



POUR LA

SCIENCE

juillet 2015 - n° 453

www.pourlascience.fr

Édition française de Scientific American

ADAPTATION

L'ère des méduses

Pourquoi elles vont
conquérir les océans

Juillet 2015 - n° 453

M 02687 - 453S - F : 6,50 € - RD



MUSÉUM

NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

..... histoire des sciences

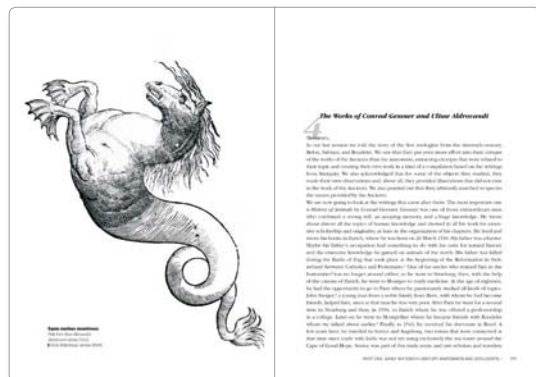


L'HISTOIRE DES SCIENCES NATURELLES DE CUVIER

DIX-NEUF LEÇONS SUR LES SEIZIÈME ET DIX-SEPTIÈME SIÈCLES

Nouvelle édition
de Theodore W. Pietsch

Traduction de Beatrice Marx
Préface de Jean-Pierre Gasc



« L'histoire des sciences naturelles depuis leur origine jusqu'à nos jours » est présentée ici pour la première fois en édition bilingue. Ce volume, amplement annoté et commenté, est le deuxième d'une série de cinq tomes regroupant les cours professés par Georges Cuvier de 1829 à 1832. Cette étude de grande envergure couvre de manière chronologique l'histoire des sciences naturelles sur une période qui s'étend du début du ^{xvi}^e à la fin du ^{xvii}^e siècle. Le lecteur a ainsi accès à l'atelier historique de Georges Cuvier. Loin d'être une activité lui paraissant annexe au regard de ses travaux d'anatomiste, Cuvier y consacra un temps important, consultant de très nombreux ouvrages en de multiples langues (anglais, allemand, espagnol, latin, français). Elle lui conféra aussi une grande notoriété. Prononcées au Collège de France, ces leçons s'adressaient à un public large et consacraient son magistère sur les sciences naturelles de l'époque. Cuvier y présentait l'histoire des sciences comme une marche continue dont il scandait le développement. Il considérait les siècles ici étudiés comme une période de profonds changements. Louant la lutte contre les « dogmatismes » religieux, il en faisait le vecteur d'une nouvelle liberté de pensée et d'écriture. Reléguant l'étude des anciens, les sciences naturelles seraient ainsi entrées dans un nouvel âge, celui de l'observation et de la classification.

Collection Archives, tome 20 | 170 x 240 mm broché | texte en anglais & français | 859 p., 42 figures N. & B. | ISBN 978-2-85653-766-4 | Prix 59€ TTC (55,92 HT) | Juin 2015

plus de renseignements et de contenus
sur la librairie en ligne des Publications scientifiques

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MUSÉUM
ACCÈS PAR PUBLIC
MON COMPTE
MON PANIER
A+ A- A*
FR
L'UNIVERS MUSÉUM

ARCHIVES
L'histoire des sciences naturelles de Cuvier
dix-neuf leçons sur les seizième et dix-septième siècles

LIRE LA SUITE

ACTUALITÉS
PRÉSENTATION DU SERVICE
COLLECTIONS
PÉRIODIQUES
INFOS PRATIQUES
LIBRAIRIE

Rechercher

À LA UNE

Bienvenue sur le nouveau site internet des Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Vous trouverez ici l'ensemble des collections et périodiques publiés par le Muséum. Les ouvrages et fascicules de périodiques sont maintenant disponibles à la vente, via la boutique en ligne, ou bien en venant directement sur place ; les articles de périodiques, dans leur version intégrale, sont de nouveau consultables en ligne.

ACTUALITÉS

L'histoire des sciences naturelles de Cuvier : dix-neuf leçons sur les seizième et dix-septième siècles

Commandez vos ouvrages depuis le **monde entier** sans intermédiaire. Navigation transversale par **Moteur de recherche**, **Thèmes** et **Géozones**.

Téléchargez gratuitement les articles des revues *Geodiversitas*, *Zoosystema* et *Adansonia* (publiés depuis 2000). D'autres revues sont consultables ou référencées...

Composez votre propre sélection en éditant un **catalogue** personnalisé au format PDF (A4).

SCIENCEPRESS.MNH.N.FR

MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
PUBLICATIONS
SCIENTIFIQUES

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

Développement numérique : Philippe Ribeau-Gésippe, assisté de Dylan Beiner (stagiaire)

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Pauline Bilbault,

Ingrid Leroy, Nathalie Ravier (stagiaire)

Correction et assistance administrative : Maud Bruguère

Marketing : Élise Abib et Ophélie Maillet, assistées de Héroïse Clément (stagiaire)

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 :

Juan Aguilar, Sophie Gallé-Soas, Évelyne Host-Platret,

Éric Lagadec, Christophe Pichon, Loïc Villain

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 partielle-

ment 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

Gélification marine

Les adeptes des bains de mer le constatent : la présence de méduses est de plus en plus fréquente. Une constatation corroborée par les scientifiques dans presque toutes les régions du monde. Les pullulations d'animaux marins gélatineux, autrefois épisodiques, deviennent régulières, entraînant des nuisances que les baigneurs ne sont pas les seuls à subir.

