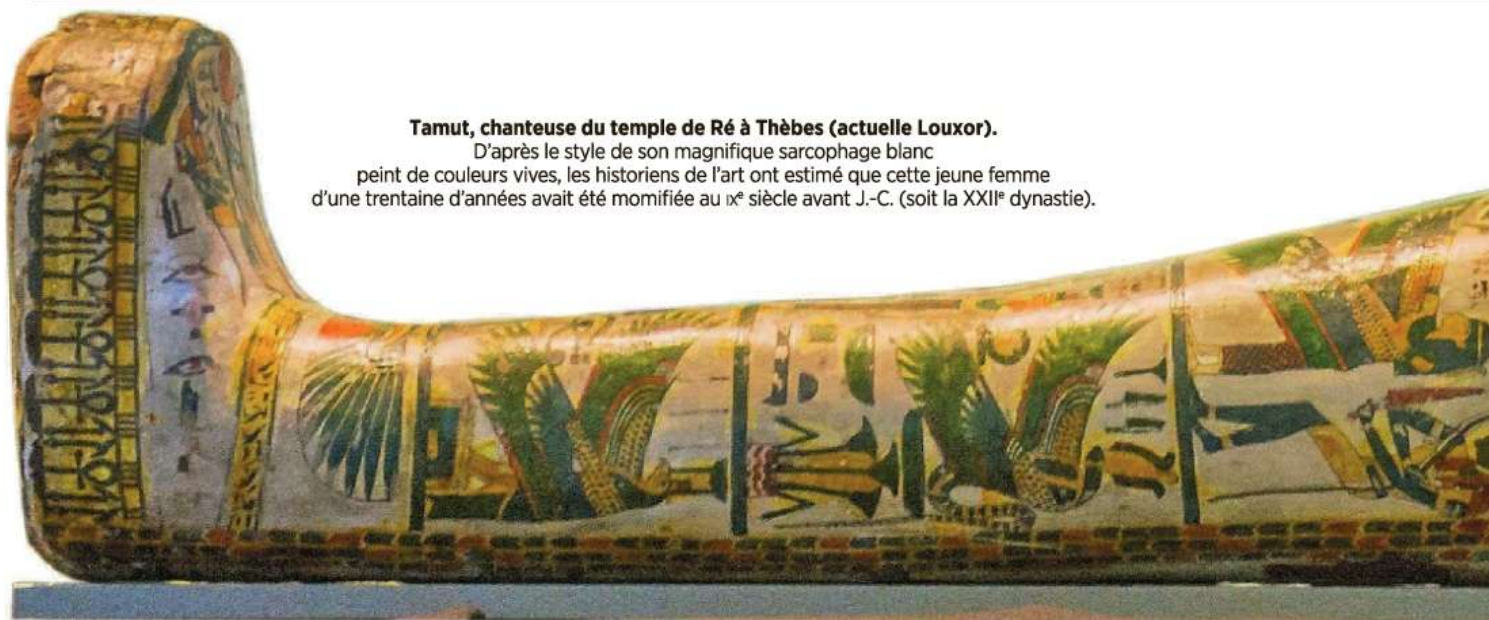


Alexandre Moatti, CNRS Éditions, 222 p., 25 €

Le Mystère Coriolis

À chaque fois que se vide l'eau d'une baignoire, son nom est évoqué : Gaspard-Gustave Coriolis (1792-1843) est celui qui a expliqué l'influence de la rotation de la Terre sur les mouvements des fluides, océan et atmosphère. Pourtant, ce savant travailleur et solitaire est resté dans l'ombre tandis que son œuvre a eu une portée universelle.

Notre collaborateur Alexandre Moatti, dont le blog peut être consulté sur le site sciencesetavenir.fr, dresse ici un portrait sensible de Coriolis qui révèle aussi le milieu scientifique de l'époque. ■ A. Kh.



Tamut, chanteuse du temple de Ré à Thèbes (actuelle Louxor).

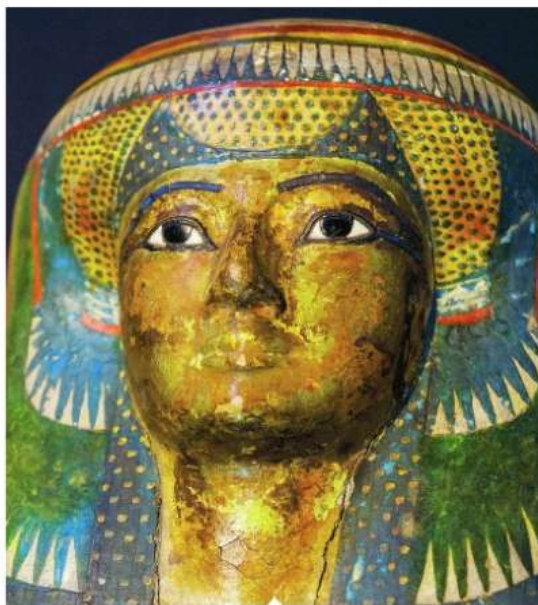
D'après le style de son magnifique sarcophage blanc peint de couleurs vives, les historiens de l'art ont estimé que cette jeune femme d'une trentaine d'années avait été momifiée au IX^e siècle avant J.-C. (soit la XXII^e dynastie).

Le scanner fait parler les momies

Au British Museum, à Londres, l'imagerie médicale révèle pour la première fois les secrets de huit momies, sans qu'elles aient dû être démaillotées de leurs bandelettes.

Par Morgane Kergoat

FINI LE TEMPS OÙ L'ON TIRAIT LES MOMIES de leur sarcophage et où l'on arrachait leurs bandelettes pour découvrir les mystères qu'elles cachaient depuis plusieurs millénaires. Anubis, dieu de l'embaumement, peut dormir tranquille : leur intégrité est désormais respectée grâce aux technologies d'imagerie médicale de pointe (lire l'encadré p. 44), qui permettent de plonger dans leur intimité sans toucher à un seul de leurs cheveux. C'est ainsi que huit momies appartenant au British Museum, celles de six adultes et deux enfants, datées entre 3500 avant J.-C. et 700 après J.-C., se dévoilent virtuellement jusqu'au 30 novembre à Londres. Sur les écrans bleus de l'exposition « Ancient Lives, New Dis-



Comme les cinq autres adultes momifiés exposés, la jeune chanteuse souffrait d'abcès dentaires.

GUY BELL/REX/SIPA

coveries » (« Vies anciennes, nouvelles découvertes »), leur mise à nu est totale. L'équipe du British Museum a ausculté les défunts momifiés comme de véritables patients. C'est ainsi que l'un d'eux, d'époque romaine (30 après J.-C.) s'est révélé souffrir d'obésité, une autre d'athérosclérose, une maladie artérielle pouvant conduire à un AVC et que l'on pensait plutôt l'apanage de nos contemporains... Surtout, « *chacune des six momies d'adultes que nous avons étudiées avait des abcès dentaires très importants* », souligne Daniel Antoine, commissaire de l'exposition. Par ailleurs, l'étude des cartilages pour les adultes, et des dents non encore poussées chez les enfants, a permis d'établir l'âge au moment de la mort.



GUY BELL/REX-SIPA

Ces momies sont aussi les meilleures révélatrices de l'art funéraire égyptien, et la tomodensitométrie, technique qui permet de voir la densité des éléments, a décelé différents matériaux sous les bandelettes. Ainsi, sur la momie du gardien du temple de Thèbes, les embaumeurs ont pris soin de dessiner le nez et les lèvres avec une matière argileuse... même si, par ailleurs, ils semblent avoir été assez maladroits, lui ayant à moitié arraché la tête !

Car c'est aussi ce genre d'erreurs que le scanner dévoile. Ainsi cette momie anonyme dans laquelle les chercheurs ont décelé la présence d'un crochet – servant à extraire le cerveau par le nez –, resté coincé à l'intérieur de la boîte crânienne ! Autant de secrets qu'il ne faisait pas bon ébruiter dans l'Antiquité, car les Égyptiens payaient très cher pour être momifiés. Raison pour laquelle, sans doute, les momies d'enfants sont assez rares. « Nous tenions pourtant à en présenter au public, explique le commissaire. Tout comme nous avons souhaité inclure quelques corps momifiés naturellement dans le désert, et à des époques différentes de l'Égypte pharaonique. » L'humanité qui en émerge ne semble pas si différente de la nôtre. ■



TRUSTEES OF THE BRITISH MUSEUM

Sous les bandelettes de Tamut, le scanner révèle en plusieurs étapes la présence d'amulettes et autres éléments rituels (œil d'Horus, scarabée aux ailes déployées...), censés posséder des pouvoirs magiques capables de protéger le défunt et lui donner accès à l'immortalité. De la graisse calcifiée est également visible à l'intérieur de l'artère de sa jambe droite, signe que la jeune femme souffrait d'athérosclérose.



IMAGERIE

Des momies de moins en moins floues

L'équipe du British Museum a utilisé deux types d'imagerie : la tomodensitométrie (ou CT-scan en anglais, pour « computed tomography scan ») et le Dual Energy CT-scan. Tous deux sont utilisés en imagerie médicale. Ils sont basés sur le même principe : mesurer l'absorption des rayons X par les tissus. À partir de ces données, un logiciel reconstitue un modèle numérique en 3D. Seule différence : avec un double faisceau, la « Dual Energy » émet deux fois plus de rayons X, permettant de mieux mesurer la densité minérale osseuse et donc d'étudier les os en détail. Un troisième type de scanner, en cours de développement, devrait permettre de reconstituer encore plus finement les momies (tatouages notamment) d'ici à cinq ans.



Tomodensitométrie d'une momie au Royal Brompton Hospital de Londres. Ce type d'imagerie permet de réaliser un modèle 3D.

▲ **Momie soudanaise naturelle anonyme avec tatouage.** Son originalité tient au fait qu'elle est non embaumée, relativement récente (VII^e siècle après J.-C.) et... chrétienne.



En témoigne le tatouage exceptionnel (ci-dessus), visible à l'œil nu, qu'elle porte sur le haut de la cuisse droite : un monogramme où l'on peut lire les lettres imbriquées MIXAHA (soit saint Michel) surmontées d'une croix latine. Sa restauration vient de se terminer. L'équipe du British Museum espère trouver bientôt de nouveaux tatouages sur la quarantaine de momies offertes par le Soudan.



▼ **Tjayasetimu, enfant chanteuse du temple de Ré à Thèbes.**

Deux grands privilèges ont été accordés à cette enfant, qui a vécu au ^{viii}^e siècle avant J.-C. : chanteuse du temple, elle a été momifiée. Elle devait donc appartenir à une grande famille. La taille de son sarcophage a longtemps fait penser qu'elle avait 12 ans à sa mort. Le scanner a cependant montré que la momie était bien plus petite et, surtout, que toutes les dents définitives n'avaient pas encore poussé, ramenant l'âge de la défunte à environ 7 ans. La momie présente par ailleurs quelques particularités inhabituelles et inexplicables : son cerveau est toujours présent et ses cheveux, très bien préservés, lui tombent dans le cou. Or les enfants égyptiens avaient le crâne rasé, ne conservant qu'une petite natte sur un côté.

► **Momie anonyme peinte d'époque romaine.** Avec ses bras et ses doigts bandés séparément du corps — et non, comme d'habitude, « en cocon » —, son visage et ses seins peints sur le drap, ses cuisses rebondies, il s'agit d'une momie atypique, comme on n'en connaît que sept au monde. Les seins et les hanches développés semblant des attributs féminins, on a longtemps pensé que le corps était celui d'une femme. Le scanner a pourtant révélé qu'il s'agissait d'un homme, âgé d'une vingtaine d'années... à la peau étrangement plissée. On peut donc penser que la poitrine et les fortes hanches sont les marques de l'obésité du jeune Romain, mort en Égypte après l'an 30 de notre ère.



PHOTOS: TRUSTEES OF THE BRITISH MUSEUM



BRUNO ARRAUD - IRISA

La salle Immersia de 10 mètres de long comporte quatre écrans dont un au sol. Une fois équipé de lunettes 3D, l'expérimenteur entre alors dans l'univers de la réalité virtuelle à l'échelle 1 (ici sur le pont du navire *Le Boullongne*).

Réalité virtuelle : la machine à remonter le temps

À Rennes, une plate-forme expérimentale unique au monde permet aux archéologues de s'immerger physiquement dans les lieux qu'ils étudient.

LA MER EST CALME SUR LE BOULLONGNE, une flûte de 600 tonneaux de la Compagnie des Indes, partie de Lorient le 31 mars 1759. Mais, peu à peu, les vagues se creusent, faisant glisser dangereusement d'un bord à l'autre les caisses de marchandises et cages à poules mal arrimées. Alors que la mer gonfle et que se précise le danger d'une île cernée de hauts-fonds, la barre à roue devient de plus en plus difficile à manier... Soudain, une corne de brume retentit. « Ah, ça, c'est une erreur ! C'est un anachronisme qui n'a pas

encore été corrigé... », intervient une voix, rompant le charme. Alors que l'on se croyait à la barre de ce bâtiment de 36 mètres de long, on se retrouve soudain chaussé de pantoufles sur un sol en vinyle... celui de la salle de réalité virtuelle immersive Immersia. Et le navire n'est qu'une image de 20 millions de pixels. Une restitution développée par le Conservatoire numérique du patrimoine archéologique de l'Ouest (CNPAO), une structure qui s'est montée début 2013 à Rennes, sur le campus de Beaulieu. Son objectif : accompa-

gner et conseiller les chercheurs dans leur production de données archéologiques 3D et leur permettre de s'immerger dans des reconstitutions numériques à l'échelle 1.

« Immersia est un outil de recherche qui comporte quatre écrans, un au sol et trois verticaux, dont le plus long est une dalle de verre d'un seul tenant pesant 3,5 t. Avec ses 10 m de long, la salle est une des plus grandes au monde », explique Ronan Gaigne (université Rennes-I), directeur technique de la plate-forme commune à l'Institut national de

PHOTOGRAMMÉTRIE Transformation de photos numériques en nuages de points et maillages 3D, grâce à un logiciel reconnaissant automatiquement des pixels homologues dans des photos différentes. Technique de numérisation peu coûteuse, très utilisée en archéologie.

LASERGRAMMÉTRIE (ou relevé laser-scanner). Mesure des points 3D (XYZ) sur une zone d'un objet équipé de capteurs. Technique de numérisation simple, rapide et précise, mais exigeant un équipement onéreux.

RÉALITÉ VIRTUELLE (RV) La RV simule le comportement d'entités 3D en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion. La modélisation n'est qu'une étape de création de l'univers visuel dans le développement d'applications de RV.



L'immersion en réalité virtuelle permet de tester des hypothèses sur le bâti (ici la villa gallo-romaine de Bais, en Ile-et-Vilaine).



Modélisation de la rampe d'accès à une porte du château d'Angers datant du XIII^e siècle.

recherche en informatique et en automatique (Inria) de Rennes et à l'Irisa (Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires), laboratoire qui participe au CNPAO. Une structure impressionnante. Mais qui ne prend vie que lorsque l'expérimentateur a chaussé des lunettes 3D garnies de petits « marqueurs », des boules recouvertes de peinture réfléchissante. « Des caméras infrarouges envoient un signal sur ces marqueurs, permettant de calculer les images correspondant à ce que vous regardez, en fonction de l'orientation de votre tête », poursuit Ronan Gaugne. L'impression d'être à bord du Boullongne est alors criante de vérité, jusqu'à avoir le mal de mer. Mais l'intérêt de l'immersion est ailleurs. « En réalité virtuelle, on peut interagir physiquement avec son environnement, en utilisant ses sens comme la vue et l'ouïe mais aussi ses capacités motrices. On peut ainsi attraper avec ses mains ou se déplacer... », explique Valérie Gouranton, maître de conférences à l'Institut national des sciences appliquées (Insa) de Rennes. Car si l'univers est virtuel, l'activité est bien réelle. C'est d'ailleurs ce qui a conduit les fondateurs du CNPAO à penser que la réalité virtuelle

« Lever simplement la tête et voir alors le bâtiment dans son ensemble change tout par rapport à une simple visualisation sur écran »

Gaétan Le Cloirec,
archéologue à l'Inrap

offrait de nouvelles perspectives pour les archéologues ou les historiens. « L'immersion dans ces simulations permet de mieux comprendre notre histoire, poursuit Valérie Gouranton. Nous pouvons ainsi étudier l'évolution dans le temps des sites archéologiques, tester différentes hypothèses, comprendre certains gestes techniques lors de la construction de monuments, ou encore annoter le modèle numérique pour conserver une trace visuelle de la réflexion du chercheur. »

Un nouvel outil jugé très prometteur par les chercheurs

Pour mieux saisir l'intérêt de l'immersion en réalité virtuelle, il faut remonter à bord du Boullongne. « Ce qui frappe dans ce bâtiment, c'est qu'il n'est vraiment pas large ! Pourtant, nous savons qu'il emportait 150 membres d'équipage et des passagers. Quelles étaient les conditions de navigation à bord ? C'est ce que nous n'arrivons pas à imaginer », s'exclame Sylviane Llinares, directrice du Cerhio-Lorient (Centre de recherches historiques de l'Ouest), à l'université de Bretagne-Sud, et qui coordonne un projet d'exploitation des journaux de navigation baptisé Asialog. Mieux appréhender un passé qui nous échappe,

voilà ce qu'espère l'historienne grâce à Immersia. « Les journaux de navigation mentionnent certains événements comme un marin qui tombe des vergues, une rixe, une avarie... Nous savons ainsi qu'il fallait, par exemple, un à deux jours pour changer une voile abîmée. Comment s'y prenait-on compte tenu de l'encombrement à bord ? Cela sera très intéressant à visualiser », se réjouit-elle. Autre exemple avec la villa gallo-romaine de Bais, en Ile-et-Vilaine, le tout premier essai de réalité virtuelle appliquée à l'archéologie livré par le CNPAO, en collaboration avec Gaétan Le Cloirec, archéologue à l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap). Pour ce partisan déjà convaincu de la 3D sur ordinateur, le nouvel outil est extrêmement prometteur : « Lever la tête et voir le bâtiment dans son ensemble change tout par rapport à une simple visualisation sur écran. Ainsi, pour cette villa, nous nous demandions si nous n'allions pas "trop loin" dans nos restitutions, car la galerie de façade devenait assez imposante dans nos plans. En fait, à l'échelle 1, nous nous sommes rendu compte que ça fonctionnait très bien. » Étude des chemins de circulation, des « covisibilités » entre bâtiments, ►

INTERVIEW



**JEAN-BAPTISTE
BARREAU**

RESPONSABLE DU CNPAO*

« La 3D doit permettre de mieux comprendre le passé »

Qu'apporte le Conservatoire numérique du patrimoine archéologique de l'Ouest (CNPAO) aux archéologues ?

Ils ont des contraintes de rigueur scientifique, de temps ou d'argent, aux antipodes des clients classiques de la 3D. Nous devons en tenir compte. Nous les sollicitons en continu pour intégrer leurs corrections au gré de leurs découvertes et de leurs réflexions. C'est « donquichottesque », mais les retours sont positifs ! Cette méthode s'inspire de la programmation moderne dans les jeux vidéo, secteur pour lequel j'ai travaillé.

Jusqu'où peut-on modéliser ?

C'est toute la question. Pour moi, les sciences ont « raté le coche » de l'infographie 3D, elles l'utilisent mal, trop ou pas assez. Elles doivent se l'approprier plus sereinement. Plus que du ludique ou de la valorisation, la 3D doit apporter de la compréhension. Il faut donc pousser l'immersion pour permettre aux chercheurs de dégager de nouveaux questionnements. Mais on en est encore au stade de la recherche fondamentale.

Comment est né le CNPAO ?

D'une part, des besoins du CReAAH (Centre de recherche en archéologie, archéosciences, histoire), qui m'a sollicité pour développer un pôle mêlant archéologie et 3D. D'autre part, de ma rencontre avec des collègues de l'Irisa (Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires) travaillant autour de la réalité virtuelle. Grâce à un premier financement de l'Université européenne de Bretagne et à l'Observatoire des sciences de l'Univers de Rennes, qui nous a prêté un scanner, le CNPAO a pu débuter son activité en mars 2013. **Propos recueillis par L. B.**

* Ingénieur d'études en informatique au CReAAH.



YANN BERNARD - UNIVERSITÉ DE RENNES 1

L'acquisition des données 3D peut s'effectuer par lasergrammétrie, comme ici pour la numérisation de la courtine du château de Pouancé (49).

► de la végétation... Les possibilités offertes par l'immersion sont multiples ; à condition cependant de dégager de véritables questionnements. « Nous sommes encore dans le cadre de l'expérimentation et de la recherche pure. La réalité virtuelle n'est pas indispensable en soi, elle doit se justifier scientifiquement », observe l'archéologue.

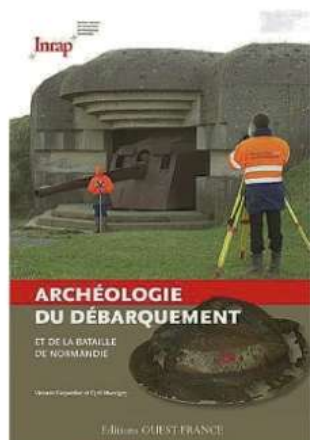
Des sites existants sont également numérisés

Le CNPAO l'a bien compris. Loin de se restreindre à une simple reconstitution, il accompagne les archéologues tout au long du processus de création de modèles 3D, aussi bien pour la numérisation des sites existants par des procédés de photogrammétrie ou de lasergrammétrie — qui consistent à enregistrer les données spatiales pour des sites menacés ou difficiles d'accès — que pour de la modélisation, c'est-à-dire la création 3D d'une hypothèse archéologique. Le CNPAO a ainsi restitué les parties hautes et les équipements défensifs (pont-levis, herse, poterne, etc.) de la porte des Champs du château d'Angers, dans leur état de construction au XIII^e siècle — un chantier très coûteux pour l'époque. Selon Emmanuel Litoux, archéologue au service archéolo-

gique départemental du Maine-et-Loire, l'apport de la 3D a été indéniable : « Grâce aux trous de boulins (pièces d'échafaudage) que nous avons relevés sur place, nous avons pu restituer en 2D les rampes hélicoïdales servant à l'approvisionnement du chantier. Mais avec l'apport de la 3D, nous avons vu que certaines hypothèses ne fonctionnaient pas : à l'endroit où nous avions imaginé que la rampe formait un demi-tour, nous avons constaté qu'en fait elle s'effondrerait ! »

Les prestations du CNPAO répondent à des besoins en matière de numérisation et de modélisation de plus en plus pressants, car rares sont ceux qui peuvent y faire appel comme le reconnaît Gaétan Le Cloirec : « Nous ne sommes pas beaucoup d'archéologues à savoir travailler avec des images de synthèse. Ces outils doivent se démocratiser. »

Avec la réalité virtuelle, c'est une tout autre dimension qui s'ouvre. « Lorsque je me suis retrouvée pour la première fois à la barre virtuelle du Boullongne, j'ai eu le sentiment d'être dans le monde que j'imagine depuis trente ans que je travaille sur l'histoire de la navigation. J'ai eu l'impression d'entrer dans la source historique », se souvient Sylviane Llinarès. L'exploration du passé ne fait que commencer. ■ **Laurent Brasier**



Vincent Carpentier et Cyril Marcigny,
Éditions Ouest-France Inrap, 143 p., 14,90 €

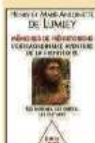
Archéologie du débarquement

On savait les archéologues férus de la Première Guerre mondiale. Moins qu'ils l'étaient de la Seconde et des profondes empreintes qu'elle a gravées « dans » le sol de Normandie, étudiées par eux dès le début des années 1990. Le débarquement a laissé des vestiges qui disparaissent peu à peu, d'où ces nouveaux travaux. Des carcasses de chars, des avions, des bunkers du Mur de l'Atlantique — 12 000 avaient été construits — mais aussi de grands navires coulés au large d'Arromanches émergent ainsi. Tout un monde d'infrastructures réapparaît : des ponts, des pistes d'atterrissage, des hôpitaux de campagne, sans oublier les rampes de lancement de missiles V1. Cette redécouverte des archéologues est également celle du calvaire subi par les populations civiles. Ainsi les restes émouvants retrouvés dans les carrières de calcaire où se réfugièrent par milliers les habitants de Caen lors du bombardement de la ville. Autant d'instantanés, que l'archéologie se doit de sauvegarder. À la mémoire des hommes et des femmes disparus et à celle des derniers témoins. Avant l'oubli. ■

Bernadette Arnaud

MÉMOIRES DE PRÉHISTORIENS

Henry et Marie-Antoinette de Lumley,
Odile Jacob, 235 p., 22,90 €



L'histoire des premiers peuplements humains, racontée par les deux préhistoriens Français Henry et Marie-Antoinette de

Lumley à travers un demi-siècle de découvertes de sites paléolithiques. De la Chine à la Hongrie, de l'Espagne au Brésil en passant par le sud de la France ou le continent américain, le couple d'anthropologues égrène ses souvenirs au fil d'une mémoire commune, qu'il nous fait partager. ■ B. A.

ÊTRE UN ENFANT EN ÉGYPTE ANCIENNE

Amandine Marshall, Éditions du Rocher,
350 p., 30 €



Très illustré, cet ouvrage offre un éclairage inédit sur l'enfance dans l'Égypte ancienne. À leurs représentations dans

l'iconographie et l'écriture — un individu asexué, assis, la main sur la bouche —, leur scolarité et éducation, leur participation aux travaux ou corvées, nous découvrons la façon dont les enfants étaient perçus par le monde des adultes, dans une société où leur taux de mortalité était très élevé. L'auteur est membre de la Mission archéologique française de Thèbes. ■ B. A.

BD TRIPOLI

Delcourt, Youssef Daoudi, Glénat, 90 p., 19,50 €

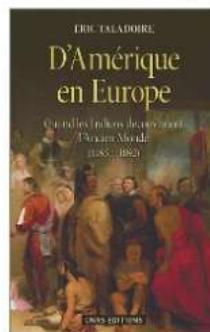


Retour sur un épisode historique méconnu : celui qui vit en 1805 un détachement de marines américains traverser le désert

de Libye avec la prise de Tripoli en ligne de mire. Servie par un trait qui n'est pas sans évoquer celui d'Hermann, l'histoire est exaltante et permet d'apporter une pierre essentielle à la compréhension de l'histoire militaire américaine. ■ H. R.

D'Amérique en Europe.

QUAND LES INDIENS DÉCOUVRERAIENT L'ANCIEN MONDE (1493-1892)

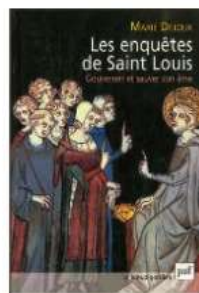


Éric Taladoire, CNRS Éditions,
286 p., 22 €

Dans une inversion des perspectives, ce livre s'intéresse à un phénomène rarement abordé : les premières migrations forcées ou volontaires d'Indiens des Amériques vers l'Ancien Monde, le nôtre, après la conquête du Nouveau Monde. À commencer par des captifs Micmac ou Beothuk que les Vikings ramènent en Islande au retour de leurs expéditions. Entre 1493 et 1550, la présence de 2442 Amérindiens a pu être clairement établie en

Europe. Des jongleurs Mexicas accompagnant Cortés au voyage diplomatique de Pocahontas à Londres, ce contact fut un choc culturel pour ces individus arrachés à leur terre, et qui durent apprendre à vivre dans un monde pour eux inconcevables. Une histoire qu'Éric Taladoire, professeur d'archéologie précolombienne et spécialiste français des civilisations mésoaméricaines, a voulu faire connaître, en tentant de dépasser les visions ethnocentriques autant que les préjugés. ■ B. A.

Les enquêtes de Saint Louis



Marie Dejoux, PUF, 484 p., 27 €

Si les tournées d'enquêtes sur l'administration royale ordonnées par Saint Louis entre 1247 et 1270 étaient connues, ces quelque 10 000 doléances conservées aux Archives nationales n'avaient jamais été véritablement explorées. C'est donc la première analyse intégrale de cette masse de plaintes contre les exactions des représentants du roi que propose Marie Dejoux, une jeune historienne. Au-delà

des griefs, ces dépositions reflètent aussi la grande diversité des langues et des coutumes utilisées dans le royaume. Elles sont également révélatrices des catégories de la société médiévale qui avaient droit de parole. Effectuées à la veille du départ du roi en croisade, ces enquêtes attestent surtout de la volonté du pieux monarque de pacifier le royaume avant de partir. Sachant qu'il risquait la mort au cours de cette expédition, il souhaitait laver les péchés de son âme en rétablissant une certaine équité. Une *inquesta* profondément politique, inscrite dans l'économie du salut médiéval et qui diffusera ensuite au cours des siècles l'idée d'un souverain juste et bon. ■ B. A.

La bataille du corail

Des scientifiques japonais ont développé une technique originale pour reconstruire les récifs. Reportage en Indonésie et au Japon.

Par Luc Folliet (texte et photos)

L'EMBARCATION EN BOIS FEND LES EAUX bleues et calmes de la mer des Célèbes, en Indonésie. L'île de Bunaken se silhouette au loin. Elle doit sa renommée à ses eaux si cristallines que, par ciel dégagé et mer plate, les récifs se détachent admirablement sous la surface. Mineo Okamoto, spécialiste japonais des coraux, se prépare à plonger, aidé de deux étudiants. À l'à-pic du bateau, des dizaines d'espèces de coraux aux couleurs bigarrées servent de caches aux poissons-clowns, barracudas ou napoléons.

Mais, dans le silence des fonds, le charme tourne court. À l'extrémité du récif, un voile d'ombre obscurcit l'eau comme pour dissimuler un spectacle désolant : des débris de squelettes de corail réduits en miettes s'agglomèrent tels des osselets au fond de la mer. Les poissons ne frayent plus dans cette étendue de plus en plus recouverte d'algues, signe de l'effacement corallien. « Les effets du blanchiment », lâche le professeur Okamoto de retour sur le bateau. Les variations de température de l'eau combinées à l'acidification des mers qui absorbent le CO₂ contenu dans l'atmosphère provoquent un stress qui affecte les coraux des mers chaudes du globe.

Mineo Okamoto, biologiste marin



Réimplantés en 2007 sur un récif blanchi du lagon de Sekisei (préfecture d'Okinawa), les coraux « recolonisent » la zone.

au Japan Marine Science and Technology Center (université de Tokyo), alerte depuis des années sur la disparition des coraux, trop lente pour que s'instaurent des politiques internationales d'envergure, trop confidentielle aussi car se déroulant à l'abri des hommes sans palmes ni masque (lire S. et A. n° 737, juillet 2008). Le scientifique japonais a consacré sa vie aux récifs. À 67 ans, l'enthousiasme est intact. « Je suis né dans la préfecture de Gunma, au centre du Japon, bien loin de la côte. Ma fascination

pour le monde sous-marin vient des films de Jacques-Yves Cousteau que l'on nous passait à l'école. La mer m'a toujours attiré. » Pour lutter contre le blanchiment, le biologiste a inventé une technique de reconstruction du récif fondée sur un principe simple : transférer la vie corallienne là où elle n'existe pratiquement plus. À Bunaken, les plongeurs locaux se saisissent d'étranges colonnes d'une trentaine de centimètres de haut pour aller les ancrer à cinq mètres sous la surface, là où le courant fait dériver les larves coralliennes. « Ces disques de céramique ont des encoches qui permettent de capter les larves, explique Mineo Okamoto, dont l'équipe aura déposé 10 000 disques en une semaine. Dans plusieurs mois, nous déterminerons les larves viables. Puis nous retournerons en mer dans les zones appauvries. Nous y fixerons manuellement les disques, avec l'espoir que ces jeunes coraux grandissent et reconstituent le récif. »

Le scientifique japonais a eu l'idée de ce procédé il y a seize ans,



« On ne peut penser une vie sur Terre sans arbres. Pourrait-on imaginer un océan sans coraux ? »

Mineo Okamoto, biologiste marin au Japan Marine Science and Technology Center, université de Tokyo



lorsqu'il a assisté impuissant au dépérissement des coraux dans l'archipel des Ryukyu, à l'extrémité australe du Japon. En 1998, le phénomène climatique El Niño, entraînant une forte hausse des températures à la surface du Pacifique, dévaste les coraux d'un des plus beaux sites naturels du pays, le lagon de Sekisei, blotti entre les îles Iriomote et Ishigaki, tout au sud des Ryukyu, dans la préfecture d'Okinawa.

Des centaines de plongées sont réalisées chaque année

Cette variation subite de température blanchit alors 25 % du récif en quelques semaines. Le scientifique éprouve aussitôt *in situ* son dispositif, mais Sekisei rejette la greffe : des centaines de plongées annuelles, des dizaines de milliers

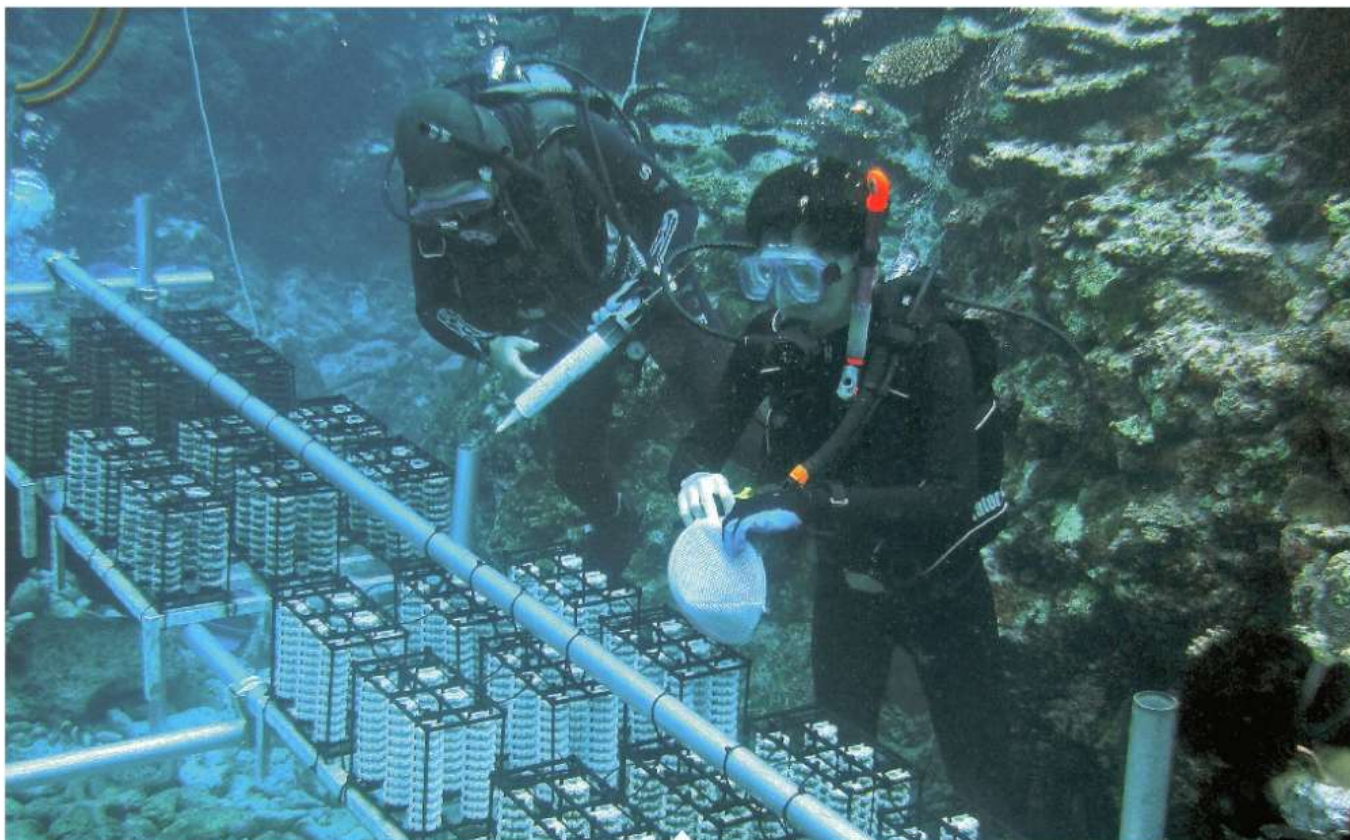
de disques déposés pour quelques pousses de coraux tout au plus. Dans les années 2000, les variations de température se répètent. En 2001, sur un site de relevés, à 3 mètres de profondeur, celle-ci a dépassé les 30 °C pendant 56 jours contre deux jours en année normale. L'extinction des coraux de Sekisei est alors sérieusement envisagée. Mais Mineo Okamoto persuade les autorités de son pays du bien-fondé de sa méthode. Il l'affine. « Les casiers qui portaient les colonnes ont été élargis pour multiplier les chances de capture. » Au fil des années, ces secteurs s'orientent à nouveau de leurs couleurs d'autrefois grâce au transfert de ces centaines de coraux en devenir avec leur disque pour socle. La lutte s'équilibre ainsi à Sekisei : entre la force de l'océan et l'œuvre



Ces disques de céramique de 5 centimètres de diamètre, qui vont être plongés dans le lagon de Sekisei, sont pourvus d'encoches favorisant la capture des larves de corail.

des plongeurs. « Le taux de réussite des réimplantations est faible, explique Mineo Okamoto. Seuls 15 % des coraux survivent à terme. Mais c'est suffisant pour redonner vie à des secteurs blanchis. »

Si les plongées ont toujours cours dans le lagon, le professeur Okamoto a désormais passé le relais. Des entreprises du secteur privé comme IDEA Consultants, spécialisée dans les énergies vertes, sont financées par le gouvernement ►



Empillés en colonnes, les disques de céramique sont attachés à une structure tubulaire, à proximité des récifs. Ils agissent comme un « tamis » pour les larves poussées par les courants marins. Ici à Sekisei, 40 000 disques sont entreposés chaque année.

► japonais, qui fait toujours de la sauvegarde du parc maritime de Sekisei une cause nationale. Le récif a besoin d'être sans cesse « réalimenté » en pousses de corail au moyen d'opérations de transfert et de plongées qui coûtent chaque année 30 millions de yens (220 000 €). Tous les trois mois, une nouvelle campagne s'ouvre. Shuichi Fujiwara, ingénieur en chef chez IDEA Consultants, supervise les plongées : « Sur le demi-million de disques déposés dans le lagon depuis 2006, on estime à un peu moins de 10 000 le nombre de coraux transplantés toujours en vie. » « Cela peut paraître dérisoire, renchérit Daisuke Kezuka, ingénieur d'IDEA Consultants et ancien étudiant du professeur Okamoto. Mais combien de coraux redéployés par nos soins vont grandir et produire des larves qui, à leur tour, au gré des courants, iront se développer sur le récif ? Tout cela, on ne

peut le quantifier. Notre travail est d'assurer une présence corallienne suffisante partout dans le lagon pour que le cycle naturel s'enclenche de nouveau. »

Mineo Okamoto, lui, n'hésite pas à exposer les vertus écono-

miques de son projet. Il saisit un crayon, trace sur une carte du Japon un trait remontant l'archipel des Ryukyu, flirtant avec les îles principales du pays, Kyushu et Honshu, et s'en allant au large du Pacifique Nord « C'est le courant Kuroshio. Les thons rouges naissent dans les eaux tropicales des Ryukyu puis grandissent tout en remontant ce courant. Et ils sont pêchés adultes au large du Japon. S'il y a moins de coraux, il y aura à l'avenir moins de poissons à pêcher. » Pour un pays comme le Japon, tourné vers la mer, encourager ces recherches est une priorité : les récifs sont le garde-manger d'espèces indispensables à la survie de la pêche industrielle nipponne.

Serge Planes, directeur de recherche au CNRS, rattaché au Criobe (Centre de recherches insulaires et observatoire de l'environnement), se montre moins optimiste quant aux bienfaits



BETTY LAFON



REPORTAGE RÉALISÉ GRÂCE À LA BOURSE ROBERT GUILLAIN REPORTER AU JAPON

Les disques avec la larve sont ensuite transférés dans des zones où le corail a blanchi. On entrevoit ici, à Sekisei, au premier plan, le désastre du blanchiment. Seuls 15 % des larves réimplantées se développeront avec succès.

de ces opérations. « Elles ont le mérite d'exister mais elles ne peuvent avoir d'effets que sur des zones circonscrites. À grande échelle, c'est impensable. Les efforts humains et financiers requis seraient trop grands. Mais effectivement, dans des zones où l'on veut préserver une certaine nature, parce que le tourisme est très présent, il y a un intérêt à faire revivre le récif. » Car à Sekisei comme à Bunaken, des centaines de plongeurs prennent quotidiennement le large. L'activité de Bunaken dépend entièrement de la plongée.

BIOLOGIE

Comment blanchissent les coraux ?

Les coraux stressés par l'élévation de la température de l'eau et son acidification expulsent les algues microscopiques, les zooxanthelles, vivant en symbiose avec les organismes hôtes, les polypes coralliens. Ces algues fournissent oxygène et nourriture aux polypes. Elles donnent aussi ses couleurs à leur exosquelette calcaire. Si les zooxanthelles ne retournent pas dans le tissu corallien, le corail blanchit et dépérit lentement avec l'apparition d'autres algues qui recouvrent les polypes.

Si depuis 2007, le professeur prend ainsi régulièrement ses quartiers à Manado, sur l'île de Sulawesi, à quelques kilomètres de Bunaken, c'est parce que sa méthode intéresse beaucoup la Malaisie, les Philippines et l'Indonésie, le fameux « triangle du corail » qui représente environ 30 % de tous les récifs mondiaux. Ces pays ont besoin de préserver autant leurs écosystèmes marins que le tourisme en expansion. Aussi ces « pompiers de la mer » interviennent-ils désormais partout où on les appelle. En Indo-

nésie, Andreas Roeroe, biologiste à l'université Sam Ratulangi de Manado, a vu tout au long de sa vie les coraux dépérir du fait de l'homme : « La ville de Manado rejette directement ses effluents dans la mer. La déforestation érode aussi les sols avoisinants et les sédiments s'écoulent au large, étouffant les coraux. » Quand ce ne sont pas les pêcheurs qui manient l'explosif, démembrant les récifs.

Sur place, Andreas Roeroe applique la méthode de Mineo Okamoto qui l'a lui-même formé. « Au-delà de la méthode de réimplantation, il est nécessaire de former les chercheurs des pays qui sont touchés par le phénomène. D'impliquer les pêcheurs locaux, d'alerter les autorités politiques, d'informer la population, poursuit l'expert japonais, alors que l'heure de sa retraite approche. On ne peut penser une vie sur Terre sans arbres. Pourrait-on imaginer un océan sans coraux ? » ■

Les méduses prennent leurs quartiers d'été

De plus en plus remarqués aux abords des plages françaises, ces organismes marins comptent de nombreuses espèces présentes dans toutes les mers du globe.

Les 5 espèces en France

Pelagia noctilla

- 15 cm de diamètre
- 40 cm de tentacules
- Méditerranée
- Urticante pour l'homme

Aurelia aurita

Surnommée « méduse lune »

- 40 cm de diamètre,
- 10 cm de long
- Présente principalement dans la Manche
- Non urticante pour l'homme

Cotylorhiza tuberculata

Surnommée « méduse œuf au plat »

- 20 cm de diamètre
- 10 cm de long,
- Méditerranée
- Non urticante pour l'homme.

Rhizostoma octopus

Surnommée « poumon des mers » ou « méduse chou-fleur », la plus grande des côtes françaises

- 80 cm de diamètre
- 1,50 m de tentacules
- Atlantique
- Non urticante pour l'homme

Amphinema dinema

La plus petite du monde




- 1 mm de diamètre
- 1 mm de longueur de tentacules (1 à 2 mm maximum avec l'ombrelle)
- Atlantique et Méditerranée
- Non urticante pour l'homme

Une prolifération qui nuit à l'activité humaine

Évolution de la population de méduses

- Augmentation
- Stabilisation
- Diminution

Activités touchées

-  Perturbations pour l'industrie
-  Perturbations pour la pêche
-  Perturbations pour la pisciculture



Pourquoi elles se multiplient

POLLUTION



Les déchets offrent un moyen de transport à travers les océans



Le plancton dont elles se nourrissent augmente

SURPÊCHE



Suppression des prédateurs

Les méduses tirent profit des déséquilibres provoqués par l'homme dans les océans. Tout d'abord, la pêche intensive provoque la raréfaction de leurs prédateurs (tortues, thons, poissons-lunes...) ainsi que des espèces de poissons plus petits (sardines, harengs...) qui se nourrissent, comme elles, de zooplancton. Ce faisant, les méduses deviennent plus nombreuses et mangent davantage les larves de ces poissons. Un cercle vicieux ! Par ailleurs, contrairement aux poissons, elles sont peu sensibles à la détérioration des océans à cause des engrais, qui permet au plancton de proliférer, et à la raréfaction de l'oxygène : elles n'ont

pas d'appareil respiratoire, mais parviennent à prélever le peu d'oxygène dont elles ont besoin directement par leurs cellules. Les méduses ne sont pas non plus affectées par les hormones issues de pollutions médicamenteuses qui perturbent la reproduction des poissons (elles n'ont pas qu'une reproduction sexuée : elles sont aussi capables d'auto-régénérescence, pour laquelle les hormones ne jouent pas de rôle). Enfin, les déchets plastiques, sur lesquelles s'accrochent les polypes qui donneront naissance aux méduses, sont un facteur de propagation d'espèces invasives à travers les océans.

Morgane Kergoat

5 idées reçues

1 Uriner sur une brûlure de méduse soulage la douleur. Cette méthode, comme le fait de mettre une rondelle de tomate ou du vinaigre, risque au contraire de faire exploser les cellules urticantes qui n'ont pas encore diffusé leur venin. Il faut retirer les tentacules collés avec un tissu, rincer à l'eau de mer sans frotter et racler la peau à l'aide d'une spatule rigide pour enlever les dernières cellules urticantes.

2 Certaines méduses ne piquent pas. Toutes les méduses sont urticantes. Mais la réaction cutanée dépend de la sensibilité de celui qui est piqué : un poisson peut être gravement brûlé par une méduse non urticante pour l'homme.

3 Les méduses ne vivent que dans les eaux chaudes. De nombreuses espèces vivent dans les eaux fraîches de la Manche par exemple (*Aurelia aurita*). On trouve même une méduse géante (*Cyanea capillata*) dans les eaux glacées de l'Arctique.

4 Il y a davantage de méduses l'été. On les remarque seulement davantage en raison du nombre de baigneurs.

5 Il y a des années sans méduses. Ce n'est plus vrai depuis 1995 : l'alternance d'année à méduses/année sans méduse, qui avait lieu environ tous les six ans, a disparu en raison de leur prolifération.

Les oiseaux nous en mettent plein la vue

Les connaissances sur les mœurs des volatiles ne cessent de s'enrichir grâce aux empreintes ADN ou à la miniaturisation des capteurs. Les dernières découvertes sont stupéfiantes.

CE SONT NOS VOISINS, FAMILIERS ET ÉTRANGERS à la fois. Les oiseaux sont partout, mais leurs modes de vie en font de bien malcommodes sujets de science. Pas facile de mieux comprendre leurs habitudes familiales, leurs façons de vivre, leurs rapports à l'environnement. Les ornithologues percent pourtant petit à petit les mystères de ces

magnifiques animaux grâce à l'apport des nouvelles technologies. L'empreinte ADN remet de l'ordre dans l'arbre phylogénétique de cette classe baptisée *Aves* par Linné et qui comprend 200 familles pour environ 10 000 espèces (dont 50 % de passereaux). Miniaturisé, le GPS permet de les suivre en vol et de mieux comprendre les stratégies développées pour aller loin

sans trop se fatiguer. Et les enregistreurs de fréquence cardiaque donnent une idée des performances accomplies par ces animaux aux mœurs si... sportives. Mais les chercheurs n'ont pas pour autant abandonné leurs jumelles. Et les découvertes sont tout simplement stupéfiantes. Exemples avec les études les plus récentes. ■

Loïc Chauveau

▼ Généreux geai

GEAI D'EUROPE *Garrulus glandarius* peut être altruiste. Comme les humains. En période de reproduction, le mâle a l'habitude d'apporter de la nourriture à sa femelle. Mais il sait aussi aller au-devant de ses désirs en lui fournissant ce dont elle a envie et non ce qu'il préfère, lui. Les chercheurs de l'université de Cambridge (Royaume-Uni) ont mis en exergue cette capacité en utilisant le fait que les geais consomment un aliment jusqu'à satiété avant d'en choisir un autre. Ils ont ainsi mis en évidence qu'un mâle pouvait offrir un ver ou une chenille convoités par sa femelle alors que ces mets ne figurent pas à son menu du moment.



▼ Rusé comme un corbeau

CORBEAU DE NOUVELLE-CALÉDONIE Utiliser un bout de bois ou un crochet pour aller chercher une récompense, se souvenir de caches à nourriture, les corvidés savent faire. Ils peuvent même réaliser bien mieux, révèle une équipe de l'université d'Auckland, en Nouvelle-Zélande (*Plos* 26 mars 2014). Les chercheurs ont ainsi proposé à six corbeaux sauvages de

Nouvelle-Calédonie *Corvus moneduloides* un exercice consistant à récupérer un aliment placé dans un tube en verre rempli d'eau, en faisant monter le niveau du liquide grâce à des cailloux. Les oiseaux ont eu le choix entre un tube plein d'eau et un autre plein de sable, des cailloux durs et des objets flottants. Ils ont évité les pièges et largement réussi ces tests, montrant, selon les chercheurs, une compréhension des relations de cause à effet et des déplacements des volumes équivalente à celle d'un enfant de 5 à 7 ans. De nombreuses équipes scientifiques internationales évaluent l'intelligence de ces corvidés, qui n'ont pas encore révélé tout ce qu'ils ont dans la tête.





▲ Un marin qui déteste l'eau

GRANDE FRÉGATE *Fregata minor* a une drôle de vie. Incapable de mettre une patte dans l'eau en raison d'un plumage non étanche, cet oiseau marin passe des semaines en vol à chasser les poissons volants que traquent les bancs de thons. Comment fait-il pour dormir ? Henri Weimerskirch (CNRS-Chizé) a appareillé des frégates sur leurs lieux de reproduction, les îles Éparses (canal du Mozambique), avec un GPS et un enregistreur de fréquence cardiaque. Conclusion : « *La frégate profite de son faible poids rapporté à la surface de ses ailes à l'air pour monter jusqu'à 1500 m de hauteur et se laisser porter par les courants d'altitude. Sa fréquence cardiaque tombe alors au niveau de celle d'un oiseau au repos* », révèle Henri Weimerskirch.

N. LUSHODA/BIOSPHERE

▼ 200 jours sans se poser

MARTINET C'est grâce à un petit capteur de vitesse et de lumière pesant 1,5 gramme que l'institut ornithologique suisse a pu enregistrer l'exploit du martinet. *Tachymarptis melba* est capable de rester 200 jours — plus de six mois — sans jamais se poser.

ARCO/NATURE/REPL/EB PHOTO



R. POWELL/ARCO/NATURE/REPL/EB PHOTO

▲ L'apparence fait la différence

OUTARDE CANEPETIÈRE La femelle outarde (*Tetrax tetrax*) est une difficile. Chez cet oiseau des plaines céréalières, en danger d'extinction, la reproduction passe par une parade amoureuse du mâle, qui permet aux femelles de choisir leur partenaire. Les observations de Frédéric Jiguet et Vincent Bretagnolle, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, ont abouti à un résultat surprenant. Ce sont les mâles présentant l'ornementation de plumes blanches du cou la plus symétrique qui ont le plus de succès. Ce critère incite les mâles aux ornements asymétriques à se rapprocher de ceux que la nature a mieux dotés pour servir de deuxième choix aux éventuelles femelles évincées.



▲ Recordman de vitesse

FAUCON PÈLERIN C'est le champion de vitesse toutes catégories confondues. *Falco peregrinus* peut dépasser 400 km/h en piqué. Une performance nécessaire quand on se nourrit essentiellement d'oiseaux. Menacée dans les années 1960 par les épandages de pesticides, l'espèce est aujourd'hui présente sur tous les continents. Le pèlerin niche parfois en ville où il se nourrit de pigeons. À Paris, un couple suivi par caméra occupe une haute cheminée de chauffage urbain.

ARCO/NATURE/REPL/EB PHOTO

Jamais sans ► mon arbre

SITELLE DE CORSE C'est le seul oiseau endémique de France métropolitaine. *Sitta whiteheadi* vit uniquement dans quelque 16 000 hectares de forêts de pins laricio dans la montagne corse. Ce passereau n'a que deux cousins éloignés, en Kabylie et en Chine. Inféodée à un arbre qui pourrait souffrir du réchauffement climatique, la sitelle corse va-t-elle inéluctablement disparaître ? Non, répond le Muséum national d'histoire naturelle de Paris dans une étude publiée dans *Plos One*. En effet, l'homme est seul responsable de la disparition du pin laricio en plaine. Il suffirait donc de replanter ce résineux à basse altitude pour sauver l'oiseau.

M. READ/NATUREPL/EBPHOTO



La doyenne des oiseaux ►

ALBATROS DE LEYSAN Wisdom est une femelle *Phoebastria immutabilis* qui a été baguée poussin il y a... 63 ans. Cela en fait vraisemblablement la doyenne des oiseaux sauvages. Wisdom a donné naissance en 2014 à son 35^e poussin. C'est une exception. Parmi les records enregistrés par baguage chez les oiseaux marins, on note un puffin de 49 ans, un huîtrier pie de 43 ans, une cigogne blanche et une oie à bec court de 39 ans, un canard siffleur et un goéland de 34 ans. Le record chez les corbeaux, grives, pies et merles culmine à 21 ans, chez le moineau à 19 ans, à 15 ans chez la mésange.



USFWS

▼ Un radar intégré

MOINEAU DOMESTIQUE Comme 20 autres espèces d'oiseaux, *Passer domesticus* sait évaluer la vitesse d'un véhicule pour s'envoler juste à temps. Le chercheur Pierre Legagneux (université du Québec) a décelé cette faculté en roulant à vitesse constante sur des routes de l'ouest de la France. En accélérant au moment de l'envol de l'oiseau sur la route, il a pu mesurer la distance de réaction, laquelle dépend étroitement de la limitation de vitesse ! Selon toute hypothèse, les oiseaux seraient donc capables d'évaluer la vitesse moyenne de véhicules circulant près d'eux.



M. LONNE/BIOGRAPHOTO



◀ Grand voyageur

TRAQUET MOTTEUX *Cenanthus cenanthe* ne pèse que 25 g, mais il bat des records en matière de migration chez les passereaux. Chaque automne, il part d'Amérique du Nord pour hiberner en Afrique subsaharienne et retourne au printemps dans les zones arctiques. Les traquets mottés de l'Alaska vont en Afrique de l'Est et les canadiens en Afrique de l'Ouest. Longueur d'un voyage : 14 500 km. Loin cependant du record toutes catégories confondues de la sterne arctique avec ses 35 000 km de voyage aller.

M. VARESVUQ/BIOGRAPHOTO

▼ Madame porte les couleurs

PHALAROPE La migration des phalaropes à bec étroit (*Phalaropus lobatus*) est remarquable. Grâce à un GPS pesant 0,6 g, supportable pour ces limicoles de 20 cm de long vivant l'été sur les plages d'Écosse, l'Institut ornithologique suisse a pu déterminer en 2013 que l'oiseau ne migrerait pas en Arabie saoudite l'hiver comme on le pensait, mais en Équateur et au Pérou. Soit plus de 10 000 km de voyage aller. Autre originalité de l'espèce : les phalaropes inversent le rôle des sexes lors de la nidification. C'est la femelle qui défend le territoire tandis que le mâle construit le nid, couve et s'occupe des poussins. En toute logique, au contraire de la plupart des oiseaux, le plumage de la femelle est plus coloré que celui du mâle.

