

POUR LA SCIENCE

www.pourlascience.fr

8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice des rédactions : Cécile Lestienne

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe : Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs : François Savatier, Philippe Ribeau-Gésippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho • L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef adjointe : Bénédicte Salthun-Lassalle

Rédacteur : Sébastien Bohler

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Sylvie Sobelman,

Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy, Caroline Vanhoove

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne et Olivier Lacam

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Anciens directeurs de la rédaction : Françoise Pétry

et Philippe Boulanger

Conseiller scientifique : Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Christian Farnier, Cristiano Ferraris, Eitan Haddok, Aurélie

Landet, Lucile Lignon, François Ménard, Christophe Pichon,

François Poulet, Elia Saunier, Brigitte Zanda

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(jf.guillotin@pourlascience.fr)

Tél. : 01 55 42 84 28 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré et Nada Mellouk-Raja. Tél. : 01 55 42 84 04

Abonnement en ligne : <http://www.pourlascience.fr>

Courriel : abonnements@pourlascience.fr

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06

Commande de livres ou de magazines :

Pour la Science - 628 avenue du Grain d'Or 41350 Vineuil

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

Information/modification de service/réassort :

Magazine disponible sur www.direct-editeurs.fr

Canada : Edipresse : 945 avenue Beaumont, Montréal,

Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303 rue du Pré-aux-Oies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8 rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in chief : Mariette DiChristina.

Executive editor : Fred Guterl. Design director : Michael Mrak.

Editors : Ricky Rusting, Philip Yam, Robin Lloyd, Mark Fischetti, Seth

Fletcher, Christine Gorman, Michael Moyer, Gary Stix, Kate Wong.

President : Keith McAllister. Executive Vice President : Michael Florek.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public

français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou

les documents contenus dans la revue « Pour la Science »,

dans la revue « Scientific American », dans les livres édités par

« Pour la Science » doivent être adressées par écrit à « Pour la

Science S.A.R.L. », 8 rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de tra-

duction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous

les pays. La marque et le nom commercial

« Scientific American » sont la propriété de

Scientific American, Inc. Licence accordée à

« Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est

interdit de reproduire intégralement ou partiellement

la présente revue sans autorisation de

l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du

droit de copie (20 rue des Grands-Augustins -

75006 Paris).



Maurice Mashaal
rédacteur en chef

Microbiotique

Depuis les travaux de Louis Pasteur et de son rival allemand Robert Koch, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, les bactéries avaient mauvaise presse. On avait prouvé que des germes microbiens transmettent certaines maladies, ce qui a ancré l'idée que les bactéries étaient, pour l'essentiel, des agents pathogènes. Cette idée a aussi été renforcée par les succès de l'hygiène, la lutte contre les micro-organismes ayant permis de réduire considérablement l'impact des maladies infectieuses, du moins dans les pays industrialisés.

Des liens surprenants entre notre flore bactérienne et notre santé physique ou mentale.

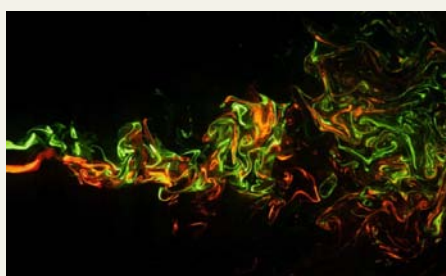
Cependant, les microbes ne sont pas tous, ni toujours, malfaisants. L'hypothèse d'un rôle positif a été avancée dès 1903 par le pasteurien Élie Metchnikoff, notamment à propos des bactéries présentes dans les yaourts. Cette face bienfaitrice des bactéries a longtemps paru secondaire et cantonnée aux questions de digestion ou d'alimentation. Mais depuis quelques années, les scientifiques ont radicalement changé leur regard. Ils découvrent avec étonnement des liens de plus en plus nombreux entre notre microbiote, c'est-à-dire l'ensemble des bactéries qui colonisent notre corps, et notre santé, qu'elle soit physique ou mentale.

Comme le détaille notre dossier (voir pages 25 à 48), des modifications de la flore intestinale interviennent dans divers troubles tels que l'obésité, le stress ou l'autisme. Quels sont les liens entre les déséquilibres du microbiote et ces troubles ? Quels sont les mécanismes à l'œuvre ? Ces questions sont au cœur des recherches en cours. Quoi qu'il en soit, de nouvelles perspectives, scientifiques et thérapeutiques, s'ouvrent. Avec une leçon d'humilité : une fois de plus, on découvre que nous dépendons en partie des autres organismes vivants – même quand ils sont microscopiques. ■

1 **Édito**

Actualités

- 4 **Rosetta et Philae :**
une mission historique
- 5 **Sida :** bientôt un traitement
préventif à la demande ?
- 7 **Un bras pas encore**
néandertalien
- 8 **Une piste pour soigner**
l'hypersensibilité des autistes
- 10 **Les papillons de nuit**
ont du nez



Retrouvez plus d'actualités sur
www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

- 12 **Point de vue**
Santé des jeunes :
pour une vraie prévention
Michel Huguier
- 14 **Entretien**
Les fonds marins, un Eldorado
moins connu que la Lune
Thierry Schmitt
- 18 **Lu sur SciLogs.fr**
Apprendre le hasard
en observant le monde
Nicolas Gauvrit
- 21 **Homo sapiens informaticus**
Quand le corps devient réseau
Gilles Dowek
- 22 **Cabinet de curiosités**
sociologiques
Le dilemme du vaccin
Gérald Bronner

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement Pour la Science
brochés sur la totalité du tirage ainsi qu'un supplément spécial
de 64 pages « Les nouveaux défis de l'innovation » diffusé
gratuitement avec le tirage kiosque et abonnés de France
Métropole uniquement.
En couverture : © Blan-k/shutterstock.com ; Pour la Science

DOSSIER p. 25

Ces bactéries qui nous gouvernent

STRESS, OBÉSITÉ
DIABÈTE, AUTISME...

Un déséquilibre
de la flore
intestinale ?



26 **IMMUNOLOGIE** **Nos bactéries et nous :** un subtil équilibre

Gérard Eberl

Notre organisme est peuplé de centaines
de milliards de bactéries. Pourquoi notre
système immunitaire ne les élimine-t-il pas ?
Parce qu'il est sans doute bien plus qu'une
armée de cellules et de molécules tueuses...

34 **MÉDECINE** **Obésité : la flore** intestinale mise en cause

Philippe Gérard

Certains microbiotes intestinaux favorisent
le développement de l'obésité
et des pathologies associées, tel le diabète.
Modifier leur composition pourrait aider
à combattre ces maladies.

42 **PHYSIOLOGIE** **Les maladies mentales** viennent-elles du ventre ?

*V. Daugé, M. Jaglin, L. Naudon
et S. Rabot*

Les indices d'une implication des bactéries
intestinales dans certaines maladies mentales
s'accumulent. Faut-il soigner celles-ci
par le ventre plutôt que par le cerveau ?

50 **ASTROPHYSIQUE** Voie lactée : le mystère des bulles géantes

*Douglas Finkbeiner, Meng Su
et Dmitry Malyshev*

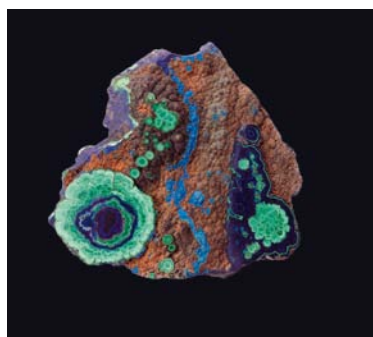
Par hasard, des astrophysiciens ont découvert des bulles gigantesques d'émission de rayons gamma qui s'échappent du centre de notre Galaxie. D'où viennent ces structures étonnantes ?



56 **PORTFOLIO MINÉRALOGIE** Trésors de la Terre

Maurice Mashaal

La Galerie de minéralogie du Muséum, à Paris, rouvre ses portes au public en exposant plusieurs centaines de ses plus beaux spécimens.



64 **INFORMATIQUE** Comment se protéger de Big Brother ?

Alex Pentland

À l'ère des données massives, nos vies entières se retrouvent sur Internet. Comment éviter qu'elles soient surveillées sans le moindre contrôle ? En suivant trois principes.

Rendez-vous

70 **Histoire des sciences**

Des Mille et une nuits aux oiseaux géants malgaches

Eric Buffetaut

L'oiseau Roc rencontré par Sinbad le Marin a-t-il existé ? Probablement pas, mais il a pu être inspiré par les œufs géants d'une espèce éteinte, signalée à Madagascar au XVII^e siècle.

76 **Logique & calcul**

Le problème du sudoku

Jean-Paul Delahaye

La donnée de 16 chiffres dans une grille de sudoku est insuffisante pour que la solution du problème soit unique. On a pu le prouver.

82 **Science & fiction**

Respirer... comme un poisson dans l'eau

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

84 **Art & science**

Claude à la plage

Loïc Mangin

86 **Idées de physique**

L'œuf dur et la toupie-bascule

Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik

89 **Questions aux experts**

Pourquoi l'IRM est-elle si bruyante ?

Cyril Poupon

91 **Science & gastronomie**

Le sel et sa perception

Hervé This

92 **À lire**

96 **Bloc-notes**

Les chroniques de Didier Nordon

Aussi en numérique !

POUR LA
SCIENCE.fr

Archives
depuis 1996



Application
Smartphone et Tablette



Suivez-nous sur les réseaux sociaux

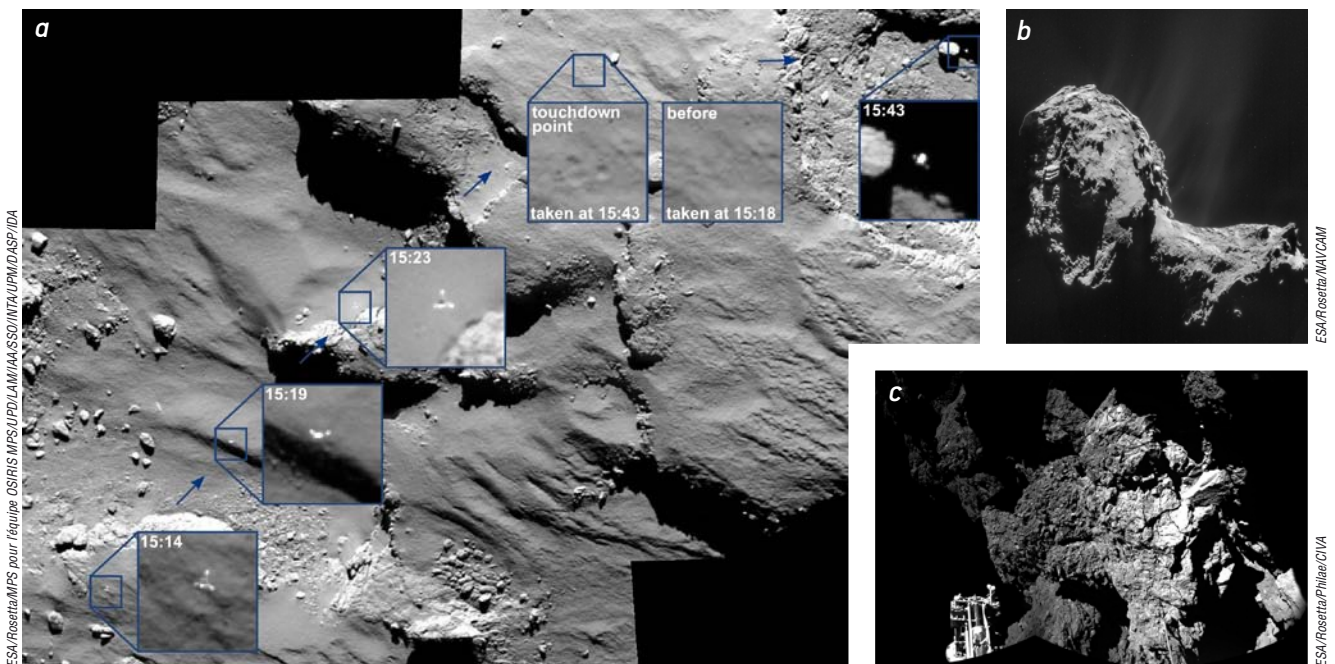


Actualités

Astronomie

Rosetta et Philae : une mission historique

L'atterrisseur Philae, après un voyage de presque dix ans à bord de la sonde Rosetta, s'est posé à la surface de la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko. Un exploit plein de rebondissements...



En mars 2004, une fusée Ariane 5 a décollé de la base de Kourou, en Guyane française, avec à son bord la sonde *Rosetta* de l'ESA (l'Agence spatiale européenne). Près de dix ans plus tard, le 6 août 2014, la sonde s'est mise en orbite autour de la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko. Avec une dizaine d'instruments à son bord, elle a révélé les paysages impressionnants et exotiques de la comète. Le 12 novembre, *Rosetta* s'est séparée de l'atterrisseur *Philae*, lequel s'est posé sur l'astre à 16h35, heure de Paris.

La sonde *Rosetta* et l'atterrisseur *Philae* s'inscrivent dans un vaste programme d'étude des comètes. Ces « boules de neige sale » ont préservé le matériel primordial des débuts du Système solaire. Les informations collectées

par les instruments de la sonde permettront de mieux comprendre la formation de ce système. Les astrophysiciens espèrent mesurer les principales caractéristiques physiques et chimiques de la comète grâce aux différentes caméras, spectromètres et analyseurs de la sonde. Et pour observer d'encre plus près la comète « Tchoury », l'ESA avait décidé de s'y poser avec *Philae*.

L'opération, délicate et inédite, n'a pas été de tout repos pour les membres de la mission. *Philae* s'est décroché de *Rosetta* à environ 20 kilomètres d'altitude au-dessus de la comète. La descente s'est effectuée lentement, à environ trois kilomètres par heure. Le risque était que l'appareil rebondisse en atterrissant en raison de la faible gravité de la comète. Un dispositif constitué de deux harpons

L'atterrissage (a) de *Philae* sur la comète (b) a été suivi par la caméra Osiris de *Rosetta*. On aperçoit *Philae* lors de sa descente (trois images de gauche). Les deux vignettes suivantes montrent que le module a laissé des traces au point d'atterrissage, mais a rebondi et s'est dirigé vers l'Est (vignette de droite). La caméra CIVA de *Philae* a photographié la surface de la comète et un pied de l'appareil (c).

devait arrimer *Philae* au sol. Or ces grappins n'ont pas fonctionné... L'appareil a alors rebondi deux fois : un premier bond a duré près de deux heures sur une distance d'un kilomètre puis un second, plus court, a mené *Philae* au pied d'une corniche. Après une longue période d'angoisse écoulée pour comprendre ce qui s'était passé, les ingénieurs et les scientifiques ont pu s'assurer que l'appareil était en bon état et pouvait finalement accomplir la majeure partie de son programme scientifique.

En réalité, plusieurs instruments de l'atterrisseur fonction-

naient déjà pendant ses rebonds et ont fourni des données sur le champ magnétique et la structure interne de la comète. Au sol, les caméras CIVA ont enregistré les premières images de l'environnement de *Philae* et ont révélé deux problèmes : l'appareil n'était pas posé à plat (seuls deux pieds sur trois touchaient le sol) et il se trouvait dans une zone ombragée ne présentant que 1,5 heure d'éclairage sur les 4 heures de jour effectif sur la comète. L'équipe a donc reprogrammé la séquence des opérations scientifiques pour économiser

Médecine

Sida : bientôt un traitement préventif à la demande ?

Les premiers résultats de l'essai Ipergay de l'Agence nationale de recherche sur le sida, lancé en France il y a trois ans et visant à évaluer l'intérêt d'un traitement préventif avant les rapports sexuels, viennent d'être rendus publics. Éclairage de Jean-Michel Molina, médecin à l'hôpital Saint-Louis, à Paris, et coordinateur de l'étude.

l'énergie disponible et repousser les mesures risquées à la fin de la séquence d'observations.

Malgré un atterrissage compliqué, *Philae* a accompli sa mission et ses différents instruments ont pu recueillir de nombreuses données. Par ailleurs, la procédure de forage pour prélever de la matière du sol cométaire avait été reprogrammée en dernier, car la stabilité de *Philae* n'était pas connue. La manœuvre s'est exécutée, mais les données ne permettent pas de savoir si un échantillon de sol a été analysé par le dispositif COSAC. Néanmoins, cet instrument a détecté des molécules organiques complexes, formées d'au moins trois atomes de carbone et provenant soit d'un échantillon de sol, soit du gaz environnant. Les astrophysiciens procèdent maintenant à l'analyse des données et la publication de certains résultats est prévue pour la fin janvier.

Que va devenir *Philae* ? Avant que sa batterie ne soit totalement épuisée, les membres de l'équipe ont envoyé un jeu d'instructions qui demandait à l'appareil de pivoter de 25 degrés pour améliorer son exposition au Soleil, en vue du rechargement de ses batteries aujourd'hui vides. En attendant, *Philae* est en hibernation. D'ici quelques mois, l'ensoleillement de la zone où se trouve l'atterrisseur pourrait augmenter et les batteries se recharger. Cela permettra peut-être à *Philae* de se réveiller. Les astrophysiciens programment déjà la nouvelle séquence d'opérations scientifiques à effectuer. Et en attendant un éventuel réveil de *Philae*, la sonde *Rosetta* continue, en orbite, sa moisson de données au moins jusqu'en décembre 2015.

Sean Bailly

<http://sci.esa.int/rosetta/>

En quoi consiste l'essai ?

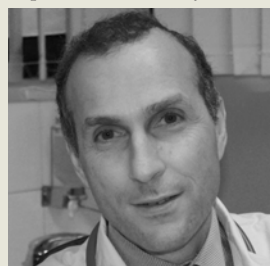
Jean-Michel Molina : En France, 43 % des 6300 nouvelles découvertes d'infection par le virus VIH chaque année sont observées chez des homosexuels masculins. Et parmi eux, les plus concernés sont les homosexuels masculins ayant de multiples partenaires, lesquels ne savent en général pas qu'ils sont séropositifs. Nous avons donc voulu comparer, dans cette population, l'efficacité d'une prévention la meilleure possible, avec remise de préservatifs et de gel microbicide, dépistage et traitement des infections sexuellement transmissibles, et de la même prévention à laquelle on ajoute un traitement pré-exposition à base de Truvada, un antirétroviral parmi les plus efficaces et les mieux tolérés, utilisé depuis 15 ans chez les personnes séropositives. L'étude a été menée en double aveugle : ni les participants ni les médecins ne savaient si le traitement donné était le Truvada ou un placebo.

Quels résultats avez-vous obtenus ?

J.-M. M. : La prévention avec traitement pré-exposition a été plus efficace. Le mode d'administration choisi dans l'étude – une prise à la demande, avant les rapports sexuels – semble même plus efficace encore que la prise en continu, validée par les études récentes Iprex (internationale) et Proud (Royaume-Uni).

Pourquoi rechercher un autre moyen préventif que le préservatif ?

J.-M. M. : Le préservatif est la sécurité totale... quand on l'utilise. Beaucoup de gens l'utilisent, mais pas tout le temps, pas pour tous les types de rapports. Parfois, la personne n'est pas en situation de négocier le préservatif. D'autres nous disent qu'avec lui, elles n'ont pas d'érection. Il y a donc un besoin de faire plus. Le traitement pré-exposition est un moyen addi-



J.-M. Molina est médecin à l'hôpital Saint-Louis, à Paris.

tionnel de prévention, qui réduit encore les risques de contamination. Il faut certes continuer à prôner l'usage du préservatif, c'est capital pour que l'infection reste cantonnée à certains groupes, mais il faut aussi aller plus loin dans ces groupes.

Ne risque-t-on pas de délaisser le préservatif ?

J.-M. M. : Il est difficile de répondre à cette question. On n'a pas noté de changement majeur du comportement dans l'étude : on a remis des préservatifs à tous les participants et insisté sur leur

importance. Certains nous ont dit qu'ils l'utilisaient plus souvent, mais on ne peut le vérifier. La même question se posera si on découvre un vaccin contre le sida. Supposons qu'il protège à 80 % : les gens qui se feront vacciner se risqueront-ils à ne plus utiliser le préservatif ?

Quelle est la suite de l'essai ?

J.-M. M. : Le traitement va être mis à disposition de tous les participants, qui seront suivis encore un an. On veut justement s'assurer qu'ils ne vont pas modifier leur comportement et prendre plus de risques, ce qui, paradoxalement, augmenterait alors le nombre de contaminations.

Le Truvada sera-t-il bientôt disponible en pharmacie à titre préventif ?

J.-M. M. : Les autorités de santé travaillent déjà sur la question. Une chose est sûre, il devra être pris sous supervision médicale, ce qui permettra de détecter vite les contaminations et de les traiter tôt, et de diminuer ainsi les risques de contaminer à son tour. Et il ne suffira pas non plus d'aller voir son médecin pour se voir prescrire ce médicament. Cela devra s'intégrer dans le cadre d'une prévention globale avec le préservatif, la recherche d'infections sexuellement transmissibles, le dépistage du VIH, la tolérance du traitement...

Marie-Neige Cordonnier

Fossile de plante carnivore

Eva-Maria Sadowski, de l'Université de Göttingen, et des collègues ont découvert le premier piège à glu de plante carnivore fossile. Il consiste en deux petites feuilles couvertes de glandes, incluses dans un morceau d'ambre de la Baltique. Découvert dans un site d'extraction d'ambre proche de Kaliningrad, ce piège à glu de plante carnivore daterait d'il y a entre 35 et 47 millions d'années. Auparavant, les preuves de l'existence ancienne de plantes carnivores consistaient seulement en pollen et graines de *Drosera*.

Le fer pas si fertile ?

Pour lutter contre les gaz à effet de serre, certains envisagent d'ensemencer les océans en fer. Ils espèrent ainsi stimuler la croissance de plancton végétal, qui absorbe le dioxyde de carbone de l'air. Mais cette technique semble moins efficace que prévu. Ian Salter, du CNRS, et ses collègues ont étudié une zone naturellement ensemencée en fer suite au lessivage du sol dans des îles proches. Ils ont montré que d'autres organismes, qui relâchent du dioxyde de carbone, profitent de cette manne, d'où une perte d'efficacité atteignant 30 %.

Solaire à haut rendement

Le Leti (CEA), la société Soitec et l'Institut Fraunhofer pour les systèmes énergétiques solaires, à Fribourg, viennent d'annoncer la mise au point d'une cellule solaire à multijonctions qui convertit 44,7 % de l'énergie solaire reçue en énergie électrique. Composée de plusieurs jonctions semi-conductrices empilées les unes sur les autres, cette cellule absorbe dans les différentes régions du spectre solaire. La percée résulte de l'invention d'une nouvelle technique de croissance cristalline permettant d'empiler des matériaux semi-conducteurs différents afin de parvenir à une combinaison efficace.

Biologie cellulaire

Pourquoi certains vieillissent-ils moins vite ?

Certains sexagénaires tiennent une forme de jeune homme, tandis que des trentenaires font parfois 20 ans de plus. Xavier Manière, de l'Inserm, et ses collègues ont apporté un éclairage sur les inégalités face au vieillissement, grâce à des expériences sur des nématodes *Caenorhabditis elegans* (de petits vers).

Selon le biologiste américain Earl Stadtman, le vieillissement résulte de l'oxydation progressive des protéines, qui se dégradent et accomplissent de moins en moins bien leurs fonctions. Après avoir développé une méthode pour caractériser l'âge biologique des nématodes, X. Manière et ses collègues ont analysé leur richesse en protéines « chaperonnes », qui préservent les autres protéines de toutes sortes de stress. On pensait

que plus une cellule était riche en protéines chaperonnes, moins elle vieillissait vite.

Or les biologistes ont montré que les nématodes les plus

« jeunes » n'étaient pas ceux qui avaient le plus de protéines chaperonnes, mais ceux qui présentaient la plus grande quantité de facteurs de transcription associés : ces derniers sont des molécules qui se fixent sur le génome et déclenchent la production de protéines. Une grande quantité de facteurs de transcription indique alors que la cellule est prête à synthétiser rapidement des protéines chaperonnes lors d'un stress. Selon X. Manière, « Les organismes qui vieillissent moins vite ne sont pas ceux qui sont bardés de défenses toutes prêtes, mais ceux qui sont les plus réactifs face aux agressions. »

Guillaume Jacquemont

Experimental Gerontology, vol. 60, pp. 12-17, décembre 2014



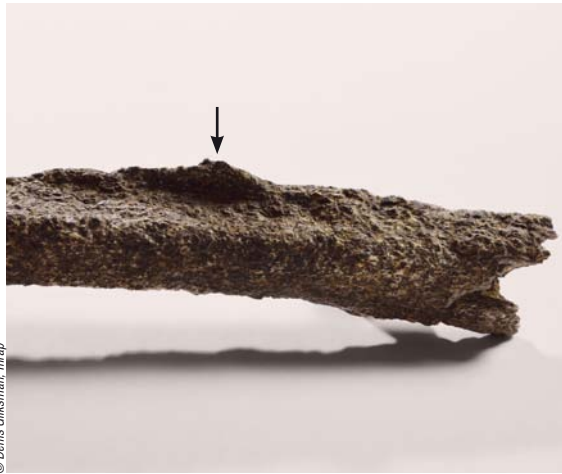
Insolite

Des fluides se font pousser des ailes

Lorsqu'un jet de fluide viscoélastique est projeté contre une paroi proche et à grande vitesse contre une paroi, des sortes d'ailes se forment le long du jet. Pourquoi ? Henri Lhuissier, de l'Université Paris Diderot, et ses collègues ont montré que dans le jet, les polymères du fluide sont soumis à une force de cisaillement. Cette tension est réduite quand les polymères prennent la diagonale, raccourci qui forme les ailes du jet.



Paléontologie humaine



© Denis Glikson, Inrap



Un bras pas encore néandertalien

Un bras gauche préneandertalien a été retrouvé dans un méandre de la Seine. Il confirme que la néandertalisation battait son plein en Europe il y a 200 000 ans.

Un bras arraché, puis emporté par le fleuve, qui s'échoue dans un coude... de la Seine il y a 200 000 ans. Voilà en substance l'histoire que l'équipe de Jean-Philippe Faivre, de l'Inrap, a racontée aux journalistes en octobre 2014 après la découverte d'un bras préneandertalien dans une sablière de Tourville-la-Rivière, en Seine-Maritime. L'enthousiasme suscité chez les chercheurs par cette trouvaille a étonné plus d'un journaliste. Pourquoi est-elle importante ?

À considérer les restes humains en question – trois petits fragments osseux dans un piètre état de conservation, qui proviennent d'un humérus, d'un cubitus et d'un radius –, la question est légitime. En fait, ces restes sont sensationnels pour les chercheurs de par leur âge : les datations par radiométrie et par résonance paramagnétique électronique les situent entre 236 000 et 183 000 ans. C'est peu ou prou les dates du stade isotopique marin 7 (247 000 à 191 000 ans), une période interglaciaire au climat tempéré, mais froid. Or, pour le Pléistocène moyen (780 000 à 128 000 ans), nous ne connaissions en Europe qu'une

quinzaine de sites de fossiles humains.

Bruno Maureille, du CNRS et de l'Université de Bordeaux, qui a participé à l'étude des os de Tourville-la-Rivière, a constaté qu'ils associent des caractères archaïques, antérieurs aux Néandertaliens, à des traits spécifiquement néandertaliens, tels que la position de l'insertion du muscle deltoïde.

Détail intéressant, une crête au relief anormal sur l'humérus, à laquelle venait se rattacher le muscle deltoïde, suggère que l'individu avait fait au cours de sa vie des mouvements répétés éloignant le bras de l'axe du corps. Des lancers de sagaies sur du gibier ? D'après la taille de ses os, l'individu de Tourville-la-Rivière était sans doute un grand adolescent ou un adulte. Les paléanthropologues n'ont pu déterminer son sexe. Quoi qu'il en soit, B. Maureille a conclu qu'il s'agissait d'un membre de la lignée néandertalienne. La conclusion à laquelle on s'attendait !

Dès lors, en quoi est-ce intéressant ? Les Néandertaliens pleinement caractérisés commencent à apparaître dans le registre fossile il y a 150 000 ans en Europe, en même temps que les

Homo sapiens en Afrique. Nous savons que les Néandertaliens sont une évolution des *Homo heidelbergensis*. Toutefois, sur les fossiles de 450 individus ayant permis de caractériser la lignée néandertalienne, seuls ceux des 15 sites évoqués plus haut concernent la période durant laquelle les traits néandertaliens sont progressivement apparus chez les Européens du Pléistocène moyen. Pour le stade isotopique marin 7 qui clôt cette période, on ne connaît en France que deux sites, celui de Biache-Saint-Vaast (180 000 ans) et celui de La Chaise (Abri Suard, autour de 200 000 ans).

Les fossiles de Tourville-la-Rivière viennent donc s'ajouter à ce maigre échantillon, et confirment que les traits néandertaliens étaient en train de s'accumuler chez les anciens Européens. Ainsi, le bras de Tourville-la-Rivière confirme pour les paléanthropologues la néandertalisation, c'est-à-dire le modèle d'accrétion des traits néandertaliens échafaudé à partir d'indices parcellaires accumulés pendant 150 ans. Il y a 200 000 ans, la néandertalisation était en marche !

François Savatier

PLoS One, 8 octobre 2014

Le bras préneandertalien de Tourville-la-Rivière est représenté par trois os mal conservés (à droite). Une crête anormale visible sur l'humérus, là où s'attache le muscle deltoïde (à gauche, flèche), suggère une sollicitation de ce muscle par un mouvement répétitif. Au sommet de cette crête, une pathologie de l'insertion ligamentaire traduit un traumatisme plus violent lors d'un mouvement.

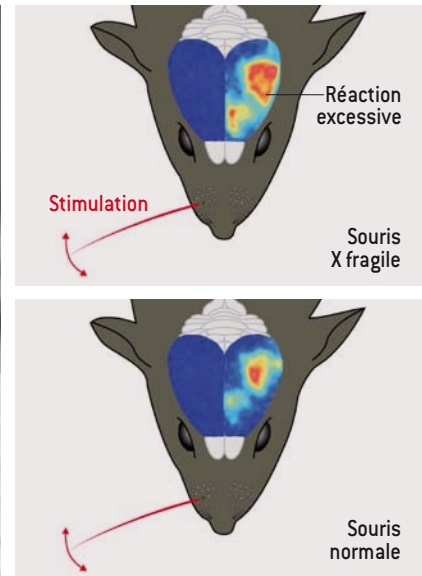
Neurobiologie

Une piste pour soigner l'hypersensibilité des autistes

Des biologistes ont identifié la cause de l'hypersensibilité sensorielle qui touche un grand nombre d'autistes et ont réussi à la corriger chez la souris.



Les aires cérébrales sensorielles de nombreux autistes s'activent plus que la normale, comme on le constate sur une souris « X fragile » (une forme particulière d'autisme) dont on touche la moustache (à droite).



© milaphotos, Shutterstock.com / Isabelle Férézou, Guillaume Bony, Andréas Frick

1 homme
sur 3 000

et 1 femme sur 6 000
environ sont victimes
du syndrome de l'X fragile,
rattaché aux troubles
du spectre
autistique.

Avez-vous déjà été ébloui par des néons de supermarché au point que cela en devienne douloureux ? De nombreux autistes sont victimes d'une hypersensibilité sensorielle de ce type, susceptible d'affecter tous les sens – le simple fait de porter un vêtement peut être désagréable quand le sens du toucher est concerné. L'équipe d'Andréas Frick, à l'Inserm, a découvert les mécanismes cérébraux en cause et réussi à résoudre le problème chez un modèle de souris.

Les troubles du spectre autistique touchent plus de 650 000 personnes en France et se manifestent par divers symptômes, tels qu'un manque de sociabilité, des difficultés à communiquer et des comportements répétitifs. Près de 90 % des personnes touchées ont aussi un défaut de traitement de l'information sensorielle, tel qu'une hypersensibilité ou au contraire un manque de sensibilité, voire les deux. Ce défaut peut se révéler très handicapant au quotidien.

Les chercheurs se sont intéressés à l'un des troubles du spectre autistique, le syndrome de l'X fragile, dû à une mutation génétique. Ils ont travaillé sur des souris qui présentent les symptômes et la mutation génétique caractéristiques de ce syndrome. Ils ont d'abord testé la réponse des rongeurs à une stimulation tactile, en leur touchant la moustache ou la patte pendant qu'on mesurait l'activité électrique de leur cerveau. Les neurones de leur cortex somatosensoriel, qui traite les informations tactiles, se sont révélés hyperexcitables, c'est-à-dire qu'ils émettaient plus d'influx nerveux que ceux de souris normales. D'où la réaction excessive aux stimulus sensoriels.

Les chercheurs en ont ensuite cherché les raisons. Le syndrome de l'X fragile est dû à la mutation du gène codant une protéine nommée FMRP. Cette protéine a de multiples actions et des études récentes ont montré qu'elle régule l'activité de certains canaux ioniques. Or ces canaux, qui sont

intégrés aux membranes cellulaires et s'ouvrent ou se ferment pour réguler les flux d'ions, sont un élément clef de l'activité des neurones. La mutation du gène de la protéine FMRP pourrait-elle en rendre certains dysfonctionnels ?

C'est bien ce qu'ont trouvé A. Frick et ses collègues. Ils ont identifié deux types de canaux ioniques dont l'activité était perturbée, ce qui conduisait à l'hyperexcitabilité des neurones. En administrant aux souris une substance pharmacologique qui cible certains de ces canaux, les biologistes ont réussi à leur rendre une activité normale et à atténuer l'hypersensibilité des animaux. C'est donc une piste sérieuse pour un nouveau médicament. En outre, certains résultats préliminaires suggèrent qu'agir sur ces canaux ioniques pourrait aussi améliorer d'autres symptômes de l'autisme, tels que les déficiences sociales.

G. J.

Y. Zhang et al., *Nature Neuroscience*, en ligne le 10 novembre 2014

Géosciences

Bridgmanite : le minéral le plus abondant de la Terre enfin nommé

Saviez-vous que le minéral le plus abondant de la Terre n'avait pas de nom ? Ce silicate de magnésium et de fer – $(\text{Mg, Fe})\text{SiO}_3$ – qui représente 38% du volume de la Terre n'avait pas encore été observé à l'état naturel, car on ne le trouve que dans le manteau terrestre inférieur. Or, selon les critères de l'Association internationale de minéralogie, une telle observation est nécessaire pour nommer officiellement un minéral. C'est désormais chose faite grâce aux travaux de l'équipe de Oliver Tschauner, de l'Université du Nevada. Le minéral prend le nom de bridgmanite en hommage à Percy Bridgman, prix Nobel de physique en 1946 pour l'invention de machines capables de produire des pressions extrêmes utilisées dans l'étude des minéraux.

La bridgmanite n'avait été étudiée qu'en laboratoire dans des dispositifs qui simulent les conditions de haute pression et de température élevée. Elle présente



La bridgmanite est prépondérante dans le manteau terrestre et se forme aussi dans les météorites qui subissent des collisions.

© Chi Ma/Cattech

une structure, dite pérovskite, qui assure sa stabilité dans la région du manteau inférieur, entre 660 et 2700 kilomètres de profondeur. Mais elle est instable en surface.

Cependant, la bridgmanite se forme dans d'autres conditions : les collisions de météorites. La pression au point d'impact peut atteindre 24 gigapascals et la température 2300 kelvins. Ces conditions autorisent la formation de bridgmanite et sa stabilisation. Par ailleurs, le retour à une pression et une température normales est si rapide qu'il bloque la décomposition du minéral.

Les géologues ont recherché la bridgmanite dans des météorites en utilisant la microscopie électronique par transmission, mais le faisceau d'électrons altérait l'échantillon et ne permettait pas de caractériser le minéral. O. Tschauner et ses collègues ont utilisé un faisceau de rayons X, qui endommage moins la bridgmanite car son énergie est peu absorbée. Ils ont ainsi pu caractériser le minéral et mettre fin à une quête de près de 50 ans!

S. B.

O. Tschauner et al., *Science*, vol. 346, pp. 1100-1102, 2014

Diversité des champignons

On trouve des champignons sur tous les continents mais, à la différence des plantes et des animaux, on connaît mal leur diversité. Une équipe internationale autour de Leho Tedersoo, de l'Université de Tartu en Estonie, a effectué des prélèvements dans 365 sites dans le monde et a procédé à un séquençage rapide pour estimer la biodiversité de chaque site et les facteurs en jeu. Les biologistes ont ainsi montré que les facteurs climatiques (précipitations annuelles) et le pH du sol sont les principaux facteurs de biodiversité fongique.

Vision infrarouge

Les récepteurs de l'œil humain ne sont sensibles qu'à la lumière visible. Pourtant, certaines personnes disent voir la lumière provenant de lasers émettant dans le proche infrarouge. Krzysztof Palczewski, de l'Université Case Western Reserve, aux États-Unis, et ses collègues ont compris comment : les photorécepteurs de l'œil peuvent être excités lorsque deux photons infrarouges arrivent simultanément et additionnent leur énergie.

Astrophysique

Naissance précoce d'un système planétaire

L'observation de l'étoile *HL Tauri* grâce au réseau d'antennes ALMA (*Atacama Large Millimeter Array*) marque une nouvelle étape dans la précision des images en astrophysique.

Autour de cette jeune étoile d'environ un million d'années et distante de 450 années-lumière, on distingue nettement des sillons dans le disque protoplanétaire, peut-être tracés par des planètes. Les astrophysiciens ne pensaient pas que les planètes pouvaient se former si rapidement. Il faudra probablement revoir les modèles de formation des systèmes planétaires tels que le Système solaire.

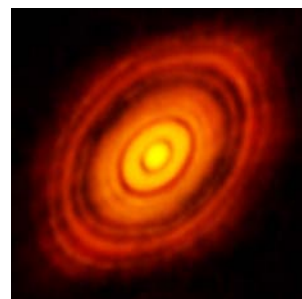
ALMA est un observatoire international situé à 5000 mètres d'altitude dans le désert de l'Atacama, au Chili, et composé de 66 antennes. L'observation dans la gamme d'ondes millimétriques a permis de percer l'enveloppe de gaz et de poussière, opaque à la lumière visible, qui entoure l'étoile. En effet, une étoile se forme lors de l'effondrement gravitationnel d'un nuage de gaz et de poussière. Au centre, l'accumulation de matière donne naissance à l'astre et le reste du gaz et de la poussière se structure en un disque, dit protoplanétaire. Dans ce disque, les molécules et les grains s'entrechoquent,

s'agglomèrent et forment des amas de la taille de cailloux, puis de rochers, pour donner des comètes, des astéroïdes et des planètes.

Comment expliquer la formation précoce de planètes autour de *HL Tauri*? Le disque de ce système étant très massif et instable, une planète pourrait se former assez rapidement par effondrement local de la matière. Mais on envisage aussi d'autres hypothèses et l'image d'ALMA montre que les astronomes ont encore beaucoup à découvrir sur les systèmes protoplanétaires jeunes et sur la formation du Système solaire.

S. B.

www.eso.org/public/news/eso1436/



ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

L'étoile *HL Tauri*, au centre de l'image, est entourée d'un disque protoplanétaire où l'on discerne des sillons tracés par des planètes.

Vue d'artiste sur :
<http://bit.ly/1FBzfWt>

La foudre est sur nous !

Avec le réchauffement climatique, la fréquence de la foudre devrait augmenter de 12 % par degré supplémentaire, selon David Roms, de l'Université de Californie, et ses collègues. Les chercheurs ont montré que la fréquence des éclairs tombés aux États-Unis ces dernières années était proportionnelle au produit de la température de l'air et du taux de précipitation. Ils ont ensuite extrapolé cette relation grâce aux modèles climatiques. L'augmentation de fréquence pourrait atteindre 50 % d'ici la fin du siècle.

Simuler le passé d'El Niño

El Niño est un courant saisonnier de l'océan Pacifique qui perturbe le climat de la région. Pour mieux comprendre ce phénomène, l'équipe de Zhengyu Liu, à l'Université de Wisconsin-Madison, a effectué une simulation globale de l'évolution d'El Niño pendant les 21 000 dernières années en considérant divers facteurs. Le modèle indique une baisse de l'amplitude suite à la période de glaciation puis une légère hausse liée à l'augmentation de l'exposition solaire. Des résultats en accord avec les observations disponibles.



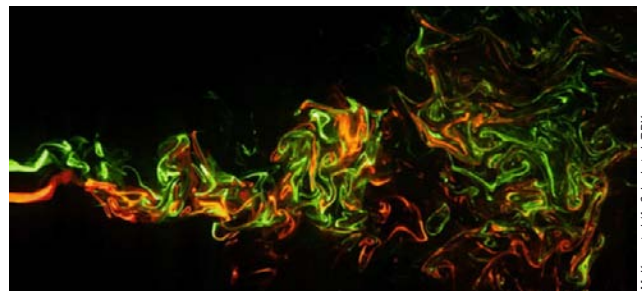
Un motif de quatre carrés rouges est présenté à un singe, puis tous les carrés redeviennent blancs. Le singe doit alors toucher ce qu'il pense être l'ancien emplacement des carrés rouges.

Mécanique des fluides

Les papillons de nuit ont du nez

Afin de s'accoupler, les papillons de nuit mâles des familles Saturniidae et Bombycidae recherchent dans l'air des molécules de phéromones émises par les femelles. Une fois le signal détecté, ils volent vers la femelle, distante parfois de plusieurs centaines de mètres. Or ce signal est infime et perturbé par les turbulences de l'atmosphère. Pour étudier le comportement des mâles, il faut reproduire correctement en laboratoire les propriétés du signal tel qu'il serait perçu dans la nature.

Les travaux d'Emmanuel Villermaux, de l'Université Aix-Marseille, et deux collègues de l'Institut Pasteur à Paris vont permettre de mieux simuler la propagation des molécules en milieu naturel. Pour analyser le comportement de diffusion des molécules émises par le papillon femelle, ils ont étudié les propriétés statistiques et quantitatives



Un papillon de nuit mâle détecte les phéromones émises par une femelle (souvent un mélange de deux composés, en vert et orange dans cette simulation) à plusieurs centaines de mètres. Les propriétés statistiques des effluves parvenant à l'insecte ont été étudiées.

qui caractérisent le signal, grâce à des analyses théoriques et à des simulations numériques.

En prenant en compte la sensibilité aux phéromones du mâle du bombyx du mûrier (*Bombyx mori*), qui est d'environ 200 molécules par centimètre cube, E. Villermaux et ses collègues ont montré qu'à quelques centaines de mètres de la femelle, les bouffées dont la concentration

dépasse le seuil de sensibilité du mâle durent quelques millisecondes et se propagent souvent par paquets. Un mâle qui détecte un tel signal vole alors contre le vent pour rejoindre la femelle. Lorsqu'il perd le signal, il change d'attitude et se déplace plus aléatoirement pour retrouver la piste.

S. B.

Physical Review X, vol. 4, 041015, 2014

Psychologie animale

La culture cumulative n'est pas le propre de l'homme

Usage d'outils, chants particuliers, etc. : chez de nombreux animaux, des traits culturels se transmettent. Mais les dépositaires successifs améliorent-ils peu à peu ce qu'ils ont reçu, à l'instar de la lignée humaine ? Nicolas Claidière et Joël Fagot, de l'Université d'Aix-Marseille, et leurs collègues ont montré pour la première fois que des primates non humains en sont capables.

Ces chercheurs ont conçu une tâche informatisée où l'on utilise la production d'un participant comme entrée pour le participant suivant. Chez l'homme, on ap-

plique par exemple cette méthode avec des langages simplifiés : le premier sujet doit apprendre un langage puis le transmettre au deuxième, et ainsi de suite. Ici, l'élément transmis aux participants était un motif particulier. Une grille de carrés comprenant quatre carrés rouges était présentée à un babouin sur un écran tactile, puis tous les carrés devenaient blancs et l'animal devait toucher l'emplacement de ceux qui étaient rouges auparavant (voir l'image ci-contre). Il recevait une récompense s'il avait trois ou quatre bonnes réponses, puis le motif de quatre

carrés qu'il avait touché était présenté au participant suivant.

Les chercheurs ont observé les trois caractéristiques d'une évolution culturelle cumulative, qu'on croyait propre aux humains : l'amélioration des performances (les participants successifs réussissaient de plus en plus souvent), la structuration (les motifs évoluaient, finissant souvent par se constituer de cases adjacentes) et la spéciation (chaque chaîne aboutissait à un résultat différent).

G. J.

N. Claidière et al., *Proc. Roy. Soc. B*, en ligne le 5 novembre 2014

Géophysique

La tectonique a structuré le haut Brahmapoutre

Qui commande, l'érosion ou la tectonique ? Cette question passionne les géologues et l'un des meilleurs endroits au monde pour l'étudier est l'Himalaya, puisque la surrection et l'érosion y sont les plus rapides. Avec ses collègues, Ping Wang de l'Institut géologique de Chine vient de montrer que les gorges du Brahmapoutre tibétain – le Yarlung Tsangpo –, probablement les plus profondes au monde, ont été formées par un soulèvement de la croûte terrestre plutôt que par une incision de celle-ci par le fleuve.



Dans sa haute vallée, le Yarlung Tsangpo, le Brahmapoutre tibétain, circule dans un canyon profond formé par la tectonique.

© Ping Wang

Lorsqu'ils ont étudié des carottages de la vallée, les chercheurs ont en effet eu la surprise de constater la présence d'un ancien canyon interrompu par un seuil rocheux de 500 mètres de haut. La datation du remplissage sédimentaire accumulé en amont de ce seuil a révélé que des mouvements tectoniques l'ont soulevé il y a entre 2,5 et 2 millions d'années. Dans le Yarlung Tsangpo, c'est la tectonique qui domine ! Toutefois, dans l'Himalaya, le soulèvement de la croûte terrestre, en cours depuis 70 millions d'années, est si rapide que l'érosion doit y raser régulièrement les montagnes : ces dernières seraient, sinon, bien plus hautes...

F.S.

P. Wang et al., *Science*, vol. 346, pp. 978-981, 2014

Archéologie

Les muses de Zeugma

Le corpus somptueux des mosaïques de la ville grecque antique de Zeugma s'enrichit de deux nouvelles œuvres remarquables : une représentation des muses et une autre d'Océanos et de sa femme Téthys.

Zeugma est une cité grecque, dont les restes se trouvent dans la province turque de Gaziantep, sur la rive gauche de l'Euphrate. L'émerveillement que suscitent ses mosaïques continue puisque l'équipe de Kutalmış Gökay, de l'Université d'Ankara, vient de révéler trois mosaïques très bien conservées du II^e siècle avant notre ère.

La première représente les neuf muses. Elle constituait le sol d'une grande pièce au sein d'une maison que les archéologues viennent de nommer la « maison des muses ». Calliope, la muse de la poésie épique et de l'éloquence, y est représentée dans un médaillon central. Comme il est fréquent dans ces représentations, elle porte une couronne d'or attestant de sa suprématie sur ses huit sœurs, représentées dans des médaillons entourant le sien.

La deuxième grande mosaïque montre Océanos avec sa sœur et épouse Téthys, deux titans qui, dans certaines versions

de la mythologie, constituent le couple originel géniteur de tous les autres dieux. La mosaïque les représentant est surtout remarquable par l'état de conservation de ses couleurs très vives, qui semble s'expliquer par des éléments de verre spécialement créés pour la réaliser.

F.S.

<http://zeugmaarchproject.com/>



En haut, les neuf muses. En bas, Océanos et Téthys. Ces œuvres ont été trouvées à Zeugma, dans les fouilles de la maison de Muzalar.

La stratégie de l'anguille électrique

L'anguille électrique chasse en émettant des décharges qui atteignent 600 volts. Kenneth Catania, de l'Université Vanderbilt, a montré que chez les proies, ces décharges activent les neurones commandant les muscles. Elles entraînent alors des contractions involontaires, qui peuvent soit faire bouger l'animal et le faire ainsi repérer par l'anguille, soit le paralyser complètement. Le prédateur prend donc le contrôle de sa proie à des fins de détection ou de capture.

Le cerveau adolescent sourd aux critiques

Les adolescents ont un cerveau qui ne prend pas en compte le point de vue de leur mère lorsqu'elle leur fait des reproches. Kyung Hwa Lee, de l'Université de Pittsburgh, et ses collègues ont fait écouter à 32 adolescents des

séquences où leur mère leur parlait de choses banales ou les critiquait, tout en mesurant leur activité cérébrale. Résultat : les critiques réduisent l'activité des zones impliquées dans la régulation des émotions et de la compréhension du point de vue d'autrui.

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

POINT DE VUE

Santé des jeunes : pour une vraie prévention

Afin de lutter contre le binge drinking et autres addictions des adolescents, la répression ne suffit pas. Une information régulière sur leurs dangers est nécessaire dès l'école primaire.

Michel HUGUIER

Le projet de loi français relatif à la santé, présenté le 15 octobre 2014 au Conseil des ministres, partait d'une belle ambition : donner « toute sa place à la prévention », favoriser « l'équité des chances face à la prévention, à la nutrition », combattre « le tabac, l'alcool et les autres addictions », en particulier chez les jeunes. Mais les mesures envisagées pour promouvoir la santé chez les enfants et les adolescents sont bien timides comparées aux dérives inquiétantes de ces générations.

Oui, l'alcool est la première cause de mortalité chez les jeunes. Oui, la consommation d'alcool chez les adolescents progresse, aussi bien chez les filles que chez les garçons, en particulier sous forme d'intoxication alcoolique aiguë (*binge drinking*, ou beuverie express). L'enquête ESCAPAD, réalisée en France auprès de 30 000 jeunes de 17 ans, a révélé que 18 % des garçons et 6 % des filles avaient une consommation régulière d'alcool en 2005, et que 2,3 % des jeunes s'étaient adonnés au *binge drinking* au moins dix fois au cours des 30 jours précédant l'étude. Cette pratique est observée à un âge de plus en plus précoce. Outre de dramatiques accidents mortels, la neuro-imagerie a montré que cet alcoolisme diminue la matière grise cérébrale, ce qui entraîne un déficit des fonctions cognitives.

Or le projet de loi ne compte qu'une seule mesure contre cette tendance. Elle condamne

la provocation directe de l'état d'ivresse chez un mineur, ainsi que l'incitation à l'ivresse. Cette mesure est importante, mais elle n'est que répressive. Rien n'est dit sur l'éducation et sur la prévention, dont il a pourtant été prouvé que le rapport coût-efficacité est bénéfique si elles s'inscrivent dans la durée et sont coordonnées avec des messages émis auprès des parents et relayés par les milieux éducatifs.

En 2012, l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES) a ainsi recensé dans le monde près de 30 interven-

LES JEUNES RESTENT PEU INFORMÉS des conséquences de la consommation d'alcool et des limites de consommation recommandées par l'OMS.

tions dont l'efficacité a été validée par des protocoles expérimentaux. Celles-ci varient selon la classe d'âge. Il peut s'agir d'interventions en milieu scolaire dès l'école primaire impliquant les parents, de programmes impliquant l'école, la famille et la communauté, de campagnes d'affichage et de télévision accompagnant l'intervention à l'école et, pour les plus âgés, d'une comparaison personnalisée de leur consommation avec les valeurs moyennes réelles, sur ordinateur ou en face à face.

Certes, des efforts de prévention sont faits au collège, mais les jeunes restent globalement peu informés des conséquences

de la consommation d'alcool et des limites de consommation recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

De même, le projet de loi prend bien peu en compte la lutte contre la consommation de cannabis. Or celle-ci peut laisser des lésions cérébrales irréversibles lorsqu'elle débute à l'adolescence.

Enfin, à juste titre, le projet de loi rappelle que l'obésité est devenue un sujet majeur de santé publique. En 2009, 6,5 millions d'adultes (âgés de plus de 18 ans) étaient obèses en

France, soit 15 % de la population, parmi lesquels 4 % avaient une obésité massive. En 2005-2006, chez les enfants de cinq ou six ans, un surpoids était observé chez 11 % à 14 % d'entre eux, parmi lesquels 3 % étaient obèses. Or l'obésité augmente, entre autres, le risque de diabète de type 2 (multiplié par 10), d'hypertension artérielle et d'infarctus du myocarde (multiplié par 5). Pour l'assurance maladie, le surcoût de l'obésité a été estimé entre 2,1 milliards et 6,2 milliards d'euros, selon que l'on incluait ou non le montant des indemnités journalières, soit 7 % des dépenses de santé en 2008.

Face à ce problème de santé publique, le simple fait de compléter par des graphiques ou des symboles les indications nutritionnelles obligatoires, conformément au règlement de l'Union européenne, paraît dérisoire. N'aurait-il pas été souhaitable d'étendre

les mesures contre le tabagisme aux nutriments qui favorisent l'obésité, notamment aux boissons avec sucres ajoutés et à certains aliments vendus comme énergétiques, en interdisant toute publicité ? N'aurait-il pas été souhaitable d'inscrire dans la loi l'extension des réseaux de prévention de prise en charge de l'obésité pédiatrique au-delà des cinq secteurs géographiques où ils existent ? Dans les écoles, n'aurait-il pas été utile de généraliser une éducation nutritionnelle des enfants et de leurs familles, dispensée par des volontaires (médecins scolaires, directeurs, responsables de cantines) dont l'efficacité a été prouvée par l'expérience menée dans deux communes du Pas-de-Calais ? Ne faudrait-il pas augmenter le nombre de médecins scolaires et mobiliser les professeurs d'éducation physique, les mieux placés pour repérer et aider les enfants qui ont une activité physique insuffisante ?

Contrairement à ce que l'on aurait pu espérer, la prévention

La santé des adolescents en France

68 % des jeunes de 17 ans ont déjà fumé et près de la moitié fument régulièrement.

10 % des collégiens ont expérimenté le cannabis.

46 % des jeunes de 17 ans déclarent avoir consommé plus de quatre verres d'alcool en une occasion dans les 30 derniers jours.

18 % des adolescents sont en surpoids, et 4,5 % sont obèses.

27 % seulement des jeunes de 15 ans ont leur calendrier vaccinal à jour.

Sources : C. Dreux, Bull. Ac. Nat. Med., 2014 ; R. Nordmann, Bull. Ac. Nat. Med., 2007

en santé chez les adolescents n'est donc pas au cœur de ce projet de loi. Mais ce qui attend ensuite ces jeunes n'est pas plus réjouissant : le projet de loi prévoit « l'expérimentation de salles de consommation à moindre risque » pour les usagers de drogues.

Ces « salles de shoot » sont inutiles. Il existe déjà en France des structures de prévention, d'accompagnement et de soins aux toxicomanes qui ont fait preuve de leur efficacité dans la réduction des risques : la proportion d'usagers de la drogue contaminés par le virus du sida est passée de 30 % dans les années 1990 à 1 % actuellement. De plus, les expérimentations à l'étranger ne sont pas encourageantes. En Allemagne, l'ouverture de tels « centres d'accueil » a été suivie d'une augmentation de 15 % du nombre de toxicomanes. En Australie, l'association *Drug free* a montré que le risque d'overdose était 36 fois plus élevé chez les toxicomanes fréquentant les salles d'injection que chez les autres, la présence d'une équipe médicale incitant le toxicomane à recourir à des doses plus fortes.

Enfin, comme l'a montré l'Académie de médecine, la méconnaissance de la nature des substances injectées ne permet guère de proposer des actions de substitution, voire de sevrage. Et rendre possible l'injection de nouvelles substances de toxicité redoutable, tel le cannabis synthétique, posera des problèmes de responsabilité des pouvoirs publics et des professionnels en cas de complications médicales, voire d'actes délictueux commis sous l'emprise de la drogue.

Il n'est pas trop tard. Le projet de loi sera débattu à l'Assemblée nationale début 2015. Il est encore temps de prendre des dispositions plus concrètes pour développer dès la préadolescence une information sur l'alcoolisme aigu, l'obésité, les drogues, le tabagisme. ■

Michel HUGUIER est membre de l'Académie française de médecine.



Réagissez au
Point de vue sur
www.pourlascience.fr



ENTRETIEN

Les fonds marins, un Eldorado moins connu que la Lune

Entretien avec Thierry SCHMITT

Le 20 octobre 2014, la Division des affaires maritimes et du droit de la mer des Nations unies s'est réunie pour étudier les dossiers de divers pays côtiers qui demandent une extension de leurs droits souverains au-delà de leur zone économique exclusive. Ces eaux territoriales, initialement délimitées à 370 kilomètres des côtes, peuvent être étendues sous plusieurs conditions, dont

certaines reposent sur des arguments géologiques liés au fonds marins. L'enjeu est économique, avec la possibilité de mettre la main sur diverses ressources minières et pétrolières. Cette procédure soulève un problème : seuls 10 % du plancher océanique ont été cartographiés avec précision par les sonars. La connaissance du fond des océans n'a pas qu'un intérêt économique ; elle permet aussi d'assurer la sécurité

des navires et fournit des informations cruciales pour la recherche océanographique. La méconnaissance des fonds marins rend aussi difficiles des tâches telles que la recherche de l'appareil de la *Malaysian Airlines* disparu en mars 2014. Thierry Schmitt, ingénieur au Service hydrographique et océanographique de la Marine française, fait avec nous le point sur la bathymétrie, ses enjeux et ses progrès techniques.



POUR LA SCIENCE

James Gardner, du Centre américain de cartographie des côtes et de l'océan, aurait dit que nous connaissons mieux la surface de la Lune que le fond des océans. Quelle est réellement la situation ?

THIERRY SCHMITT : Les océans couvrent environ les deux tiers de la surface du globe. C'est un milieu que nous pensons connaître : nous y naviguons et nous vivons sur les côtes dont nous exploitons les ressources. Pourtant, on estime que nous avons cartographié seulement environ 10 % des fonds marins avec une bonne résolution – contre la totalité de la surface de la Lune.

En outre, une partie de ces données n'ont pas été acquises avec des techniques modernes. Dans certaines régions, les relevés proviennent de mesures effectuées par les explorateurs du XVII^e et du XVIII^e siècle, tel La Pérouse (1741-1788), faute de données plus récentes. Une part de mon activité au sein du Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) consiste

à valoriser l'ensemble des données dont nous disposons et qui couvrent trois siècles de relevés.

La bathymétrie, mesure des profondeurs et reliefs des fonds marins, est aujourd'hui au cœur d'enjeux économiques et scientifiques. Elle implique des investissements importants sur lesquels les États commencent à se pencher. Pour fixer les idées, à effort constant et en considérant les moyens mondiaux actuels, cartographier l'ensemble des fonds marins nécessiterait une campagne de 125 ans environ. Sans compter que la morphologie de certaines régions change rapidement en raison de l'ensablement, de l'érosion, de la migration de dunes sous-marines...

PLS

Ainsi, la difficulté pour établir une carte des fonds marins serait technique ?

T.S. : En partie. Le fond des océans est difficile d'accès. Nos bateaux sont en surface et nous mesurons un relief situé, en moyenne, à plusieurs milliers de mètres de profondeur. La lumière pé-

nètre peu ; nous mesurons la profondeur avec des ondes acoustiques émises par des sonars. Cette technique est coûteuse et ne permet pas de couvrir rapidement de grandes surfaces.

PLS

Comment les États envisagent la question de la bathymétrie ? Quels sont les moyens alloués ?

T.S. : Cela dépend de la politique de chaque pays et de la géographie locale. Cartographier les côtes présente un intérêt immédiat et économique. En revanche, pour la haute mer, le retour sur investissement est moins quantifiable.

À chaque pays ayant un accès à la mer est attribuée une zone économique exclusive (ZEE) sur laquelle l'État exerce sa juridiction et dont il peut exploiter les ressources. Cette région peut s'étendre jusqu'à 370 kilomètres (200 milles nautiques) des côtes. L'Irlande, par exemple, a eu une politique volontariste pour évaluer les ressources présentes dans sa ZEE. Elle en a donc