Pourquoi, depuis plusieurs années, les méduses prolifèrent-elles ? Jacqueline Goy, la grande spécialiste française de ces animaux, et sa collègue Corinne Bussi-Copin nous en expliquent les ressorts (voir *L'ère annoncée des méduses*, pages 28-36). On peut les classer en deux catégories : d'une part, ceux liés à la grande faculté d'adaptation des méduses ; d'autre part, les bouleversements des écosystèmes dus aux actions humaines, la surpêche en particulier.

Le rôle de l'Homme

Une fois de plus, le rôle joué par les activités anthropiques est pointé du doigt. Les gouvernants agiront-ils de façon à endiguer la gélification des océans ? Persée avait réussi à décapiter Méduse, la seule des trois Gorgones qui n'était pas immortelle, en évitant grâce à un bouclier-miroir la vue pétrifiante de son visage. Les dirigeants des différents États, eux, feraient mieux de regarder les choses en face afin que le regard des lobbies ne les pétrifie pas dans l'inaction...

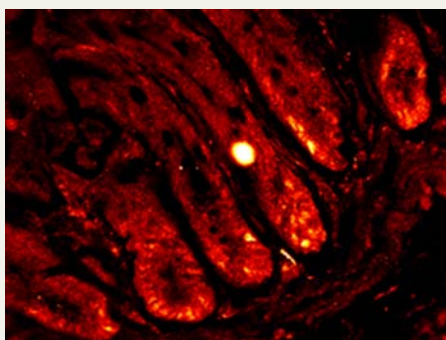
Tout cela ne doit pas nous faire oublier que les méduses sont des organismes fascinants, en raison de leur biologie mais aussi de leur beauté, dont nous offrons ici un petit aperçu (voir le *portfolio* pages 38-44). Bonne baignade !

À NOS LECTEURS. L'ensemble de la presse traverse une période économique difficile, en raison notamment de la fermeture de nombreux kiosques et des transformations liées à la révolution numérique. Pour la Science n'y échappe pas et s'est vu contraint d'augmenter à partir de juin 2015 ses prix. Le prix de vente au numéro passe à 6,50 euros (il était resté inchangé depuis sept ans). Les tarifs d'abonnement et de réabonnement progressent en moyenne de 3,90 % (voir les conditions générales de vente (CGV) sur notre site www.pourlascience.fr). Merci de votre soutien et de votre fidélité, qui nous aident à concevoir chaque mois le magazine que vous aimez.

3 Édito

Actualités

- 6 Des outils de pierre plus vieux que l'humanité
- 7 *Tara Oceans* à la conquête de la vie marine
- 8 Saveurs des neutrinos d'*IceCube* : un avant-goût
- 9 Bientôt des opiacés produits par des levures ?
- 11 Une tumeur déclenchée par pression mécanique



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

- 16 **Point de vue**
Renseignement : le traitement massif de données est aussi dangereux qu'inefficace
Claude Castelluccia et Daniel Le Métayer
- 18 **Entretien**
« Le problème du gluten est un symptôme de nos mauvaises pratiques alimentaires »
Christian Rémésy
- 22 **Lu sur SciLogs.fr**
Le paradoxe du petit échantillon
Nicolas Gauvrit
- 24 **Homo sapiens informaticus**
Écrire et se repentir
Gilles Dowek
- 26 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Les bonnes nouvelles sont ennuyeuses
Gérald Bronner

À LA UNE

28 BIOLOGIE MARINE **L'ère annoncée des méduses**

Corinne Bussi-Copin et Jacqueline Goy

Depuis quelques années, les méduses pullulent. Rien ne semble enrayer l'essor de ces animaux d'aspect pourtant si fragile et rudimentaire. Leur secret ? Une étonnante faculté d'adaptation... et le coup de pouce humain.

38 PORTFOLIO **Sous l'ombrelle des méduses**

Jacqueline Goy

Si toutes les méduses arborent une ombrelle, celle-ci ne porte pas ombrage à leur diversité. Voici un aperçu des étonnantes variations que l'évolution a produites chez ces animaux.



46 SCIENCE ET SOCIÉTÉ **Transparence numérique : s'adapter ou disparaître**

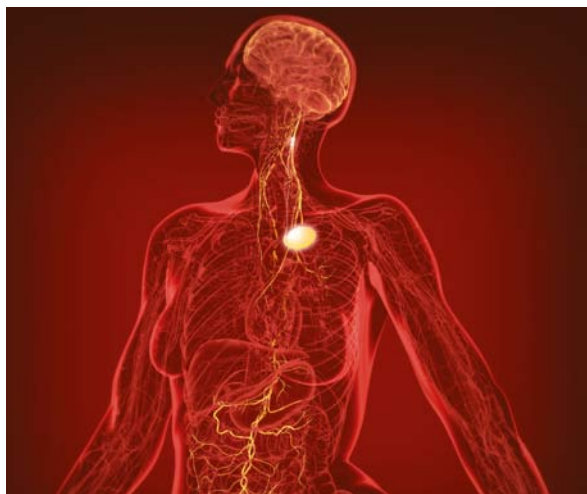
Daniel Dennett et Deb Roy

À l'ère du numérique, il est bien difficile de garder un secret. Si elles veulent survivre à cette transparence sans précédent, les institutions et les entreprises devront évoluer et s'adapter.

54 MÉDECINE Soigner avec l'électricité

Kevin Tracey

Comment lutter contre les maladies où l'organisme s'attaque lui-même ? La médecine bio-électronique propose de stimuler, grâce à des dispositifs implantés, les voies nerveuses qui régulent les réponses immunitaires.



62 ASTROPHYSIQUE Les fossiles de la Voie lactée

Kathryn Johnston

Pour comprendre comment la Voie lactée s'est formée, les astronomes traquent les vestiges de petites galaxies déchirées et avalées par notre galaxie il y a fort longtemps.



70 HISTOIRE DES SCIENCES Le monde perdu de l'île Maurice

Eric Buffetaut et Delphine Angst

Avant l'arrivée des humains au XVI^e siècle, l'île Maurice était peuplée d'une faune particulière qui avait évolué dans l'isolement. Depuis le XIX^e siècle, une ancienne mare révèle la richesse de ce monde perdu.

Rendez-vous

78 Logique & calcul

Comment jouer parfaitement au poker

Jean-Paul Delahaye

Un jeu où intervient le hasard et où les joueurs ne disposent que d'une information incomplète, le poker Hold'em à deux joueurs, vient d'être résolu : la stratégie mise au point ne peut être battue par aucune autre.

84 Science & fiction

Le cochon, roi de la fiction

J. Sébastien Steyer et Roland Lehoucq

86 Art & science

À la recherche du sens perdu

Loïc Mangin

89 Idées de physique

La fontaine-boule : et pourtant elle tourne !

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

93 Question aux experts

Est-on gros lorsqu'on a un indice de masse corporelle élevé ?

Martine Duclos

95 Science & gastronomie

Les suspensions de microgels

Hervé This

96 À lire

98 Bloc-notes

Les chroniques de Didier Nordon

Ce numéro comporte un encart d'abonnement Pour la Science, jeté en cahier intérieur de toute la diffusion kiosque et posé sur toute la diffusion abonné. Une offre d'abonnement exceptionnelle est proposée également en page 76.
En couverture : © Anteromite/shutterstock.com

SCIENCE.fr

LETTRE D'INFORMATION

Ne manquez pas la parution de votre magazine avec la NEWSLETTER ÉDITORIALE !

Découvrez la sélection d'articles de *Pour la Science*, des offres préférentielles et nos autres magazines en kiosque !



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

Suivez-nous sur les réseaux sociaux



Actualités

Paléanthropologie

Des outils de pierre plus vieux que l'humanité

Une équipe internationale a découvert au Kenya des pierres taillées qui précèdent d'un demi-million d'années les premiers fossiles du genre Homo.



Lomekwi 3 est situé dans la formation de Nachukui à l'ouest du lac Turkana. Dans ce dépôt alluvionnaire ont été mises au jour plus d'une centaine de pierres taillées, dont le cartouche montre un exemple.



MPK-WTAP

Sur le site de Lomekwi 3 (*photographie ci-dessus*), dans la formation de Nachukui à l'ouest du lac Turkana, au Kenya, une équipe internationale a découvert plus d'une centaine d'objets en pierre façonnés à la main il y a quelque 3,3 millions d'années. «Le caractère technique de ces éclats et fragments d'éclats est clair, sans équivoque et répété, ce qui prouve qu'ils ont été débités intentionnellement à partir d'un nucléus [un bloc de pierre à débiter]», explique Sonia Harmand du CNRS, l'une des responsables de l'équipe.

En particulier, les chercheurs relèvent que l'écoulement lent qui a déposé les alluvions entourant les pierres taillées n'a pu les transporter, et qu'elles semblent n'avoir plus bougé après leur production; que les arêtes qu'elles portent

ne ressemblent en rien à celles que l'on observe dans la nature; qu'elles ne sont pas usées, ce qui serait le cas si elles avaient été produites naturellement; enfin, un éclat provient de l'un des blocs, et l'on voit mal quel processus naturel aurait pu en être à l'origine...

Cette découverte a amené l'équipe, composée de chercheurs français (du CNRS, de l'Inrap et de l'Université de Poitiers), américains et kényans à proposer l'existence du Lomekwien, une culture antérieure de 700 000 ans à la plus ancienne des industries lithiques connues: l'Oldowayen.

Tous les humains (les espèces du genre *Homo*) qui ont taillé la pierre au Paléolithique inférieur (la partie de l'histoire humaine vieille de plus de 300 000 ans) et après semblent avoir poursuivi au moins un objectif commun:

obtenir le plus possible de tranchant afin de découper des végétaux, de la viande, etc. On a longtemps pensé que les artisans de l'Oldowayen ancien (entre 2,6 et 2 millions d'années) produisaient des outils en modifiant des galets (en les appointant par des frappes). Puis l'idée que ces galets aient pu être des nucléus, qui auraient servi à produire des éclats, s'est introduite dans la discussion scientifique. Les plus anciens fossiles humains connus datant d'environ deux millions d'années, on soupçonnait aussi que ces Oldowayens étaient des préhumains. Mais depuis la description en janvier dernier d'un fragment de mandibule humaine selon toute vraisemblance – vieux de plus de 2,8 millions d'années, la situation s'est compliquée.

Quoi qu'il en soit, les éclats produits par les artisans oldowayens sont plus fins que ceux des occupants de Lomekwi 3 (*voir un exemple ci-dessus à droite*), ce qui suggère qu'ils résultent d'une technique plus évoluée. En particulier, dans la taille des artisans lomekwiens, il semble que des «enclumes», c'est-à-dire de gros blocs à surfaces planes, aient joué un rôle central.