A. PARKINSON/NATUREPL/EBPHOTO



La France se lance dans l'éolien flottant

Un premier test se déroulera au large du Croisic à partir de l'an prochain.

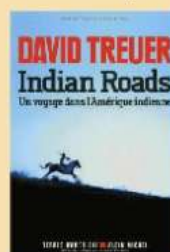


L'éolienne Floatgen affiche une puissance de 2 MW (vue d'artiste).

La France s'apprête à tester sa première éolienne offshore flottante, au large de la pointe du Croisic (Loire-Atlantique), à 20 km de la côte, là où le vent souffle longtemps et fort. Le choix du constructeur vient d'être arrêté. C'est la société Idéol de La Ciotat (Bouches-du-Rhône) qui remporte la mise, en association avec le leader espagnol Gamesa — qui vient lui-même de s'allier avec Areva — et le Fraunhofer Institut allemand. Le pilote, nommé Float-gen, s'appuie sur des technologies éprouvées et financièrement raisonnables. L'éolienne repose sur une barge rectangulaire en béton de 36 mètres de long empruntée à l'industrie pétrolière. La turbine de 2 mégawatts, de 80 mètres de haut, est posée sur un flotteur de faible tirant d'eau, dont le puits central est conçu pour amortir les mouvements engendrés par la houle.

L'ensemble est arrimé sur le fond par un système de chaînes. Le test va se dérouler en pleine mer à partir de 2015. L'École centrale de Nantes y a mis en place un site d'expérimentation inédit, baptisé SEM-REV. « C'est une zone offshore de 1 kilomètre carré disposant de moyens de mesures océanographiques, d'un centre de recherche à terre, d'un câble électrique sous-marin à haute tension, d'un système de connexion sous-marin et d'une sous-station électrique connectée au réseau national », explique Christian Berhault, directeur du site d'essai. D'autres projets seront prochainement mis en œuvre pour en tester les potentialités. L'École centrale de Nantes a reçu pas moins de 149 demandes ! Tous espèrent convaincre les investisseurs que l'on peut développer un parc commercial offshore d'ores et déjà rentable. ■ **Loïc Chauveau**

Indian Roads. Un voyage dans l'Amérique indienne



David Treuer, Albin Michel, 419 p., 24 €

Telle une gifle inattendue, ce récit secoue. Car il braque les projecteurs sur un pan très méconnu de l'histoire américaine : celle incarnée par les Indiens. D'origine ojibwé, l'auteur met le lecteur face aux piétinements des droits élémentaires des Indiens — accès à la terre et aux ressources —, relate la farce des multiples traités signés par des gouvernements de mauvaise foi, et raconte la naissance et surtout l'évolution contemporaine des réserves. Teinté d'une salutaire ironie, ce voyage en terre indienne est une véritable révélation. ■ **Andreina De Bel**

Bêtes de plage



Christian Camara, Claudine Gaston, Roland Garrigue, Delachaux et Niestlé, 128 p., 12,90 €

Voici juste ce qu'il faut pour transformer une séance de farniente à la plage en amusante partie de découvertes : ce petit livre aux illustrations drôlement évocatrices croque d'un trait haut en couleurs la vie et les œuvres des bestioles du littoral. Le homard est capable de réparer des bouts de ses propres chromosomes, l'huître se sert du flux d'eau pour capter les cellules sexuelles de ses partenaires,

et la patelle retrouve son rocher grâce aux traces chimiques qu'elle laisse traîner à son passage. Pas bête ! ■ **A. De B.**

Je crise climatique : la planète, ma chaudière et moi



Jade Lingard, La Découverte, 240 p., 17 €

La psychologie de la crise écologique, le mystère de notre apathie face à la menace climatique sont devenus des champs de recherche en soi, raconte Jade Lingard, journaliste à Mediapart. Les réticences sont le fruit de normes productivistes, de valeurs consuméristes, d'intérêts industriels, mais aussi de nœuds émotionnels. L'auteure explore ici avec humour ses propres contradictions et enquête sur le potentiel inventif et la résilience des individus. Le résultat est plus tonique que désespérant. ■ **Rachel Mulot**

Gare à l'abus de césariennes

Environ 30 % de ces interventions chirurgicales planifiées seraient évitables. Une situation préoccupante qui indique un dérapage des pratiques.

Par Marc Gozlan

« **P**RÈS D'UN TIERS DES CÉSARIENNES AVANT TRAVAIL réalisées en France en 2010 seraient potentiellement évitables. »

Ce constat est tiré d'une thèse de doctorat en épidémiologie, soutenue par une sage-femme et chercheuse, Bénédicte Coulm (Inserm, maternité Port-Royal, Paris), et publiée en ligne le 9 juin dans la revue *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica* (1). Pour la première fois, ce travail — réalisé à partir de données représentatives à l'échelle nationale (14 681 femmes) — met en chiffres la fréquence anormalement élevée des césariennes non nécessaires chez des femmes qui auraient pu accoucher par les voies naturelles. Un chiffre d'autant plus significatif qu'il s'inscrit dans une situation déjà préoccupante. On dénombrait ainsi en France 176 000 césariennes en 2010, soit un taux de 21 %, que celles-ci soient programmées (11,3 %) ou réalisées en urgence. Un taux en constante progression depuis les vingt dernières années, plus élevé qu'aux Pays-Bas, en Finlande ou en Islande (15 %), mais inférieur à celui des États-Unis (32 %).

Comment cette opération, qui reste associée à une augmentation potentielle du risque pour la mère, peut-elle être aussi fréquemment planifiée dans notre pays ? Cette

nouvelle étude apporte plusieurs éléments de réponse qui tous mettent en évidence un dérapage : les « recommandations de bonne pratique » édictées en 2012 par la Haute Autorité de santé (HAS), supposées recenser les circonstances dans lesquelles la césarienne doit être programmée, ne sont souvent pas respectées.

Les femmes de plus de 35 ans sont concernées

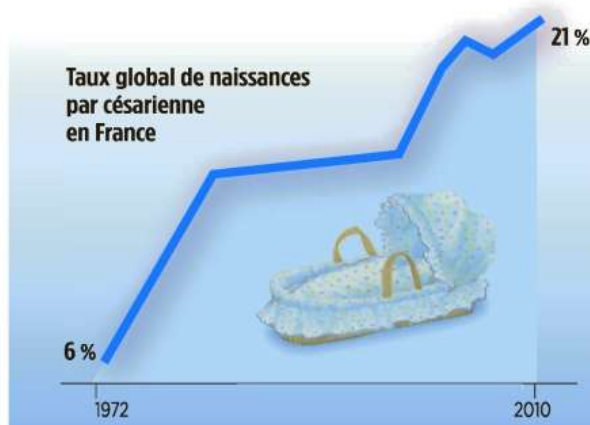
Entre 70 et 78 % des accouchements par césarienne en France sont réalisés sur des femmes dont le fœtus se présente par le siège alors que cette situation ne justifie pas en elle-même d'avoir recours à cet acte chirurgical, selon la HAS. Or l'étude révèle que dans 40 % des cas, c'est l'antécédent de césarienne qui conduit le praticien à

43%

des césariennes programmées chez des femmes primipares (accouchant pour la première fois) pourraient être évitées en cas de présentation du bébé par le siège.

en programmer une autre, sans strict motif médical, lors de la grossesse suivante. Mais un « utérus cicatriciel » — c'est-à-dire porteur d'une cicatrice du fait d'une césarienne antérieure — n'est pas une raison pour programmer systématiquement une nouvelle intervention. Autre anomalie pointée par la chercheuse de l'Inserm : les femmes de plus de 35 ans sont majoritairement concernées, bien qu'elles ne présentent pas de facteur de risque, peut-être au prétexte que des pathologies sévères de la grossesse (hypertension artérielle, diabète, notamment) sont effectivement plus fréquentes au-delà de cet âge.

De plus, la probabilité est deux fois plus importante d'avoir, sans véritable raison médicale, une césarienne chez les femmes obèses, celles-ci représentant aujourd'hui 10 % des femmes enceintes contre 6 % en 1992. Selon Béatrice Coulm, les obstétriciens seraient enclins à leur proposer une césarienne programmée plutôt que d'avoir à la pratiquer en urgence si les conditions d'extraction du fœtus se révélaient difficiles. Ce que confirme le Pr Françoise Venditelli, obstétricienne et épidémiologiste au CHU de Clermont-Ferrand : « Le taux de césariennes augmente en fon-



SYLVIE DAUDAL



tion de l'indice de masse corporelle (IMC), jusqu'à atteindre 30,5 % en cas d'obésité, lorsque l'IMC est supérieur à 30. »

Une forte disparité entre secteur privé et public

Autre constat de l'étude : une « tendance à réaliser un peu plus fréquemment » une césarienne chez les femmes traitées par inséminations intra-utérines et inducteurs d'ovulation dans le cadre d'un traitement pour infertilité. Bénédicte Coulm émet une hypothèse : ces grossesses conçues par fécondation *in vitro* (FIV) et obtenues parfois de haute lutte après plusieurs tentatives infructueuses seraient considérées « comme plus précieuses ». Les obstétriciens seraient alors plus enclins à réaliser une césarienne par crainte que le fœtus coure un risque, même minime, au cours du travail. Les caractéristiques de l'établissement ne sont pas non plus sans incidence. Toujours selon Béa-

trice Coulm, le statut privé est « fortement associé » à une césarienne potentiellement évitable, confirmant les conclusions de précédentes études épidémiologiques nationales et régionales qui avaient déjà pointé ces disparités. Deux raisons à cela. En planifiant ces interventions, les obstétriciens du secteur privé pourraient mieux gérer leur activité en clinique avec leurs consultations en libéral. Surtout, cette planification pourrait traduire une mesure de

L'accouchement par césarienne programmée est parfois réalisé sans réel motif médical.

MICROBIOTE INTESTINALE

Un risque accru d'allergie alimentaire chez le nourrisson

La césarienne accentuerait le risque d'allergie alimentaire chez le nourrisson uniquement lorsque la mère est atopique (voir S. et A. n° 807, mai 2014), c'est-à-dire génétiquement prédisposée à développer une allergie. Explication possible : il ne bénéficie pas, contrairement au nourrisson né par voie vaginale, de l'ensemencement en bactéries vaginales et intestinales de la mère, dont certaines espèces seraient protectrices.

précaution vis-à-vis de risques contre lesquels les praticiens du privé seraient moins bien protégés que leurs collègues du public. « C'est la crainte du procès qui fait parfois décider de la césarienne dans ces indications discutables », commente le Pr Françoise Venditelli, qui poursuit : « On ne reprochera jamais à un gynéco-obstétricien d'avoir réalisé une césarienne, alors que l'inverse est fréquent. » Une clé pour comprendre sans doute en partie l'augmentation du taux de césariennes programmées en cas de grossesse gémellaire, passé de 28 % en 2003 à 34 % en 2010. Pour Catherine Crenn-Hébert, gynécologue-obstétricienne à l'hôpital Louis-Mourier de Colombes (Hauts-de-Seine), ce sont surtout les « grandes disparités, sans explication évidente, d'une région à l'autre, d'un établissement à un autre, voire entre médecins » qui interpellent. Ainsi, indique-t-elle, le taux global de césariennes est de 23 % pour une femme qui ►

AHP-COCHIN-YOISIN / PHANIE

BALANCE BÉNÉFICES-RISQUES

Une intervention lourde de conséquences

+ AVANTAGES

Des causes mécaniques peuvent rendre l'accouchement par les voies naturelles trop dangereux et décider le praticien à opter pour une césarienne. C'est en particulier le cas lorsque le bassin de la mère est trop petit pour la taille du bébé (disproportion fœto-pelvienne) ou lorsque des jumeaux, présents dans une même poche, risquent de s'accrocher par le menton, lorsque le premier est en siège et le second en tête. De même, en cas de pré-éclampsie (hypertension artérielle), la seule façon de sauver la mère est de réaliser une césarienne en urgence au moindre signe d'aggravation, comme l'apparition de lésions aux reins ou au foie ou de convulsions.

- INCONVÉNIENTS

Il existe un risque exceptionnel de rupture utérine (RU) dans 0,1 % à 0,5 % des cas. Elle est responsable d'une mortalité maternelle inférieure à 1 % mais comprise entre 3 et 6 % pour l'enfant. « *L'enfant se retrouve soudain dans la cavité abdominale avec possibilité d'une interruption de la circulation sanguine placentaire. Cette situation est catastrophique* », déclare le Pr Olivier Claris (hôpital Femme-Mère-Enfant, Lyon). En France, il y a eu 11 cas de décès maternels en lien direct avec une RU dans la période 2001-2003 et 2 cas pour 2004-2006. Ces RU sont survenues dans la moitié des cas sur des femmes ayant déjà subi une césarienne. Cette pratique influence aussi le

pronostic des futures grossesses, car elle est un facteur de risque d'insertion placentaire anormalement basse, près du col (*placenta praevia*) ou dans la paroi musculaire utérine (*placenta accreta*). La parturiente risque des complications hémorragiques, avec, dans certains cas, nécessité de réaliser l'ablation de l'utérus pour arrêter le saignement. Enfin, une interrogation toute nouvelle sur le risque accru d'asthme, de diabète de type 1, de cancers a surgi. Pourrait-il être dû à un plus grand nombre de modifications épigénétiques de l'ADN des cellules souches sanguines des enfants nés par césarienne plus que par voie vaginale comme l'avance une récente étude américaine ?

► réside en Île-de-France contre 14 % pour une habitante de Franche-Comté ! De même, les femmes qui choisissent d'accoucher dans une clinique privée du XVI^e ou du XVII^e arrondissement de Paris ou de Neuilly-sur-Seine (Hauts-de-Seine) ont une forte probabilité de subir une césarienne programmée : de 18 à 25 %, ajoute la spécialiste, contre seulement 4 et 8 % dans le XII^e et le XIV^e arrondissement. Les médecins qui n'appliquent pas les recommandations de la HAS ne sont cependant pas les seuls responsables potentiels de la situation. La demande peut également venir des femmes elles-mêmes, motivées par la peur d'accoucher par les voies naturelles ou par le souhait de planifier la naissance pour des raisons pratiques. Impossible cepen-

dant d'estimer précisément la fréquence de ces « césariennes de convenance ». À en croire le Dr Catherine Crenn-Hébert, la difficulté tiendrait au fait que les formulaires administratifs, qui obligent chaque praticien à motiver son acte, seraient parfois remplis de façon volontairement... biaisée. En effet, une césarienne non motivée par des raisons médicales n'est pas remboursée par la Sécurité sociale qui la considère alors comme un acte de « confort ». « *L'obstétricien indique donc toujours un motif non strictement médical mais qui relève d'indications retenues par les autorités sanitaires : anxiété, risque de gros bébé, peur d'une incontinence urinaire...* », indique cette spécialiste. « *Devant l'hétérogénéité des pratiques de césariennes programmées à terme* », qui participe à l'aug-

mentation du taux global de césariennes des dernières années (il était de 15,9 % en 1995), la HAS a décidé depuis l'an dernier d'inciter les équipes d'obstétrique à mettre en œuvre ce qu'elle nomme un « *programme d'optimisation de la pertinence des soins à partir d'une analyse de leur pratique* » pour les inciter à plus de discernement, et donc, espère-t-elle sans le dire, de modération. Mais cette démarche, basée sur le volontariat, ne concerne... qu'un cinquième des maternités françaises. Il serait temps de passer à la vitesse supérieure sur cette question majeure de santé publique pour les femmes... ■

POUR EN SAVOIR PLUS

- **Brochure patient Césarienne.** Haute Autorité de santé (HAS). <http://sciv.fr/1o7qzw6>
- **La césarienne programmée à terme.** Document d'information destiné aux patientes. HAS. <http://sciv.fr/1IF2fQP>.
- **Enquête nationale périnatale 2010.** Ministère des Affaires sociales et de la Santé. <http://sciv.fr/1IF2wTH>
- **Association Césarine.** www.cesarine.org

• Coulm B, Blondel B, Alexander S, Bouvain M, Le Ray C. Potential avoidability of planned cesarean sections in a French national database. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2014 Jun 9. www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24910420

Par le Dr Pierre Miquel

50 %

d'augmentation du risque de brûlures accidentelles chez les personnes épileptiques âgées de moins de 25 ans, selon des données observées chez 12 000 patients et 46 000 témoins. Pour cette tranche d'âge, le risque est encore plus grand (2,5 fois plus) en ce qui concerne les intoxications et notamment les intoxications médicamenteuses accidentelles (surdosage) ou volontaires.

Pediatrics, mai 2014.

DIABÈTE**Trop de victimes d'infarctus sont malades à leur insu**

Environ 10 % des sujets hospitalisés pour un infarctus du myocarde sont des diabétiques qui s'ignorent (diabète de type 2), selon une étude américaine sur 3000 dossiers collectés dans près de 25 services hospitaliers de différents types (urbain ou rural). Principale raison : l'absence de dosage de l'hémoglobine glycosylée (HbA1C). Une confirmation de l'intérêt de ce marqueur du diabète.

Medscape, 6 juin 2014.



L'examen de la rétine permet de prédire des lésions microvasculaires cérébrales.

OPHTALMOLOGIE

Un risque d'AVC peut se voir dans l'œil

Une importante étude française a récemment montré que certains troubles transitoires de la vue (perte brutale de la vision, vision double) peuvent annoncer un accident vasculaire cérébral (AVC) (*lire S. et A. n° 804, février 2014*). Des données observées chez plus de 800 personnes âgées de plus de 55 ans n'ayant jamais fait d'AVC confirment l'intérêt de l'examen de la rétine pour prédire l'existence de lésions microvasculaires cérébrales évoluant progressivement vers des troubles neurologiques invalidants. Les photographies du fond d'œil ont été confrontées aux résultats de l'imagerie par résonance magnétique (IRM) cérébrale réalisée à plusieurs reprises à dix ans d'intervalle. En tenant compte des autres facteurs de risques (hypertension artérielle, diabète), on constate que la présence à l'IRM d'altérations vasculaires au niveau de la substance blanche du cerveau (leucoaraïose) est proportionnelle à l'importance des lésions rétinienne (microanévrisme, hémorragie, rétrécissement artériolaire).

Stroke, avril 2014.

PNEUMOLOGIE**Embolie pulmonaire : l'échographie combinée est un plus**

En cas de suspicion d'embolie pulmonaire, l'utilisation combinée de l'échographie pulmonaire, cardiaque et veineuse, au niveau de la jambe, permet de mieux orienter les patients vers des explorations invasives (angiographie). Associé à certains tests sanguins de détection d'une obstruction vasculaire par le dosage des D-dimères, cet examen donne un résultat positif dans 90 % des cas (sensibilité) et un résultat négatif dans 86 % des cas (spécificité).

Chest, mai 2014.

NEUROLOGIE**Deux anticorps monoclonaux prometteurs testés contre la migraine**

Des résultats prometteurs dans la prévention de la migraine viennent d'être obtenus avec deux anticorps monoclonaux dirigés contre un médiateur de la douleur — le peptide relié au gène calcitonine (PRGC). Testés par deux études chez 400 patients souffrant de migraines sévères (4 à 15 jours de crise par mois), ces médicaments administrés par voie intraveineuse (une injection unique) ou sous-cutanée (2 fois par semaine) entraînent une amélioration clinique significative en 5 à 12 semaines : 70 % de réponses partielles (45 % sous placebo) et 16 à 33 % de réponses complètes (au lieu de 0 à 17 %).

Medscape, 25 avril 2014.

PHYSIOLOGIE

Dormir avec son chien ou son chat rime souvent avec insomnie

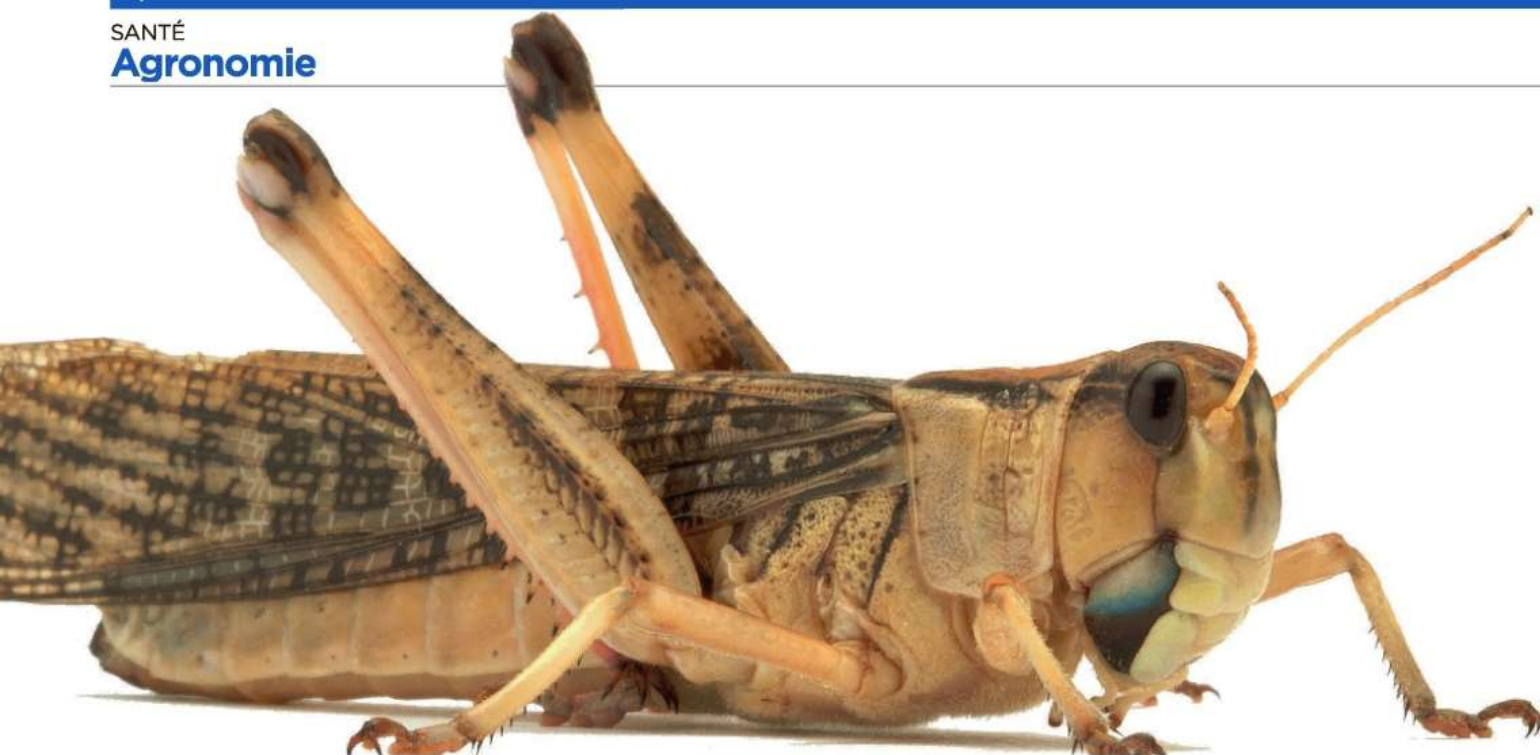
Les animaux de compagnie n'ont pas leur place dans la chambre à coucher, et encore moins dans le lit. C'est ce que suggèrent deux études présentées lors du 28^e congrès annuel de l'Association des sociétés pour l'étude du sommeil qui se tenait fin mai à Minneapolis, aux États-Unis. Plus de 50 % des 400 adultes interrogés possédaient un chien ou un chat et la moitié de ceux-ci déclaraient dormir avec le chien (58 %) ou le chat (42 %) au moins un jour par semaine. Résultat : des difficultés d'endormissement ou des réveils nocturnes dans 5 à 10 % des cas. Pour cause de ronflements, grognements, gémissements ou demande pressante de sortie.

Medscape, 6 juin 2014



Ronflements, gémissements de l'animal gênent le dormeur

N. GIBSON/GETTY IMAGES



▲
Criquet migrateur africain (*Locusta migratoria migratorioides*). Présent en Afrique australe et tropicale, il appartient à la famille des orthoptères. Il croît et se reproduit très rapidement à condition d'être bien au chaud, soit au moins 30 °C. 100 g de criquets adultes frais fournissent environ 179 kcal.

Les insectes s'invitent au menu du jour

Grillons, bombyx et autres vers sont présentés comme une ressource alimentaire incontournable. Encore faut-il que l'industrie parvienne à en maîtriser l'élevage et que la preuve de leur innocuité soit apportée. Enquête.

« **L**E PROBLÈME EST DE SAVOIR si la farine de grillon a la bonne texture pour faire de la pâte à pizza. » Prise au vol, cette remarque a de quoi surprendre. Mais pour Francesca Mancini, jeune Milanaise qui crée son entreprise de pâtes et pizzas aux insectes, l'entomophagie — comprenez le fait de se nourrir d'insectes — n'est plus un choix de société mais une question de business. Comme pour la plupart des 450 congressistes venus de plus de 40 pays jusqu'à Wageningen (Pays-Bas) pour le premier salon scientifique des insectes comestibles. Dépassées

les simples allégations d'exotisme qu'évoquent d'emblée criquets ou vers grillés ! Les industriels, scientifiques et entrepreneurs réunis à cette occasion, sont convaincus que les insectes sont en passe de devenir la source de protéines du XXI^e siècle. « *Un secteur agroalimentaire se développe* », assure Arnold van Huis, directeur du département d'entomologie de l'université de Wageningen et responsable du congrès. Pour la plus grande satisfaction de la FAO, l'organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Nations unies, qui, parmi les premières, a forte-

80 %

la part comestible moyenne d'un insecte. Elle est de 55 % pour un porc et de 40 % pour un bœuf.

2 milliards de personnes dans le monde consomment, au moins occasionnellement, des insectes.

ment contribué à éveiller l'intérêt des producteurs à travers un rapport publié en 2012.

L'organisme onusien a en effet beaucoup œuvré pour rendre l'idée médiatique, alertant sur le fait que l'accroissement de la population mondiale faisait peser des menaces sur la sécurité alimentaire. Or les insectes apparaissent comme une source alimentaire sous-exploitée à considérer d'urgence. Avec un autre argument de choc : le faible impact écologique de leur élevage éventuel. Le département d'entomologie de Wageningen a ainsi



▲
Ver de farine (*Tenebrio molitor*). Également appelé ver du meunier, cet insecte de la famille des coléoptères est capable de vivre dans des denrées stockées très sèches, notamment la farine. Facile à élever et naturellement présent sous nos latitudes, il est l'insecte comestible le plus étudié, majoritairement consommé à l'état de larve. 100 g de vers de farine frais fournissent 200 kcal.

▼
Grillon domestique (*Acheta domesticus*). Cet insecte doit son nom latin au caractère mélomane des mâles qui strident en frottant leurs élytres. Facile à élever, robuste et peu agressive envers ses congénères, cette espèce d'orthoptère est riche en protéines (plus de 65 % de la matière sèche). Elle figure parmi les vedettes des dégustations d'insectes.



▲
Chenille du bombyx du mûrier (*Bombyx mori*). Il s'agit du fameux ver à soie. Ce lépidoptère (papillon) se consomme en Asie sous forme de larve ou de pupa. 100 g de chenilles fraîches fournissent en moyenne 94 kcal, dont 10 à 17 % de protéines.



comparé la production d'un kilo de protéines de porc, de poulet et de bœuf à celle de ces invertébrés. Résultat : si les besoins en énergie sont équivalents, les émissions de gaz à effet de serre des mammifères et oiseaux sont bien supérieures à celles des insectes. Et il faut de deux à dix fois moins de terres agricoles pour produire ces derniers. Dans les fourneaux de l'université néerlandaise, plusieurs expérimentations sont donc en cours. Mais, si l'on estime à environ 30 millions le nombre d'espèces d'insectes, seules 1900 sont jugées comestibles, selon des données basées sur leur consommation traditionnelle. Et parmi ces dernières, très peu sont aujourd'hui sélectionnées dans la perspective d'un élevage à grande échelle, personne n'en maîtrisant pour l'heure réellement la technique.

« La plupart des insectes consommés sont sauvages et prélevés dans la nature lors de cueillettes. Les autres sont élevés à l'échelle artisanale. Hormis le bombyx, le fameux

ver à soie, aucun insecte comestible n'a jamais fait l'objet d'un élevage industriel », explique Louis Monnier, professeur de nutrition spécialisé dans l'histoire de l'alimentation.

Une grande variation calorique entre les espèces

Seules quelques espèces concentrent donc l'attention des chercheurs, comme le ver buffalo, le ver de farine, le grillon ou encore la mouche du soldat. « Nous sélectionnons idéalement des espèces grégaires, non volantes, bien adaptées au climat et se reproduisant vite », détaille Dennis Oninckx, entomologiste à l'université de Wageningen. Leur principal critère de sélection demeurant leur haute valeur nutritionnelle. En effet, la part comestible d'un grillon ou d'un ver de farine, espèces les plus étudiées, est de 80 % contre seulement 55 % chez un porc ou 40 % chez un bœuf.

Toutefois, leur profil nutritionnel n'est encore que partiellement établi, les études, peu nom-

breuses, montrant des résultats très variables. En 2013, les chercheurs allemands Birgit Rumpold et Oliver Schlüter rassemblaient ainsi dans une vaste étude des données concernant 236 insectes comestibles, montrant que ces petits invertébrés étaient riches en protéines et en graisses, ces nutriments étant de plus assimilables par l'homme. À l'instar des autres animaux d'élevage, ils contiennent l'ensemble des acides aminés essentiels et leurs graisses, relativement pauvres en acides gras saturés et cholestérol, sont une bonne source d'oméga-6 et, dans une moindre mesure, d'oméga-3. Mais il ressort également de cette étude que cette composition nutritionnelle est très variable d'une espèce à l'autre, d'une période de leur vie à l'autre, et même au cours de l'année.

En 1997, la chercheuse mexicaine Julieta Ramos Elorduy avait déjà montré à travers une étude portant sur 78 espèces d'insectes une grande variation calorique entre



▼
Ce carré de chocolat est orné d'un grillon, élevé par la société toulousaine Micronutris.



PHOTOS: MICRONUTRIS
▲
Ces biscuits salés contiennent de la poudre d'insectes aromatisée à la tomate.

COURTESY M. SCHLIENGER



L'AVIS DE...

JEAN-LOUIS SCHLIENGER, PROFESSEUR
DE NUTRITION À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG*

« La barrière culturelle semble difficilement franchissable »

« Les arguments nutritionnels et écologiques en faveur de la consommation d'insectes sont valables, mais la barrière culturelle semble difficilement franchissable à l'heure actuelle. Nous ne sommes pas des mangeurs objectifs : notre imaginaire et notre ressenti constituent des parts non négligeables de notre alimentation. Selon ses opportunités et ses ressources, l'homme a inventé un grand nombre de systèmes alimentaires qui concourent tous à l'essentiel, se maintenir en bonne

santé et permettre la vie active. Cela explique que les insectes fassent partie de l'alimentation traditionnelle de certaines parties du monde, souvent tropicales, où ils ont pu constituer une ressource abondante et nourrissante. Mais les modèles alimentaires se construisent sur des millénaires et rien ne dit que nous sommes prêts à chambouler le nôtre en quelques années. »

Propos recueillis par M.-N. Delaby

*Auteur de *Heurs et malheurs de l'alimentation*, éditions Armand Colin.

► elles, allant de 293 à 762 kilocalories (kcal) pour 100 g de matière sèche, avec un taux de lipides pouvant varier de 4 à 77 %. De plus, des études récentes prouvent que la nourriture donnée aux insectes influence également leur profil nutritionnel. « *Les insectes fonctionnent comme de petits transformateurs qui, selon le substrat sur lequel on les élève, présentent une composition en acides aminés ou en acides gras essentiels très variable. Tout l'enjeu de la recherche actuelle est de trouver le substrat permettant d'obtenir un profil nutritionnel optimal* », résume Samir Mezdour, coordinateur du projet Desirable, qui rassemble depuis janvier 2013 des centres de recherche français, tels qu'Agroparistech, l'Inra, le CNRS ou encore le CEA, autour de l'émergence de la filière. Car les ambitions entomophages ne sont pas l'apanage des Pays-Bas. En France comme ailleurs dans le monde, les scientifiques travaillent essentiellement sur des farines et granulés, conscients que nous ne sommes pas tous prêts pour la potée de poux ou la soupe



Macaron élaboré avec 20 % de poudre d'insectes. Le grillon qui l'orne est comestible.



Ce sachet contient environ 160 vers de farine déshydratés, qui se croquent à l'apéritif.

aux vermisseaux. Déshydratés puis moulus en une fine poudre blanchâtre, les insectes et larves perdent leur aspect peu ragoûtant tout en conservant leur haute valeur nutritionnelle. Et le premier débouché concernera principalement l'élevage. « *L'objectif de Desirable serait, à terme, de réaliser des bioraffineries utilisant des mouches du soldat et des vers de farine comme matière première, afin de produire des aliments à haute valeur nutritionnelle, essentiellement pour les animaux. Les parties non comestibles de l'insecte pourraient également être valorisées sous forme de biomatériaux et d'engrais* », explique Samir Mezdour.

La partie industrielle du projet est portée par l'entreprise Ynsect, fondée en 2011 et qui souhaite créer d'ici à 2016, vraisemblablement dans l'Essonne, une usine d'insectes destinée à l'élevage avicole et piscicole. Pionnière en France, la société a reçu en mars le prix du concours mondial d'innovation 2030, organisé par l'État. Au Canada ou en Afrique du Sud, des chaînes de production sont

déjà opérationnelles. Dans ce dernier pays, à Stellenbosch, l'entreprise Agriprotein, fondée en 2009, produit des aliments pour poissons d'élevage à partir de trois espèces de mouches, dont celle du soldat. La société, qui a optimisé sa chaîne de production en mai, espère passer de quelques dizaines de tonnes de farines et granulés d'insectes produits par mois à une trentaine de tonnes par jour en 2015.

L'uniformisation des pratiques pose problème

Autre difficulté de la filière : si beaucoup de pays industrialisés se lancent dans l'aventure, tous n'ont pas les mêmes pratiques, notamment dans le choix de leurs substrats. Agriprotein, en Afrique du Sud, utilise ainsi des déjections animales pour nourrir ses mouches, une pratique que s'interdisent les projets européens (Ynsect en France, NPG aux Pays-Bas) et canadiens (Enterra Feed Production), préférant un mélange de céréales et de végétaux. « *Dès l'instant où les insectes rentrent dans la chaîne d'alimentation humaine, on ne peut pas leur donner de déchets à manger* », estime Frédéric Marion-Poll, chercheur en entomologie et membre du projet Desirable. Un principe de précaution sous-tendu par le souvenir encore très présent du scandale de la maladie de la « vache folle » dans les années 1990 en Europe. Une épidémie qui trouvait son origine dans l'utilisation, pour l'alimentation des bovins, de farines animales, obtenues à partir de parties non consommées des carcasses bovines et de cadavres d'animaux. Une maladie qui avait ensuite été transmise à l'homme. « *Les insectes étant génétiquement beaucoup plus éloignés de l'homme que les mammifères d'élevage, le danger est théoriquement faible*, rappelle Frédéric Marion-Poll. *Mais le risque de zoo-*



ALEXANDRA FRANKENWITZ/TRANST

L'élevage d'insectes alimentaires de Micronutris près de Toulouse (ici des grillons de quatre semaines). L'entreprise en produit une tonne par mois.



LYDIE LECARPENTIER/REA

10 kg de végétaux permettent de produire 9 kg d'insectes (ici vers de farine et grillons), contre 1 kg de viande bovine.

nose [transmission d'une maladie d'un animal à l'homme] pourrait être augmenté par l'utilisation imprudente de déchets, le manque d'hygiène lors de la manipulation des insectes, ou encore des contacts directs entre les insectes d'élevage et les insectes à l'extérieur des fermes. De plus amples recherches dans ce domaine sont donc nécessaires. » Il

faut donc poursuivre les études, en s'intéressant également aux substances allergènes que peuvent contenir les insectes, des allergies croisées avec les crustacés étant d'ores et déjà suspectées. « *Le CEA, impliqué dans le projet Desirable, étudie ces risques et devrait rendre ses premiers résultats en 2015* », précise Samir Mezdoor.

Les preuves de leur innocuité restent à apporter

En attendant — et faute de preuve suffisante de leur innocuité —, les insectes ne sont pas autorisés à entrer dans l'alimentation humaine en Europe et ne peuvent pas non plus être intégrés aux aliments destinés à nourrir des animaux d'élevage qui seront eux-mêmes consommés par l'homme. Seule exception, la Belgique, qui a autorisé la commercialisation et la consommation par l'homme de 10 espèces en décembre 2013, dans le respect de certaines condi-

tions d'hygiène. En France, l'interdiction n'empêche cependant pas certaines entreprises, comme la PME toulousaine Micronutris, de faire commerce sur Internet d'insectes à grignoter salés ou sucrés, preuve d'une certaine tolérance. Toute relative d'ailleurs, certains restaurants ayant été sommés par les autorités sanitaires de retirer les insectes de leur carte.

Le destin de l'entomophagie se joue donc à Bruxelles, les États membres ayant demandé à la Commission de placer les insectes sous le coup du règlement « Nouveaux aliments » (« Novel Food »), qui encadre les denrées n'ayant pas été significativement consommées en Europe avant 1997, date de création de cette réglementation. Si aucun calendrier n'est arrêté, les professionnels du secteur espèrent une réforme d'ici à 2016, persuadés que la poule aux œufs d'or a désormais trois paires de pattes. ■ **Marie-Noëlle Delaby**



Comment réussir ses conserves maison ?

La conservation en bocaux, en saumure et par séchage, est une alternative à la congélation. Mais, mal choisis ou mal préparés, les aliments risquent de perdre leurs qualités nutritionnelles.

CONFITURES, TERRINES, RAGOÛTS... dans bien des familles, l'été a longtemps été synonyme de saison des « bocaux ». Quelles que soient les régions et traditions culinaires, chacun était mis à contribution pour éplucher, équeuter ou épépiner les récoltes afin de les mettre en conserve. Mais à partir des années 1960, l'avènement du congélateur a relégué ces techniques de conservation artisanales au second plan. Aujourd'hui cependant, pots en verre et plats à terrines reviennent, profitant du retour en grâce de la cuisine de terroir qui symbolise une certaine idée du « bien manger ». En témoigne le grand nombre d'ouvrages récents traitant de la

conservation maison par stérilisation, séchage, ou encore saumurage (1) et (2). « *Les jeunes générations qui ont eu une éducation culinaire permissive et une alimentation très industrialisée souhaitent réapprendre à cuisiner. Désormais, on veut faire soi-même et contrôler ce que l'on mange car les produits de l'industrie agroalimentaire sont souvent perçus comme nuisibles* », analyse le psychiatre Gérard Apfeldorfer. Mais le « fait maison » est-il garant d'une meilleure qualité nutritionnelle ? N'oublions pas que mal conservés, les aliments peuvent non seulement perdre une bonne partie de leurs qualités nutritionnelles mais devenir une menace pour notre santé. De nombreuses précautions sont à prendre.

51
cas

de botulisme, dont un mortel, ont été identifiés en France sur la période 2010-2012.

L'incidence reste stable depuis 1991, autour de 10 à 45 cas par an.

La conservation poursuit trois objectifs

Elle neutralise les enzymes naturellement présentes dans les aliments, qui digèrent les cellules les hébergeant et déclenchent le processus de décomposition. Elle peut aussi réduire la teneur en eau des aliments qui favorise la prolifération des micro-organismes (bactéries, champignons, levures...). Enfin, elle prévient l'action de l'oxygène présent dans l'air, qui provoque l'oxydation.

Il faut choisir les produits avec attention

Pour que la conservation traditionnelle offre un intérêt nutritionnel, les ingrédients doivent être frais et la fabrication surve-

AUTOCLAVE Récipient à parois épaisses et à fermeture hermétique conçu pour réaliser sous pression (de quelques bars) une stérilisation à la vapeur.

OXYDATION Réaction chimique qui se caractérise par la fixation d'oxygène sur un corps. En se fixant sur les lipides, l'oxygène provoque le rancissement des graisses. En se fixant sur les polyphénols des fruits et légumes, il provoque leur brunissement.

BLANCHIR Les aliments sont plongés dans de l'eau bouillante durant un laps de temps suffisamment court (1 ou 2 minutes) pour ne pas altérer les nutriments, mais assez long pour inhiber les enzymes responsables de la destruction des vitamines.

nir rapidement après la récolte. Car les végétaux peuvent perdre une grande partie de leurs vitamines durant leur transport ou leur stockage. Éviter aussi ceux qui ont été récoltés « verts » et ont mûri pendant leur acheminement. Cette pratique limite les qualités organoleptiques et nutritionnelles.

La stérilisation entraîne des pertes en vitamines...

Utilisée pour les légumes, les fruits, la viande, le poisson et les fruits de mer, la stérilisation est basée sur le principe d'une cuisson longue à haute température (100 °C pour la stérilisation à l'eau bouillante, 116 °C pour la stérilisation en autoclave). C'est le procédé de conservation le plus destructeur pour les vitamines. Ainsi un fruit ou un légume surgelés conservent en moyenne 40 à 80 % de leur vitamine C quand le même aliment en conserve (verre ou métal) n'en préserve que 20 à 40 % (3).

... Mais elle est intéressante pour certaines denrées

Certains végétaux — comme la tomate, le poivron ou le maïs — contiennent des pigments appelés caroténoïdes. Ils sont connus

pour leur rôle antioxydant et s'attaquent aux radicaux libres, des molécules qui seraient en partie responsables du vieillissement, de certaines maladies coronariennes ou de cancers. Ainsi, le lycopène, caroténoïde rouge présent dans les cellules de la tomate, est libéré sous l'effet de la chaleur qui détruit les parois cellulaires. Il est alors plus facilement assimilé par le corps (4).

Gare aux excès de sel et de sucre

En forte concentration, le sucre et le sel sont de bons conservateurs car ils ont la capacité d'absorber l'humidité dont les micro-organismes ont besoin pour se développer. Dans la confiture, la proportion de sucre doit atteindre 50 % pour empêcher la croissance des bactéries (5). Ce fort taux, ajouté à une cuisson longue qui détruit une bonne partie des vitamines, en fait donc un aliment à l'intérêt gustatif certain, mais très limité nutritionnellement. La conservation en saumure est surtout utilisée pour les poissons et les viandes. Elle se prépare en faisant bouillir environ 5 litres d'eau avec au moins 250 g de sel. Les recommandations conseillant de

ne pas consommer plus de 5 g de sel par jour (6), il est essentiel de rincer les aliments à l'eau claire avant de les cuisiner.

Le séchage est un procédé simple et efficace

Il est basé sur l'évaporation quasi-totale de l'eau contenue dans les aliments. Autrefois, les aliments étaient séchés au soleil. Bien que rudimentaire, cette technique protège efficacement contre les micro-organismes. Les légumes et fruits secs stockés à l'abri de l'humidité peuvent se conserver plus d'un an. La déshydratation concentre également les nutriments. Comparés à leurs équivalents frais, les fruits secs sont ainsi trois à cinq fois plus caloriques et plus riches en fibres et en minéraux, notamment en potassium (banane, abricot) et en fer (abricot). Les vitamines du groupe B et le bêta-carotène y sont abondants, mais la vitamine C est presque intégralement détruite au cours du processus (7).

Les conserves doivent être parfaitement stérilisées

Il faut respecter les temps et température de stérilisation puis entreposer les conserves au sec et au frais pour éviter le risque de botulisme. Cette intoxication neurologique est due à une bactérie, *Clostridium botulinum*, qui se développe dans les conserves d'aliments peu acides (haricots verts, épinards, champignons, thon ou pâtés de viande) non soumis à un processus de conservation rigoureux. Le couvercle doit être parfaitement scellé et concave. Un bombement indique une production de gaz par les bactéries. ■

Marie-Noëlle Delaby

CLAUDE AUBERT Ingénieur agronome*

Rien ne vaut les produits frais

« Les techniques de conservation traditionnelles sont intéressantes dans la mesure où le congélateur est trop facilement considéré comme le seul outil de conservation familial. Mais il ne faut pas oublier que même s'il préserve bien les nutriments, la texture, et la couleur des aliments, la destruction des vitamines s'y poursuit de façon continue et même très rapidement pour les légumes non blanchis. Mais le meilleur moyen de s'assurer un apport optimal en vitamines et minéraux demeure la consommation de produits frais, de saison ! »

*Auteur de *L'Art de cuisiner sain*, éditions Terre vivante.

(1) *Bocaux et conserves*, Dick Strawbridge, Larousse, 2013.

(2) *Le Traité Rustica de la conservation*, collectif, Éd. Rustica, 2013.

(3) Review : Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables, Rickman JC, *J. Sci. Food Agriculture*, 2007.

(4) *L'Art de cuisiner sain*, Claude Aubert, Éd. Terre vivante, 2011.

(5) Teneurs comparées en vitamines hydrosolubles de quelques légumes en fonction de leur mode de conservation, Dequij J et al, *An. Fals Exp. Chem.*, 1981.

(6) Questions fréquemment posées à propos de la consommation de sel dans la Région européenne de l'OMS, www.euro.who.int.

(7) *Le Guide de l'alimentation équilibrée*, Éd. Vidal, 2008.

Un virus de la grippe rendu invincible

Un chercheur américain a modifié H1N1, le rendant résistant au système immunitaire humain. Manipulation dangereuse ou avancée scientifique ? « Sciences et Avenir » fait parler les experts.

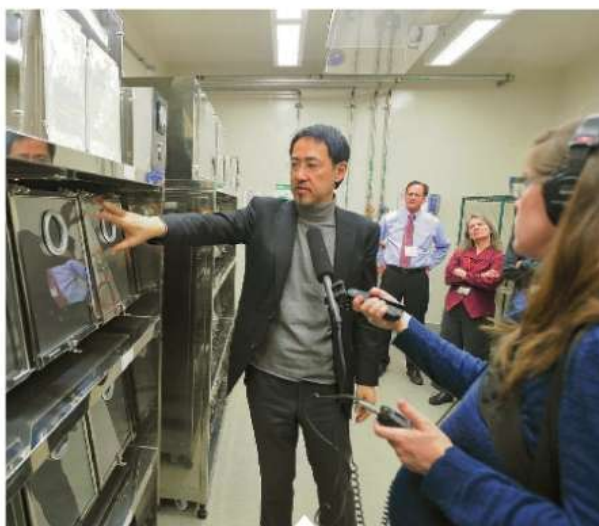
SI VENAIT À SE RÉPANDRE le virus grippal H1N1 modifié par l'Américain Yoshihiro Kawaoka, la population humaine se retrouverait sans défense. En effet, il a été rendu résistant au système immunitaire humain par les manipulations du chercheur et de son équipe. Les experts sont divisés devant ces travaux. Pour certains, bricolage d'apprenti sorcier ; pour d'autres, manipulation nécessaire pour comprendre comment un virus devient mortel. *Sciences et Avenir* décrypte la situation.

Le contexte

L'équipe de Yoshihiro Kawaoka (université du Wisconsin-Madison, États-Unis), qui a conduit ces travaux sur le virus H1N1, n'en est pas à son coup d'essai. Elle s'est déjà illustrée par le passé avec des expériences de reconstitution de la grippe espagnole. Ou, plus récemment, pour avoir transformé le virus de la grippe aviaire et l'avoir rendu infectieux entre mammifères (voir S. et A. n° 781, mars 2012). À l'époque, le ministère de la Santé américain avait tenté de censurer ses travaux ainsi que ceux, analogues de Ron Fouchier (centre médical Erasmus de Rotterdam, Pays-Bas).

Les enjeux

Yoshihiro Kawaoka l'affirme : ces recherches sont indispensables pour préparer l'avenir.



Yoshihiro Kawaoka à l'Institut de recherche sur la grippe de l'université de Wisconsin-Madison en février 2013.

« Des virus tels que celui que nous avons mis au point émergent en permanence dans la nature, qu'ils aient ou non le potentiel pour devenir pandémiques, affirme-t-il. Le but de notre étude est d'aider à prédire les formes virales qui pourraient se développer pour mieux s'y préparer. »

Des explications qui ne convainquent pas tous les virologues. Simon Wain-Hobson, de l'Institut Pasteur (Paris), reste très sceptique : « Je ne comprends pas ce qu'ils ont essayé de faire avec leurs dernières manipulations », se désolait-il. Une incompréhension d'autant plus grande que Kawaoka et son équipe, prudents et peut-être échaudés par les précédentes critiques, n'ont pas encore sou-

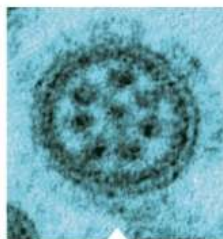
mis leurs derniers travaux pour publication et les ont seulement présentés lors d'un colloque. L'interrogation se dissipera peut-être une fois ces travaux publiés... s'ils le sont un jour.

Les risques

La plupart des critiques se concentrent sur le fait que ces travaux ont été menés dans un laboratoire de niveau de sécurité P2, alors que la dangerosité de certains virus grippaux plaiderait pour une recherche dans des laboratoires de sécurité supérieure, plus confinés, P3 ou P4. « Un laboratoire P2 est le lieu approprié pour les expériences sur la grippe, en conformité avec les règlements internationaux en vigueur », rétorque le chercheur américain.

Il est soutenu par d'autres scientifiques, qui estiment que relever les niveaux de sécurité restreindrait la recherche sur ces virus — et donc les moyens de lutte —, étant donné que seule une soixantaine d'unités P4 existent dans le monde. « Ne pourrait-on pas juger et décider au cas par cas des lieux d'étude les plus adéquats pour des souches aussi potentiellement dangereuses ? demande de son côté Simon Wain-Hobson. Dans certaines situations, il est nécessaire de trouver un équilibre entre la créativité scientifique et la protection de l'homme et de l'environnement. » ■

Hervé Ratel



Un virus de la grippe H1N1 organise son matériel génétique (les points en noir) avant d'éclore d'une cellule pour en infecter une autre.

Le froid extrême prolonge la vie des organes

Une nouvelle technique, testée chez la souris, a permis de conserver un foie durant quatre jours avant qu'il ne soit greffé. Un exploit.

UN FOIE PRÉSERVÉ pendant près de quatre jours avant d'être transplanté, au lieu de vingt-quatre heures comme actuellement : c'est l'exploit rendu possible par une nouvelle technique de conservation des organes par le froid. Certes, il n'a été réalisé que chez la souris, mais les rongeurs greffés au 3^e ou 4^e jour ont survécu environ trois mois, du jamais vu.

Une greffe d'organe est toujours une course contre la montre. Il faut trouver un équilibre entre, d'un côté, le temps nécessaire à la mise en place des équipes spécialisées autour du donneur et du receveur et, de l'autre, les contraintes absolues de viabilité d'un organe. Ce dernier, privé d'oxygène, ne bénéficie plus, en effet, des nutriments nécessaires à sa conservation dès l'instant où il est prélevé. En pratique, tout se joue en quelques heures : environ 4 heures pour le cœur, 10 heures pour le foie et les poumons, 36 heures pour les reins. Voilà pourquoi la nouvelle technique expérimentée par l'équipe du Pr Korkut Uygun au Massachusetts General Hospital de Boston (États-Unis) pourrait bien permettre aux futurs transplantés comme aux équipes médicales de ne plus avoir les yeux rivés sur le chronomètre.



Des composés antigels, perfusés dans le foie du rat, ont permis de le conserver à -6 °C sans le solidifier.

Le principe de cette technique inédite, appelée « supercooling » ou surfusion, consiste à abaisser la température de l'organe prélevé au-dessous de son point de congélation sans qu'il se solidifie, soit -6 °C. Le procédé se déroule en plusieurs étapes : une heure avant la congélation, des composés antigels non toxiques sont perfusés dans l'organe. Puis, le moment venu, celui-ci est réchauffé avant de bénéficier, trois heures plus tard, d'une nouvelle perfusion de ces mêmes composés. L'équipe du Pr Korkut Uygun a débuté ses essais sur des organes humains afin de vérifier la faisabilité de cette opération. Car le foie humain est 150 fois plus massif que celui d'un rat. ■ **Sylvie Riou-Milliot**

Manga

Lycéenne à Fukushima



Reiko Momochi,
Ad Akata,
184 p., 6,95 €

Plus de trois ans après la catastrophe de Fukushima, Fumi, jeune lycéenne japonaise, n'ose plus sortir de chez elle. Avec ses trois meilleures amies, et pour exorciser le drame, elle décide de réactiver leur groupe de musique, Daisy. Mais, la réalité rattrape très vite les adolescentes... Plutôt destiné à un jeune public, ce manga revient avec acuité sur la plus importante catastrophe nucléaire de ces dernières années. À signaler que contrairement à beaucoup de mangas, celui-ci est achevé et tient en deux tomes. ■ **Rachel Mulot**

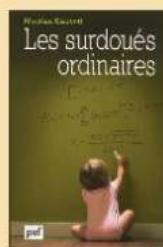
Angelo Mariani, l'inventeur de la première boisson à la coca



Alain Delpirou,
Éditions Anima
Corsa 115 p., 15 €

Qui se souvient qu'à la fin du XIX^e siècle, on se bousculait à la pharmacie Mariani, sise 41, boulevard Haussmann à Paris, pour se procurer le vin de coca, « réparateur de forces le plus infallible » et « le plus délicieux aussi » ? Plébiscité par le corps médical et les célébrités de l'époque — présidents de la République, artistes... —, le vin Mariani connaît un succès planétaire. Dans ce petit livre qui fourmille d'informations précieuses, Alain Delpirou, géographe, rétablit la mémoire d'Angelo Mariani, à la fois génial inventeur de la première boisson à la coca, scientifique, homme d'affaires avisé et mécène. ■ **Guy Hugnet**

Les Surdoués ordinaires



Nicolas Gauvrit,
Puf, 277 p., 19 €

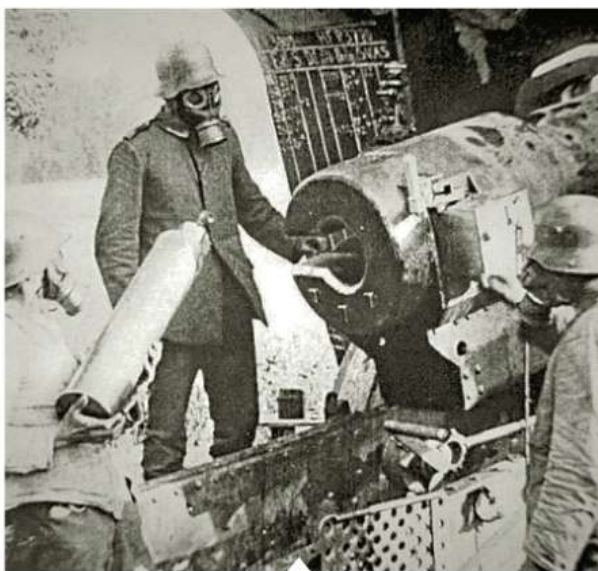
On les surnomme parfois des « zèbres », ces enfants surdoués ou intellectuellement précoces. Dans cet ouvrage, l'auteur, maître de conférences en mathématiques à l'université d'Artois, explore les mystères de ces cerveaux extraordinaires. Car oui, les surdoués ont bien un cerveau plus efficace, plus puissant et se développant plus vite que les autres. Est discuté ici le lien avec l'hyperactivité, la dépression, mais aussi l'humour et la personnalité... avec, en conclusion une véritable interrogation sur la prise en charge. ■ **Elena Sender**

Les démineurs au défi des armes chimiques

Un siècle après la déclaration de guerre en août 1914, la France s'apprête enfin à détruire les 250 tonnes de munitions chimiques non explosées stockées dans un camp militaire. Un site de traitement est en cours de construction.

