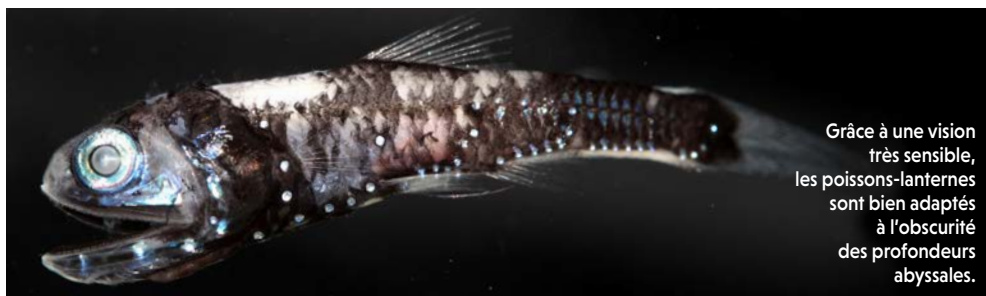


BIOLOGIE ANIMALE

L'HYPERVERSION DES ABYSSES



Grâce à une vision très sensible, les poissons-lanternes sont bien adaptés à l'obscurité des profondeurs abyssales.

A plus de 200 mètres sous la surface de la mer, hormis la bioluminescence des poissons et les quelques photons qui arrivent de la surface, l'obscurité règne. Pourtant, les poissons des grands fonds sont capables de détecter d'infimes émissions de lumière. Ils pourraient même percevoir le monde abyssal en couleurs, comme l'indiquent Zuzana Musilova, de l'université Charles, à Prague, et ses collègues, qui se sont intéressés à la rétine très sensible de ces vertébrés.

De façon générale, chez les vertébrés, la capacité de voir dans l'obscurité et de voir en couleurs repose sur un compromis qui fait appel à deux sortes de cellules photosensibles de la rétine: les cônes et les bâtonnets. Si les bâtonnets nécessitent peu de lumière pour fonctionner, ils ne produisent qu'une image en noir et blanc, car ils n'ont qu'un seul type de pigment photosensible: la rhodopsine. Les

cônes, en revanche, actifs seulement sous forte luminosité, sont capables de discerner des couleurs. En effet, il existe deux à quatre types de cônes (selon les espèces) dotés de pigments, des opsines, sensibles à différentes longueurs d'onde du spectre lumineux.

Zuzana Musilova et ses collègues ont étudié les différentes opsines et rhodopsines produites chez plus de 101 espèces de poissons. Les biologistes ont montré que les animaux des abysses ont acquis de façon indépendante de nouveaux gènes permettant de produire entre 3 et 14 rhodopsines différentes. Avoir plusieurs types de bâtonnets permet peut-être une perception nuancée de la faible bioluminescence, analogue à la perception des couleurs par les cônes. ■

CORALINE MADEC

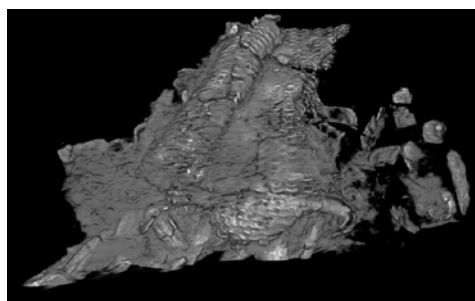
Z. Musilova *et al.*, *Science*, vol. 364, pp. 588-592, 2019

ARCHÉOLOGIE

UNE COTTE DE MAILLES SOUS X

Les Gaulois ont inventé la cotte de mailles. Toutefois, hors des représentations (sur le célèbre chaudron de Gundestrup par exemple) ou des mentions d'auteurs anciens (Diodore de Sicile), on n'a, à l'échelle de l'Europe, que quelques témoignages archéologiques de cottes de mailles gauloises.

À considérer l'amas informe mis au jour par des archéologues sur le mont Mormont, près d'Éclépens, dans le canton de Vaud, en Suisse, on comprend pourquoi. «Après avoir vu de petits anneaux, nous avons su qu'il s'agissait d'une cotte de mailles», témoigne Claudia Nitu, membre de l'équipe. Étant donné la masse de rouille en présence, les archéologues ont supputé que la cotte de mailles enveloppe une série d'objets offerts aux dieux dans l'une des 250 fosses sacrificielles découvertes sur le



L'une des images de la cotte de mailles obtenues grâce à la plateforme de microtomographie X de l'EPFL.

site. Pour en avoir le cœur net, ils ont fait microtomographier l'amas aux rayons X à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Les images 3D ont révélé 160 objets, dont plusieurs agrafes pour meuble, quatre fibules (broches à vêtements), un tranchant, une attache de poignée de chaudron, etc. ■

F. S.

Communication de l'EPFL, <https://bit.ly/2We78d4>

EN BREF

CANNEBERGES : UN EFFET ANTIBACTÉRIEN

Petite baie très prisée en Amérique pour son goût acidulé et ses antioxydants, la canneberge aide aussi à combattre les bactéries. Autour de Nathalie Tufenkji, des chercheurs de l'université McGill ont montré qu'en présence de certaines molécules extraites de canneberges, des bactéries responsables d'affections, telles les infections urinaires, les pneumonies et les gastroentérites, deviennent sensibles à des doses nettement moins élevées d'antibiotiques.

TRÈS « FAMILLE », LES ORQUES

Christophe Guinet, du Centre d'études biologiques de Chizé, et des collègues ont suivi pendant plusieurs années les orques de l'archipel Crozet par photo-identification, et constaté que l'arrivée d'une pêcherie illégale a conduit à la décimation de nombreux clans. En observant la façon dont les orques orphelines errent de clan en clan, ils ont établi que plus leurs séjours dans d'autres groupes sont courts, plus les orques isolées meurent. Chez les orques, la vraie sécurité sociale, c'est la famille.

LA POTERIE PUEBLO N'AVAIT PAS DE SEXE

Afin d'étudier la répartition des tâches au sein de la culture Pueblo (Arizona), John Kantner, de l'université de Floride du Nord, et ses collègues ont étudié les empreintes digitales conservées sur des poteries datant d'il y a 1 000 ans. À partir de la mesure de la largeur des crêtes d'empreintes digitales, les chercheurs ont déterminé si les potiers étaient des hommes ou des femmes. Il semble que, au sein de la culture Pueblo, la production de poteries domestiques n'était pas réservée à l'un ou l'autre sexe.

PRÉHISTOIRE

LES PEINTURES DE HIMA DATÉES

Les proportions de manganèse et de fer dans le vernis naturel qui se dépose sur les rochers indiquent l'âge des surfaces. C'est ce qu'a montré l'équipe de Meinrat Andreae, de l'institut Max-Planck de chimie de Mayence, en Allemagne, en analysant la composition de cette microcouche. Les chercheurs ont mis au point cette nouvelle technique de datation afin d'estimer l'âge des pétroglyphes de Bir Hima, dans la province de Najran, en Arabie saoudite. Depuis longtemps, les âges de ces peintures sur roches montrant des scènes de chasse, des danses rituelles et de curieuses formes anthropomorphes font l'objet d'une controverse entre spécialistes. La méthode des chercheurs allemands a conduit à placer ces œuvres « tout au long de l'Holocène, la plus ancienne datant de 7000 ans et la plus récente de quelques siècles seulement », explique Meinrat Andreae. ■

F. S.

D. Macholdt et al., *The Holocene*, en ligne le 19 mai 2019

PHYSIQUE

DES GOUTTES DE SABLE

L'instabilité dite de Rayleigh-Taylor survient quand un fluide peu dense se trouve sous un fluide plus dense. Le premier tend à former des filaments et des gouttes qui s'élèvent dans le second. Comme les forces en jeu sont la poussée d'Archimède et la tension de surface, il est surprenant d'observer un phénomène similaire dans un milieu granulaire. C'est pourtant ce qu'ont mis en évidence Christopher Boyce, de l'université Columbia, et son équipe.

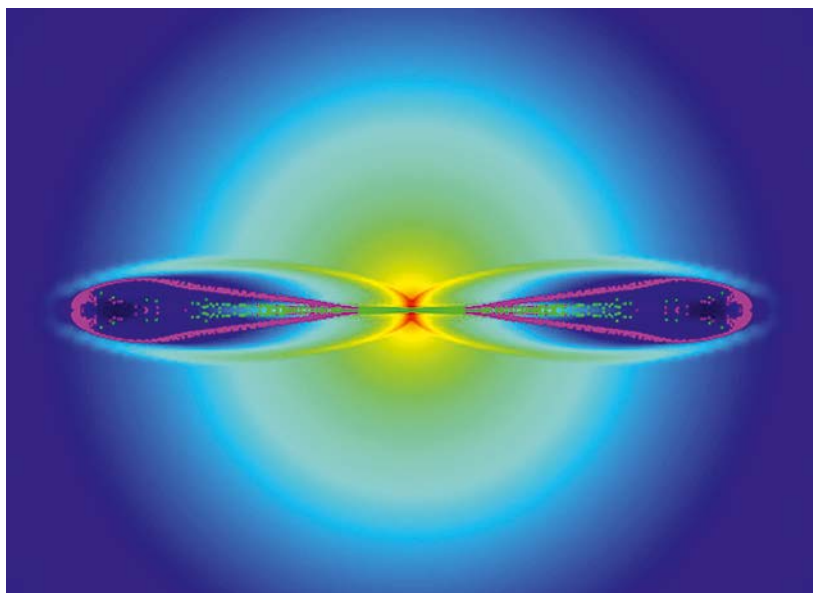
Les chercheurs ont placé une couche de grains de sable au-dessus d'une autre moins dense. En agitant verticalement le système et en soufflant de l'air dans le milieu de bas en haut, ils ont reproduit le comportement d'instabilité des fluides. Des « gouttes » granulaires se formaient au bout de longs filaments. Explication : l'air ne circulant pas de la même façon entre grains de tailles différentes, il en résulte une force d'entraînement vers le haut, qui maintient les grains légers ensemble et conduit à la formation des gouttes. ■

S. B.

C. P. McLaren et al., *PNAS*, vol. 116 (19), pp. 9263-9268, 2019

ASTROPHYSIQUE

EXPLOSION EN JETS DES PREMIÈRES ÉTOILES?



Dans cette simulation de l'explosion d'une étoile de première génération, deux jets expulsent de grandes quantités de zinc (points verts).

Plusieurs centaines de millions d'années après le Big Bang, les premières étoiles de l'Univers se sont allumées. Gigantesques, elles ont eu une brève durée de vie et ont fini dans de spectaculaires explosions, des supernovæ. Si ces étoiles ont produit beaucoup d'éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium dans leur cœur, on pensait que, lors de la supernova, une grande part de ces éléments était restée piégée dans le cœur qui s'était effondré sur lui-même et qui était devenu une étoile à neutrons ou un trou noir. Mais comme ces étoiles ont toutes disparu, les conditions précises de leur fin restent mal connues. Rana Ezzeddine, du MIT (institut de technologie du Massachusetts), aux États-Unis, et ses collègues viennent de bouleverser ce qu'on croyait savoir de ces premières supernovæ. Elles n'auraient pas pris la forme d'explosions symétriques et sphériques, mais auraient propulsé d'immenses jets de matière dans l'espace interstellaire, qui auraient enrichi très tôt celui-ci en éléments lourds.

Pour arriver à cette conclusion, les chercheurs se sont d'abord intéressés à HE 1327-2326, une étoile de deuxième génération, très ancienne et pauvre en éléments lourds, ce qu'on attend d'un astre né des restes des étoiles de la première génération selon le scénario classique. En analysant plus précisément sa composition, les chercheurs ont montré que cette étoile présente une abondance en zinc anormalement importante. Ils ont suggéré que l'explosion en fin de vie de certaines étoiles de la première génération aurait produit des jets de matière dix fois plus puissants que les supernovæ classiques. Ce phénomène aurait alors disséminé les éléments produits au cœur de l'astre, tels que le zinc. Les chercheurs ont confirmé cette hypothèse grâce à des simulations numériques. Reste à savoir comment de tels jets peuvent apparaître lors d'une explosion de supernova. ■

LUCAS GIERCZAK

R. Ezzeddine et al., *The Astrophysical Journal*, vol. 876(2), 2019

MATHÉMATIQUES

L'HYPOTHÈSE DE RIEMANN VACILLE MAIS NE TOMBE PAS

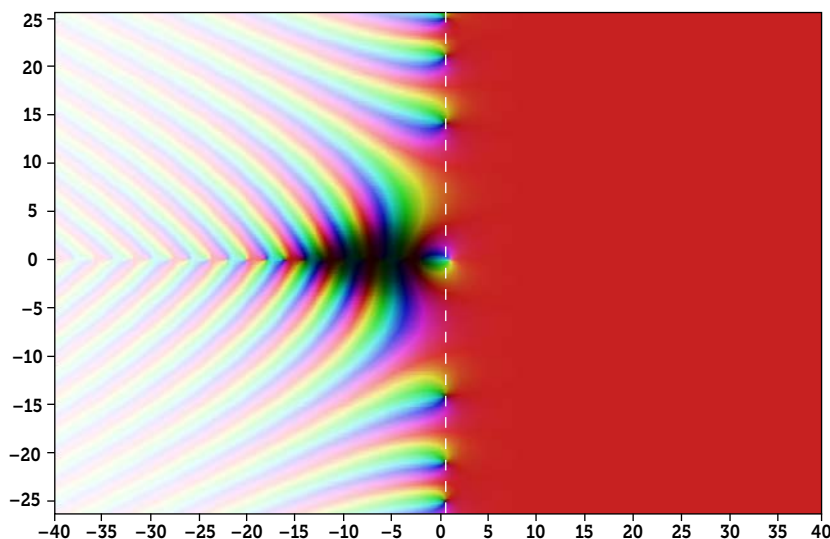
Pour tenter de démontrer cette célèbre conjecture, des mathématiciens ont réexploré une piste délaissée, car jugée trop difficile, et ont obtenu un résultat important.

L'hypothèse de Riemann est l'un des problèmes ouverts les plus importants en mathématiques. Si de nombreux indices suggèrent que cette conjecture, formulée en 1859 par l'Allemand Bernhard Riemann, est vraie, cela n'a toujours pas été démontré. De nombreuses pistes ont été explorées, sans aboutir. Mais en retravaillant sur une approche abandonnée, Ken Ono, de l'université Emory, à Atlanta, aux États-Unis, Don Zagier, de l'institut Max-Planck de mathématiques, à Bonn, en Allemagne, et deux collègues ont réalisé une avancée intéressante.

Le point de départ de l'hypothèse de Riemann est une fonction d'une variable s définie comme la somme infinie des inverses des entiers positifs où chaque terme est élevé à la puissance s . Cette fonction se prolonge aux valeurs complexes de s , c'est-à-dire aux nombres de la forme $s=a+ib$, a et b étant des nombres réels et i le symbole vérifiant $i^2=-1$ (a est la partie «réelle» de s et b sa partie «imaginaire»). La fonction obtenue, notée $\zeta(s)$, est la «fonction zêta de Riemann».

Cette fonction a un intérêt majeur en théorie des nombres. Elle est reliée à la façon dont sont répartis les nombres premiers, ces entiers positifs n'ayant pas d'autres diviseurs que 1 et eux-mêmes, comme 2, 3, 5, 7, 11, 13... La fonction zêta de Riemann, et notamment la répartition de ses zéros, c'est-à-dire les valeurs de s pour lesquelles $\zeta(s)=0$, offrirait une bonne estimation de cette distribution si l'hypothèse de Riemann est vraie. Celle-ci affirme qu'à l'exception des zéros dits triviaux (les nombres pairs négatifs: -2, -4, -6, etc.), les zéros de la fonction zêta ont tous pour partie réelle $a=1/2$.

Parmi les pistes explorées pour vérifier cette conjecture, le mathématicien hongrois George Pólya a montré en 1927 que l'hypothèse de Riemann est équivalente à un autre problème, celui de prouver l'hyperbolicité de certains polynômes, dits de Jensen (du nom du mathématicien danois Johan Jensen). Un polynôme à coefficients réels est dit hyperbolique si ses zéros sont tous réels. Il faut donc prouver cette propriété pour les polynômes de Jensen. Ceux-ci sont définis notamment par deux paramètres: d , leur degré, et n , leur



Les valeurs de la fonction zêta de Riemann sont ici représentées dans le plan complexe. Ses zéros non triviaux se trouvent-ils tous sur la droite verticale (en pointillé blanc) coupant l'axe horizontal en 1/2?

10¹³

ZÉROS NON TRIVIAUX DE LA FONCTION ZÊTA DE RIEMANN ONT ÉTÉ CALCULÉS EN 2004, ET LEUR PARTIE RÉELLE EST BIEN ÉGALE À 1/2. MAIS IL SUFFIRAIT QUE L'ON TROUVE UN SEUL ZÉRO NON TRIVIAL DE PARTIE RÉELLE DIFFÉRENTE POUR QUE L'HYPOTHÈSE DE RIEMANN SOIT INFIRMÉE.

«décalage». Le problème est qu'il existe une infinité de ces polynômes. Des mathématiciens ont démontré des cas particuliers de l'hyperbolicité des polynômes de Jensen, mais cette approche était considérée comme trop difficile pour être généralisée afin de prouver l'hypothèse de Riemann.

S'ils n'ont pas démontré cette propriété pour tous les polynômes de Jensen, Ken Ono et ses collègues l'ont confirmée pour une vaste classe de ces objets. Pour y parvenir, ils ont considéré d'autres polynômes, dits d'Hermite (qui permettent notamment d'exprimer les fonctions d'onde de l'oscillateur harmonique, en physique quantique). Les chercheurs ont montré que les polynômes d'Hermite donnent une bonne approximation des polynômes de Jensen quand le décalage n est assez grand et pour toute valeur de d . Or les polynômes d'Hermite étant hyperboliques, les mathématiciens ont montré ainsi l'hyperbolicité d'une large classe de polynômes de Jensen. C'est un progrès notable, mais il reste à voir comment passer de l'étape «pour tout n assez grand» à «pour tout n ...» L'hypothèse de Riemann ne semble pas près de céder! ■

S. B.

M. Griffin et al., *PNAS*, en ligne le 21 mai 2019

INHUMATION DE CLAN À KOSZYCE

Il y a 4 800 ans, des agresseurs ont éclaté les crânes de 15 individus à Koszyce, en Pologne. À partir de leurs gènes, Hannes Schroeder, de l'université de Copenhague, vient de montrer que tous les défunts sauf un sont apparentés. Quatre mères ont été enterrées avec leurs enfants près d'elles. Parmi les individus mâles présents, six ont moins de 20 ans et seulement un est père. Ce tableau suggère que, de retour chez eux, les pères de famille d'un clan familial néolithique ont trouvé les leurs tués et les ont inhumés en tenant compte de leurs liens.

L'ANTIDOULEUR DES RATS-TAUPES

Le rat-taupe nu (*Heterocephalus glaber*) est célèbre pour sa résistance au cancer et à la douleur. Gary Lewin, du centre Max-Delbrück de médecine moléculaire, à Berlin, et ses collègues ont testé la résistance aux acides et à la capsaïcine (le composant actif du piment) chez plusieurs espèces apparentées. Ils ont ainsi identifié un mécanisme de suppression de la douleur impliquant un seul gène, qui code un canal ionique. Très actif chez le rat-taupe nu, ce gène empêche les neurones sensibles à la douleur de s'activer. Une voie vers de nouveaux analgésiques ?

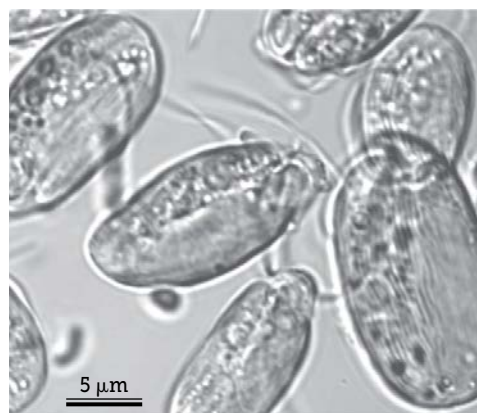
HIKIKOMORI, QUI ES-TU ?

Les hikikomori, mot japonais désignant les individus qui restent des années durant en retrait de la vie sociale, sont le plus souvent des hommes. Ils ont souvent été déscolarisés ou ont suivi un traitement psychiatrique. C'est ce qu'ont conclu Roseline Yong et Kyoko Nomura, de l'université d'Akita, au Japon, en étudiant un échantillon de 5 000 personnes âgées de 15 à 39 ans et sélectionnées dans 200 communes japonaises.

SYMBIOSE MAGNÉTIQUE

En 1975, le biologiste britannique Richard Blakemore a découvert des bactéries magnétotactiques. Elles sont sensibles au champ magnétique terrestre grâce à des cristaux ferrimagnétiques qu'elles synthétisent dans des compartiments nanométriques de leur structure interne, nommés magnétosomes. Alors qu'ils voulaient étudier la diversité de ces bactéries, Caroline Monteil et Christopher Lefebvre, de l'institut de biosciences et biotechnologies d'Aix-Marseille, et leurs collègues ont découvert l'existence d'un microorganisme eucaryote ayant acquis une sensibilité similaire grâce à une symbiose établie avec des bactéries magnétotactiques.

Ces bactéries vivent uniquement dans les sédiments des milieux aquatiques, et surtout dans les zones pauvres en oxygène, voire qui en sont totalement dépourvues. Leurs cristaux ferrimagnétiques s'organisent sur les lignes de champ magnétique terrestre, qui sont obliques par rapport à l'horizontale. Ainsi, grâce à la magnétoréception, ces bactéries sont capables de distinguer le haut du bas (autrement que par la force de pesanteur). Elles se déplacent le long de ces lignes de champ et se dirigent plus en profondeur, là où la teneur en oxygène, plus faible, leur convient mieux.



La surface de ces eucaryotes unicellulaires est recouverte de bactéries sensibles au champ magnétique terrestre.

Lors d'observations au microscope, Caroline Monteil et ses collègues ont découvert un eucaryote (organisme aux cellules pourvues d'un noyau) unicellulaire dont la surface est recouverte de bactéries magnétotactiques. L'ensemble vit en symbiose : l'eucaryote fournit de l'énergie sous forme d'hydrogène moléculaire aux bactéries, tandis que celles-ci permettent à l'eucaryote de s'orienter dans les sédiments. C'est la première fois que l'on observe une acquisition de ce sens par symbiose chez un organisme eucaryote, une stratégie originale qui a conduit à une bonne adaptation à son milieu. ■

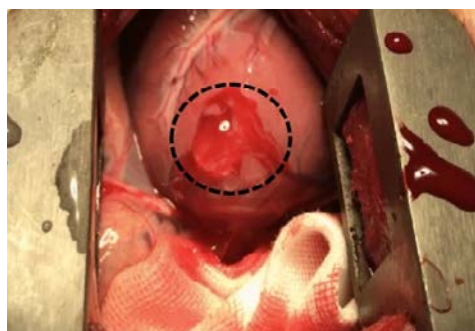
W. R.-P.

C. L. Monteil et al., *Nature Microbiology*, en ligne le 29 avril 2019

UN GEL CONTRE L'HÉMORRAGIE

Lors d'une hémorragie majeure, liée à la rupture d'une grosse artère ou d'une perforation cardiaque, il n'y a guère le choix : la seule méthode éprouvée est celle de la suture du vaisseau ou du cœur endommagé. Il existe aussi des gels qui colmatent les plaies, mais jusqu'à présent ceux-ci adhéraient mal aux tissus et étaient donc peu efficaces.

Yi Hong et ses collègues, de la faculté de médecine de l'université Zhejiang, en Chine, ont mis au point un gel biocompatible et biodégradable. Ils ont modifié un gel existant en conférant à ses molécules deux groupes chimiques complémentaires qui se lient en présence de lumière ultraviolette, tandis que les groupes restant non liés se fixent aux tissus. Le gel, qui a été testé *in vivo* sur des porcs, durcit, adhère aux tissus biologiques et stoppe net l'hémorragie en

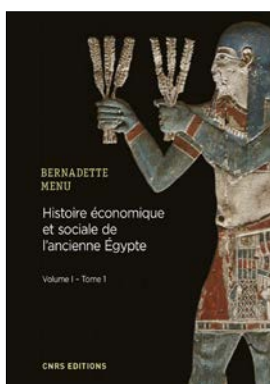
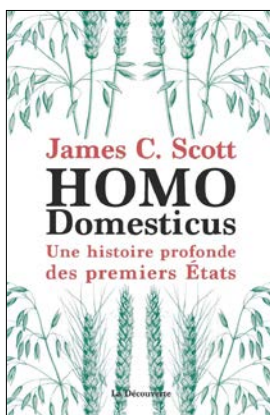
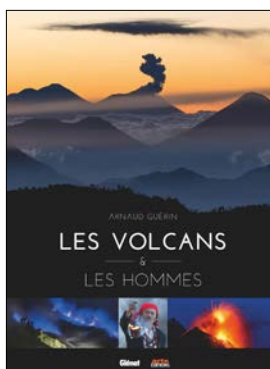
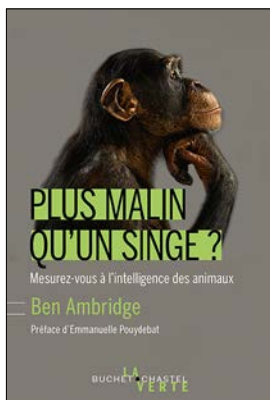


Le gel appliqué sur ce cœur de porc stoppe l'hémorragie en quelques secondes.

quelques secondes, y compris sur des plaies majeures, comme sur le cœur ou sur l'aorte. Le suivi postopératoire a montré un retour à la normale des fonctions cardiaques en moins de deux semaines et une cicatrisation déjà avancée, avec une parfaite tolérance du gel par l'organisme. ■

MARTIN TIANO

Yi Hong et al., *Nature Communications*, vol. 10, article 2060, 2019



ÉTHOLOGIE

PLUS MALIN QU'UN SINGE ?

Ben Ambridge

Buchet-Chastel, 2019
334 pages, 22 euros

Une fois n'est pas coutume : voici un livre scientifique à la fois didactique... et extrêmement amusant ! Par l'utilisation de tests et de devinettes, l'auteur nous fait comparer nos aptitudes à celles des animaux, et pas seulement à celles des singes... J'ai bien écrit « aptitudes » et non pas uniquement « intelligence », car beaucoup des comparaisons relèvent non pas de l'intelligence pure (venant du cerveau), mais plutôt d'adaptations génétiques dues à la sélection naturelle, ce qu'on pourrait appeler l'« intelligence aveugle de la nature ».

Ainsi l'allongement du cou de la girafe, le mimétisme des formes ou des couleurs qui permettent le camouflage des animaux, le décalage des cycles reproducteurs chez certains insectes afin qu'ils ne coïncident pas avec les cycles de leurs prédateurs, la localisation par sonar chez les chauves-souris, voire l'adaptation des toiles d'araignées et leurs modifications par l'administration d'agents psychotropes comme la caféine, la marijuana ou les somnifères...

Dans le domaine de l'intelligence proprement dite, des développements passionnants concernent la remarquable intelligence des chiens, la résistance des poussins aux illusions d'optique, la grande mémoire des éléphants et même des pandas, les aptitudes des grands singes, l'existence de droitiers et de gauchers dans beaucoup d'espèces, voire le fétichisme chez les cailles : des cailles mâles, dignes de Pavlov, habituées à s'accoupler avec des femelles en présence d'un tissu rouge, cherchent ensuite à s'accoupler avec le tissu lui-même !

Tous ces exemples ne mettent pas en cause la cognition humaine, mais soulignent sa parenté avec les formes multiples et surprenantes de l'intelligence animale.

GEORGES CHAPOUTHIER
NEUROBIOLOGISTE ÉMÉRITE AU CNRS

VOLCANOLOGIE

LES VOLCANS ET LES HOMMES

Arnaud Guérin

Glénat - Arte, 2019
192 pages, 35 euros

Enfin un ouvrage original, positif, qui embrasse le volcanisme et l'homme dans une approche non mortifère, sans litanie du risque et loin du catastrophisme ! Pas d'arithmétique du malheur, mais au contraire une valorisation de la symbiose vitale homme-volcan. Cela fait du bien !

Cet ouvrage est superbement illustré, facile et agréable à lire. Mieux que cela, il est didactique et limpide. L'approche iconographique et les photographies sont de l'auteur.

Le premier chapitre, « Vivre avec les volcans » (premier tiers de l'ouvrage), présente le volcanisme – pourquoi, comment, où, lave, magma, cendres et bombes... – mais aussi les geysers, les origines de la vie, les volcans en tant que sources de biodiversité et d'énergie. Une synthèse actualisée, indispensable pour recadrer la machine volcan pour les initiés comme pour le grand public.

C'est dans le second chapitre, « Histoire d'homme » (deuxième tiers de l'ouvrage), que l'auteur prend son envol. À travers un tour du monde bien choisi et original, il nous amène notamment au Japon dans les bains de sable, en Sicile dans la ferveur de Santa Agata, en France dans les entrailles de la pierre de Volvic, en Islande pour accompagner la transhumance volcanique ou la naissance et la mort de l'île de Surtsey, en Tanzanie sur le volcan sacré des Massaïs, aux États-Unis avec les chasseurs de lave d'Hawaï... Et ce, toujours avec un éclairage original et novateur. L'Indonésie est présente, avec les mineurs de soufre du Kawah Ijen et les flancs du Bromo pour les offrandes au dieu de la caldeira Tengger, lors de la fête du Kesodo. Un voyage avec les prêtres mayas sur les volcans sacrés du Guatemala complète l'approche... « chamanique » !

MICHEL DETAY
GÉOLOGUE