En effet, selon l'équipe de Sonia Harmand, ces artisans avaient une compréhension de la mécanique de la fracturation d'une pierre et des possibilités techniques «clairement moins élaborées que celles mises en œuvre dans les plus anciens assemblages oldowayens, et ils n'utilisaient pas non plus de techniques de percussion à mains libres». Les longues expériences

Biologie marine

Tara Oceans à la conquête de la vie marine

Gros producteur d'oxygène et principal aliment de nombreux organismes marins, le plancton est une des clefs de la vie sur la planète. Après six années de collectes et d'analyses, l'expédition *Tara Oceans* livre ses premiers résultats. Éric Karsenti, codirecteur du projet, nous raconte ce gigantesque échantillonnage des océans.

Qu'est-ce que *Tara Oceans* ?

Éric Karsenti : Il s'agit d'une exploration des mers du globe en voilier, effectuée de 2009 à 2013. L'objectif était d'échantillonner le plancton à l'échelle planétaire. Ce terme désigne tous les organismes qui dérivent avec les courants : virus, bactéries, eucaryotes (organismes à cellules dotées d'un noyau) unicellulaires, petits animaux pluricellulaires... Le plancton a une importance capitale : il est à la base de la chaîne alimentaire, absorbe le dioxyde de carbone et produit près de la moitié de l'oxygène de la planète !

En quoi cette expédition diffère-t-elle des autres ?

É. K. : Les précédentes études s'intéressaient à quelques types d'organismes, mais jamais à l'ensemble de l'écosystème. Ici, nous avons répertorié tous les organismes par classes de taille et nous avons mesuré de nombreux paramètres environnementaux : température, acidité, concentration en nitrates, etc. La seconde originalité du projet est sa pluridisciplinarité. Nous avons regroupé des biologistes, des océanographes, des bio-informaticiens...

Comment se déroulait une séance de collecte ?

É. K. : Nous nous arrêtons en moyenne tous les trois jours. Nous restions 60 heures au même endroit,

où nous caractérisions la colonne d'eau avec plusieurs outils : filets dont la maille va de 5 à 690 micromètres, bouteilles truffées d'instruments qui descendaient jusqu'à 1000 mètres de profondeur en recueillant de l'eau, etc. L'eau remontée était ensuite passée à travers une série de filtres.

Quels principaux résultats avez-vous obtenus ?

É. K. : Nous avons établi un catalogue du plancton, que nous estimons quasi exhaustif dans les zones



Éric Karsenti (EMBL, CNRS), codirecteur de *Tara Oceans*.

parcourues. Chez les bactéries, nous avons répertorié environ 35 000 genres (le nombre d'espèces est donc bien supérieur) et 40 millions de gènes. Plus de la moitié de ces gènes étaient inconnus. Chez les eucaryotes, nous avons recensé 150 000 genres, bien plus que chez les bactéries. Quant aux virus, nous n'en savions presque rien avant cette expédition : plus de 90 % de ceux que nous avons découverts étaient inconnus. Ils sont globalement peu diversifiés. Le catalogue planctonique a

été mis en ligne (www.ebi.ac.uk/services/tara-oceans-data). Chaque échantillon est marqué par un code-barres qui permet de le connecter à l'ensemble des données physico-chimiques de son environnement.

Comment utiliser ce catalogue planctonique ?

É. K. : Les possibilités sont multiples ! Dans une étude, nous avons montré que 80 % des organismes planctoniques sont en interaction avec d'autres, dont ils sont les proies, les parasites, les compagnons symbiotiques, etc. Dans une autre, nous avons analysé les écosystèmes au cœur d'énormes tourbillons qui se forment à la pointe de l'Afrique du Sud et traversent l'Atlantique en deux ou trois ans. Nous avons montré que les facteurs environnementaux particuliers de ces zones y façonnent une communauté planctonique spécifique.

De telles analyses seront cruciales pour comprendre l'évolution des écosystèmes en fonction du changement climatique. De manière générale, cette expédition devrait révolutionner la façon de faire de l'écologie marine, car, pour la première fois, on a un catalogue assez complet. De plus, ce catalogue est à disposition de tous ! Chacun peut donc y puiser ce qui l'intéresse pour d'éventuelles applications...

Guillaume Jacquemont

Science, section spéciale, 22 mai 2015

de taille menées par les chercheurs ont en effet prouvé que, pour obtenir des éclats à partir de leurs nucléus volumineux, les tailleurs de Lomekwi 3 ont pu procéder soit en pratiquant des percussions sur enclume (technique nommée « percussion bipolaire sur enclume »), soit en choquant le nucléus contre un percuteur immobile (méthode de la « percussion sur percuteur passif »). La technique des artisans lomekwien semble pour cette raison plus proche du martelage sur enclume pratiqué par les chimpanzés casseurs de noix que du débitage à deux mains libres (l'une pour tenir le nucléus, l'autre pour frapper) pratiqué par les tailleurs de pierre humains et, commencent-on à penser, par les tailleurs de pierre oldowayens pendant tout le Paléolithique.

Bref, croit-on comprendre, l'art de débiter des éclats sur enclume serait une évolution lointaine de l'art simiesque de briser les noix ; une évolution technique, en libérant les mains, aurait favorisé le développement de leur habileté. Par une meilleure maîtrise des angles de percussion, elle aurait conduit à des résultats plus aboutis, notamment une plus grande longueur de tranchant et des éclats moins lourds.

Et qui est le tailleur des outils de Lomekwi 3 ? Le candidat le plus plausible est l'« homme à la face plate du Kenya », c'est-à-dire *Kenyanthropus platyops*, un préhumain contemporain des australopithèques des Afars (Lucy). S'il en est ainsi, les débuts de l'industrie lithique sont antérieurs à l'apparition de l'humanité.

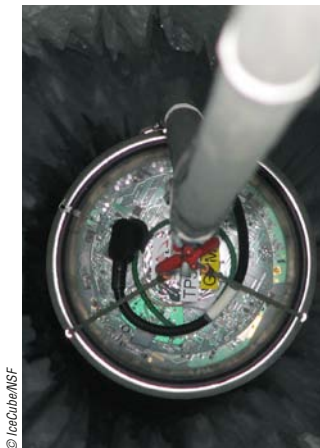
François Savatier

S. Harmand et al., *Nature*, vol. 521, pp. 310-315, 2015

Physique des particules

Saveurs des neutrinos d'IceCube : un avant-goût

L'expérience IceCube détecte des neutrinos de très haute énergie qui traversent la glace de l'Antarctique. Deux équipes ont partiellement déterminé les « saveurs » de ces particules, un indice pour comprendre leur origine cosmique.



© IceCube/NSF

L'expérience IceCube (ci-contre) consiste en un ensemble de capteurs (ci-dessus) placés dans la glace pour détecter le passage de neutrinos.



© Felipe Paduans, IceCube/NSF

**2×10^{15}
électronvolts :**

c'est l'énergie du neutrino le plus énergétique détecté par IceCube. Les physiciens l'ont surnommé Big Bird, comme le personnage d'une émission populaire pour enfants.*

Pour traquer certaines particules, des neutrinos de très haute énergie, les physiciens ont transformé un kilomètre cube de glace de l'Antarctique en un détecteur géant nommé IceCube. Ils ont ainsi observé des neutrinos à des énergies extrêmes (jusqu'à 10^{15} électronvolts, ou 1 000 téraélectronvolts) dont ils cherchent à déterminer les « saveurs ». Les neutrinos existent en effet en trois saveurs : électronique, muonique et tauique. Or, la part des neutrinos de chaque saveur parvenant au détecteur dépend des processus physiques qui les produisent. Déterminer la saveur des neutrinos d'IceCube aiderait donc à comprendre comment et où ces particules sont produites.

Cette analyse doit tenir compte d'un processus propre aux neutrinos : leur « oscillation ». Par des effets quantiques probabilistes, les neutrinos changent spontanément de saveur. Le Soleil, par exemple, ne produit que des neutrinos électroniques, mais seul un tiers de ce flux de particules est dans l'état de saveur électronique en arrivant

sur Terre. Les autres neutrinos ont changé de saveur en chemin.

Si la distance entre le site de production des neutrinos et la Terre correspond à des échelles cosmologiques, les physiciens s'attendent à observer une répartition homogène entre les trois saveurs de neutrinos. Cependant, en 2014, des chercheurs ont suggéré que les neutrinos de très haute énergie détectés par IceCube étaient tous de saveur électronique, ce qui impliquait des mécanismes de production exotiques. Deux nouvelles études, conduites par la collaboration IceCube et un groupe mené par Francesco Vissani de l'Université de L'Aquila en Italie, viennent d'infirmer ce résultat.

Ces deux équipes se sont focalisées sur les neutrinos de plus de 35 téraélectronvolts (et 60 téraélectronvolts pour Francesco Vissani). Le détecteur IceCube ne permet pas d'identifier formellement la saveur d'un neutrino, mais les caractéristiques du signal livrent un indice. En réalité, un neutrino n'est détecté que lors de son interaction avec

la glace dans la région sondée par le dispositif. On voit apparaître dans le détecteur une gerbe de particules, ou une fine trace lorsqu'un neutrino muonique produit un muon.

Les deux équipes ont alors comparé le nombre de signaux formés par une gerbe avec le nombre de ceux présentant une trace de muon. La collaboration IceCube a ainsi étudié 137 événements (129 gerbes et 8 traces de muons). L'analyse statistique exclut le résultat de 2014 et est compatible avec une répartition équilibrée des saveurs.

L'équipe de Francesco Vissani obtient un résultat similaire à la collaboration IceCube, ce qui confirmerait que ces neutrinos ont parcouru des distances cosmologiques. Les chercheurs espèrent améliorer leurs méthodes d'analyse pour identifier les neutrinos tauiques et ainsi préciser les mécanismes de production en jeu.

Sean Baillly

Collaboration IceCube, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 114, article 171102, 2015 ; A. Palladino et al., *ibidem*, article 171101

Biologie de synthèse

Bientôt des opiacés produits par des levures ?

Actuellement, la seule source d'opiacés est le pavot. Ces alcaloïdes complexes tels que la morphine et la codéine sont utilisés comme agents analgésiques et nombre d'entreprises pharmaceutiques rêvent de les synthétiser à bas coût en laboratoire. Toutefois, jusqu'à présent, des obstacles demeuraient. Une équipe américano-canadienne vient de donner les clés pour produire ces molécules chez la levure... à partir de sucre !

Faire synthétiser des opiacés par des bactéries ou des levures nécessite d'y transposer la chaîne de réactions qui se produisent dans la plante en y insérant les gènes des protéines impliquées. Toutefois, chez la bactérie, on ne sait mener que la première partie de cette chaîne : la conversion de glucose en un intermédiaire, la (S)-réticuline. Et chez la levure, à l'inverse, une étape précoce résistait : il était impossible de convertir en quantité suffisante l'intermédiaire L-tyrosine en L-DOPA (un précurseur de la dopamine). Les enzymes qui effectuent cette



La culture du pavot sera-t-elle remplacée par celle de levures ?

conversion, les tyrosine hydroxylases, produisent aussi une autre réaction, et si l'on en connaissait bien quelques-unes favorisant la réaction voulue, aucune ne fonctionnait dans la levure.

William DeLoache, de l'Université de Californie à Berkeley, et ses collègues ont trouvé un tel candidat grâce à un biocapteur : une enzyme qui convertit la molécule L-DOPA en un composé jaune et le produit de la réaction annexe en un composé violet. Avec ce biocapteur, ils ont passé au crible les tyrosine hydroxylases connues jusqu'à en trouver une produisant des levures jaunes. Ils ont ensuite

modifié le gène de l'enzyme pour augmenter son efficacité, puis inséré dans les levures tous les gènes pour mener la chaîne de réactions jusqu'à la (S)-réticuline. La suite ayant déjà été produite chez la levure, il ne reste à présent plus qu'à coller les morceaux...

Le rendement obtenu est encore faible, mais la route est tracée. Et de nombreuses questions éthiques ou juridiques vont se poser, puisque ces travaux laissent entrevoir la production d'héroïne en laboratoire...

Marie-Neige Cordonnier

W. C. DeLoache et al., *Nature Chem. Biol.*, en ligne le 18 mai 2015

Des taches sur Véga

Véga de la Lyre est une étoile brillante du ciel de l'hémisphère Nord. Cet astre présente un champ magnétique très faible découvert en 2009, mais dont on ignore l'origine. S'il est produit par un effet dynamo, comme dans le Soleil, Véga devrait présenter des taches stellaires qui apparaissent et disparaissent. Torsten Böhm, de l'Université de Toulouse et du CNRS, et ses collègues ont confirmé cette hypothèse grâce à des observations spectroscopiques menées à l'Observatoire de Haute-Provence.

Le varroa change de peau

On savait que *Varroa destructor*, un acarien parasite des abeilles, a une cuticule dont certains composés imitent ceux de la cuticule de son hôte, ce qui l'aide à passer inaperçu. Anne-Geneviève Bagnères (CNRS-IRBI, Tours) et des collègues viennent de montrer que, de plus, la composition de la cuticule du varroa se modifie lorsqu'on transfère le parasite d'une espèce d'abeille à l'autre. Une remarquable adaptation chimique !

Paléanthropologie

Un nouveau proche parent australopithèque

Le paléanthropologue éthiopien et américain Johannes Hailé-Selassié propose l'introduction d'une espèce d'Australopithèque dans notre arbre de parenté : *Australopithecus deyiremeda*, c'est-à-dire en langage afar « proche parent australopithèque ».

Johannes Hailé-Selassié ne fait cette proposition que sur la base de deux fragments de maxillaire, l'un gauche et l'autre droit, trouvés à cinq mètres l'un de l'autre, ainsi que de deux mandibules, l'une complète et l'autre représentée par la branche droite. Ces fossiles ont été trouvés dans la vallée de l'Aouache, en Éthiopie, dans un espace de quelque

trois kilomètres carrés et à 30 kilomètres du lieu de la découverte de Lucy. Alors que cette australopithèque des Afars remonte à 3,2 millions d'années, les quatre fossiles trouvés par l'équipe de Johannes Hailé-Selassié datent de 3,3 à 3,5 millions d'années.

Ainsi, *Au. deyiremeda* provient des Afars, comme Lucy. Selon Johannes Hailé-Selassié, les architectures mandibulaires de *Au. deyiremeda* et de *Au. afarensis* sont différentes, notamment par la position et l'angle des branches, ainsi que par l'absence d'un creux sur le côté du corps mandibulaire. Pour diverses raisons, il distingue

aussi *Au. deyiremeda* de l'ardipithèque (*Ardipithecus ramidus*, plus de 4 millions d'années), d'*Australopithecus anamensis* (3,9 millions d'années), et de *Kenyanthropus platytops* (3,2 millions d'années).

Nul doute que les arguments de Johannes Hailé-Selassié vont être disséqués par ses pairs. Quoi qu'il en soit, une chose est claire : l'idée que Lucy constitue la mère de l'humanité est douteuse, tant elle avait de cousines contemporaines et vivant dans la même région.

F.S.

Y. Haile-Selassie et al., *Nature*, vol. 531, pp. 483-488, 2015



Le fragment de maxillaire gauche à l'origine de la description de *Australopithecus deyiremeda*.

Un poisson à sang chaud

En battant en permanence des nageoires dorsales, le poisson-lune augmente sa température corporelle, a montré l'équipe de Nicholas Wegner, de l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique. Un réseau de veines agit comme un échangeur thermique dans les branchies pour y limiter la perte de chaleur lors de l'oxygénation du sang. Il s'agit du premier poisson endotherme ayant une température trois à six degrés supérieure à celle de l'eau. D'autres poissons, tels le thon ou le requin, sont capables de réchauffer localement leurs muscles pour gagner en vitesse.

Le corbeau et l'outil

On sait que les corbeaux sont capables d'utiliser des instruments. Plus étonnant, ils les conservent afin de les réutiliser. Barbara Klump et ses collègues, de l'Université de St Andrews, en Grande-Bretagne, ont ainsi observé des corbeaux calédoniens (*Corvus moneduloides*), qui utilisent des brindilles pour extraire de la nourriture. Ils ont remarqué que les corbeaux cachent très souvent leurs outils dans un trou d'arbre lorsqu'ils mangent en hauteur et qu'ils s'en resservent.

Ouverture sur le VIH

Les personnes infectées par le virus du sida, le VIH, produisent des anticorps qui suffiraient à déclencher sa destruction. Toutefois, pour cela, les cibles des anticorps, les glycoprotéines Env sur l'enveloppe du virus, doivent d'abord « s'ouvrir » grâce à une petite protéine des cellules immunitaires, CD4. Or le VIH neutralise celle-ci. Jonathan Richard, de l'Université de Montréal, et ses collègues ont trouvé un moyen de produire ces ouvertures à l'aide d'un analogue de CD4 que le VIH ne sait pas contrer. En sa présence, les cellules immunitaires de patients infectés reconnaissent le virus et le détruisent. La stratégie doit à présent être testée chez le singe.

Neurobiologie

L'enivrante hormone de l'amour



© Shutterstock.com / Pressmaster

Plus amical après un petit verre ? Vous le seriez aussi après une bouffée d'ocytocine !

Surnommée l'« hormone de l'amour », l'ocytocine a une réputation flatteuse. Elle facilite les relations sociales, si bien qu'on envisage de l'utiliser contre certaines pathologies, telles que l'autisme. Mais selon Ian Mitchell, de l'Université de Birmingham en Angleterre, et ses collègues, ses effets ressemblent à ceux d'un autre composé plus ambivalent : l'alcool.

Les psychologues ont examiné la littérature scientifique, traquant les conséquences d'une absorption d'alcool ou d'ocytocine. Et la liste des similitudes est longue. Ainsi, ces deux composés réduisent l'anxiété, la peur et le stress, tandis qu'ils augmentent l'altruisme et l'empathie. Ils peuvent cependant aussi accroître

l'agressivité et le rejet des étrangers au groupe. Si l'alcool est associé à un risque de dépendance et de maladie, les conséquences d'une consommation régulière d'ocytocine sont, elles, mal connues.

Pourquoi l'alcool et l'ocytocine ont-ils des effets communs ? Les deux composés renforcent l'action du GABA, une molécule qui éteint les neurones. Dès lors, ils diminueraient l'activité de l'amygdale – le centre cérébral de la peur – et du cortex préfrontal. Ce dernier régule nos comportements, et quand il est désactivé par l'alcool ou par l'ocytocine, des attitudes réprimées referaient surface.

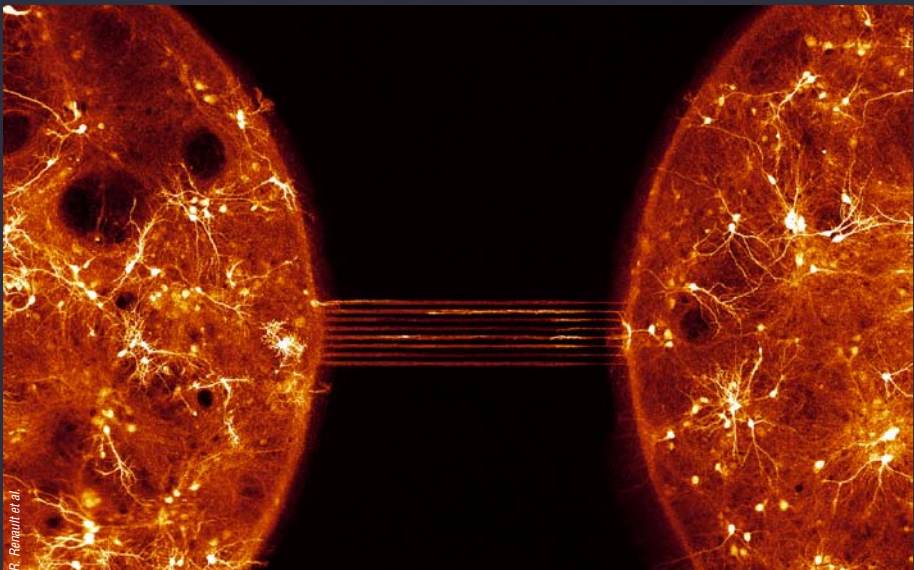
G. J.

I. Mitchell et al., *Neurosci. Biobehav. R.*, en ligne le 5 mai 2015

Insolite

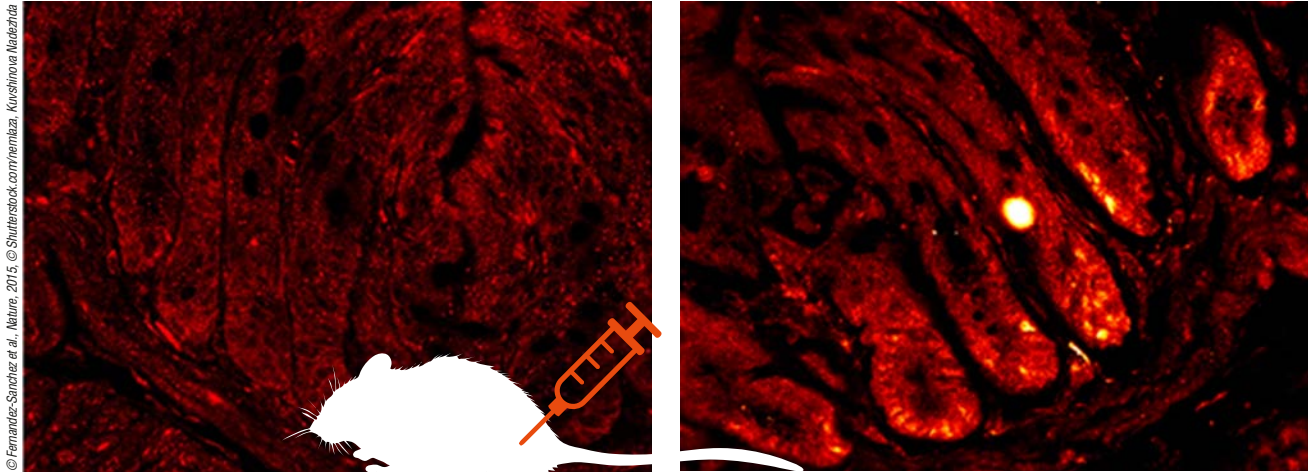
Des neurones bien dirigés

Avec des collègues, Maéva Vignes et Renaud Renault, à l'Institut Curie à Paris, ont cultivé *in vitro* des groupes de neurones de rat communiquant à sens unique : les axones les reliant n'ont poussé qu'à partir d'un groupe, à l'intérieur de microcanaux rectilignes et asymétriques (se rétrécissant). Complété par des techniques d'optogénétique et d'imagerie, ce système constitue un outil prometteur d'étude des circuits neuronaux.



R. Renault et al.

Biophysique



Une tumeur déclenchée par pression mécanique

Quand une tumeur grossit dans un tissu, elle appuie sur ce dernier.

La pression exercée suffit à produire une nouvelle tumeur dans le tissu.

Une tumeur peut en déclencher une autre. La seule pression mécanique qu'elle exerce en permanence sur les cellules voisines suffit, a montré l'équipe Mécanique et génétique du développement embryonnaire et tumoral (CNRS/UPMC/Institut Curie) dirigée par Emmanuel Farge, à Paris.

Depuis quelques années, on étudie le rôle des contraintes mécaniques dans la régulation des cellules. Diverses équipes ont montré l'importance de l'équilibre des forces physiques dans le développement et le fonctionnement des tissus de l'organisme. Au sein d'un tissu, les cellules sont étirées, cisailées, compressées au gré de son évolution et des mouvements des fluides. On s'est aussi aperçu que certains gènes sont mécanosensibles : ils s'activent lorsque la cellule subit une pression suffisante.

Oren grossissant, une tumeur comprime les cellules voisines, ce qui, par réaction mécanique, comprime aussi la tumeur. Plusieurs biologistes ont émis l'hypothèse, jusqu'ici testée en culture cellulaire, que cette pression modulait le degré d'agressivité de la tumeur. Emmanuel Farge et ses collègues ont proposé que

la pression permanente exercée sur les cellules saines voisines serait suffisante pour y déclencher l'expression anormale de gènes mécanosensibles tumoraux et, ainsi, les transformer en cellules tumorales.

Afin de vérifier cette hypothèse *in vivo*, ils ont d'abord évalué la pression qu'exerce une tumeur croissante sur les tissus voisins (une tumeur du colon à un stade précoce déclenchée chez des souris modèles). Ils ont ensuite appliqué au colon de souris saines une pression mécanique équivalente et vérifié si cette force déclenchait l'apparition d'une tumeur. Comment ? À l'aide de vésicules magnétiques et d'un aimant.

Les chercheurs ont injecté par intraveineuse, près du colon, des vésicules lipidiques chargées d'un fluide magnétique. Elles se sont nichées dans des cellules entourant les cryptes du colon. Les biophysiciens ont alors produit la force en attirant les vésicules magnétiques à l'aide d'un aimant placé à une distance adéquate de la souris. Après deux semaines sous cette contrainte, une protéine des jonctions entre cellules, la β -caténine, se comportait différemment dans la région ciblée. Sous l'effet de

la pression, une proportion plus importante de cette protéine s'était détachée des jonctions et relocalisée dans le noyau cellulaire.

La β -caténine est connue pour activer – quand elle est dans le noyau – l'expression de gènes impliqués dans la survenue de nombreux cancers. Or au bout d'un mois, ces mêmes gènes étaient exprimés en quantité dans la région sous contrainte, et celle-ci avait grossi tandis qu'apparaissaient des foyers d'anomalies dans les cryptes – premiers signes qu'une tumeur se forme. Certaines tumeurs induites avaient toutes les caractéristiques pour devenir invasives.

Au sein d'une tumeur, les cellules sont loin d'être toutes identiques. L'origine de cette diversité est un mystère : les mutations aléatoires ne sont pas assez fréquentes pour l'expliquer. Plusieurs facteurs concourent sans doute. Le mécanisme de propagation tumorale par pression mécanique en ferait-il partie ? Pour l'heure, Emmanuel Farge et ses collègues testent chez la souris s'il serait possible, par un moyen chimique, de freiner ou bloquer la croissance d'une tumeur induite mécaniquement.

M.-N. C.

M. E. Fernandez-Sanchez, S. Barbier et al., *Nature*, en ligne le 11 mai 2015

Dans les cryptes du colon d'une souris soumise à une pression mécanique permanente pendant plusieurs semaines, l'expression d'un gène tumoral est activée (à droite, observée par immunofluorescence). La pression est exercée à l'aide d'un aimant qui attire des vésicules magnétiques injectées près du colon (à gauche, les cryptes sans pression mécanique).