Par Olivier Hertel

C'ÉTAIT AU TOUT DÉBUT DE SA CARRIÈRE, il y a une trentaine d'années. Ce jour-là, Henry Bélot, démineur de la Sécurité civile, intervenait dans un village de la Meuse, au nord de Verdun, pour ramasser un obus de 370 mm : « Un engin de 500 kg. J'ai commencé à le dégager et j'en ai découvert un deuxième. Puis un troisième... J'ai dû appeler des renforts. Finalement, nous en avons sorti plus de 30 tonnes, des munitions chimiques de la Première Guerre mondiale, abandonnées par les Allemands puis enterrées à la va-vite par les paysans du coin. » Aujourd'hui encore, cent ans tout juste après la déclaration de guerre de l'Allemagne à la France, le 3 août 1914, des vestiges toxiques refont régulièrement surface, essentiellement sur la ligne de front dans le nord et l'est de la France. Car 66 millions de tonnes de munitions chimiques furent déversées sur les champs de bataille. Selon la Sécurité civile, chargée du déminage, 10 à 20 tonnes d'armes chimiques sont déterrées chaque année. Des découvertes qui s'ajoutent aux 250 tonnes déjà collectées et stockées sur le camp militaire de Suippes (Marne), allant de la grenade à main jusqu'à l'obus de gros calibre.



66 millions de tonnes d'armes chimiques ont été utilisées durant la Grande Guerre. (Ici, des artilleurs allemands en 1917.)

À la différence des munitions dites conventionnelles, directement détruites par les démineurs, les munitions chimiques nécessitent un traitement particulier que la France n'avait encore jamais mis en œuvre. Comme tous les pays ayant ratifié la Convention pour l'interdiction des armes chimiques (CIAC), elle s'est en effet engagée, dès 1997, à les détruire. Après de nombreuses tergiversations et un premier projet avorté, la construction d'une usine réservée au traitement de ces déchets

a enfin commencé sur le camp militaire de Mailly (Aube). L'installation, baptisée Secoia (Site d'élimination des chargements d'objets identifiés anciens) devrait entrer en service en 2016 et coûter 100 millions d'euros. Elle est réalisée par Airbus Defence and Space sous la maîtrise d'ouvrage de la Direction générale de l'armement (DGA).

Des objets rouillés au contenu mal identifié

Avec une capacité de traitement prévue de 42 tonnes par an, cette installation devrait détruire en quinze ans tout le stock d'armes chimiques anciennes ainsi que les découvertes annuelles effectuées pendant cette période. Au-delà, elle ne traitera plus que les nouvelles trouvailles.

Pour faire disparaître ces munitions à hauts risques humain et environnemental, l'industriel a opté pour une destruction « explosive » dans une chambre de détonation blindée et étanche, entièrement confinée. Les murs mêmes de l'enceinte de Secoia sont constitués d'un béton armé de 60 cm d'épaisseur (lire l'encadré p. 74). « Cette solution permet de faire face à plusieurs difficultés propres à ces munitions anciennes, à commencer par l'association d'une



PICSECURITECIVILE

charge explosive et d'une charge chimique. Habituellement, on traite soit un explosif pour une munition conventionnelle, soit un produit chimique lorsqu'il s'agit d'éliminer un déchet toxique. Dans le cas des armes chimiques, il faut donc traiter les deux problèmes simultanément. En plus, nous avons affaire à des objets très anciens, rouillés, et dont le contenu n'est pas toujours clairement identifié. La chambre de détonation permet donc de se débarrasser des différentes charges, qu'elles soient connues ou non », explique Albert Drapa, chef du projet Secoia chez Airbus Defence and Space.

Car la « créativité » des chimistes pendant la guerre n'a pas eu de limites, ce qui explique la diversité des engins à détruire. Contrairement aux idées reçues, ce ne sont pas les Allemands qui sont à l'origine de ces attaques, mais les Français. « Ils sont les premiers,

dès 1914, à utiliser des cartouches et grenades lacrymogènes. Ces munitions, non létales, ne contrevenaient pas à la Convention de La Haye sur les lois de la guerre. Mais cette initiative constitue l'embryon de la guerre chimique », explique Olivier Lepick, chercheur associé à la Fondation pour la recherche stratégique et spécialiste de l'histoire de la guerre chimique*. ►



SECURITECIVILE

Le site du camp militaire de Suippes (Marne) stocke les munitions chimiques découvertes en France, au rythme de 10 à 20 tonnes par an.

◀ **Le contenu des munitions** est souvent mal identifié. Cette radiographie d'un obus allemand montre une charge liquide qui pourrait être de l'ypérite.

L'ARSENAL CHIMIQUE DE LA GRANDE GUERRE

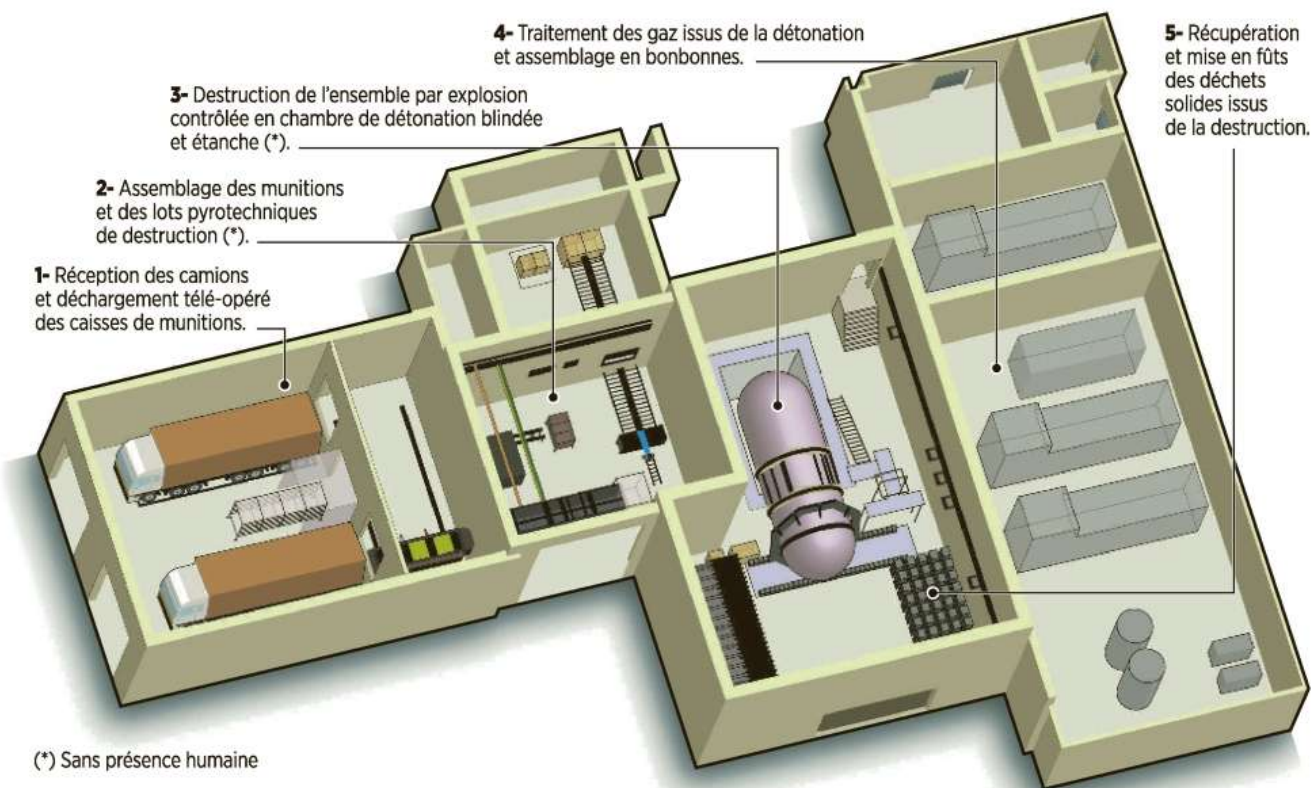
Trois types d'agents toxiques

- **Les suffocants**, tels le chlore et le phosgène, pénètrent par les voies respiratoires et détruisent les alvéoles pulmonaires indispensables aux apports d'oxygène dans le sang. Plus ou moins létaux selon la dose, ils asphyxient les soldats.
- **Les sternutatoires**, souvent des dérivés d'arsine, ne sont généralement pas mortels mais responsables d'éternuements violents, de nausées et de vomissements importants. Cela contraint les soldats à retirer leurs masques à gaz, permettant alors de leur infliger une deuxième attaque chimique contre laquelle ils ne sont plus protégés.
- **Les vésicants** sont incontestablement les plus agressifs. Le plus connu est l'ypérite ou gaz moutarde. Sous forme liquide dans l'obus, il est dispersé en aérosol lors de l'explosion. L'ypérite est fortement incapacitante, produisant des brûlures très douloureuses et un aveuglement temporaire. Elle attaque les voies respiratoires et le système immunitaire.

Le site Secoia, mis en service en 2016

Au sein de la chambre de détonation, la pression monte jusqu'à 100 000 bars et la température atteint 1000 °C lors de l'explosion. Les déchets gazeux sont aussitôt aspirés et « lavés », notamment en raison de la formation d'acide chlorhydrique très corrosif. Ils subissent un traitement par torche à plasma pour brûler les gaz résiduels comme l'hydrogène ou le méthane, susceptibles de former des acides. Puis, ils sont

stockés dans des réservoirs à haute pression avant d'être traités à Saint-Vulbas (Ain), par l'entreprise Trédi spécialisée dans les déchets industriels dangereux. Une fois ces gaz évacués, la chambre de détonation est ouverte afin de récupérer les déchets solides : restes métalliques, poussières et arsenic issu de certaines charges chimiques. Ces résidus solides sont mis en fûts et incinérés à Saint-Vulbas, hormis l'arsenic qui est enfoui.



► L'histoire retiendra cependant l'offensive allemande du 22 avril 1915 à proximité du village de Langemark (Belgique) comme la première attaque chimique. « 5830 bonbonnes contenant au total 150 tonnes de gaz, alignées sur un front de 6 km, ont libéré un nuage de chlore poussé par le vent vers les lignes françaises. Le résultat a été redoutablement efficace. Les troupes allemandes ont découvert un paysage d'apocalypse, jalonné de cadavres au teint verdâtre », poursuit Olivier Lepick.

Dès lors, la course aux armements était lancée. Au fil des années de combat, l'arsenal monte en puissance, avec plusieurs types d'agents chimiques. « Une cinquantaine de produits ont été développés et testés, de trois types principaux : les suffocants, les sternutatoires et les vésicants »,

L'ypérite ou gaz moutarde reste le produit qui pose le plus de problèmes aux démineurs

explique le professeur Frédéric Dorandeu, pharmacien en chef, responsable du département de toxicologie et risques chimiques de l'Institut de recherche biomédicale des armées (lire l'encadré p. 73). Le plus connu, l'ypérite (ou gaz moutarde), est celui qui pose aujourd'hui encore le plus de problèmes lors de sa manipulation et de sa destruction. « Il faut bien s'assurer qu'il n'en reste plus sur les surfaces exposées », explique Jean-Marc Tugayé, ingénieur en chef de Secoia.

CRIMES DE GUERRE

Les gaz de combat restent toujours d'actualité

Extraordinaire outil de terreur, l'arme chimique a régulièrement été employée par les régimes dictatoriaux de la planète. En 1988, Saddam Hussein utilise le gaz moutarde contre la population civile kurde de Halabja, au nord de l'Irak. En 1991, pour réprimer une insurrection, il récidive, bombardant les régions chiites de Kerbala et de Najaf en utilisant du sarin. Récemment, le secrétaire général de l'ONU, Ban Ki-moon, confirmait l'utilisation de cette même arme chimique le 21 août 2013 en Syrie. Les experts envoyés sur place ont pu récolter assez de preuves (examens cliniques, échantillons de sang, échantillons de sol, débris de munitions, etc.) pour démontrer l'usage du sarin (1). Cet agent neurotoxique a été créé en 1938 par des chimistes allemands travaillant au développement de nouveaux pesticides. Il appartient à la famille des organophosphorés dans laquelle figure un grand nombre d'insecticides. Le sarin attaque le système nerveux en empêchant la dégradation d'un neurotransmetteur — l'acétylcholine — au niveau de la synapse, zone de communication entre deux neurones (2). Sans l'élimination de ce neurotransmetteur, l'ensemble du système nerveux est soumis à une



Des experts de l'ONU ramassent un débris d'arme chimique présumée en Syrie, le 28 août 2013.

sorte d'excitation continue provoquant très vite l'apparition de troubles graves pouvant entraîner la mort : salive abondante, diarrhées, variations importantes du rythme cardiaque, convulsions, paralysie, pertes de conscience, arrêt de la respiration. Les pressions internationales ont contraint le gouvernement syrien à prendre l'engagement d'éliminer ses stocks de munitions chimiques et ses moyens de production, sous le contrôle de l'ONU et de l'Organisation pour

l'interdiction des armes chimiques (OIAC). En juin 2014, l'essentiel de cet arsenal avait été évacué par bateaux en vue de sa destruction en Finlande et aux États-Unis selon plusieurs procédés (3). Mais d'autres agents toxiques comme le chlore ont été utilisés à plusieurs reprises après que la Syrie s'est engagée à détruire ce type d'armes.

(1) sciaiv.fr/810desarmement

(2) sciaiv.fr/810sarin

(3) sciaiv.fr/810syriearmes

Le procédé de destruction choisi pour équiper l'usine a donc été prévu de manière à ne rejeter dans l'environnement aucun gaz ou liquide. « Les munitions seront acheminées en flux tendu jusqu'au camp de Mailly, afin de ne pas être stockées sur place », explique Albert Dapra. Elles seront livrées par des camions blindés et étanches, spécialement conçus par la DGA pour le transport de cette cargaison hautement dangereuse. Arrivées sur place, les munitions seront déchargées sans contact avec

les hommes, grâce à des robots contrôlés à distance. « Elles seront ensuite habillées de boudins d'explosifs reliés à un système de mise à feu électrique, puis amenées par les robots dans la chambre de détonation. L'explosion a trois effets. Briser la carcasse métallique de l'obus, déclencher sa propre charge explosive et détruire la charge chimique », précise Jean-Marc Tugayé (lire l'encadré). Un travail d'ingénieur, patient et minutieux, qui rappelle l'horreur vécue par les hommes dans les tranchées il y a un siècle.

Selon Olivier Lepick, les armes chimiques auraient fait entre 710 000 et 1 million de victimes. Un chiffre effrayant aujourd'hui, mais qui ne représente « que » 2,3 à 3,2 % des victimes militaires de cette boucherie... Du fait des souffrances terribles qu'elle infligeait, la guerre chimique a aussi été une guerre psychologique, axée sur la terreur. Une pratique qui n'a malheureusement pas disparu. ■ **Olivier Hertel**

* La Grande Guerre chimique, 1914 - 1918, Olivier Lepick, Presses universitaires de France.

Serge Abiteboul, chercheur en informatique

Génération numérique

Cet expert en gestion de données s'investit dans les débats de société comme le droit à l'oubli ou la neutralité du Net.

C'EST L'HISTOIRE D'UN SCIENTIFIQUE qui se pensait littéraire. D'un bachelier entré en maths sup car personne ne voulait qu'il choisisse hypokhâgne. D'un étudiant intégrant Télécom Paris (devenu Télécom ParisTech) non par vocation mais parce qu'il s'agissait de la meilleure école à laquelle il pouvait prétendre. Évoquer avec Serge Abiteboul son parcours, c'est entendre raconter une série de choix par défaut et autres concours de circonstances, une carrière de chercheur en informatique sans préméditation, cultivant un goût pour l'écriture de thrillers. Le dernier, *L'Arpète*, est d'ailleurs paru en avril.

Son bureau à Cachan (Val-de-Marne), au quatrième étage d'une aile du bâtiment D'Alembert de l'École normale supérieure, est à l'image de ce récit. À peine personnalisé, on douterait que ce soit le sien. En jeans et *hoodie* (sweat à capuche) vert pâle, Serge Abiteboul le concède : « C'est vrai que le hasard tient beaucoup de place. » Au point que l'écrivain François Bon, qui lui a consacré un texte sur son Web magazine *tiers livre.net*, évoque « une sorte de ballet, auquel [il] se livre à chaque instant en entretien : rien n'aurait d'importance, tout est dû au hasard, voire à la paresse ». Même son orientation vers l'informatique tiendrait



DIDIER GOUPEY / SIGNATURES

BIO EXPRESS

1977 Diplôme d'ingénieur de l'École nationale supérieure des télécommunications (Télécom ParisTech).

1982 Entre à l'Inria comme chercheur sur les bases de données.

2009 Directeur de recherche au Laboratoire spécification et vérification (LSV) de l'École normale supérieure de Cachan.

2011-2012 Chaire Informatique

et sciences numériques au Collège de France.

2013 Nommé pour trois ans au Conseil national du numérique. Reçoit le Royal Society Milner Award pour l'ensemble de ses travaux sur les bases de données.

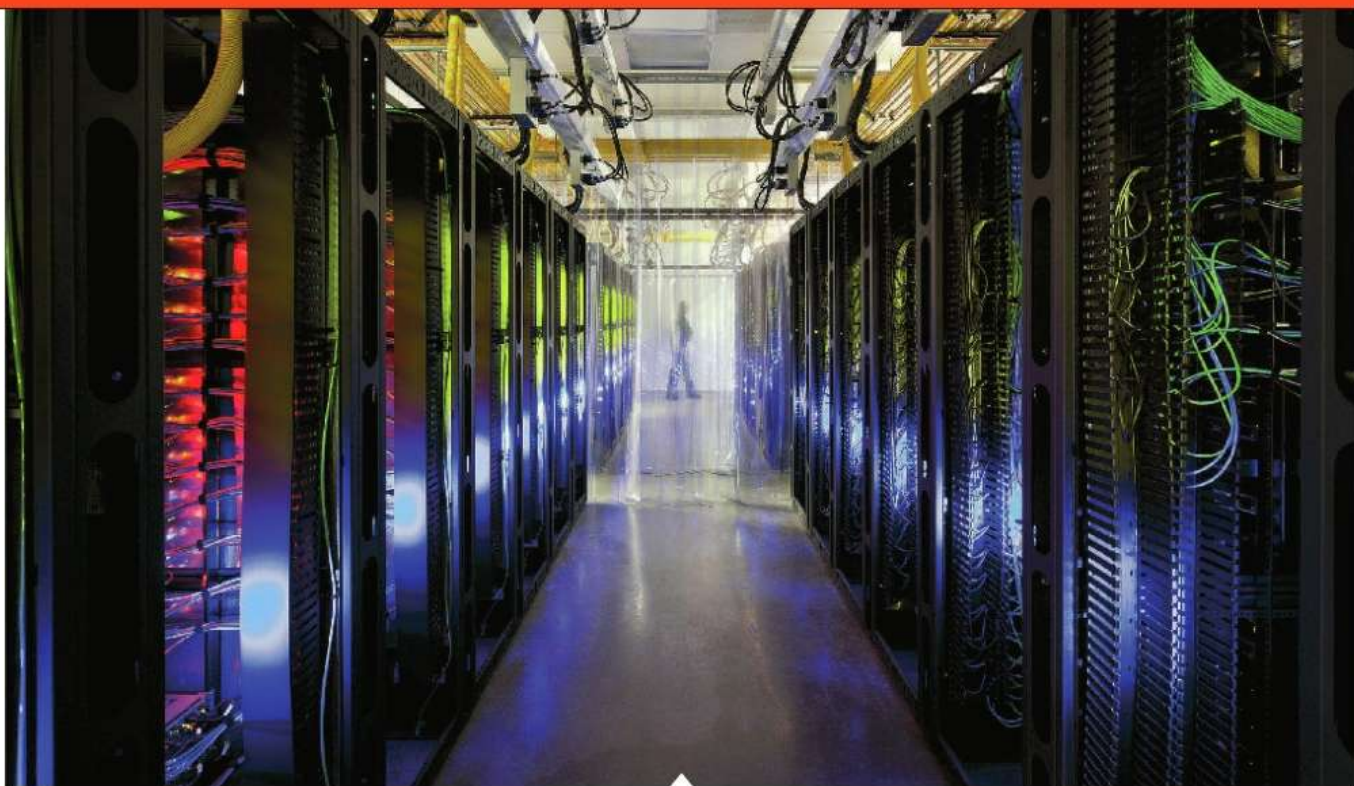
2014 Devient, avec Alain Aspect, l'un des deux premiers professeurs affiliés à l'ENS de Cachan.

à des préoccupations un brin triviales : « J'avais envie de passer une année à l'étranger et c'était l'une des deux matières pour lesquelles Télécom Paris avait passé des accords avec le Technion [université technologique de Haïfa, en Israël]. Pour les États-Unis, il fallait être très bon élève ! »

Dès le début de sa carrière, Serge Abiteboul choisit l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (Inria) et opte pour la gestion de données. Le développement du Web l'oriente peu à peu vers la gestion des connaissances, avec des travaux innovants, portant sur le nouveau langage informatique XML (Extensible Markup Language) pour les bases de données dites distribuées. Une expertise qui le fera entrer à l'Académie des sciences en 2008 et lui ouvrira les portes du Collège de France. Car Serge Abiteboul est un pionnier.

Il assiste aux débuts de Google...

Dès le milieu des années 1990, il se trouve dans le cœur battant de l'informatique, cette Silicon Valley d'où allaient naître tant de projets qui ont bouleversé le monde... même si le chercheur explique aujourd'hui cette incursion par le simple fait qu'il suivait son épouse mutée en Californie. Professeur invité à l'université de Stanford, il découvre alors l'incessant croisement entre monde entrepreneurial et monde académique, les industriels assistant aux groupes de travail d'étudiants montant leurs start-up. Pour preuve, ce duo de jeunes informaticiens venu présenter un projet d'index du Web. L'un s'appelle Larry Page, l'autre Sergueï Brin... « J'ai vu ainsi la première "démonstration" de ce qui deviendrait Google ! se souvient Serge Abiteboul. Nous avons décortiqué leur idée au tableau car nous étions sceptiques. Mais ils sont parvenus à nous convaincre et leur prof



2012 BY GOOGLE / ZUMA / REA

Un Data center de Google, à Council Bluffs, aux États-Unis. Pour Serge Abiteboul : « Les gens doivent se réapproprier leurs données. »

a trouvé de l'argent pour acheter des machines. » Cette anecdote a surtout un mérite : balayer l'idée que l'informatique serait une affaire de petits génies « bidouillant » dans leur garage. « Dans le cas de Google, il s'agit de techniques apprises en cours, d'un algorithme développé dans un centre de recherche voisin, chez IBM. C'est une idée géniale, certes, mais née de la puissance du laboratoire de recherche. »

« Pour un chercheur de son niveau, avec une telle carrière, Serge a gardé une capacité d'enthousiasme et une fraîcheur vraiment très agréables, estime Daniel Kaplan, délégué général de la Fondation pour l'Internet nouvelle génération (Fing) qui siège avec lui au Conseil national du numérique.

Ainsi, dans le cadre d'un projet que nous menons, il a découvert une start-up française spécialisée dans le cloud personnel [service d'hébergement personnalisé de données], Cozy Cloud. Il s'est emballé pour le concept et son créateur ; nous avons ainsi cosigné à trois un article de recherche sur le sujet. » Serge Abiteboul voit en effet d'un bon œil les services offrant un meilleur contrôle des données personnelles, quand ailleurs, sur Internet, la gestion vire souvent au trou noir. Une préoccupation majeure pour cet expert qui apprécie, au sein du Conseil national du numérique, de participer aux débats de société sur le droit à l'oubli ou la neutralité du Net. « Des sujets qui sortent de



LE + NUMÉRIQUE

Le blog de Serge Abiteboul : <http://abiteboul.blogspot.fr/>
L'Arpète, en téléchargement sur Publie.net : sciaiv.fr/810arpete
Un article de Serge Abiteboul, Benjamin André et Daniel Kaplan sur la gestion de ses données personnelles (en anglais) : <http://abiteboul.com/DOCS/14.pims.pdf>
« Serge Abiteboul, danser sur les données », de François Bon, sur tiers livre : sciaiv.fr/810tierslivre

« Pour un chercheur de son niveau, avec une telle carrière, Serge a gardé une capacité d'enthousiasme et une fraîcheur vraiment très agréables »

Daniel Kaplan, délégué général de la Fondation pour l'Internet nouvelle génération (Fing)

mon champ de recherche mais qui exigent, pour être bien appréhendés, des discussions avec ceux qui en ont une compréhension technique », explique celui qui plaide pour l'enseignement de l'informatique. « On peut l'aborder dès l'école primaire, même sans ordinateur, affirme-t-il. Apprendre des façons de raisonner, d'aborder des problèmes complexes, avec ou sans programme à écrire. »

Autant d'idées qu'il développe sur son blog. Vaste mission, dans un monde où, selon lui, médias, littérature ou cinéma n'offriraient qu'une vision étroite et fantasmée du domaine. « Aujourd'hui, on peut vous expliquer par le menu comment quatre os trouvés en Afrique australe posent la question de nos origines... mais personne ne parle des avancées majeures en cloud computing qui vont pourtant changer notre vie ! », s'étonne-t-il. Sur les nouvelles cartes de visite qu'il vient de recevoir, Serge Abiteboul vérifie aussitôt que l'adresse de son blog figure bien. L'informaticien « dilettante », on n'y avait pas vraiment cru. ■ **Arnaud Devillard**

La microfluidique accélère la création de médicaments

La start-up Hifibio a développé une technique innovante pour isoler les meilleures molécules thérapeutiques.

AU PREMIER COUP D'ŒIL, la plaque, hérissée de minuscules tuyaux, semble parfaitement transparente. Mais quand Annabelle Gérard, chercheuse responsable des essais chez Hifibio, l'oriente vers la clarté d'une fenêtre et l'incline du bout des doigts, dans un sens puis dans l'autre, le regard perçoit de petites « nervures » régulières sur la surface. Celles-ci dessinent des formes géométriques étranges, plus ou moins complexes.

Ces nervures sont en fait de minuscules canaux, d'un diamètre de l'ordre du micromètre (0,001 millimètre, 100 fois plus fin qu'un cheveu), qui, par endroits, cheminent entre une paire d'électrodes. Dans ce réseau microscopique dessiné avec précision, toutes sortes de fluides — comme de l'eau ou encore de l'huile — circulent habituellement, entrant et sortant par les petits tuyaux qui dépassent de la plaque. Ces fluides charrient cellules, bactéries, molécules et autres « bizarreries » de biologistes, encapsulées dans des gouttelettes. Quant aux électrodes, leurs décharges, parfaitement contrôlées, influencent le comportement des gouttelettes : elles les dévient vers un canal adjacent lorsqu'il faut les trier, elles les éclatent pour récupérer leur contenu, les fusionnent, etc. Tout devient possible.

Et cette technologie pourrait bien révolutionner l'industrie pharmaceutique et la recherche de nouveaux médicaments.

Ce petit monde de manipulations microscopiques est celui de la « microfluidique », la spécialité de Hifibio. Cette start-up a été fondée il y a tout juste un an au sein de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI ParisTech). Mais elle attire déjà de grands laboratoires pharmaceutiques, qui depuis quelques années peinent à mettre sur le marché de nouveaux traitements vraiment efficaces. Aucun depuis trois ans, selon la revue médicale indépendante *Prescrire* (1). D'où la recherche d'innovations à tout prix.

Certes, des techniques robotisées dites de screening à haut débit permettent déjà d'effectuer des milliers de tests quotidiens afin de débusquer de nouveaux médicaments parmi les millions de molécules conservées dans les chimiothèques des laboratoires, et pour la plupart extraites du

FICHE D'IDENTITÉ

Hifibio

Création

► 2013

Hébergement

► École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI ParisTech).

Cofondateurs

Jérôme Bibette (professeur de physique à l'ESPCI).

Andrew Griffiths

(professeur de biochimie à l'ESPCI).

Dave Weitz (professeur de physique à

l'université Harvard, États-Unis).

Bradley Bernstein (professeur de pathologie à Harvard Medical School, États-Unis).

P-DG

Fred Dom

Prix

Lauréate du concours Création Développement 2013 d'Oseo

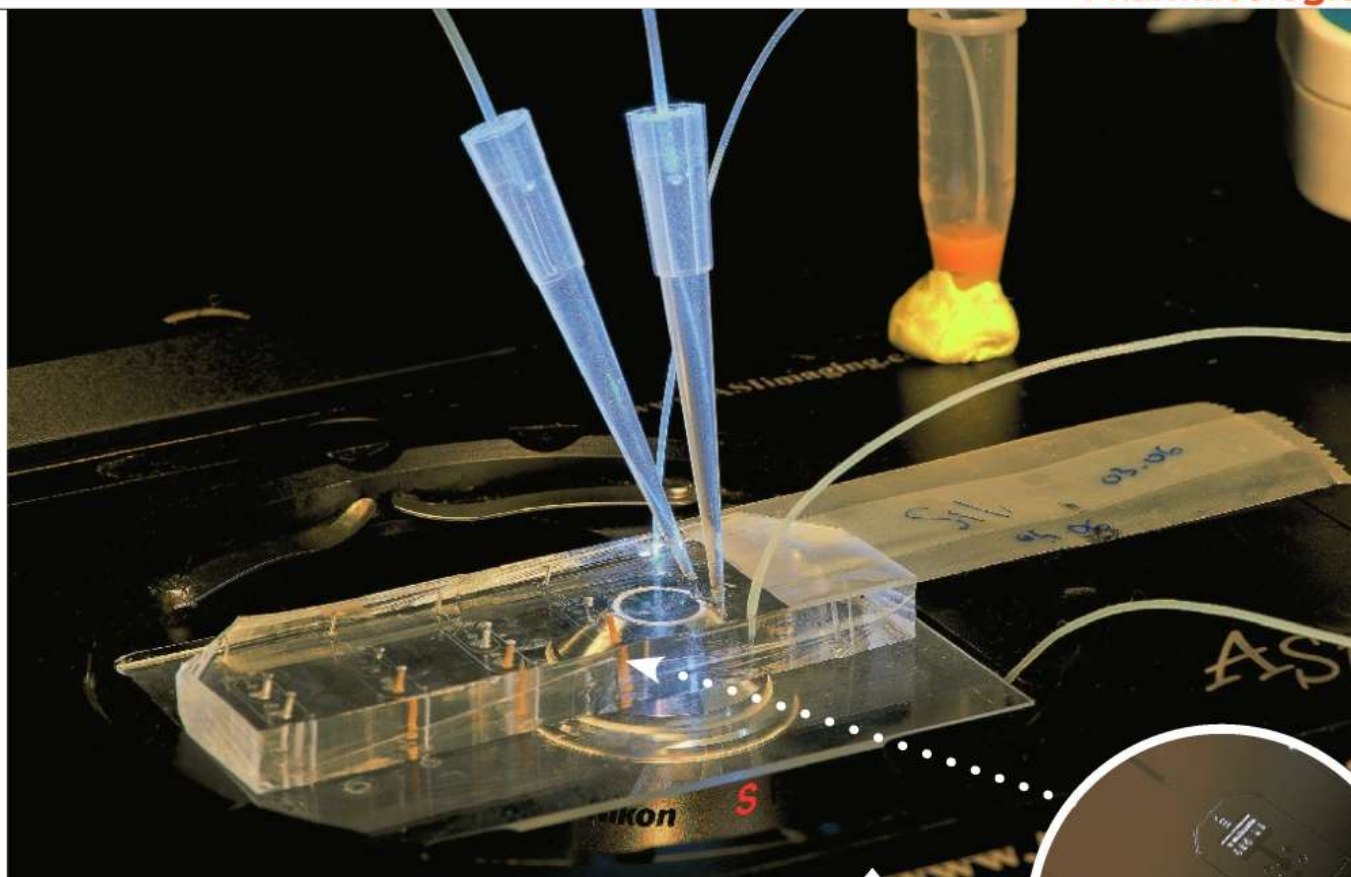
monde vivant. Mais le savoir-faire d'Hifibio promet de les faire changer de vitesse. « Avec notre approche, nous pouvons tester des dizaines de milliers de molécules candidates en quelques heures contre des milliers par jour avec les techniques actuelles », explique Annabelle Gérard. « Nous sommes à peu près 10 000 fois plus rapides... et 10 000 fois moins chers », poursuit Jérôme Bibette, physicien à l'ESPCI et cofondateur d'Hifibio avec Andrew Griffiths. L'entreprise vient de signer avec une société pharmaceutique un contrat de 5,5 millions d'euros pour réaliser des essais. « Et nous sommes en discussion avec d'autres industriels », assure Jérôme Bibette.

C'est la seule entreprise au monde à réaliser ces tests

Grâce à sa maîtrise de la microfluidique, Hifibio est la seule entreprise au monde à réaliser ces tests à l'échelle d'une cellule unique. L'intérêt : sélectionner la meilleure, celle qui produira par exemple l'arme la plus efficace contre un virus, une bactérie ou une tumeur. Pour comprendre, prenons un cas concret : un industriel cherche une molécule capable de neutraliser un virus. Première étape, il inocule le virus à un lapin. Les cellules du système immunitaire de l'animal — les lym-

« Nous pouvons tester des molécules 10 000 fois plus vite et pour 10 000 fois moins cher »

Jérôme Bibette, physicien à l'ESPCI, cofondateur d'Hifibio



BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

phocytes B — réagissent en produisant des anticorps. Ceux-ci se combinent alors à des molécules spécifiques du virus, présentes à sa surface, appelées antigènes. Par la suite, le virus sera aussitôt reconnu par les anticorps grâce à ses antigènes, pour être neutralisé voire détruit par l'organisme. Mais certains lymphocytes B, ayant une plus grande affinité avec les antigènes, produisent de meilleurs anticorps. Et c'est justement cette « élite » qu'Hifibio est capable d'identifier. Après l'infection d'un lapin, les scientifiques de la petite entreprise française lui prélèvent du sang pour récupérer les lymphocytes B. Ils placent les cellules dans une solution nutritive puis les envoient dans un canal de la plaque de microfluidique. Ce canal va en croiser un autre dans lequel circule une huile avec un débit contrôlé. Les deux fluides ne pouvant se mélanger, l'huile va alors former une pellicule encapsulant une cellule unique avec un peu de son liquide nutritif. Par cette

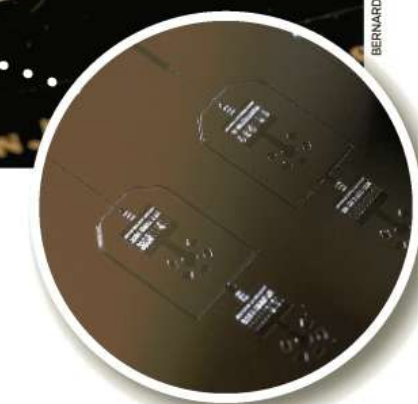
manipulation, chaque gouttelette devient un milieu d'essai avec son lymphocyte B qui produira ses propres anticorps après quelques jours d'incubation. Ne reste plus aux chercheurs qu'à introduire les antigènes du virus cible et à détecter, au moyen d'un système optique, le lymphocyte B qui produit les anticorps les plus efficaces. Ils peuvent alors séquencer le gène à l'origine de cet anticorps idéal et produire ainsi en masse cette précieuse molécule thérapeutique.

Le procédé est exécuté à grande vitesse

Tout le procédé est bien sûr automatisé et exécuté à très grande vitesse à travers les canaux des petites plaques de microfluidique (2). Il permet de sélectionner ce que produit de mieux un individu (un lapin, une souris, un homme) pour se défendre contre un agent pathogène en peu de temps. Mais en étendant le procédé à toute une population, il est aussi possible de sélectionner de

Les fluides contenant les gouttelettes

d'échantillons à analyser sont injectés dans la plaque de microfluidique. Ils circulent à travers un réseau de canaux microscopiques (à droite) plus ou moins complexe, équipé de petites électrodes dont les faibles décharges influencent le comportement des gouttelettes. Selon les besoins, ces dernières sont ainsi triées, éclatées ou fusionnées.



la même manière l'individu dont les cellules produisent le meilleur anticorps. Ainsi, pour prendre l'exemple du sida, on sait que certaines personnes sont naturellement résistantes au virus. En sélectionnant celles qui le sont le plus, les chercheurs pourraient espérer trouver parmi elles la ou les cellules qui produisent les meilleures armes pour combattre le virus. À condition, bien sûr, de connaître la cause de cette résistance. Pour Jérôme Bibette, le principe est finalement assez simple : « *La nature dispose d'à peu près toutes les solutions à tous les problèmes !* » À nous de trouver ces solutions. ■ **Olivier Hertel**

(1) sciav.fr/810palmaresprescrire
(2) sciav.fr/810videocanaux

La réalité virtuelle à portée de carton

Google vient de présenter l'invention d'un ingénieur français : un masque de réalité virtuelle fabriqué à partir d'une simple boîte et d'un smartphone.

L'UN DES PROJETS QUI A FAIT le plus parler de lui à la conférence annuelle des développeurs organisée fin juin par Google, Google I/O, est... un bout de carton ! Le jeune ingénieur français David Coz, de l'entreprise californienne, aidé de son ami Damien Henry, lui aussi ingénieur de formation, a en effet trouvé le moyen de concevoir un masque de réalité virtuelle avec seulement un smartphone et un support à fabriquer soi-même. « *En tant que fans de réalité virtuelle, nous voulions trouver un moyen de la rendre accessible à tous, sans passer par des équipements compliqués et souvent coûteux. Les plans sont d'ailleurs en libre accès sur Internet** », explique David Coz.

Au premier abord, l'objet, baptisé « Cardboard », ne paie pas de mine : une boîte en carton plié percée de deux trous, équipés chacun d'une lentille grossissante bon marché. Rien de comparable, donc, avec le masque de réalité virtuelle Oculus Rift qui agite la sphère Internet depuis plusieurs mois, et qui a été racheté par Facebook en mars.

Mais le génie de cette innovation réside ailleurs : David Coz et Damien Henry ont su tirer parti du formidable potentiel des smartphones pour créer un nouvel usage. Techniquement, le masque repose sur la stéréoscopie. Ce principe optique, utilisé dès les débuts de la photographie, consiste à mettre côte à côte deux images identiques, mais prises



1. Une fois le carton découpé selon les plans, il ne reste plus qu'à réaliser le pliage.



2. Le smartphone se glisse sur l'avant du masque. Un anneau métallique retenu par un aimant permet de cliquer sur les applis.



3. En plaçant le masque sur son nez, l'observateur entre dans la réalité virtuelle.

chacune avec un décalage équivalant à la distance entre les deux yeux afin de reproduire la vision humaine. L'écran du smartphone sert à afficher ces deux images. Ses capteurs embarqués, comme le gyroscope et l'accéléromètre, permettent, eux, de suivre les mouvements de la tête. L'utilisateur peut alors observer ce qui l'entoure comme dans le monde réel.

Une visite du château de Versailles depuis chez soi

En effet, une fois le smartphone glissé devant les lentilles, la démonstration est convaincante. Tenu devant les yeux comme une paire de jumelles, Cardboard permet de plonger directement dans un environnement 3D dans lequel il est possible de se déplacer virtuellement. Le menu propose ainsi, par exemple, de naviguer sur Google Earth, l'application de cartographie qui permet d'explorer la planète depuis le ciel, de se promener au milieu des gratte-ciel de Manhattan ou encore de s'enfoncer dans les vallées alpines... sans bouger de chez soi. L'application propose aussi une visite en immersion du château de Versailles, au cours de laquelle il suffit de bouger la tête comme dans le monde réel pour apprécier, du sol au plafond, les détails de chaque pièce du parcours. Le résultat est surprenant. Ceux qui seraient tentés par Cardboard, ne jetez plus vos boîtes à pizza ! Elles peuvent servir. ■ **Olivier Hertel**

* <https://developers.google.com/cardboard/>

Le robot auto-stoppeur va tailler la route

HitchBot traversera le Canada pour étudier le comportement des humains face aux robots.

FIN JUILLET, HITCHBOT, un petit robot auto-stoppeur en forme de seau, équipé de gants de jardinage et de bottes de pluie, devrait commencer, seul, un long voyage. La machine, pouce tendu, va compter sur les automobilistes et les routiers pour lui faire traverser le Canada de Halifax (Nouvelle-Écosse) à Victoria (Colombie-Britannique), soit 6 000 kilomètres d'est en ouest. Ceux-ci pourront l'installer à bord grâce à son siège auto intégré, et rechargeront ses batteries sur la prise allume-cigare. Ses concepteurs, David Harris Smith de l'université McMaster et Frauke Zeller de l'université Ryerson à Toronto (Canada), l'auront abandonné à ce moment-là au bord

de la route. « Habituellement, nous nous demandons si les hommes peuvent faire confiance aux robots. Ici, nous posons la question inverse : les robots peuvent-ils compter sur les humains ? » précise Frauke Zeller. Quand le projet a été lancé en 2013, il s'agissait avant tout d'un travail artistique de Harris et Zeller. Mais peu à peu l'équipe s'est agrandie, intégrant des chercheurs en informatique, pour faire de cette expérience une véritable étude. Durant ce périple, HitchBot se fera un compagnon de route très sociable, capable de discuter en anglais avec le conducteur sur sa condition de robot, sa création, son histoire. Il pourra aussi engager la conversation sur à peu près tout et n'importe quoi grâce à un accès à l'encyclopédie en ligne Wikipedia. Équipé d'une caméra et d'un micro, il pourra filmer son chauffeur. Grâce à son GPS et ses connexions 3 G et Wi-Fi, HitchBot relatera son « road trip » en temps réel sur Facebook, Instagram et Twitter. De quoi réduire le risque d'enlèvement, espèrent les chercheurs. ■

Olivier Hertel

Le périple est à suivre ici : <http://www.hitchbot.me/>

Loi de ses concepteurs, HitchBot ne pourra compter que sur les humains au cours de son périple de 6 000 km (en haut photo-montage).

CBZ/ZOB/WENN/SPA - DAVID COOPER/TORONTO STAR/GETTY IMAGES



Anonymous, la fabrique d'un mythe contemporain

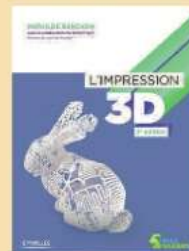
Camille Gicquel

Anonymous
La fabrique
d'un mythe
contemporain

Camille Gicquel, Fyp éditions
- ISG, 92 p., 9,90 €

Le mouvement Anonymous, pur produit de la cyberculture, est devenu en quelques années un véritable mythe contemporain. Ses combats pour la liberté d'expression en ont fait une sorte de Robin des bois défendant le faible contre le puissant et l'opresseur. Dans ce petit livre, Camille Gicquel analyse la façon dont le groupe a su utiliser les ressorts de la communication, voire du marketing, pour créer une marque de la contestation, avec son logo, ses slogans et sa symbolique. Un petit air d'Ernesto Guevara moderne ! ■ Olivier Hertel

L'Impression 3D

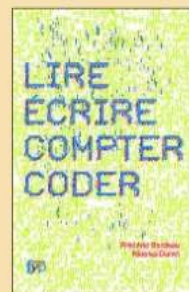


Mathilde Berchon, Eyrolles,
2^e édition, 213 p., 25 €

Il ne se passe pas un jour sans une nouvelle réalisation plus ou moins extraordinaire en impression 3D : une pizza, une station lunaire, un bout de foie humain, etc. Cet ouvrage, dont voici la deuxième édition, revue et enrichie, est un bon moyen de comprendre les véritables enjeux de cette technologie ainsi que son potentiel dans de nombreux domaines (industrie, santé, art, éducation...). Très

pragmatique, il décrit ce qu'est l'impression 3D, quels sont ses procédés, ses outils, comment s'en servir. Un ouvrage indispensable pour ceux qui ont envie de fabriquer, ceux que l'on appelle désormais les « makers ». ■ O. H.

Lire, écrire, compter, coder



Fyp Editions, Frédéric Bardeau, Nicolas Danet,
160 p., 15 €

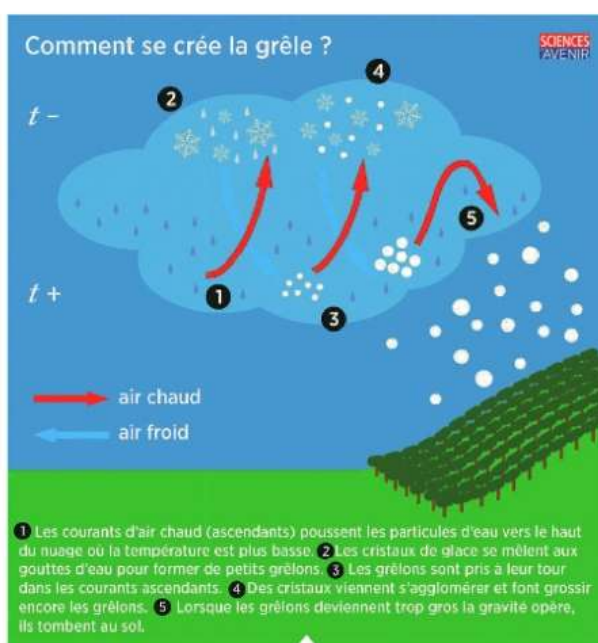
Cet ouvrage n'est pas un manuel du parfait programmeur mais une réflexion, en forme de plaidoyer, autour de l'intérêt d'apprendre à coder. Parce qu'aujourd'hui les appareils électroniques sont programmables et qu'il existe « toujours plus de logiciels mais trop de peu de personnes pour les créer et les comprendre ». La compréhension, voilà l'argument phare des auteurs, plus que le savoir-faire.

Limpide, nourri de métaphores percutantes (ne pas rater celle comparant la programmation et la réparation d'un lave-linge !), un livre agréable et stimulant. ■ Arnaud Devillard

CONTEXTE En ce début d'été, de violents orages de grêle se sont abattus sur certaines régions viticoles françaises, causant d'importants dégâts. Pourtant, des dispositifs censés les combattre avaient été utilisés.

Les dispositifs anti-grêle sont-ils efficaces ?

MÉTÉOROLOGIE Le 28 juin, le vignoble de la côte de Beaune a été touché par des orages de grêle, entraînant de lourds dégâts. Mais d'après nombre de viticulteurs, la catastrophe aurait pu être pire s'ils n'avaient pas eu recours à des dispositifs anti-grêle. Ces générateurs de vortex se composent d'une bouteille d'air comprimé qui met sous pression un mélange d'acétone et d'iodure d'argent. Cette solution est vaporisée grâce à un gicleur jusqu'à une cheminée cylindrique, à la base de laquelle se trouve un brûleur. La flamme, à 800 °C, permet au mélange gazeux contenant des particules d'iodure d'argent de s'élever rapidement dans les airs. Ces générateurs, qui ne sont mis en marche par les viticulteurs que lorsque Météo France fait état



Les grêlons se forment par l'agglomération progressive de gouttes d'eau très froides autour d'un support (cristal de glace).

d'une alerte, peuvent fonctionner pendant trente heures. Ils libèrent ainsi une quantité massive de particules (2×10^{11} chaque seconde). Autre technique : ensemercer les nuages avec de l'iodure d'argent à l'aide de petites fusées ou le vaporiser directement depuis un avion.

Pour comprendre comment ces particules limitent la grêle, rappelons que les grêlons se forment par l'agglomération progressive de gouttes d'eau très froides autour d'un support (en général un petit cristal de glace). Puis, au fur et à mesure qu'ils sont brassés par le nuage et qu'ils agglomèrent de nouvelles gouttelettes, ils grossissent. Or, chaque particule d'iodure d'argent va constituer un point de fixation pour les gouttelettes, ce qui va multiplier le nombre

CONTEXTE Une épidémie de fièvre hémorragique Ébola, maladie souvent mortelle, fait rage depuis plusieurs mois en Afrique de l'Ouest.

Ébola : un risque de contamination en France ?

SANTÉ PUBLIQUE 964 cas et 603 victimes depuis janvier en Afrique de l'Ouest (chiffres arrêtés au 16 juillet) : l'épidémie de fièvre hémorragique Ébola est la plus inquiétante qui se soit déclenchée à ce jour. Le virus Ébola, découvert en 1976 dans l'actuelle République démocratique du Congo (alors Zaïre), peut être transmis à l'homme par des animaux sau-

vages, et d'homme à homme par des contacts directs avec le sang ou les liquides biologiques, ou par voie respiratoire. La fièvre qui en découle, mortelle à 90 %, se traduit par des hémorragies, des vomissements et des diarrhées. Aucun traitement n'existant à ce jour, seules des mesures préventives peuvent empêcher sa propagation. Une situation préoccupante pour Éric

Caumes, professeur de maladies infectieuses et tropicales à l'université Pierre-et-Marie-Curie de Paris et président du Comité des maladies liées aux voyages et des maladies d'importation, pour qui « le risque d'importation d'un cas en France existe bel et bien, et il ne faut pas le sous-estimer. Plus l'épidémie se rapproche d'une capitale et donc d'un vol direct jusqu'à Paris (par

DERRIÈRE LES CHIFFRES

305



L'exoplanète Gliese 876 d (vue d'artiste) pourrait se voir attribuer un nom plus simple.

de grêlons mais en diminuer la taille, et donc les dommages qu'ils occasionnent. « *Ces dispositifs sont jugés globalement positifs* », affirme Claude Berthet, directrice de l'Anelfa (Association nationale d'étude et de lutte contre les fléaux atmosphériques), s'appuyant sur une étude publiée dans le *Journal of Climate and Applied Meteorology*, en 1986. Cette dernière fait état d'une diminution de 41 % des indemnités liées à la grêle. Toutefois, « *une diminution des indemnités ne signifie pas forcément qu'il est tombé moins de grêle, mais peut simplement refléter une modification de la politique conduite par les assureurs* », tempère François Bouttier, chercheur à Météo France. L'Anelfa évoque une autre étude qui aurait permis de constater une diminution de 42 % des grêlons produits par le nuage lorsque celui-ci est ensemené. Mais là encore, celle-ci est contestée. « *Elle a été menée dans un seul endroit et sur un trop petit nombre d'orages* », objecte François Bouttier.

De plus, n'y a-t-il pas un risque à libérer dans l'atmosphère de grandes quantités de nanoparticules d'iodure d'argent ? L'Anelfa

reconnaît que celui-ci est toxique pour les micro-organismes et les poissons, mais elle objecte que, dans les conditions réelles, les nanoparticules se lient à d'autres composants pour former de nouvelles molécules moins toxiques. Elle rappelle que le ministère de la Santé américain a fixé à 50 microgrammes d'argent par litre le seuil de toxicité pour l'eau de consommation humaine. D'après elle, ce chiffre serait en moyenne inférieur à 0,01 microgramme par litre dans les eaux de surface.

Les effets de ces particules sont mal connus

En réalité, la communauté scientifique est plus nuancée, notamment en raison de la capacité de ces produits à pénétrer profondément dans les voies respiratoires puis à migrer dans l'organisme. C'est ce que pointent des chercheurs de l'université Virginia Tech (États-Unis) dans une étude publiée en 2012 dans le *Journal of the Air and Waste Management Association*, qui conclut que les effets sur l'environnement à court et long terme de ces nanoparticules sont en réalité mal connus. ■

Erwan Lecomte

exemple Conakry-Paris), et plus ce risque augmente ». L'importation du virus Ebola dans un pays éloigné s'est déjà produite, en Afrique du Sud : en 1996, une infirmière est décédée à Johannesburg après avoir été contaminée par un médecin gabonais qui avait contracté le virus dans son pays.

La France a renforcé son dispositif de vigilance en avril, la Direction générale de la santé ayant mis à jour la procédure d'accueil de passagers en provenance de Guinée, de Sierra Leone ou du Liberia et arrivant à l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle. « *Dans l'hypothèse où les symptômes se déclaraient lors d'un vol [...], Air France a assuré une information spécifique auprès du personnel navigant de façon à ce que les premières mesures d'isolement d'un passager malade soient mises en place pendant le vol, et les autorités aéroportuaires, immédiatement alertées* », précisent les autorités françaises. Un « *message d'alerte rapide sanitaire à tous les établissements* » (MARS) a également été envoyé pour leur détailler la conduite à tenir. Le Centre national de référence à l'Inserm de Lyon, qui a lui-même identifié le virus, centralisera les analyses des éventuels prélèvements effectués. ■

Lise Loumé

L'Union astronomique internationale (UIA) propose au grand public de donner un nom à 305 exoplanètes, ces planètes situées hors du Système solaire. Toutes gravitent au sein de 260 exosystèmes, des formations dans lesquelles une à cinq exoplanètes tournent autour d'une étoile. Mais, selon Thierry Montmerle, secrétaire général de l'UIA, cette sélection sera en fait réduite à 30 lorsque les clubs d'astronomie et toutes les organisations qui s'intéressent à cette discipline — pourquoi pas des scolaires ? — auront désigné leurs « préférés » parmi ces astres. Chacune de ces structures pourra ensuite soumettre des propositions de noms, puis un vote, ouvert à tous les internautes cette fois, via le site NameExoWorld, s'achèvera à l'été 2015 avec la révélation des noms choisis. Si aucune appellation n'est interdite *a priori*, celle-ci ne devra pas excéder 13 caractères. Chaque suggestion devra être argumentée. Les mots proposés dans une langue ne devront pas, par exemple, être des injures dans une autre. « *Nous attendons un million de votes par les internautes*, poursuit Thierry Montmerle. *Ce grand nombre devrait permettre d'éliminer les propositions les plus bizarres...* » Les dénominations scientifiques complexes, comme Ogle-2005-BLG-390Lb, continueront cependant d'exister en parallèle. Enfin, il faudra régler les éventuelles questions de copyright. Ainsi, le nom de Tatooine, la planète du film *Star Wars*, revient très régulièrement. S'il devait être choisi au terme de la compétition, l'UIA devrait obtenir les droits auprès du réalisateur George Lucas et des studios Disney qui en sont détenteurs. ■ Olivier Lascar

La fin de la panne sèche

Ces petits accessoires de secours redonnent de l'énergie à des batteries de smartphones et de tablettes déchargées, leur conférant ainsi une plus grande autonomie.

Qu'est-ce qu'un chargeur nomade ?

Il s'agit d'une batterie annexe. Peu encombrante, elle sert à recharger smartphone, baladeur, voire tablette en détresse. Un jeu d'adaptateurs est le plus souvent livré lors de l'achat du chargeur afin qu'il soit compatible avec un grand nombre d'appareils différents. Grâce à sa batterie interne, il peut assurer sa fonction sans être connecté à une prise secteur.

Pourquoi opter pour cet équipement ?

Il y a encore quelques années, tous les équipements électroniques disposaient de batteries amovibles. Pour accroître leur autonomie, il suffisait d'acheter une batterie supplémentaire en option. Cependant, essentiellement pour des raisons de design, celles-ci sont devenues inamovibles. Impossible dès lors de les remplacer lorsqu'elles sont « à plat » et que l'on ne dispose pas d'une prise secteur à proximité. La solution est donc d'opter pour ces batteries externes de secours que l'on peut emporter partout avec soi.

Avec quels appareils ces dispositifs sont-ils compatibles ?

D'une manière générale, tous les équipements pouvant se brancher sur la prise USB d'un ordinateur peuvent l'être sur un appareil nomade. En effet, les tensions présentes sur cette fiche sont parfaitement standardisées et donc compatibles. Outre les smartphones et tablettes, cer-



taines caméras vidéo ou appareils photo pourront donc aussi bénéficier de l'assistance d'un chargeur nomade pour accroître leur autonomie.

Comment fonctionnent-ils ?

La batterie interne du chargeur nomade se vide durant la recharge de l'appareil auquel il est connecté. En somme, il y a transfert d'énergie électrique entre les batteries : on vide l'une pour remplir l'autre. Il faut donc réalimenter régulièrement le chargeur nomade sur une prise secteur, le port USB d'un ordinateur de bureau ou même la prise allume-cigares d'une voiture. Les cordons sont souvent fournis. Si la batterie d'un appareil est totalement vide, il faut parfois compter plus d'une dizaine d'heures pour restituer une charge complète.

Certains modèles sont équipés d'un mini-panneau solaire, qui permet de se dispenser d'une prise électrique pour réalimenter la batterie du chargeur.

Existe-t-il plusieurs capacités ou « puissances » ?

