

MATHÉMATIQUES

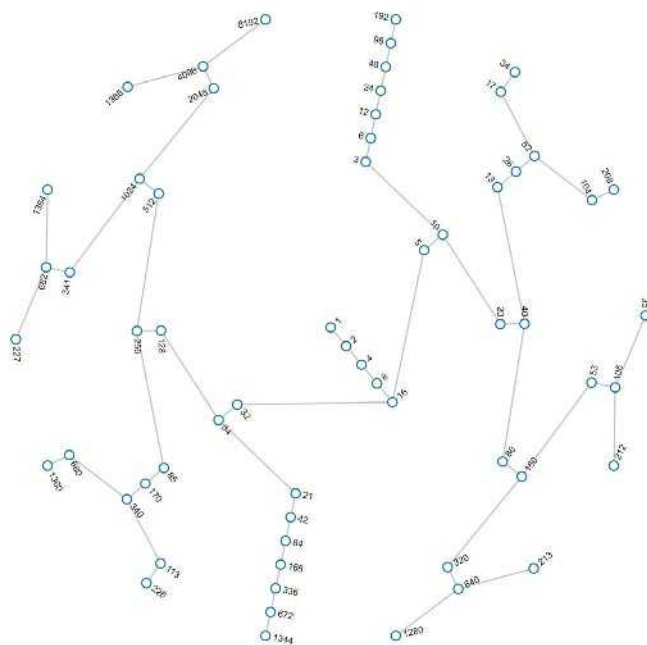
UNE PERCÉE DANS LA CONJECTURE DE COLLATZ

Ce problème mathématique à l'énoncé élémentaire défie les chercheurs depuis plus de quatre-vingts ans. Un résultat de Terence Tao ouvre une brèche.

En mathématiques, une conjecture s'énonce parfois très facilement tout en donnant du fil à retordre aux chercheurs. C'est le cas de la «conjecture de Collatz», ou «conjecture de Syracuse», qui a la réputation d'être le problème non résolu le plus simple de toutes les mathématiques. Proposée par l'Allemand Lothar Collatz en 1937, cette énigme part de la procédure suivante. Prenez un entier strictement positif; s'il est pair, divisez-le par 2; s'il est impair, multipliez-le par 3 et ajoutez 1. Répétez cette procédure – nommée «fonction de Collatz» – avec le nouvel entier obtenu, et ainsi de suite. La conjecture de Collatz affirme que vous finirez par tomber sur le nombre 1. Par exemple, si l'on part de 1, on obtient successivement les nombres: 1, 4, 2, 1, 4, 2, 1... et l'on reste bloqué dans cette boucle. En partant de 3, on trouve 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1... Aucune régularité n'émerge, mais on retombe toujours sur 1: c'est ce qu'affirme la conjecture. Terence Tao, de l'université de Californie à Los Angeles, vient de franchir un pas important en montrant que la conjecture est «presque vraie» pour «presque tous» les nombres.

Les mathématiciens ont numériquement vérifié la conjecture de Collatz pour tous les entiers jusqu'à environ 10^{20} , sans avoir réussi à fournir une preuve. Mais ils ont obtenu des résultats partiels: pour la plupart, ceux-ci donnent un résultat sur «presque tous» les entiers. Ce mot a un sens mathématique précis, qu'on définit souvent de la façon suivante. Pour un entier N et une propriété (P), on compte le nombre $N(P)$ d'entiers plus petits que N et vérifiant (P). On considère alors le rapport $N(P)/N$; si cette proportion tend vers 1 lorsqu'on fait croître N à l'infini, on dira que «presque tous» les entiers vérifient (P).

C'est ce type de résultat que vient d'obtenir Terence Tao, dans une version modifiée et forte. Considérons n'importe quelle fonction f associant à chaque entier un nombre réel, en supposant seulement qu'en prenant des entiers N tendant vers l'infini, les nombres $f(N)$ tendent aussi vers l'infini; autrement dit, f tend vers l'infini. Mais la fonction f peut cependant avoir une croissance très lente, comme la fonction logarithme, de sorte que $f(N)$ peut être



Ce graphe représente les nombres obtenus en itérant la fonction de Collatz à partir de certains entiers. Seuls les nombres qui mènent à 1 en 13 étapes ou moins sont représentés.

9 232

EN APPLIQUANT SUCCESSIVEMENT LA FONCTION DE COLLATZ À L'ENTIER 27, ON NE TOMBE SUR 1 QU'AU BOUT DE 111 ÉTAPES, EN PASSANT PAR DES ENTIERS DONT LE PLUS GRAND EST 9 232. IL EXISTE AINSI DES « SUITES DE COLLATZ » EXCEPTIONNELLEMENT LONGUES ET HAUTES PAR RAPPORT À L'ENTIER DE DÉPART.

beaucoup plus petit que N . Le théorème de Terence Tao stipule qu'en partant de «presque tout» entier N et en appliquant successivement la fonction de Collatz, on atteint au moins une fois une valeur inférieure à $f(N)$.

Pour prouver son théorème, Terence Tao a montré le résultat pour un ensemble d'entiers restreint, mais doté de certaines propriétés intéressantes qui le rendent «universel». Plus précisément, il a choisi ces entiers pour que leurs propriétés arithmétiques (ici, leurs restes dans les divisions par toutes les puissances de 3) soient adaptées au comportement de la fonction de Collatz.

Ce résultat ne suffit pas pour dire qu'on tombe toujours sur 1, mais cette avancée relance l'espoir d'une preuve – peut-être très différente de l'approche de Terence Tao – pour la version originelle de la conjecture. ■

L. G.

T. Tao, prépublication du 8 septembre 2019, <https://arxiv.org/abs/1909.03562>

EN BREF

UN CHAMPIGNON HORS D'ÂGE

Les champignons se fossilisent moins bien que les plantes. D'ailleurs, le plus vieux fossile de champignon connu remontait à 460 millions d'années seulement. Mais Steeve Bonneville, de l'université libre de Bruxelles, et ses collègues ont découvert (et identifié chimiquement) des restes fossiles de mycélium – le réseau dense de filaments microscopiques développé sous terre par les champignons – dans des roches africaines âgées de 715 à 810 millions d'années.

Sc. Adv., 22 janvier 2020

DE L'HYDROGÈNE MÉTALLIQUE ?

D'un point de vue de la conduction électrique, l'hydrogène gazeux est un isolant. Sous fortes pressions et à basse température, il devient liquide puis solide. En 1935, des chercheurs ont suggéré qu'avec une pression extrême, l'hydrogène solide deviendrait même conducteur ou « métallique ». Dans la quête ardue pour le vérifier, Paul Loubeyre, du CEA, et ses collègues auraient récemment créé cet état de la matière grâce à une pression de plus de 4 millions d'atmosphères.

Nature, 29 janvier 2020

L'INTELLIGENCE DES SEICHES

Les éthologues savent que les céphalopodes sont intelligents, et pas seulement « Paul le poulpe »... Cela se confirme avec les seiches : Pauline Billard, de l'université de Caen-Normandie, et ses collègues ont montré qu'elles utilisent leur mémoire pour optimiser leur alimentation. Habitues à recevoir systématiquement des crevettes – leur aliment préféré – au dîner, elles mangent moins de crabe le jour. Mais lorsque l'apport en crevettes est aléatoire, elles font des réserves et mangent plus de crabe.

Biology Letters, 5 février 2020

ÉVOLUTION

MARCHER SUR LES NAGEOIRES



Reconstitution de *Tiktaalik roseae*, un poisson qui vivait il y a 375 millions d'années et qui avait déjà des traits propres aux tétrapodes.

Il y a plusieurs centaines de millions d'années, des poissons osseux se sont aventurés sur les continents. Mais comment ces animaux aquatiques supportaient-ils leur propre poids et se hissaient-ils sur la terre ferme ? Neil Shubin, de l'université de Chicago, et ses collègues ont examiné le rôle des rayons des nageoires dans ce moment crucial de l'histoire évolutive.

Les paléontologues ont analysé plusieurs espèces et notamment *Tiktaalik roseae*. Ce poisson vivait il y a 375 millions d'années et aurait été capable de faire de brèves excursions sur les plages de l'époque. Les chercheurs ont choisi de l'étudier car il présente une mosaïque de caractères propres à la fois aux poissons osseux et aux tétrapodes, ce qui en fait un représentant idéal de la transition entre les modes de vie de ces deux groupes.

En comparant des modèles 3D des nageoires pectorales (celles qui ont évolué

pour donner les pattes antérieures des tétrapodes) de différentes espèces, obtenus par tomodensitométrie, les chercheurs ont constaté qu'au cours de l'évolution, les rayons sont devenus plus solides et qu'une asymétrie s'est développée entre les rayons du côté ventral et ceux du côté dorsal, les seconds devenant plus nombreux et plus larges que les premiers.

Chez *Tiktaalik roseae*, l'asymétrie est très forte, ce qui a donné une partie charnue, comme une paume, que l'animal devait utiliser pour se maintenir sur les sols boueux des rivières. Cette asymétrie suggère aussi la présence de puissants muscles sous les nageoires qui auraient aidé à supporter le poids de l'animal lorsqu'il se hissait à l'air libre. ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

T. A. Stewart et al., PNAS, vol. 117, n° 3, pp. 1612-1620, 2019, <https://www.pnas.org/content/117/3/1612>

ARCHÉOLOGIE

DES CARRIÈRES LIÉES À PIANTARELLA

Les « villas maritimes » sont de pompeuses résidences romaines de villégiature sur la mer. Une seule est connue en Corse : la villa de Piantarella, qui domine les bouches de Bonifacio. Mais s'agit-il vraiment d'un lieu de villégiature ? Une équipe de chercheurs de l'université libre de Bruxelles, de celle d'Aix-Marseille et de la DRASSM s'est emparée de la question, et propose que la villa soit plutôt le lieu de résidence d'un administrateur des carrières de granite situées dans l'archipel des Lavezzi tout proche et de l'autre côté du détroit en Sardaigne. Ces carrières avaient l'avantage de se trouver à quelques heures de bateau d'Ostie, donc de Rome. Les chercheurs ont montré que les traces d'extraction romaines sur l'île de Cavallo sont d'ampleur ; une autre habitation romaine construite sur



© CReA-Parimoin

L'un des fronts de taille de la carrière romaine de Cavallo.

l'île aurait répondu aux besoins d'administration, tandis qu'une structure rectangulaire de 10 par 6 mètres serait les restes d'une cabane de carriers. L'enquête se poursuit. ■

FRANÇOIS SAVATIER

Communiqué de l'université libre de Bruxelles, 15 janvier 2020, <https://bit.ly/2RZ9RIz>

NEUROSCIENCES

LA STRUCTURE INTIME DES AXONES RÉVