

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

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe, assisté d'Alice Maestratti et William Rowe-Pirra

Directrice artistique : Céline Lapert

Maquette : Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Correction et assistance administrative : Anne-Rozenn Jouble

Marketing & diffusion : Laurence Hay et Ophélie Maillet, assistées de Marie Chaudy

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne et Olivier Lacam

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 :

Olivier Boucher, Maud Bruguère, Thomas Claverie, Sophie Gallé-Soas, Dominique Mazier, Florian Moreau, Christophe Pichon, Michèle Sebag

PRESSE ET COMMUNICATION

Susan Mackie

susan.mackie@pourlascience.fr - 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

[j.f.guillotin@pourlascience.fr]

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

ABONNEMENTS

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

Courriel : pourlascience@abopress.fr

Téléphone : 03 67 07 98 17

Adresse postale : Service des abonnements - Pour la Science, 19 rue de l'Industrie, BP 90053, 67402 Illkirch Cedex

Tarifs d'abonnement 1 an - 12 numéros

France métropolitaine : 59 euros - Europe : 71 euros

Reste du monde : 85,25 euros

COMMANDES DE LIVRES OU DE MAGAZINES

Pour la Science,

628 avenue du Grain d'Or, 41350 Vineuil

pourlasciencevpc@daudin.fr • Tél. : 02 18 54 12 64

DIFFUSION

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

Information/modification de service/réassort :

www.direct-editeurs.fr

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina.

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

Managing editor : Ricky Rusting. Senior editors : Mark Fischetti,

Seth Fletcher, Christine Gorman, Michael Moyer, Clara Moskowitz,

Gary Stix, Kate Wong.

President : Dean Sanderson. 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 traduction, 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

Spéléonéandertaliens

Grotesques, les Néandertaliens ? Oui et non. Oui si l'on prend cet adjectif dans son sens étymologique. Non si l'on adopte l'acception courante du mot. Rappelons que les « grotesques » désignaient des ornements un peu fantaisistes que l'on a découverts à la Renaissance dans des ruines antiques enfouies sous terre et évoquant des grottes.

Quel est le rapport avec les Néandertaliens, ces cousins de *Homo sapiens* qui vivaient en Europe et qui ont disparu il y a environ 40 000 ans ? En mai dernier, une équipe dirigée par Jacques Jaubert, préhistorien à l'université de Bordeaux, publiait une découverte sensationnelle : au fin fond de la grotte de Bruniquel, dans le sud-ouest de la France, d'étranges constructions, réalisées avec des morceaux de stalagmites, datent d'environ 180 000 ans !

Des humains peut-être archaïques, mais bien loin d'être frustes

La découverte, que nous relate Jacques Jaubert (voir pages 26 à 35), est sensationnelle pour plusieurs raisons. Avec un tel âge, très supérieur à celui des œuvres de Lascaux et d'autres grottes ornées (moins de 40 000 ans), les auteurs des constructions ne pouvaient être que des Néandertaliens – et encore, des Néandertaliens plutôt archaïques. Les trouvailles de la grotte de Bruniquel montrent que ces humains maîtrisaient le milieu souterrain, même dans l'obscurité totale, où ils pouvaient rester et s'éclairer plusieurs heures d'affilée. Elles montrent aussi que les Néandertaliens étaient assez curieux et intrépides pour s'aventurer dans un milieu difficile et dangereux. Et qu'en s'enfonçant de plus de 300 mètres pour disposer en cercles plus de 2 tonnes de stalagmites, ils s'adonnaient à une activité qui ne répondait sans doute pas à des besoins immédiats.

On est ainsi de plus en plus loin de l'image grotesque qui avait été donnée à l'homme de Néandertal. Encore une leçon d'humilité pour *Homo sapiens*, l'« homme moderne »...

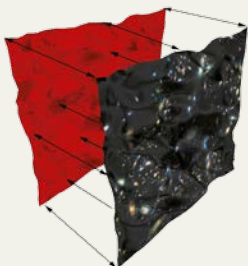
3 **Édito**

Actualités

6 Une faible pression atmosphérique à l'Archéen

7 Paludisme : un espoir pour l'atovaquone

8 Des neutrons pour explorer le multivers



10 Nager efficacement par succion

13 L'histoire de Naples révélée par la pollution au plomb



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

16 **Point de vue**
Pour une finance (réellement) éthique
Christian Walter

20 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Des histoires trop belles
Gérald Bronner

22 **Homo sapiens informaticus**
Admission post-bac : une informatisation opaque
Gilles Dowek

24 **Lu sur SciLogs.fr**
Sélectionner les étudiants par tirage au sort ?
Richard Taillet

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement Pour la Science brochés sur la totalité du tirage.
En couverture : © Jean-François Podevin

À LA UNE



26 PRÉHISTOIRE Que faisait Néandertal dans la grotte de Bruniquel ?

Jacques Jaubert

Il y a environ 180 000 ans, à plus de 300 mètres au fond d'une grotte, des humains ont construit d'énigmatiques structures. Leur sens nous échappe encore, mais elles prouvent indiscutablement la complexité de la culture néandertalienne.

36 ÉCOLOGIE Biodiversité : le paradoxe du pigeon ramier

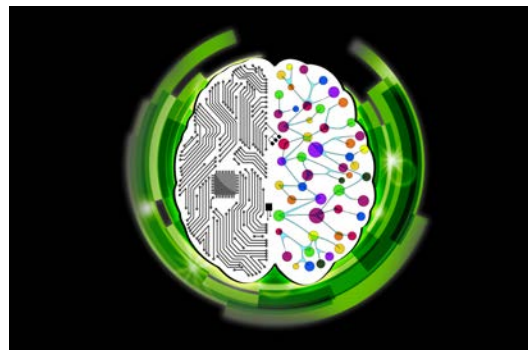
Anne Teyssère

Bonne nouvelle : en Europe comme en Amérique du Nord, la biodiversité locale augmente. Mauvaise nouvelle : à l'échelle de la planète, la biodiversité continue de s'éroder. Tel est le paradoxe du pigeon ramier mis en lumière par les écologues.

42 INTELLIGENCE ARTIFICIELLE La révolution de l'apprentissage profond

Yoshua Bengio

Reconnaître un visage, compléter une phrase, gagner au jeu de go... Après plusieurs décennies de déconvenues, les machines intelligentes deviennent enfin réalité – grâce à des réseaux de plusieurs couches de neurones artificiels.



50 **BIOPHYSIQUE** **La frappe éclair de la crevette-mante**

Sheila Patek

Dans le monde vivant, ce ne sont pas les guépards ou les poissons qui détiennent les records de vitesse ou d'accélération. Les crevettes-mantes, les cellules urticantes des méduses ou les mandibules de certaines fourmis font bien mieux. Parfois sans muscles !



60 **PSYCHOLINGUISTIQUE** **Le bébé, un linguiste en herbe**

Patricia Kuhl

Tout enfant est capable de maîtriser l'une des 7000 langues connues. Son apprentissage dépend de façon cruciale des interactions sociales et de la répétition des sons entendus.

68 **HISTOIRE DES SCIENCES** **Cannabis thérapeutique : le retour en grâce**

Thierry Lefebvre et Cécile Raynal

Serions-nous amnésiques ? Le chanvre indien a figuré dans la *Pharmacopée française* de 1866 à 1953. Et il semble avoir été fort prisé par les médecins de l'époque, comme le montre l'histoire de son utilisation thérapeutique.



76 **MÉDECINE** **Pour un usage du cannabis comme antidouleur**

Bernard Calvino

Le cannabis est au cœur d'un débat de société. Mais on sait maintenant qu'il s'agit d'un antalgique possible. Lorsque les traitements classiques échouent, les cannabinoïdes devraient être une solution aisément prescriptible.

Rendez-vous

78 **Logique & calcul**

Des stratégies miraculeuses

Jean-Paul Delahaye

Un bon raisonnement, aussi efficace qu'inattendu, peut vous faire sortir de prison... si vous êtes soumis à une épreuve analogue à celle du problème des 50 prisonniers.

84 **Science & fiction**

Le Shingouz, un extraterrestre capitalo-alcoololo-écolo

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

86 **Art & science**

Le pharaon et les extraterrestres

Loïc Mangin



89 **Idées de physique**

Superballes, superrebondissements

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

92 **Question aux experts**

La radioactivité naturelle est-elle dangereuse ?

Jean-François Lecomte

94 **Science & gastronomie**

Des soufflés sans œufs

Hervé This

96 **À lire**

98 **Bloc-notes**

Les chroniques de Didier Nordon

SCIENCE.fr

LETTRE D'INFORMATION



Ne manquez pas
la parution
de votre magazine
grâce à la NEWSLETTER

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque



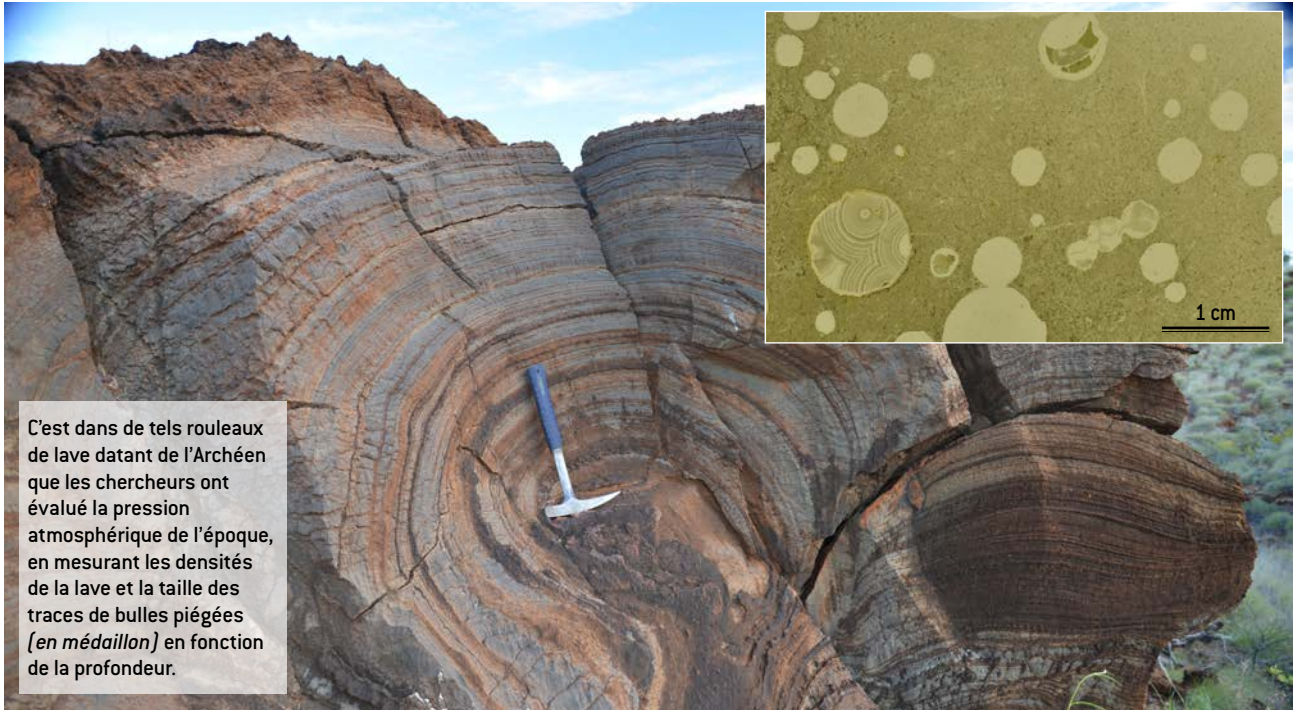
Recevez gratuitement la lettre d'information
en inscrivant uniquement votre adresse mail
sur www.pourlascience.fr

Actualités

Paléoclimatologie

Une faible pression atmosphérique à l'Archéen

Des vestiges de bulles emprisonnées dans une lave ancienne ont livré une approximation de la pression atmosphérique d'il y a 2,74 milliards d'années : elle était au moins deux fois plus faible qu'aujourd'hui.



C'est dans de tels rouleaux de lave datant de l'Archéen que les chercheurs ont évalué la pression atmosphérique de l'époque, en mesurant les densités de la lave et la taille des traces de bulles piégées (en médaillon) en fonction de la profondeur.

Il y a 2,4 milliards d'années, la Terre a subi une « grande oxydation » de l'atmosphère, c'est-à-dire un fort enrichissement en oxygène. Auparavant, à l'Archéen, c'est-à-dire au cours de la période débutant il y a 3,8 milliards d'années et s'achevant il y a 2,5 milliards d'années, l'atmosphère aurait été essentiellement un mélange d'azote, de dioxyde de carbone et de méthane, que l'on pensait aussi dense que l'atmosphère oxygénée actuelle. Faux ! Avec des collègues, Sanjoy Som, de la Nasa, vient d'établir qu'il y a 2,74 milliards d'années, la pression atmosphérique était inférieure à 0,5 bar (contre environ 1 bar aujourd'hui).

Sanjoy Som se consacre depuis longtemps à l'étude de l'atmosphère du lointain passé.

Pour ce faire, il recherche systématiquement des paléobaromètres, c'est-à-dire des enregistrements de phénomènes naturels grâce auxquels il est possible d'inférer la pression atmosphérique.

Déjà en 2012, avec une autre équipe, Sanjoy Som était parvenu à exploiter la taille maximale des petits cratères laissés par les impacts de gouttes de pluie sur un tuf sud-africain pour montrer qu'il y a 2,7 milliards d'années, la pression atmosphérique maximale était probablement comprise entre 0,52 et 1,1 bar.

« Probablement », parce que pour obtenir ce résultat, Sanjoy Som avait eu besoin de s'appuyer sur des hypothèses raisonnables concernant l'atmosphère de l'ère archéenne. L'une de ces hypothèses consistait à la supposer

composée de 70 % d'azote et de 30 % de dioxyde de carbone...

Avec son équipe actuelle, il vient d'exploiter un nouveau paléobaromètre : des impressions de bulles de gaz volcanique conservées depuis 2,74 milliards d'années dans d'anciennes laves. Les chercheurs ont découvert les restes de ces épanchements basaltiques au sein du craton de Pilbara, en Australie, un très ancien fragment de croûte terrestre.

Lors d'une éruption volcanique archéenne, un flot de lave a incorporé des bulles de gaz volcanique. Tandis que les bulles proches de la surface se trouvaient presque à la pression atmosphérique, celles enfouies en profondeur subissaient en plus la pression hydrostatique. La lave s'étant solidifiée, ces bulles sont restées en place, puis se sont

remplies de minéraux avec le temps, laissant des traces rondes.

Or un calcul simple fondé sur la loi des gaz parfaits permet de relier la pression atmosphérique au volume des bulles situées à diverses profondeurs dans la lave. Pour utiliser cette relation, les chercheurs ont soigneusement sélectionné trois lames de lave formées en plein « air » archéen et contenant des impressions de bulles sur deux plans de profondeurs différentes.

Après avoir scanné par tomodensitométrie aux rayons X ces lames par tranches pour y mesurer des centaines d'impressions de bulles, ils ont inféré statistiquement le volume d'une bulle moyenne en bas et en haut des trois lames de laves. La mesure des densités de la lave a alors livré trois valeurs

Médecine

Paludisme : un espoir pour l'atovaquone

La lutte contre le paludisme se heurte à l'apparition de nouvelles résistances aux traitements médicamenteux. L'antipaludique atovaquone ne fait pas exception, mais l'équipe de Christopher Goodman, de l'université de Melbourne, a découvert que les parasites résistants à ce composé ne survivent pas à leur passage dans le moustique. Pour Jérôme Clain, de l'université Paris-Descartes et travaillant avec le Centre national de référence du paludisme et l'Institut de recherche pour le développement, il s'agit d'une excellente nouvelle.

proches de la pression atmosphérique archéenne, à des incertitudes près qui dépendent de celles entachant le volume moyen d'une bulle, l'épaisseur des lames de lave et les densités de la lave dans chaque lame. À ces incertitudes près, que les chercheurs évaluent à 0,23 bar, les trois résultats obtenus sont proches de 0,23 bar. On peut donc en conclure que la pression atmosphérique était inférieure à la moitié de la pression atmosphérique actuelle.

Ainsi, contrairement à ce que l'on pensait, l'atmosphère archéenne était ténue, ce qui remet à l'ordre du jour une énigme que l'on croyait résolue: le «paradoxe du Soleil faible». À l'Archéen, notre astre était en effet moins brillant qu'aujourd'hui, de sorte que la Terre aurait dû être froide et glacée, donc foncièrement inhabitable si, du moins, l'atmosphère avait contenu les mêmes gaz qu'aujourd'hui et dans les mêmes proportions. Or de nombreux indices suggèrent au contraire que son climat était assez clément pour que l'eau y soit liquide. On expliquait ce paradoxe en invoquant un effet de serre particulièrement renforcé par la pression partielle élevée de l'azote atmosphérique. Cette explication ne tient plus.

Une autre possibilité serait par exemple que la concentration en méthane dans l'atmosphère archéenne ait été bien plus importante qu'aujourd'hui – sachant que le méthane est un gaz dont l'effet de serre, c'est-à-dire son pouvoir de réchauffement, est environ 25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone. Une nouvelle enquête commence.

François Savatier

S. Som et al., *Nature Geoscience*, vol. 9, pp. 448-451, 2016

Comment est utilisé l'atovaquone aujourd'hui ?

Jérôme Clain : L'atovaquone inhibe le complexe bc1, un élément clé de la chaîne respiratoire mitochondriale du parasite *Plasmodium falciparum*, le principal responsable du paludisme. La combinaison de cette molécule avec un autre antipaludique, le proguanil, agit à la fois sur les formes hépatiques et sanguines du parasite chez l'homme et est utilisée en préventif comme en curatif. Bien qu'elle existe sous forme générique depuis deux ans, elle reste d'un prix élevé, qui la réserve surtout aux voyageurs occidentaux. Son utilisation est aussi limitée par l'apparition fréquente de résistances à l'atovaquone au cours du traitement curatif.

Comment ces résistances deviennent-elles fatales au parasite ?

J. C. : Les *P. falciparum* résistants à l'atovaquone prélevés chez des patients lors d'un échec thérapeutique présentent tous une mutation sur un acide aminé spécifique du cytochrome b, une sous-unité du complexe bc1, qui empêche l'atovaquone de l'inhiber. Mais cette mutation diminue aussi l'activité du parasite. Ce n'est pas rédhibitoire à son développement dans le corps humain, mais

cela lui est fatal lorsqu'il se trouve dans le moustique, où la chaîne respiratoire est très sollicitée. Les chercheurs ont montré, avec cinq lignées parasitaires résistantes obtenues en laboratoire issues de *Plasmodium* spécifiques de l'homme et de la souris, qu'aucune ne se transmettait durablement *via* le moustique. La résistance ne se transmettrait ainsi que difficilement d'un individu à un autre...



Jérôme Clain, université Paris-Descartes

Avec quelles précautions doit-on accueillir ces résultats ?

J. C. : Des études sur le terrain doivent compléter ces travaux. Ici, les *P. falciparum* résistants ont été obtenus en laboratoire à partir d'une seule lignée parasitaire, alors que la difficulté dans la prise en charge du paludisme réside justement dans la grande variabilité génétique des parasites. De plus, ils présentent bien des mutations du cytochrome b, mais non identiques à celles des parasites des malades. Néanmoins, les essais conduits chez la souris avec

des parasites présentant la mutation du même acide aminé sont prometteurs. Par ailleurs, il faut aussi prendre en compte la variabilité des vecteurs: l'étude sur le parasite humain a été réalisée sur la principale espèce de moustique impliquée dans le paludisme, *Anopheles gambiae*, mais des dizaines d'autres peuvent le véhiculer. Enfin, nous ne sommes pas à l'abri de résistances à l'atovaquone qui se développeraient en dehors du cytochrome b et qui seraient alors transmissibles.

Ces travaux vont-ils améliorer la prise en charge du paludisme ?

J. C. : L'Organisation mondiale de la santé n'a jamais poussé à l'utilisation massive de l'atovaquone contre le paludisme en zone d'endémie, en raison de son prix, et surtout du risque de dissémination rapide de résistances. Si l'absence de transmission des parasites résistants se confirme, l'atovaquone-proguanil pourrait compléter l'arsenal thérapeutique contre le paludisme. Une véritable bouffée d'oxygène, à l'heure où l'émergence de souches résistantes à l'artémisinine, l'antipaludique le plus efficace actuellement, nous inquiète beaucoup !

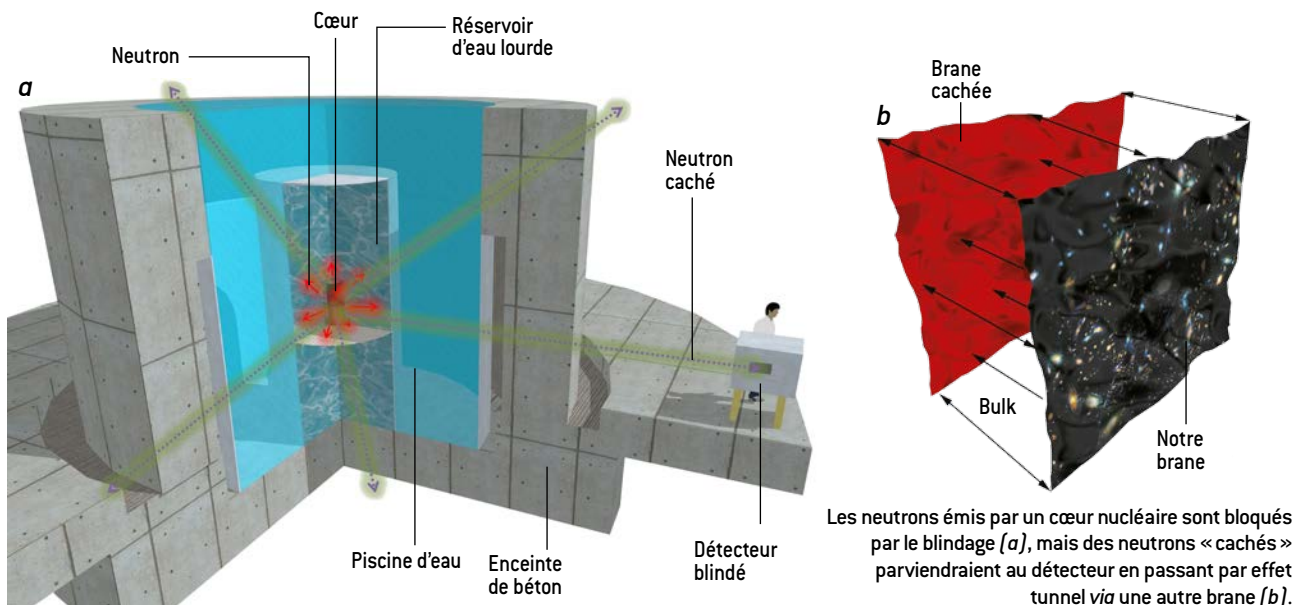
Martin Tiano

Science, vol. 352, pp. 349-353, 2016

Cosmologie

Des neutrons pour explorer le multivers

Dans le cadre de certaines théories, notre univers pourrait coexister avec d'autres. En évaluant la probabilité que des neutrons passent d'un monde à un autre par effet tunnel, des physiciens ont estimé la distance minimale qui nous sépare d'un tel autre univers.



(a) Michaël Sarrazin (UNamur) ; (b) Melissa Thomas

Et si l'Univers avait plus de trois dimensions d'espace ? Certaines théories le supposent, et l'une des conséquences possibles est que d'autres univers à trois dimensions coexisteraient avec le nôtre. Michaël Sarrazin, de l'université de Namur, Guillaume Pignol, de l'université Grenoble-Alpes, et leurs collègues ont testé la possibilité que des neutrons passent de notre univers à un autre de ces mondes. L'expérience a eu lieu auprès d'un réacteur nucléaire de l'institut Laue-Langevin, à Grenoble.

L'idée des dimensions supplémentaires est née dans les années 1920 avec les travaux du mathématicien Theodor Kaluza et du physicien Oskar Klein, qui ont proposé l'existence d'une cinquième dimension. Elle serait enroulée sur elle-même en une boucle si petite qu'elle ne nous est pas perceptible. Les dimensions supplémentaires ont trouvé un nouvel essor avec la théorie des cordes, dont une version est décrite avec un espace-temps à dix dimensions.

En 1990, Joe Polchinski a remarqué que les cordes ne sont pas les seuls objets décrits par cette théorie : il a introduit la notion de *p*-branes, ou « membranes de dimension *p* ». Cette idée a conduit à de nombreux scénarios en cosmologie. L'univers dans lequel nous vivons serait une 3-brane dont nous percevons les trois dimensions d'espace. Cette 3-brane serait plongée dans un espace de dimensionnalité supérieure, le *bulk*, où se trouvent d'autres 3-branes.

Est-il possible de tester la présence d'autres mondes branaires ? Dans la plupart des scénarios, la matière est confinée sur sa 3-brane et seuls les gravitons (les particules hypothétiques qui véhiculent l'interaction gravitationnelle) voyagent dans le *bulk*. Cependant, une particule de notre univers pourrait « sauter » dans une autre 3-brane par effet tunnel.

Cet effet quantique est d'autant plus probable que l'autre monde est proche du nôtre. Il faut comprendre « proche » dans le *bulk*, c'est-à-dire dans les dimensions supplémentaires autres que les

trois que nous percevons. Ainsi, ce monde pourrait être à moins de 1 millimètre du nôtre et nous serait néanmoins inaccessible !

Michaël Sarrazin, Guillaume Pignol et leurs collègues ont estimé une limite supérieure à la probabilité qu'un neutron traverse le *bulk* par effet tunnel en mesurant le flux de neutrons qui s'échappent éventuellement d'un réacteur nucléaire. En principe, tous les neutrons sont bloqués par le blindage du réacteur et aucun n'atteint le détecteur placé à l'extérieur. Mais certains éviteraient le blindage en passant par effet tunnel dans une autre brane et en revenant de la même façon à proximité du détecteur.

Le flux mesuré étant nul, les chercheurs en ont déduit, dans un modèle simple supposant deux mondes branaires aux propriétés identiques, que la distance minimale entre les deux 3-branes est supérieure à 87 fois la longueur de Planck, soit environ... $1,4 \times 10^{-33}$ mètre.

Sean Baillly

Phys. Lett. B, vol. 758, pp. 14-17, 2016

30 micromètres

Dans le modèle dit ADD, c'est la taille maximale des dimensions supplémentaires, en postulant qu'il en existe deux de plus que celles que nous percevons.*

* Source : <http://pdg.liv.ub.gov/Particle.action?mode=S071>

Paléontologie

Un cœur que l'évolution a simplifié

L'évolution du vivant ne s'effectue pas toujours dans le sens d'une complexité croissante. L'étude de la structure du cœur d'un poisson à nageoires rayonnées, menée par l'équipe de José Xavier-Neto, du laboratoire brésilien de biologie de Campinas, l'illustre.

Ces chercheurs ont étudié une soixantaine de fossiles de *Rhacolepis buccalis*, un poisson datant d'une période chaude du Crétacé, il y a quelque 119 millions d'années. Dans deux d'entre eux, l'équipe brésilienne a découvert un cœur fossilisé.

Pour aller plus loin, les chercheurs ont fait appel au synchrotron européen de Grenoble, l'ESRF, où des physiciens les ont aidés à scanner l'intérieur des cœurs avec des rayons X de très grande énergie. Les images obtenues, d'une résolution de 6 micromètres, sont surtout très contrastées, ce qui est précieux pour distinguer les tissus.

Ces images ont révélé avec netteté un cône artériel (partie



Ce fossile de *Rhacolepis buccalis* provient de la formation géologique de Santana, du bassin de Araripe, au Brésil. Ce site est célèbre pour la très bonne conservation en trois dimensions de ses fossiles.

reliant le ventricule aux artères) comportant cinq rangées de valves, alors que le cœur de la plupart des poissons actuels n'en présente qu'une.

Comment interpréter cette observation ? Comme *Rhacolepis buccalis*, les poissons à nageoires rayonnées – qui représentent plus de 99,8 % des poissons actuels – sont des actinoptérygiens. *Polypterus*, un actinoptérygien basal (situé à la base du groupe des actinoptérygiens), avait neuf rangées de valves dans son cœur. *Rhacolepis*

buccalis n'en a que cinq. Certains actinoptérygiens primitifs, tels que les tarpons, en ont deux. Les autres membres actuels du groupe n'en ont qu'une, tandis que leur cône artériel a pratiquement disparu pour être réduit à la forme d'un bulbe. Ce faisceau d'indices suggère qu'au cours de l'évolution, une simplification du dispositif d'éjection du sang dans les branchies s'est produite en plusieurs étapes, donc de façon graduelle.

F. S.

eLife, vol. 5, e14698, 2016

Dr Fluide and Mr Solide

Le mélange d'eau et de Maizena a des propriétés étonnantes. Il se comporte comme un liquide mais devient très dur lorsqu'une violente « pression » est exercée dessus : on peut marcher sur une piscine remplie de ce mélange. Il appartient ainsi à la famille des fluides dits non newtoniens.

Les physiciens en comprennent le comportement macroscopique, mais n'étaient pas d'accord sur le mécanisme en jeu à l'échelle microscopique. Deux modèles étaient avancés, mais aucun ne s'accordait parfaitement avec les expériences. John Royer, de l'institut américain NIST, et ses collègues ont résolu le conflit.

Avec un colloïde constitué de microbilles de silice baignant dans un mélange d'eau et de glycérol, les chercheurs ont montré que le comportement liquide-solide du système est contrôlé par le frottement entre les billes, mais qu'à faible concentration, l'expulsion du fluide entre les billes joue aussi un rôle important. Ainsi, ces deux processus agissent de concert.

Climatologie

Gaz de schiste : une pollution insidieuse

Bruno Franco, du Groupe infrarouge de physique atmosphérique et solaire (GIRPAS) à Liège, a mesuré l'évolution de la quantité d'éthane dans l'atmosphère depuis le milieu des années 1980. Les résultats mettent en évidence un changement de tendance intrigant. Alors que sa concentration diminuait d'environ 1 % par an, elle réaugmente depuis 2009, à raison de 5 % par an. Avec Emmanuel Mahieu, responsable du GIRPAS, il a cherché à comprendre cette inversion de tendance en contactant leurs collègues du réseau NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change). Ces

derniers font la même constatation, les plus fortes croissances étant observées au Colorado et à Toronto, à proximité de nombreuses zones d'exploitation de gaz de schiste. Les forages américains sont-ils responsables de cette augmentation considérable ?

L'extraction du gaz de schiste par fracturation hydraulique libère des hydrocarbures, dont du méthane et de l'éthane, dans un rapport plus ou moins constant. Afin de quantifier les émissions d'éthane dues à cette activité, les chercheurs ont donc comparé les flux de méthane, détectables depuis l'espace, avec une carte de la répartition des puits d'extraction

aux États-Unis. D'après les résultats, cette industrie aurait conduit à l'augmentation de 75 % des émissions d'éthane en provenance d'Amérique du Nord. Les chercheurs ont aussi pu déduire que l'exploitation du gaz de schiste aux États-Unis représente 10 % des émissions annuelles globales de méthane d'origine humaine.

Cette industrie a certes réduit les émissions de CO₂, mais elle contribue à l'augmentation des émissions de méthane, dont l'effet de serre est environ 25 fois plus puissant que celui du CO₂.

Alice Maestracci

B. Franco et al., Environmental Research Letters, vol. 11(4), 044010, 2016



L'extraction des gaz de schiste se fait grâce à des derricks de forage. Cette activité libère d'importantes quantités de méthane et d'éthane dans l'atmosphère.

Biophysique

Nager efficacement par succion

Les méduses sont les nageurs les plus efficaces des océans. L'étude des effets hydrodynamiques créés par leurs délicates contractions permet de comprendre pourquoi.

L'été revient, la mer se réchauffe et les méduses en profitent... Vingt-quatre heures sur 24, 7 jours sur 7, ces organismes diaphanes nagent à la recherche de nourriture, effectuant parfois des périple de plusieurs kilomètres par jour. Les méduses nagent plus efficacement que tout autre animal : elles consomment moins d'énergie, en proportion de leur taille, que des dauphins ou des requins. « Leur déplacement a un coût en oxygène inférieur de 48 % à celui de n'importe quel autre animal nageur », précise Bradford Gemmell, biologiste marin à l'université de la Floride du Sud. En étudiant l'espèce *Aurelia aurita* (la méduse commune, dont la taille va jusqu'à 40 centimètres), lui et trois autres chercheurs, dont John Dabiri, professeur d'ingénierie à l'université de Stanford, ont récemment montré que la méduse réalise cet exploit en créant autour de son corps des zones de haute et basse pression qui à la fois l'aspirent et la poussent en avant, la succion jouant un rôle crucial.

Dans un récipient d'eau où nageait une méduse, Bradford Gemmell et ses collègues ont ajouté de minuscules billes de verre. En illuminant les billes à l'aide de lasers et en filmant leurs mouvements avec une caméra rapide, ils ont pu visualiser les vitesses et calculer les pressions du fluide autour de la méduse.

On constate que la contraction de la cloche de l'animal crée du côté convexe du dôme un tourbillon annulaire de basse pression. En même temps, une région de haute pression se forme sous l'animal. La méduse est ainsi propulsée à la fois par succion et par poussée.

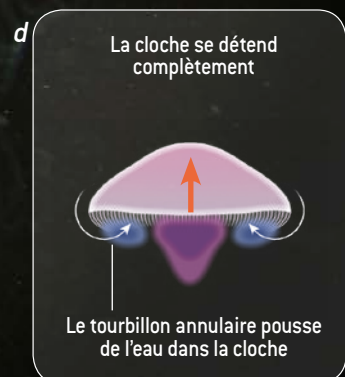
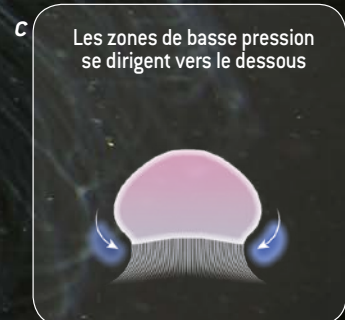
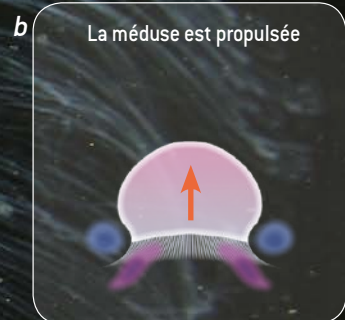
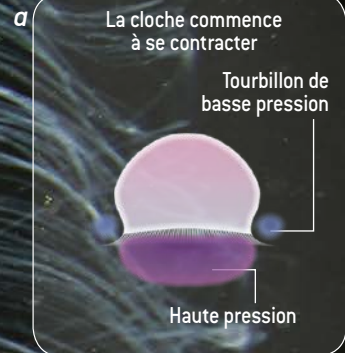
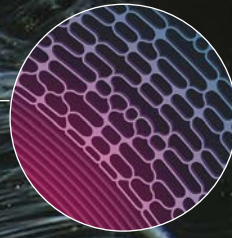
Les chercheurs ont eu la surprise de voir que quand la méduse détend le bord de sa cloche, le tourbillon annulaire descend sous l'animal, ce qui a pour effet de faire remonter de l'eau sous pression à l'intérieur de la cloche. « Cela donne à la méduse une seconde poussée », explique Bradford Gemmell. Le bord de la cloche effectue les mouvements appropriés grâce à des muscles mis en évidence récemment et qui diffèrent des fibres musculaires circulaires dont est muni le reste de la cloche.

Bradford Gemmell et ses collègues ont également mis en évidence ces principes de nage par succion chez un autre bon nageur, la lamproie. Des principes dont l'ingénierie pourrait s'inspirer (voir <http://bit.ly/1Y8uZs3>).

Josh Fischman

B. J. Gemmell et al., *Nature Communications*, vol. 6, article 8790, 2015

Les fibres musculaires de la cloche sont généralement circulaires, sauf au bord.



La nage de la méduse

Les contractions par ondulations de la méduse créent des zones de basse et haute pression dans l'eau qui l'entoure. Une basse pression a un effet de succion, une haute pression un effet de poussée. Les chercheurs ont constaté qu'un tourbillon annulaire, où la pression est relativement basse, se forme et descend le long de la cloche (vue en section, *a*). La contraction de la méduse augmente aussi la pression sous le dôme. L'animal se déplace ainsi des hautes pressions vers les basses (*b*). Les mouvements du bord de la cloche ont pour effet d'amener le tourbillon sous la cloche, ce qui fait remonter de l'eau (*c, d*), d'où une poussée supplémentaire conférée à l'animal.

Illustrations : Eleanor Luiz

Le trou noir souffle

Certaines galaxies, bien qu'ayant tous les ingrédients nécessaires, ne forment pas de nouvelles étoiles. Edmond Cheung, de l'université de Tokyo, et ses collègues ont résolu ce mystère. Le trou noir supermassif au centre de ces galaxies émet un vent interstellaire intense qui chauffe les nuages moléculaires de la galaxie. Ces derniers, du fait de l'agitation thermique, ne peuvent pas s'effondrer sur eux-mêmes, ce qui empêche la formation de nouvelles étoiles.

Une molécule de l'oubli

Près de 10 % d'entre nous souffrons dans notre vie d'un stress post-traumatique, incapables d'oublier la peur associée à un événement traumatisant. Une équipe de l'université du Texas a montré qu'une hormone de la graisse, l'adiponectine, suffit à « éteindre » la peur. Des souris « normales » conditionnées à une situation traumatisante finissent par oublier leur peur en quelques jours, contrairement à celles génétiquement modifiées pour ne plus produire l'adiponectine. Mais une injection de cette hormone suffit à « libérer » ces dernières de la peur. D'où un traitement potentiel, pour lequel un brevet est déjà déposé.

La jonquille face au vent

Exposées au vent, certaines structures allongées, telles des tours ou des antennes, vibrent, ce qui peut les endommager. Woojin Kim, de l'université coréenne de Séoul, et ses collègues ont trouvé l'inspiration dans la nature pour limiter les effets du vent qui, dans le sillage, crée des tourbillons (et donc des vibrations) et une importante traînée. Ils ont remarqué que la jonquille a une tige de section elliptique et torsadée. En optimisant les paramètres de cette structure, ils ont pu réduire de 18 % la traînée et supprimer les vibrations.

Environnement

La fragmentation des plastiques révisée



© Olenalova/Shutterstock.com

Les modèles prévoyaient plus de microplastiques que l'expédition n'en a collecté. Roulant dans les vagues, ces petits déchets se fragmenteraient plus vite que les gros.

Alexandra ter Halle, de l'université Paul-Sabatier à Toulouse, et ses collègues ont rejoint l'« Expédition 7^e Continent » pour étudier la fragmentation des déchets plastiques dans les océans en prenant en compte leur taille, mais aussi leur masse. Les 1 100 débris prélevés dans le gyre de l'Atlantique Nord montrent une grande disparité. Les plus grands (entre 5 et 55 millimètres) sont peu nombreux, mais constituent 67 % de la masse totale; quant aux microplastiques (moins de 5 millimètres), ils représentent 33 % de la masse totale. Pourtant, un modèle de fragmentation uniforme de l'échantillon prévoit une masse totale 20 fois supérieure à celle observée pour les microplastiques. Comment expliquer ce déficit de particules légères ?

En mer, les plastiques ont des comportements distincts selon leur taille. Les plus gros ont une face exposée à la lumière, craquelée et terne, et une face submergée qui abrite des microorganismes. Ils se fragmentent en petits débris cubiques qui ont tendance à rouler dans les vagues, ce qui empêche les microorganismes de s'y fixer.

Une étude complémentaire dirigée par Julien Gigault, du CNRS, montre que ce roulement favorise leur érosion par les coins et donne naissance à des nanoparticules. Ce nouveau modèle de fragmentation explique le déficit de particules légères: les petits débris se fragmentent plus vite.

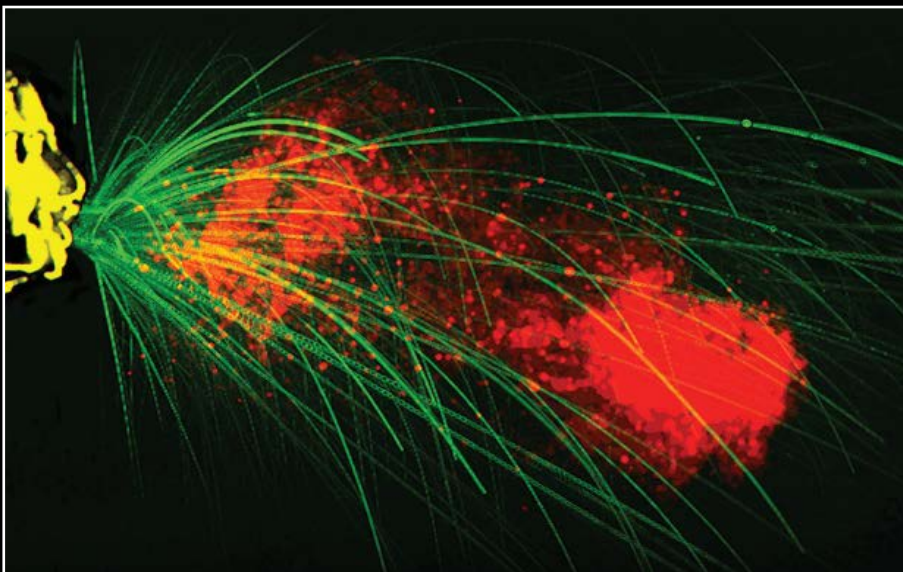
A. M.

Env. Sci. & Techn., vol. 50(11), pp. 5668-5675, 2016; Env. Sci.: Nano, vol. 3, pp. 346-350, 2016

Insolite

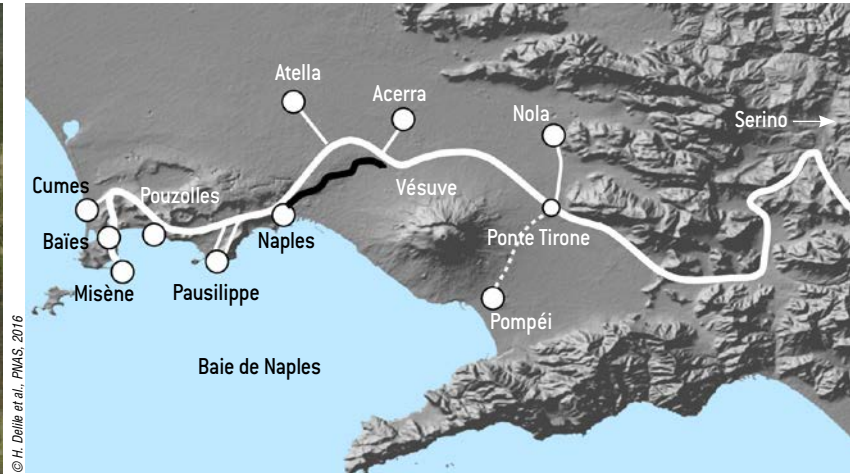
Autopsie de l'éternuement

Pour comprendre comment les maladies se propagent, Lydia Bourouiba et ses collègues, du MIT, aux États-Unis, ont filmé avec une caméra à haute vitesse des personnes qui éternuent. Le phénomène est difficile à modéliser, notamment parce qu'il est turbulent et parce qu'il comprend plusieurs phases (un nuage de fines gouttelettes, *en rouge*, et des gouttes plus importantes transportant les pathogènes, *en vert*).



© L. Bourouiba/Laboratoire de dynamique des fluides et transmission des maladies/MIT

Archéologie



L'histoire de Naples révélée par la pollution au plomb

Des dépôts de plomb dans les sédiments du port antique de Naples témoignent d'un important développement de son réseau hydraulique jusqu'au VI^e siècle.

Une équipe internationale de géochimistes et d'archéologues vient de lever le voile sur un volet important de l'histoire de Naples : l'impact de l'éruption volcanique du Vésuve, en 79, sur l'aqueduc de la baie napolitaine, l'Aqua Augusta.

Construit entre 27 et 10 avant notre ère et long d'environ 140 kilomètres, cet aqueduc approvisionnait en eau une dizaine de cités et plusieurs villas de la baie de Naples. L'éruption du Vésuve en 79 de notre ère a ravagé une région plus vaste que la seule ville de Pompéi, mais son impact sur l'aqueduc restait mal connu.

C'est dans le cadre de la construction d'une nouvelle ligne de métro à Naples que des fouilles archéologiques ont été organisées. Hugo Delile, de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée à Lyon, et ses collègues ont étudié des couches de sédiments du bassin portuaire antique de la ville. Ils y ont découvert une importante quantité de plomb. Composées de ce même métal, les canalisations de l'aqueduc polluaient l'eau transportée, laissant des traces dans les sédiments du

bassin. Leur étude permet donc de comprendre le sort de l'aqueduc.

Pour distinguer le plomb dit naturel, contenu dans le réseau cristallin des minéraux, de celui adsorbé sur les vases portuaires et provenant de la pollution de l'eau par l'aqueduc, les chercheurs ont baigné les échantillons dans une solution liquide afin d'isoler le plomb anthropique « collé » sur les sédiments. Ils ont ensuite mesuré les ratios des différents isotopes de plomb dans les extraits obtenus.

La composition isotopique du plomb anthropique, importé, change drastiquement une quinzaine d'années après l'éruption du Vésuve, événement repéré dans les stratigraphies portuaires grâce à un dépôt de pierres ponces typique de cette catastrophe. Cela signifie que les tuyaux ont été remplacés à la suite de cet événement et que le plomb utilisé était issu d'autres districts miniers romains que ceux ayant servi à construire le système.

Au-delà de cette révélation, c'est le développement urbain de Naples jusqu'au VI^e siècle qui est mis en lumière grâce à cette étude. L'évolution de la composition des isotopes du plomb

dans les sédiments échantillonnés montre que le réseau de distribution de l'eau s'est progressivement étendu jusqu'au début du V^e siècle. Puis la proportion du plomb importé baisse par rapport à celle du plomb naturel dans les couches supérieures. Ce phénomène coïncide avec des événements clés de l'histoire de la région : les invasions barbares des Wisigoths de 410 à 412 et celles des Vandales entre 455 et 463, ainsi que les éruptions volcaniques de la fin du V^e siècle. Ces événements ont probablement endommagé le système hydraulique de Naples.

L'équipe souhaite appliquer l'analyse du plomb à d'autres vestiges antiques. « Elle permet de mieux comprendre l'impact des activités humaines sur l'environnement », explique Hugo Delile, « mais la pollution n'a pas la même signification au cours du temps : elle peut témoigner de la prospérité d'une société comme de son déclin et c'est cette cyclicité qui m'intéresse et qui, sur le long terme, a beaucoup à nous apprendre. »

William Rowe-Pirra

PNAS, vol. 113, pp. 6148-6153, 2016

L'aqueduc Aqua Augusta, long de 140 kilomètres, prenait sa source à Serino et approvisionnait les cités de la baie de Naples (ci-dessus à droite). L'eau acheminée était stockée dans des citernes telles que la *Piscina mirabilis*, située à Misène (à gauche).

Chimie

Plus d'aérosols dans le passé

Les aérosols refroidissent l'atmosphère en réfléchissant la lumière du Soleil, mais la chimie qui conduit à leur formation reste à préciser. Les aérosols primaires proviennent de poussière des déserts, de sels marins ou de la suie de combustion, tandis que les aérosols secondaires se forment à partir de composés chimiques gazeux qui s'agrègent en particules solides.

Les chercheurs pensaient que la formation des aérosols secondaires nécessitait de l'acide sulfurique, qui dérive du dioxyde de soufre. Or ce dernier provient surtout de la combustion des énergies fossiles durant l'ère industrielle. Les membres de l'expérience CLOUD, au Cern, près de Genève, ont montré que certaines molécules émises par les arbres peuvent conduire à la formation d'aérosols. Il y aurait ainsi eu plus d'aérosols dans le passé qu'on ne le pensait.

S. B.

J. Kirkby et al., *Nature*, vol. 533, pp. 521-526, 2016

Virologie

La ruse des contrôleurs du VIH

Les « contrôleurs du VIH », capables de résister naturellement au virus de l'immunodéficience humaine (VIH), responsable du sida, représentent seulement 0,5 % des personnes infectées. Lisa Chakrabarti, de l'institut Pasteur à Paris, et ses collègues ont montré qu'un récepteur T particulier, présent à la surface des cellules immunitaires, les lymphocytes T CD4+, contribuerait à cette résistance. Par sa haute affinité avec un antigène originaire de la capsid du virus, le peptide Gag293, ce récepteur permet aux lymphocytes T CD4+ de mieux reconnaître les cellules infectées et de déclencher une réponse immunitaire. Les contrôleurs disposent ainsi d'une réserve de cellules immunitaires mémoires capables d'entraîner une réponse antivirale efficace. Grâce à ce mécanisme, ils empêchent la réplication du VIH et maintiennent un taux de virus très bas dans le sang. Cette découverte ouvre de nouvelles perspectives dans la recherche d'un vaccin ou d'une immunothérapie. Une application en thérapie cellulaire, consistant à transférer des lymphocytes T CD4+ modifiés avec une séquence du récepteur des contrôleurs aux patients sous traitement, est envisagée.

W. R.-P.

D. Benati et al., *J. Clin. Invest.*, vol. 126, pp. 2093-2108, 2016

Neurosciences

Comment apprend-on la nuit ?

Après une bonne nuit de sommeil, vous connaissez par cœur le poème que vous ne maîtrisiez pas la veille... De nombreuses études ont ainsi montré que le cerveau « rejoue » la nuit ce qu'il a appris la journée afin de consolider les souvenirs. Quel est le mécanisme en jeu ?

L'hippocampe est la structure au centre du cerveau où les souvenirs sont initialement formés. Mais plusieurs théories supposent que pour former des « traces » mnésiques durables, l'hippocampe échange des informations avec le cortex cérébral. Et ce transfert aurait lieu durant le sommeil. Restait à le prouver.

Pour ce faire, Michaël Zugaro et ses collègues, du Centre interdisciplinaire de recherche en biologie à Paris, ont enregistré l'activité électrique de l'hippocampe et du cortex préfrontal médian de rats au cours de leur sommeil. Quand l'hippocampe émettait des onduations, le cortex réagissait environ 140 millisecondes après par des ondes dites delta et des trains

d'impulsions nommés fuseaux du sommeil. Les chercheurs ont ensuite entraîné les rats à mémoriser l'emplacement de deux objets identiques dans une boîte. Quand les animaux y restaient 20 minutes, ils se souvenaient des objets le lendemain, et, durant leur sommeil, présentaient un « dialogue électrique » entre hippocampe et cortex bien plus important que celui des rongeurs restés 3 minutes dans la boîte, lesquels ne se souvenaient de rien. Si, en revanche, on faisait apparaître dans le cortex de ces derniers, pendant leur sommeil, des ondes delta et des fuseaux du sommeil, les rats mémorisaient les objets.

Favoriser le dialogue de l'hippocampe et du cortex la nuit augmente donc la mémorisation. Cependant, le chemin est encore long avant de vous aider à mémoriser votre poème... En attendant, le meilleur moyen reste de bien dormir.

Bénédicte Salthun-Lassalle

N. Maingret et al., *Nature Neuroscience*, en ligne le 16 mai 2016



Des chercheurs viennent de découvrir comment deux structures du cerveau « dialoguent » la nuit pour mémoriser des informations.

Des cellules solaires autoréparatrices

Les cellules photovoltaïques en pérovskite, une alternative prometteuse à celles en silicium du fait de leur moindre coût, perdent de leur efficacité si elles sont trop exposées au soleil. Elles auraient cependant des capacités autorégénératrices. La baisse de rendement s'explique par le piégeage des électrons dans la structure cristalline de la pérovskite. Claudine Katan, du CNRS, et ses collègues ont découvert qu'une minute dans l'obscurité totale ou l'exposition à de basses températures permettent de rétablir un courant optimal.

Une maladie tropicale en Corse

En 2013, plus de 100 personnes s'étant baignées dans la rivière corse Cavu ont été contaminées par la bilharziose – une maladie due à un ver hématoophage du genre *Schistosoma* et qui sévit surtout en Afrique et dans d'autres régions tropicales. Une équipe de médecins, chercheurs

et vétérinaires a mené une véritable enquête pour déterminer l'origine du parasite. Jérôme Boissier et ses collègues ont établi que le ver provenait du nord du Sénégal et résultait d'un croisement entre un parasite de l'homme et un parasite des ruminants. Cette hybridation lui aurait conféré des capacités d'adaptation à un climat tempéré.

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



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Tous les papiers se recyclent,
alors trions-les tous.

**C'est aussi
simple à faire
qu'à lire.**

La presse écrite s'engage pour le recyclage
des papiers avec Ecofolio.