Oui. Mais plus leur capacité de stockage d'électricité est élevée, plus ces batteries de secours sont encombrantes et lourdes. Certains modèles ne sont guère plus gros qu'un tube de rouge à lèvres tandis que d'autres dépassent la taille d'un paquet de cigarettes, voire celle d'un disque dur nomade.

Quelle capacité pour quel usage ?

Les plus petits, dont la capacité plafonne généralement aux alentours de 2000 mAh (milliampère-heure), ne permettent souvent qu'une recharge partielle d'un smartphone. Ils seront en revanche suffisants pour recharger jusqu'à deux fois de suite un téléphone mobile « de base ». Une capacité de 5000 mAh mini-

male est donc conseillée, voire 10 000 mAh pour les tablettes. Certains modèles disposent même de connecteurs qui autorisent la recharge simultanée de deux appareils. Quelle que soit la capacité indiquée, il n'y a aucun risque de « griller » l'appareil connecté.

À quoi correspond le « courant de sortie maximum » ?

Il s'agit de l'intensité maximale, exprimée en ampères ou en milliampères, du courant électrique que peut délivrer le chargeur (à ne pas confondre avec la tension qui, fixée par la norme USB, est identique sur tous les appareils). Plus ce courant de sortie est élevé, plus la recharge est rapide. Il faut savoir que certaines tablettes refusent de fonctionner si le courant de sortie du chargeur est trop faible : elles ne redeviennent utilisables qu'une fois l'opération effectuée.

Quand faut-il « recharger » le chargeur ?

Tous les fabricants ont équipé

Comment accroître l'autonomie d'un smartphone

En interrompant temporairement certains accès, on peut retarder de plusieurs jours le besoin de recharge d'un téléphone mobile.

Est-il indispensable de relever ses e-mails en temps réel ou de surfer sur Internet durant ses vacances ? Pour déconnecter ces fonctions, il suffit de se rendre sur l'écran de configuration que propose le menu du smartphone. Il est aussi parfois nommé « paramètres » ou « réglages » et est souvent représenté par une icône en forme d'engrenage ou d'outil. En premier lieu, il est conseillé de couper le Wi-Fi et la liaison Bluetooth. Ces deux transmissions radio n'ont guère de raison d'être en l'absence de kit mains libres, loin de chez soi, voire de sa chambre d'hôtel, donc hors de portée

des réseaux Wi-Fi. La localisation GPS peut également être déconnectée. Même s'il ne s'agit là que d'un « récepteur », la puce GPS consomme de l'énergie. Enfin, dans le menu « réseaux mobiles » il est possible de sélectionner « automatique », 2G (ou GSM), 3G ou même 4G. Nous vous conseillons de verrouiller le téléphone sur 2G ou GSM. C'est dans ce mode que la liaison radio indispensable pour passer des appels, ou en recevoir, consomme le moins. Évidemment, plus question de surfer ou d'envoyer des photos sur ses réseaux sociaux, mais la téléphonie et les SMS restent opérationnels.

leurs modèles d'un indicateur de niveau de batterie interne. Il peut s'agir d'un afficheur qui mentionne en clair le pourcentage restant ou, cas le plus répandu, d'un jeu de quatre à cinq diodes électroluminescentes (LED). Dans tous les cas, le système se révèle suffisamment efficace pour indiquer s'il est urgent ou non de connecter le chargeur nomade à une source électrique.

Faut-il opter pour un modèle à panneaux solaires ?

En randonnée ou sur une plage, cette option est assez séduisante. Cependant, hormis les modèles disposant d'un vaste capteur solaire, le temps de recharge de la batterie interne est très élevé. En randonnée, ou par temps brumeux, une charge complète est donc loin d'être garantie.

Banc d'essai pages suivantes ►

Un condensé d'électronique

Si le cœur des chargeurs nomades est formé de batteries, ce n'est pas leur unique élément constitutif. Gérer les cycles successifs de charge et de décharge en toute sécurité nécessite en effet l'intervention de nombreux composants électroniques.

Témoin de charge

Un jeu de LED, voire un afficheur numérique, précise le niveau de charge.

Batteries

Pour obtenir une capacité de stockage élevée, plusieurs éléments de batteries sont associés.

Connecteur

Un connecteur micro USB permet de recharger le système depuis un micro-ordinateur ou un adaptateur secteur.

Contrôleur de charge et de décharge

Ces circuits électroniques viennent interrompre le courant lorsque les batteries sont pleinement chargées. Ils le coupent également, en utilisation, juste avant la décharge totale des batteries, pour éviter de les endommager.

Ports USB

Un ou plusieurs ports USB sont disponibles pour connecter le smartphone, voire la tablette, à recharger.

Marque / Modèle	Essentiel B Power Bank 2200	Verbatim Power Pack Ultra-Slim	Energizer Powerbank Spirit
			
Prix indicatif	14,99 €	18,90 €	24,90 €
Capacité / courant	2200 mAh / non précisé	1200 mAh / 1 A	2200 mAh / 2,2 A
Connectique	Micro USB (charge), USB (sortie)	Micro USB (charge), USB (sortie)	Micro USB (charge), USB (sortie)
Dimensions/poids	24 x 24 x 99 mm / 64 g	80 x 62 x 10 mm / 54 g	74,5 x 25 x 34 mm / 74 g
Les plus	Prix, encombrement réduit.	Encombrement réduit, faible poids.	Décliné en plusieurs capacités, charge rapide, jeu de LED d'indication de charge.
Nos commentaires	Une LED indique la charge. la capacité suffisante pour offrir un regain d'autonomie à un smartphone.	Grâce à son format qui rappelle celui d'une carte de crédit, ce chargeur se fait oublier dans une poche ou un sac.	Disponible en 2800 mAh (34,90 €), 5600 mAh (49,90 €), 8400 mAh (59,90 €) et 10 400 mAh (69,90 €).
			
Marque / Modèle	Maxell Power Bank	Pny Power Pack 2600	Urban Factory Emergency Battery
			
Prix indicatif	29,99 €	29,99 €	49,90 €
Capacité / courant	1700 mAh / 1,8 A	2600 mAh / 1 A	5600 mAh / 2,1 A
Connectique	Micro USB (charge), USB (sortie)	Micro USB (charge), USB (sortie)	Micro USB (charge), USB (sortie)
Dimensions/poids	94 x 42,5 x 9,8 mm / 55 g	22 x 22 x 91 mm / 130 g	97 x 44 x 22 mm / 135 g
Les plus	Design mince et élégant, charge rapide.	Affichage en pourcentage de la charge disponible, finitions élégantes.	Affichage de la charge restante par LED, charge rapide.
Nos commentaires	Décliné en trois coloris, ce chargeur existe aussi en 2800 mAh (34,99 €) et 5200 mAh (49,99 €).	Affichage direct du niveau d'énergie disponible. Existe en 5200 mAh (39,99 €) et 7800 mAh (49,99 €).	Décliné en huit teintes, il recharge le smartphone le plus gourmand en 5 heures.
			
Marque / Modèle	Mowow Swarovski	Verbatim Power Pack Dual USB	Sony CP-F5
			
Prix indicatif	49,99 €	49,99 €	54,98 €
Capacité / courant	3000 mAh / 1 A	5200 mAh / 1 A	5000 mAh / 1,5 A
Connectique	Micro USB (charge), USB (sortie)	Micro USB (charge), 2 x USB (sortie)	Micro USB (charge), USB (sortie)
Dimensions/poids	77 x 41 x 28 mm / 73,8 g	112,5 x 71,5 x 18,3 mm / 176 g	70,4 x 128,1 x 9,4 mm / 156 g
Les plus	Finitions originales signées Swarovski, affichage de la charge restante par 4 LED.	Double sortie USB, existe en plusieurs capacités.	Design mince et élégant, charge rapide.
Nos commentaires	Un chargeur qui affiche son niveau de charge en illuminant des cristaux. Existe en 6000 mAh (69,99 €).	Deux appareils peuvent être chargés simultanément. Existe en 8400 mAh (59,99 €) et 10 000 mAh (69,99 €).	Ce chargeur aux finitions soignées se glisse dans une poche. Il assure environ deux recharges à un smartphone.
			

Urban Factory Power Lipstick



24,90 €

2600 mAh / 1 A

Micro USB (charge), USB (sortie)

90 x 25 x 25 mm / 68 g

Petit format, décliné
en 13 coloris.

Des allures de bâton de rouge à lèvres
pour ce chargeur qui trouve facilement
sa place dans une poche.

Sony CP-V3



29,90 €

2800 mAh / 1,5 A

Micro USB (charge), USB (sortie)

38,8 x 99 x 19 mm / 84 g

Bonne capacité, charge rapide.

Des couleurs « flashy ». Un chargeur
qui dispose d'un courant de sortie élevé
pour une charge rapide.

Essentiel B PowerBank 12000



49,99 €

12 000 mAh / non précisé

Micro USB (charge), USB (sortie)

155 x 15 x 75 mm / 270 g

Très forte capacité, double sortie USB,
charge rapide.

La batterie est suffisamment puissante pour
recharger totalement une tablette. Pour un
smartphone, 5 à 6 recharges sont possibles.

Pny Power Pack CL51



49,99 €

5100 mAh / 2,1 A

Micro USB (charge), 2 x USB (sortie)

88 x 53 x 20 mm / 122 g

Affichage en pourcentage de la charge
disponible, charge rapide.

Ce chargeur existe en version « Cancer du
sein parlons-en ». Un euro est reversé à
l'association éponyme pour chaque achat.

WakaWaka Power



69 €

3000 mAh / 1,5 A

Micro USB (charge), USB (sortie)

121 x 17 x 78 mm / 220 g

Fonction lampe de poche, recharge
complète en 13 à 25 h au soleil.

Son panneau solaire intégré lui offre
une autonomie totale. Par mauvais temps,
il se recharge aussi sur une prise USB.

Macally mBP52L



79,95 €

5200 mAh / 2,1 A

Micro USB (charge), USB et Lightning
(sortie)

76 x 113 x 18 mm / 165 g

Câbles « imperdables » intégrés au boîtier,
charge rapide.

Des câbles plats, venant se ranger dans des
rainures prévues à cet effet, proposent une
fiche micro USB et une fiche Lightning.

Xseries PixsPrint Photo imprimée à la minute



Pour animer les
discussions des
soirées d'été,
la mini-imprimante
PixsPrint de Xseries
imprime les photos
en une minute dans le
feu de l'action. Pouvant se glisser dans une
poche, elle se connecte en Wi-Fi pour réaliser
des tirages au format 54 x 86 mm. Sa batterie
interne lui confère une autonomie de 1 h 30.
149,99 € (recharge 30 feuilles + encres 19,99 €)

Hauppauge mySelfie Se tirer le portrait sans peine

Pour simplifier la prise de vue des « selfies »,
ces autoportraits faits avec un smartphone,
Hauppauge présente mySelfie. Cette petite
télécommande, compatible iOS et Android,
utilise une liaison Bluetooth pour déclencher
à distance la prise de vue. Un accessoire
également indispensable pour
réussir des photos de
groupe où personne
ne manque.
24,90 €



CENTR CENTRCamera Prise de vues à 360 °

La CENTR est la première caméra
panoramique et interactive au monde
destinée aux amateurs. Elle permet de tourner
des vidéos à 360° et en ultrahaute résolution
4K. Sa technologie se fonde sur celle
utilisée par *National Geographic* ou l'armée
américaine. Un outil capable d'offrir des prises
de vues jusqu'ici impossibles à réaliser.
399 €



Par Johan Kieken

Où sont les planètes ?



MERCURE

La planète, noyée dans les lueurs du crépuscule du matin puis du soir, n'est pas observable sous nos latitudes.



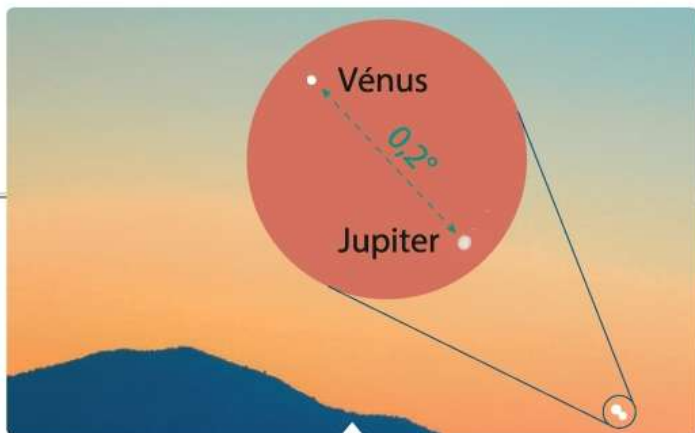
VÉNUS

L'étoile du Berger est visible à l'aube vers l'est, se levant 2 h avant le Soleil en début de mois mais seulement 1 h 20 avant lui en fin de mois. Son rapprochement très serré avec Jupiter, le 18, offre un superbe bouquet final avant sa disparition progressive dans les lumières du jour en septembre.



MARS

La planète Rouge est déjà assez basse vers le sud-ouest lorsque la nuit tombe. Après avoir séjourné plus de huit mois dans la Vierge, elle entre dans la Balance le 10 où elle retrouve Saturne, dotée d'un éclat alors très comparable. Se rapprochant de la belle planète un peu plus chaque jour, Mars la dépasse le 27, à la distance de 4°.



À l'œil nu, avec des jumelles ou un télescope, le spectacle sera au rendez-vous.

Vénus et Jupiter, voisines d'un jour

LE 18, À L'AUBE, VÉNUS ET JUPITER SE DONNENT

RENDEZ-VOUS

pour un rapprochement spectaculaire. En effet, les deux planètes, très brillantes, ne sont alors séparées que par un cinquième de degré, soit un peu plus du tiers du diamètre apparent de la Lune.

Notre conseil. Il est impératif d'avoir un horizon est-nord-est bien dégagé car la scène simulée ci-dessus ne se déroule qu'à une dizaine de degrés de hauteur au-dessus de cet horizon, une demi-heure avant le lever du Soleil. Le disque inséré dans l'illustration reproduit l'aspect du rapprochement que l'on pourrait observer à l'aide d'un instrument d'optique muni d'un grossissement de 150 à 200 fois.



JUPITER

La planète géante s'extrait lentement de l'aurore, après être passée en conjonction avec le Soleil le 24 juillet. Elle redevient facilement observable durant la seconde quinzaine du mois, sous la forme d'un point brillant surplombant l'horizon est-nord-est au petit matin. Jupiter se trouve actuellement dans le Cancer, une constellation dénuée d'étoile brillante.



SATURNE

La planète aux anneaux est visible en soirée et en début de nuit vers le sud-ouest.

L'appli du mois



SPACEMAP

est une application payante (5,49 €) optimisée pour iPad. Dotée de graphismes fins et d'animations saisissantes, elle propose un voyage tridimensionnel à travers le système solaire, les étoiles proches, le milieu interstellaire et à grande échelle, dévoile la Voie lactée et des centaines d'autres galaxies. Immersif, fascinant et informatif.



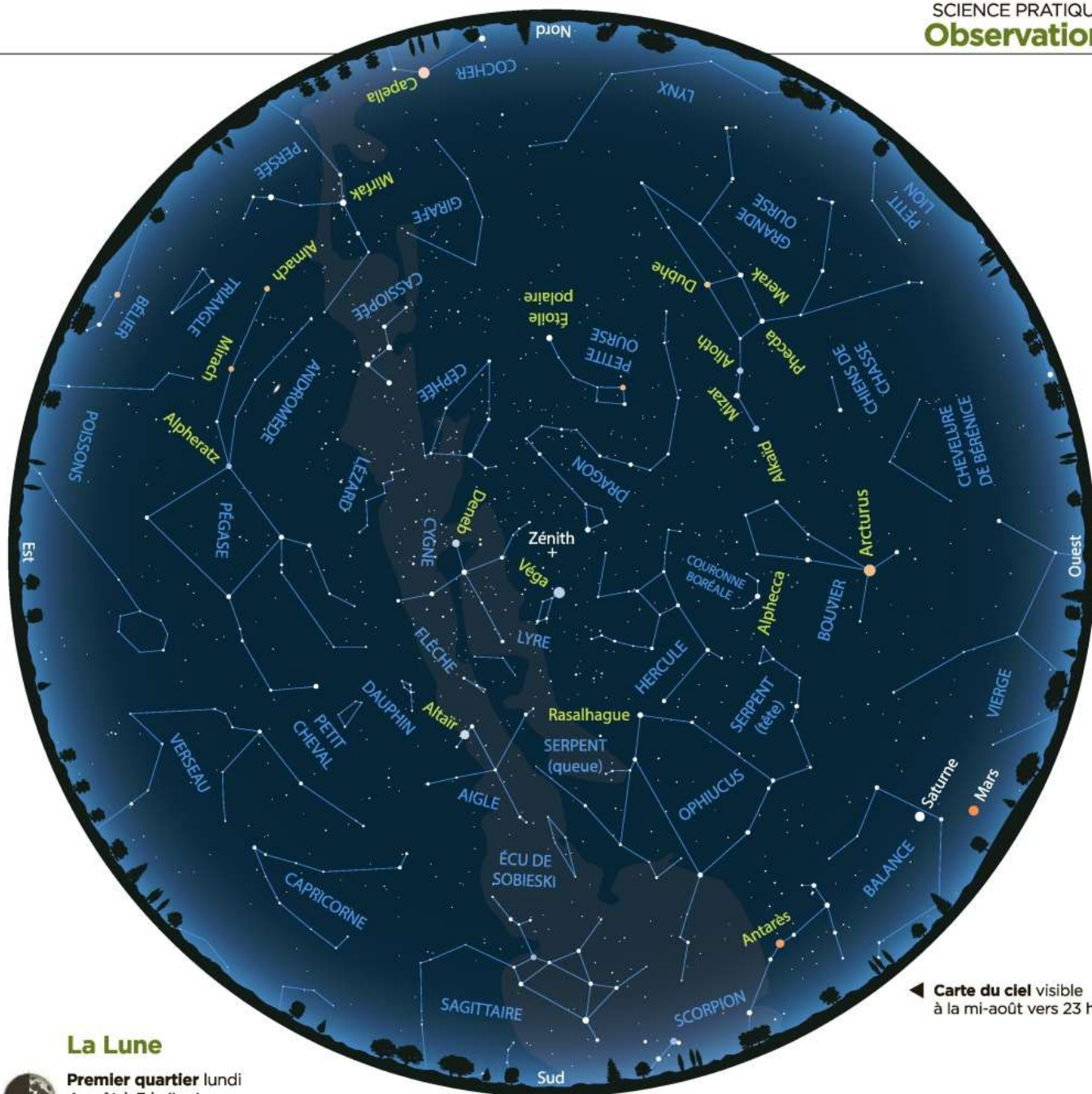
LE SOIR DU 3, UN BEL ALIGNEMENT impliquant Saturne, la Lune, Mars et Spica, étoile principale de la grande constellation de la Vierge, domine l'horizon sud-ouest.



LE 10, AU SOIR, SE LÈVE LA PLUS GROSSE PLEINE LUNE de l'année. Rien ne la différencie toutefois d'une autre pleine Lune... si ce n'est un diamètre apparent très légèrement supérieur.



LE SOIR DU 31, LA LUNE PASSE À UN QUART DE DEGRÉ (soit un demi-diamètre lunaire) de Saturne. La scène figurée ici se déroule à 21 h 30 vers le sud-ouest, à une quinzaine de degrés de hauteur.



◀ Carte du ciel visible à la mi-août vers 23 h.

La Lune



Premier quartier lundi
4 août à 3 h (La Lune se trouve alors dans la constellation de la Balance)



Pleine Lune dimanche
10 août à 20 h (Verseau)



Dernier quartier dimanche
17 août à 14 h (Taureau)



Nouvelle Lune lundi
25 août à 16 h (Lion)

Le Soleil

(à Paris)	Lever	Coucher
1 ^{er} août	6 h 24	21 h 29
31 août	7 h 06	20 h 35

D'où voir le ciel

Notre carte tracée pour une latitude de 47° nord montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans

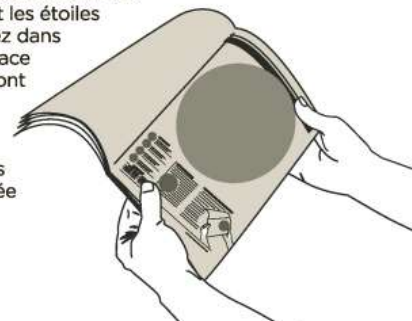


le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 40 à 54° de latitude nord. Si vous êtes au nord du 47° parallèle, l'étoile Polaire sera plus haute dans votre ciel et plus basse dans le cas contraire.

Les heures sont données en heure légale française (temps universel + 2 h).

Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



EXPOSITIONS

Bordeaux (33)

Le récolement ? Ça colle !

Les collections des musées de France doivent désormais faire l'objet tous les dix ans d'un inventaire et d'un « récolement » : vérification de la présence, la localisation et l'état des biens. Cette exposition présente les enjeux d'une telle opération, ses méthodes et ses résultats. Muséum d'Histoire naturelle, pavillon administratif, 5, place Bardineau, jusqu'au 21 septembre. Rens. : 05.56.48.29.86.

Bougon (79)

Il était une fois... près de chez vous

Prolongation de cette exposition présentant une sélection de pièces datant du paléolithique à la période médiévale, conservées dans les réserves du musée. Toutes proviennent d'une cinquantaine de sites archéologiques des Deux-Sèvres. Musée des Tumulus, la Chapelle, Bougon, jusqu'au 21 septembre. Rens. : 05.49.05.12.13.

Chartres (28)

Les objets mystérieux de votre ville

En plein air, 19 photographies d'objets issus de fouilles menées par les archéologues municipaux entre 2005 et 2013, expliquées avec une cinquantaine d'autres trouvailles à l'office du tourisme. Boulevard Chasles et office du tourisme, 8, boulevard de la Poissonnerie, jusqu'au 31 août. Rens. : 02.37.23.42.23.

Châteaubriant (44)

Le cœur d'Anne de Bretagne

À l'occasion du cinquantième centenaire de la mort d'Anne de Bretagne, le coffret funéraire du cœur de la duchesse de Bretagne et reine de France sera exposé pour raconter son histoire, avec des manuscrits, peintures, monnaies, sculptures, etc. Château, place du Général-de-Gaulle, jusqu'au 28 septembre. Rens. : 02.40.54.75.85.

Tournon-sur-Rhône (07)/Exposition

Image'N Magie



Hochet zoomorphe, Canada.



« Rêve des deux femmes », R. Tjampitjinpa, Australie, 1990.



Masque Janus, Gabon, avant 1907.

PHOTOS: MUSÉE DU QUAI-BRANLY/CLAUDE GERMAIN

Après l'exposition « Chasses magiques » au château de Vogüé l'an passé, une quarantaine d'autres œuvres des collections du musée du Quai-Branly partent en Ardèche. Dans le château de Tournon, qui domine le Rhône à quelques kilomètres de Valence. Le commissaire, Yves Le Fur, du Quai-Branly, a voulu faire ici une « exposition d'initiation » pour ceux qui ne sont pas familiers avec les arts premiers. D'autre part, il a voulu montrer comment les artistes d'Afrique ou d'Océanie ont — comme ceux de la grotte Chauvet dont la présence à une dizaine de kilomètres motive ces événements — dépassé l'idée d'une représentation parfaitement réaliste pour ajouter de nouvelles dimensions imaginées par l'esprit. En témoignent des boucliers décorés

d'Océanie avec un décor symétrique pour être vus dans différents sens, des masques africains avec des représentations hybrides mi-homme mi-animal, ou encore un hochet zoomorphe du Canada, utilisés par des chefs amérindiens. Le parcours est divisé en trois salles (Océanie, Afrique et Amérique du Nord) et se termine par un film consacré aux statuettes préhistoriques. Si le propos n'est sans doute pas aussi abordable que souhaité malgré les panneaux explicatifs, et le parcours un peu frustrant par sa brièveté, il est toujours stimulant de voir des œuvres lointaines et peu connues pénétrer dans des lieux tels que ce château médiéval ardéchois. ■ **Mathieu Nowak**

Château-musée, 14, place Auguste-Faure, jusqu'au 6 octobre. Rens. : 04.75.08.10.30.

Cherbourg (50)

Des couleurs et des formes

Une sélection de photos pour mettre en lumière des espèces sous-marines vivant au pied des digues de la rade de Cherbourg. Médiathèque, allée du Président-Menut, jusqu'au 31 août. Rens. : 02.33.20.26.69.

Londres (Royaume-Uni)

Ancient Lives, New Discoveries

Huit momies dont les secrets ont été révélés au scanner (*lire aussi p. 42*). British Museum, Great Russell Street, jusqu'au 30 novembre. Rens. : +44 (0)20 7323 8299

Montbard (21)

Botanique. Entre art et science

À partir des collections scientifiques de l'université de Bourgogne, à Dijon, l'histoire de la botanique comme discipline scientifique à travers les visions opposées de Buffon et Linné sur la classification du vivant. Musée Buffon, rue du Parc-Buffon, jusqu'au 21 septembre. Rens. : 03.80.89.11.99.

Paris (75)

Que la lumière soit !

Réalisée par le Vitra Design Museum de Weil-am-Rhein (Allemagne), cette exposition

présente des œuvres d'artistes travaillant avec la lumière (Olafur Eliasson, Daan Roosegaarde, etc.) et dresse un panorama du design de la lumière depuis le début de la société industrielle. Espace fondation EDF, 6, rue Récamière, jusqu'au 31 août. Rens. : 01.53.63.23.45.

Les coulisses de la ménagerie en bande dessinée

À l'occasion du 220^e anniversaire de sa ménagerie, le Muséum national d'histoire naturelle a invité la dessinatrice Marion Montaigne (*lire son portrait dans S. et A. n° 809*) à exposer

le travail qu'elle a réalisé sur le zoo du Jardin des Plantes. **Jardin des Plantes, 47, rue Cuvier, jusqu'au 28 septembre.** Rens. : 01.40.79.56.01.

Objets restaurés, patrimoine exposé

La conservation et la restauration au musée, autour de trois problématiques : les objectifs d'une restauration, la spécificité du patrimoine technique et la conservation préventive. Le parcours se poursuit dans l'exposition permanente avec des explications sur la façon dont certains objets ont été restaurés. **Musée des Arts et Métiers, 60, rue Réaumur, jusqu'au 21 septembre.** Rens. : 01.53.01.82.00.

Saint-Germain-en-Laye (78)

Saint Louis et Saint-Germain-en-Laye

Le château de Saint-Germain est l'une des trois résidences les plus fréquentées par Saint Louis. Cette exposition propose

une interprétation nouvelle des sept têtes sculptées dans la chapelle palatine : la famille du roi, disposée par ordre de préférence du monarque. **Musée d'Archéologie nationale, place Charles-de-Gaulle, jusqu'au 26 août.** Rens. : 01.39.10.13.00.

ET AUSSI

Les Eyzies-de-Tayac (24)

Journées de la préhistoire
Cours et conférences gratuits pour s'initier à la préhistoire. **Pôle international de la préhistoire, du 5 au 14 août.** Rens. : 04.92.75.21.25.

La Chapelle-aux-Lys (85)

Festival d'astronomie
Pour sa 6^e édition, ce festival aura pour thème « Le Soleil », du point de vue de l'astronomie à celui du vigneron, et proposera conférences, films, expositions et animations. **Les 23 et 24 août.** Rens. : 06.78.32.77.67.

New York (États-Unis) / Exposition

Ptérosaurès : voler au temps des dinosaures

Du gigantesque *Quetzalcoatlus northropi* au minuscule *Nemicolopterus crypticus*, c'est au naturaliste français Georges Cuvier que l'on doit, au XIX^e siècle, d'avoir identifié ces vertébrés volants. Il y a 220 millions d'années, alors que les dinosaures régnaient sur Terre, les ptérosaurès étaient les maîtres du ciel. Un ciel qu'ils ont envahi depuis peu à New York, le temps d'une passionnante exposition. Grâce à la présentation de fossiles venus de Chine, d'Allemagne ou du Brésil,

vous saurez tout sur ces reptiles volants disparus il y a environ 66 millions d'années et il vous sera même possible, avec un simulateur de vol, d'en piloter quelques-uns dans des environnements virtuels bluffants de réalisme. De quoi réjouir les petits et les grands. **B. A.**



Fossile de « Rhamphorhynchus muensteri », mis au jour en Allemagne en 2001.

Pterosaurs : Flight in the Age of Dinosaurs, American Museum of Natural History, jusqu'au 4 janvier 2015. Rens. : +1 212.769.51.00.

Éditions Matériologiques

Collection « Sciences & Philosophie »

Sous la direction de

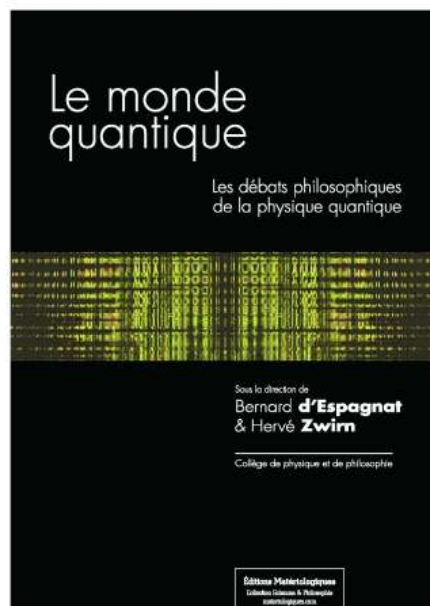
Bernard d'Espagnat & Hervé Zwirn

Le Monde quantique

Les débats philosophiques de la physique quantique

Quelles nuances faut-il apporter au réalisme pour lui permettre de survivre ? La nature est-elle essentiellement indéterministe ? Existe-t-il des interactions se propageant plus vite que la lumière ? Tels sont quelques-uns des thèmes abordés dans ce livre dirigé par deux des meilleurs spécialistes de physique quantique et de son épistémologie : Bernard d'Espagnat (physicien théoricien, professeur émérite de l'Université Paris Sud) et Hervé Zwirn (physicien et épistémologue, directeur de recherche au CNRS). Le livre propose d'entrer dans les arcanes de ces problèmes grâce aux exposés de Roger Balian, Édouard Brezin, Franck Laloë, Jean-Michel Raimond, Carlo Rovelli, Matteo Smerlack, et aux discussions détaillées qui les accompagnent.

La physique quantique, à cause de la complexité et de la profondeur des questions qu'elle implique, est sans doute le domaine le plus propice à des rapprochements entre physique et philosophie. C'est l'objectif de cet ouvrage qui présente les riches débats entre physiciens et philosophes qui se sont tenus à l'Institut sous l'égide de l'Académie des sciences morales et politiques et du Collège de physique et de philosophie.



eBook PDF, ePub ou livre papier, 17x24 cm, avril 2014, 428 pages.

e-ISBN (PDF) : 978-2-919694-57-0 : 14 €.

e-ISBN (ePub) : 978-2-919694-63-1 : 14 €.

ISBN (papier) : 978-2-919694-58-7 : 22 €.

Ebooks disponibles sur Amazon ou Numilog.
Version papier sur materielogiques.com

Éditions Matériologiques

Publications en sciences, histoire et philosophie des sciences

« L'éditeur au service de la connaissance et des chercheurs »

Catalogue et informations sur materielogiques.com

LE QUIZ DE L'ÉTÉ

Avez-vous été attentifs à l'actualité scientifique depuis l'été dernier ? Voici quelques jeux pour vérifier que vous avez réactualisé vos connaissances. Car la science ne cesse d'avancer !
Un indice : tous les sujets ont été traités dans « Sciences et Avenir ».

1 Combien d'exoplanètes connaît-on aujourd'hui ?

☐ 1 ☐ 100 ☐ plus de 1000

2 Un nouvel élément chimique va intégrer le tableau périodique des éléments après avoir été synthétisé deux fois cette année. Quel est son nom ?







☐ Ununseptium ☐ Cendiseptium ☐ Victorium

3 Le baclofène, ce médicament révolutionnaire dans le traitement de la dépendance à l'alcool, a été autorisé à la vente en mars et est remboursé depuis juin par la Sécurité sociale. À quelle utilisation était-il destiné à l'origine ?

- ☐ Soigner les inflammations du foie
☐ Traiter les migraines
☐ Décontracter les muscles

4 L'animal le plus dangereux

Chaque été, le requin souffre de sa réputation de « tueur des mers ». Mais quelles sont vraiment les espèces les plus dangereuses pour l'homme ? À vous de relier l'animal au nombre de victimes qu'il provoque en moyenne chaque année.

SERPENTS		● 800 000
MOUSTIQUES		● 100 000
REQUINS		● 2000
ABEILLES FRELONS		● 400
CROCODILES		● 50
MÉDUSES		● <10

5 Comment s'appelle le GPS européen qui doit entrer en service début 2015 ?

☐ Magellano ☐ Galileo ☐ Columbus

6 D'après la théorie de scientifiques de l'université de Californie publiée en avril, le zèbre est zébré pour :



- ☐ Attirer ses partenaires
☐ Perturber ses prédateurs
☐ Éviter les assauts de la mouche tsé-tsé

TECHNO

7 ▶ C'est déjà demain, mais de quoi s'agit-il ?



- ☐ Un microphone ultrasensible pour écouter le « son » des objets
- ☐ Un bras robotique sans doigts
- ☐ Un aimant pour les objets en plastique



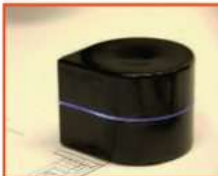
- ☐ Un avion destiné au tourisme spatial
- ☐ Un avion avec plusieurs cabines pour l'enseignement du pilotage
- ☐ L'avion qui réalise les cascades dans *Star Wars VII*



- ☐ Un trombone à mémoire de forme
- ☐ Un bracelet mesurant l'activité physique
- ☐ Un lecteur de pensées à fixer autour de l'oreille



- ☐ Une moto qui tient debout toute seule
- ☐ Une moto entièrement électrique
- ☐ Une moto à trois places



- ☐ Une cuvette de toilettes mobile
- ☐ Un robot aspirateur autonome
- ☐ Une imprimante de poche



- ☐ Un drone pour surveiller les cultures
- ☐ Un boomerang intelligent qui évite les obstacles
- ☐ Un cerf-volant sans fil

8 ▶ Combien de temps faut-il pour rejoindre Kepler 186f ?

Au printemps dernier, une équipe internationale d'astronomes a découvert Kepler 186f, une exoplanète située dans une zone habitable hors du système solaire. Sachant que cette cousine de la Terre de 7080 km de rayon (6378 km pour notre planète) se trouve à 500 années-lumière de nous, combien de temps faudrait-il pour la rejoindre ? À vous de faire le calcul selon la vitesse des engins.

Une distance colossale



Combien de temps pour atteindre Kepler 186f ?



9 ▶ De quand datent les plus anciens pantalons ?

- ☐ D'il y a environ 2000 ans ☐ 3000 ans ☐ 5000 ans

10 ▶ Le record du plus ancien génome d'« Homo sapiens » séquencé à ce jour a été battu. À quand remonte-t-il ?

- ☐ -12 000 ans
☐ -24 000 ans
☐ -45 000 ans

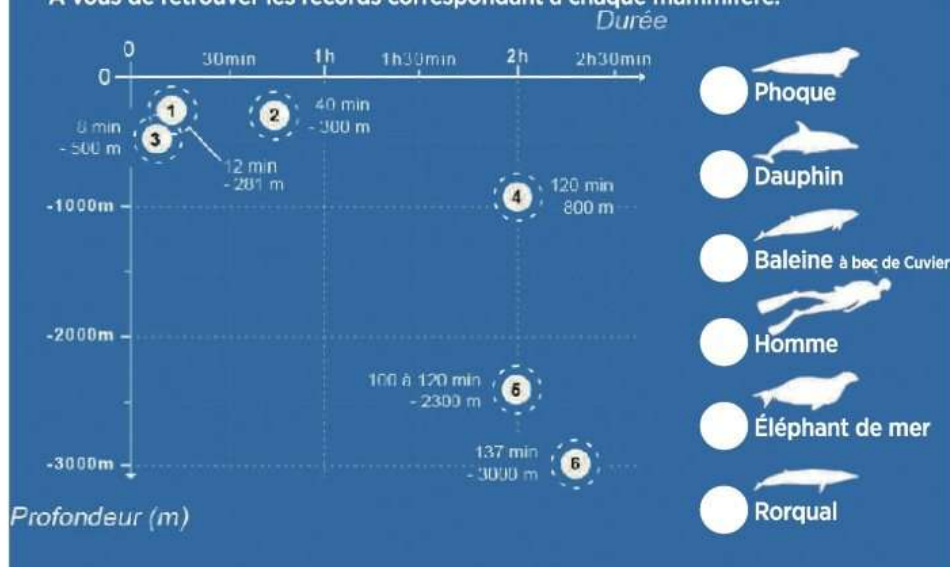


11 ▶ L'annonce est tombée en novembre 2013 : entre mai 2010 et mai 2012, un détecteur situé sous les glaces de l'Antarctique a capturé des particules dont l'existence n'était pas certaine. De quelles particules s'agit-il ?

- ☐ De neutrinos cosmiques
☐ De bosons de Higgs
☐ De protons martiens

12 Les champions de l'apnée

Le record de plongée en profondeur et de durée d'apnée a été battu fin mars. À vous de retrouver les records correspondant à chaque mammifère.



13 D'après le rapport 2013 de l'Union européenne sur les émissions de gaz à effet de serre, entre 1990 et 2012, celles de l'Europe des 28 (hors agriculture et forêts) ont diminué de :

☐ 3,4 % ☐ 10,3 % ☐ 19,2 %

14 Des scientifiques américains et coréens sont parvenus, pour la première fois cette année, à cloner des cellules humaines adultes. Combien de temps après le premier clonage animal ?

☐ 10 ans ☐ 20 ans ☐ 50 ans

15 Combien d'exolunes (satellites tournant autour d'une exoplanète) connaît-on aujourd'hui ?

☐ 1 ☐ 100 ☐ plus de 1000



16 Emblème de la Nouvelle-Zélande, le kiwi n'est pas originaire d'Australie comme on le pensait, ont révélé des analyses génétiques publiées en mai. Mais d'où vient-il ?

☐ Chine ☐ Madagascar ☐ Grande-Bretagne

18 Une tablette mésopotamienne d'argile présentée en janvier au British Museum de Londres a bousculé ce que l'on savait du mythe de l'arche de Noé. Elle affirme que l'arche :

☐ Était ronde
☐ Comptait plusieurs étages pour séparer les espèces
☐ Était sous-marine



17 À table avec un intolérant au gluten

La proportion d'allergiques pourrait atteindre 50 % entre 2035 et 2050 comme l'a révélé *Sciences et Avenir* en mai. En France, on estime que 600 000 personnes sont intolérantes au gluten. Entourez dans cette liste les trois aliments que vous ne devez pas leur proposer à table.



PHOTOS TUI DE ROY/NATURELFR-SANG TAN/AP/SIPA - INFOGRAPHIES: DAMIEN HYPOLITE



19 L'avion solaire Solar Impulse 2 a fait son premier vol d'essai en Suisse, le 2 juin. Quel défi affrontera-t-il en 2015 ?

- ☐ Une traversée de la Manche
☐ Une traversée de l'Atlantique
☐ Un tour du monde

21 Des chercheurs californiens ont fabriqué en 2014 la première bactérie « synthétique ». Son ADN est doté d'une paire de bases qui n'existe pas dans la nature et qui se transmet de génération en génération. Combien l'ADN naturel compte-t-il de types de paires de bases ?

- ☐ 2 ☐ 4 ☐ 6

22 Combien de pixels un téléviseur ultra-HD (ou 4K) affiche-t-il ?

- ☐ 2 millions ☐ 4 millions ☐ 8 millions

23 Comment s'appelle la sonde spatiale qui, à 19 milliards de kilomètres de la Terre, a pénétré pour la première fois dans l'espace interstellaire selon l'annonce faite par la Nasa en 2013 ?



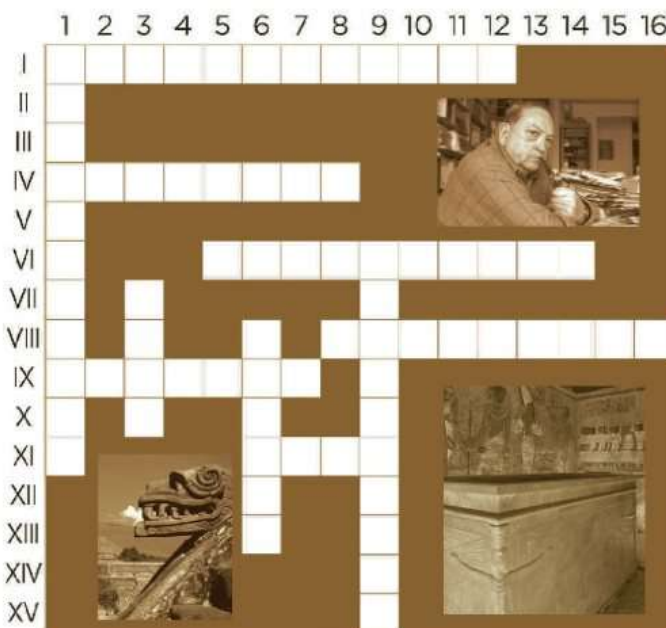
- ☐ Pioneer ☐ Voyager ☐ New Horizons

20 Mots croisés historiques

Horizontal : I. Pharaon dont une réplique de la chambre funéraire a ouvert ses portes à Louxor (Égypte) le 30 avril.

IV. Lac bolivien où ont été découvertes en 2014 des centaines d'offrandes préincaïques. **VI.** Groupe de dinosaures auquel appartenait *Kryptodrakon progenitor*, le plus ancien vertébré volant (163 Ma), découvert en 2014. **VIII.** Ville d'Angleterre qui vient d'être choisie pour abriter le corps du roi Richard III, découvert sous un parking en 2012. **IX.** Appellation usuelle de la « grotte ornée du Pont d'Arc » (Ardèche) inscrite au Patrimoine mondial de l'humanité en juin dernier. **XI.** Nom de la momie découverte dans un glacier entre l'Autriche et l'Italie, avec laquelle 19 habitants du Tyrol présentent une similarité génétique selon une étude parue fin 2013.

Vertical : 1. Cité mexicaine abritant la pyramide du « serpent à plumes », Quetzalcoatl, dont les trésors exceptionnels sont en cours d'exhumation. **3.** Animal domestiqué il y a plus de 5000 ans, attiré dans les villages par les petits animaux qui vivaient dans les céréales stockées, comme l'a révélé une étude en décembre 2013. **6.** Historien français décédé au printemps 2014, grand spécialiste du Moyen Âge. **9.** Révolutionnaire français dont le visage a été reconstitué par le médecin légiste Philippe Charlier en décembre 2013.



PHOTOS: LAURENT GILLERON/AP/SIPA, NASA, NASA - FACTUM-ARTE - GIANNI DAGLI ORTI / AFP - ANDERSEN ULF/GAMMA

24 L'Agence du médicament a autorisé le premier médicament à base de cannabis, le Sativex, en janvier. Quelle est son indication ?

- ☐ Atténuer les douleurs des personnes amputées souffrant de « douleurs du membre fantôme »
☐ Soulager les contractures de patients atteints de sclérose en plaques
☐ Calmer les angoisses de personnes souffrant de troubles obsessionnels compulsifs

QUESTION MYSTÈRE

Le robot en Lego Cubestormer 3 vient de battre le record du Rubik's Cube. En combien de temps a-t-il réussi à reconstituer les 4 faces en couleur du célèbre cube ?

La réponse est sur le site de Sciences et Avenir (www.sciencesetavenir.fr). Envoyez vos propositions à l'adresse redaction@sciencesetavenir.fr. Les auteurs des 10 premières bonnes réponses gagneront un abonnement numérique au magazine.

SOLUTIONS DU QUIZ DE L'ÉTÉ

► **1. Plus de 1000.** La 1000^e a été officialisée le 22 octobre 2013. Fin juin, on en comptait plus de 1700. (S. et A. n° 802, p. 12.)

2. Ununseptium. Il contient la valeur record de 117 protons et va suivre la famille des halogènes dans le tableau périodique. (S. et A. n° 808, p. 16.)

3. Décontracter les muscles. La molécule a été mise sur le marché en 1974 sous le nom de Lioréal pour soulager les contractures musculaires comme les torticolis. C'est le scientifique Olivier Ameisen, décédé en 2013, qui en a le premier mis en évidence ce nouvel usage prometteur contre l'alcoolisme. (S. et A. n° 797, p. 67.)

4. L'animal le plus dangereux : Moustiques : 800 000 victimes ; serpents : 100 000 ; crocodiles : 2000 ; abeilles : 400 ; méduses : 50 ; requins : moins de 10.

5. Galileo. Deux satellites ont été lancés en juin et quatre autres doivent l'être avant la fin de l'année. Avec les quatre déjà placés en orbite en 2011 et 2012, la constellation initiale comptera une dizaine de satellites, pour 30 prévus à terme (32 pour le GPS américain). (S. et A. n° 808, p. 82.)

6. Éviter les assauts de la mouche tsé-tsé, vecteur de maladies parasitaires : la mouche évite de se poser sur les surfaces rayées et s'attaque ainsi moins aux zèbres qu'aux chevaux. (S. et A. n° 807, p. 22.)

7. Quiz photo

Un bras mécanique imaginé par la start-up américaine Empire Robotics qui saisit des objets non pas avec des doigts articulés, mais avec un ballon rempli de granules. (S. et A. n° 805, p. 26.)

Space Ship 2 : l'engin de Virgin Galactic qui vient de recevoir l'autorisation d'accomplir des vols touristiques suborbitaux à 100 km d'altitude. (S. et A. n° 809, p. 26.)

Une moto entièrement électrique, la Voxan Wattman, présentée en décembre dernier au mondial du 2-roues, développant 200 chevaux, avec

une autonomie annoncée de 180 km. (S. et A. n° 803, p. 24.)

Une imprimante de poche, grosse comme une balle de tennis et qui imprime en se déplaçant sur la feuille (S. et A. n° 809, p. 26.)

L'eBee, un drone présenté au dernier salon de l'agriculture à Paris, conçu par le français Parrot pour survoler les champs et évaluer les besoins en engrais azotés des cultures. (S. et A. n° 806, p. 24.)

Le bracelet numérique Jawbone UP24, membre de la nouvelle famille des moniteurs d'activités bardés de capteurs mesurant le nombre de pas parcourus chaque jour ou la qualité du sommeil. (S. et A. n° 808, p. 24.)

8. Combien de temps faut-il pour rejoindre Kepler 186f ?

Solar Probe Plus : 750 000 ans. Cette mission de la Nasa sera lancée en 2018 pour explorer la proche couronne solaire.

Hélios 2 : 2 130 000 ans. C'est pourtant la sonde la plus rapide fabriquée à ce jour. Elle a étudié le Soleil pendant dix ans entre 1976 et 1986.

Voyager : 18 690 000 ans. La première sonde à quitter notre système solaire.

Apollo 11 : 14 000 000 d'années. La mission qui a permis à l'homme de se poser sur la Lune, le 20 juillet 1969, après un voyage de trois jours.

9. 3000 ans. Les spécimens en laine retrouvés dans l'ouest de la Chine se trouvaient à proximité d'une bride et d'une cravache, indiquant qu'ils servaient sans doute à monter des chevaux. (S. et A. n° 809, p. 18.)

10. -45 000 ans. C'est le record précédent qui était à -24 000 ans. L'homme vivait en Sibérie et il a sans doute côtoyé les derniers néandertaliens. (S. et A. n° 807, p. 18.)

11. Des neutrinos cosmiques. Ces particules émises hors de notre système solaire ont été capturées par IceCube, le plus gros détecteur de neutrinos au monde, qui occupe un volume d'un kilomètre cube au pôle Sud. (S. et A. n° 803, p. 15.)

12. Les champions de l'apnée

Homme : -281 m ; rorqual : -300 m ; dauphin : -500 m ; phoque : -800 m ; éléphant de mer : -2300 m ; baleine à bec de Cuvier : -3000 m.

13. 19,2 %, soit plus d'un milliard de tonnes de CO₂ alors que le PIB a augmenté de 45 %. L'objectif de réduction de 20 % à l'horizon 2020 est donc à portée de main. (S. et A. n° 809, p. 60.)

14. 20 ans. C'est en 1996 que la brebis Dolly a vu le jour. (S. et A. n° 809, p. 68.)

15. 1. Elle a été découverte en avril 2014 et tournerait autour d'une exoplanète située à 2000 années-lumière de la Terre. (S. et A. n° 808, p. 16.)

16. Madagascar. Son ancêtre serait l'oiseau-éléphant, un géant aujourd'hui éteint et qui, contrairement au kiwi, était capable de voler. (sciences-etavenir.fr, 23 mai 2014)

17. À table avec un intolérant au gluten

Le bol de céréales, les pâtes, le pain. (S. et A. n° 807.)

18. L'arche était ronde. La tablette datée entre 1900 et 1700 avant J.-C. donne

une description détaillée de la construction de l'arche, rédigée en cunéiforme, la plus ancienne écriture du monde. (S. et A. n° 806, p. 48.)

19. Un tour du monde.

Le départ est prévu en mars 2015 et le périple devrait comprendre 25 jours de vols étalés sur 3 à 5 mois. (S. et A. n° 808, p. 78.)

21. 2, soit quatre bases. L'adénine fait face à la thymine et la cytosine fait face à la guanine. (S. et A. n° 808, p. 77.)

22. 8 millions. Ou plus précisément 8 294 400 car l'image est constituée de 3840 colonnes et 2160 lignes. Soit quatre fois plus qu'une télé HD. (S. et A. n° 805, p. 88.)

23. Voyager. Plus précisément, il s'agit de Voyager 1, lancée en 1977 et qui a exploré Jupiter (en 1979) et Saturne (en 1980). La sonde devrait atteindre une petite étoile rouge de la constellation de la Girafe dans environ 40 000 ans ! (S. et A. n° 803, p. 26.)

24. Soulager les contractures de patients atteints de sclérose en plaques. Le médicament se présente sous la forme d'un spray buccal. (S. et A. n° 804, p. 22.)

20. Mots croisés historiques

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	T	O	U	T	A	N	K	H	A	M	O	N				
II	E															
III	O															
IV	T	I	T	I	C	A	C	A								
V	I										R					
VI	H					P	T	E	R	O	S	A	U	R	E	
VII	U		C								B					
VIII	A		H		L				L	E	I	C	E	S	T	E
IX	C	H	A	U	V	E	T		S							
X	A		T			G			P							
XI	N					O	T	Z	I							
XII						F			E							
XIII						F			R							
XIV									R							
XV									E							

HORS-SÉRIE

HORS-SÉRIE

SCIENCES
ET
AVENIR



CAHIER SPÉCIAL PARIS

Templiers, astrologues, vampires...
sur les traces d'un passé sulfureux p. 39

La France DES LIEUX MAUDITS

© PHOTO 12 ANDA FR - ANG. CORRIE - MANUEL COHEN / AFP - ROGER VOLTET - J. D. SICRES



TIFFAUGES
Le château de
Barbe-Bleue p. 10



MONTSÉGUR
Le bûcher des
cathares p. 26



BOURGES
La ville des
alchimistes p. 36



YS, SCISSY...
La légende des cités
englouties p. 53

en vente en kiosque



TENDANCE 2.0

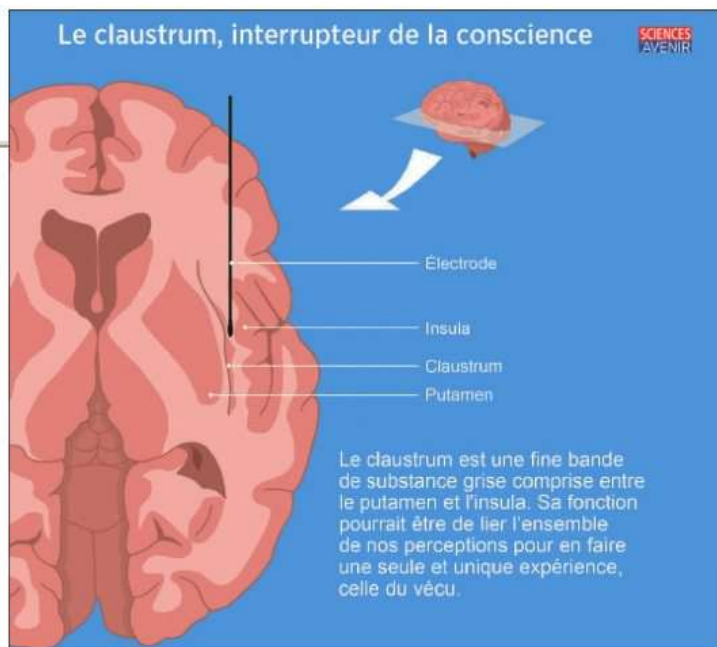
Exosquelette. L'Agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux (FDA) a autorisé le 26 juin la commercialisation aux États-Unis de l'exosquelette ReWalk. Il s'enfile comme une combinaison qui entoure les jambes, les cuisses et la partie supérieure du corps, et est équipé de moteurs au niveau des hanches, des genoux et des chevilles. Une formidable avancée



WILKINSON NICK/NEWS/TEAM/SIPA

de la technologie pour permettre aux personnes dont la moelle épinière a été atteinte de remarcher : à quand pareille décision en France ? **O. L.**

<http://sciv.fr/810exo>



DAMIEN HYPOLITE

Le bouton on/off de la conscience

INFOGRAPHIE. Comment passe-t-on d'un état de conscience à celui d'inconscience ? Y a-t-il un « interrupteur » qui fait que l'esprit s'efface lors de l'endormissement ou d'un évanouissement ? Peut-on situer le siège de la conscience ? Autant de questions qui pourraient trouver une réponse dans cette expérience franco-américaine. Elle consiste en une stimulation électrique d'une zone du cerveau, le claustrum, jamais artificiellement activée jusqu'à présent. Explications, interview et infographie sur le site.

<http://sciv.fr/810claustrum>

LES ARTICLES LES PLUS LUS

CALCULEZ VOTRE ÂGE MARTIEN

Espace. Un calculateur pour déterminer quel âge vous auriez sur la planète Rouge, où l'année dure plus longtemps que sur Terre.
<http://sciv.fr/810mars>

ELLE SE FILME PENDANT SON AVC

Santé. Victime de mini-attaques cérébrales, une Américaine se filme durant l'une d'elles pour en montrer les symptômes à ses médecins.
<http://sciv.fr/810AVC>

SE PRÉMUNIR CONTRE LE MOUSTIQUE TIGRE

Nature. Les conseils pour éviter cet insecte porteur du virus du chikungunya et qui pourrait provoquer cet été une épidémie en France métropolitaine.
<http://sciv.fr/810tigre>



RETROUVEZ-NOUS SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX



JACQUES BRINON/AP/SIPA

VIDÉO. L'AVIS DE VILLANI

Trop difficile, l'épreuve de maths au bac S ? Nous avons posé la question à Cédric Villani, médaille Fields 2010 : sa réponse en vidéo. <http://sciv.fr/810villani>



O. LASCAR

BLOG DESSINS

<http://sciv.fr/olascar>



SEBASTIEN SALOM-GOMES/SIPA

IMAGE. PHALLUS DE TITAN

Ce végétal fleurit tous les dix ans environ. Le résultat est somptueux, mais dégage un horrible parfum de viande avariée.
<http://sciv.fr/810titan>

*Et si mon secret beauté
était le balnéomassage...*

Delphine Wespiser,
Miss élue par tous les français en 2012.



Comme notre **"Miss Bien-Être"**, découvrez les effets relaxants et tonifiants
d'une séance de balnéomassage en choisissant, parmi les 10 systèmes de massage
et 29 baignoires, la formule la mieux adaptée à vos envies et à vos besoins.

GRANDFORM
CRÉATEUR DE BIEN-ÊTRE



LE GOÛT À LA
FRANÇAISE

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.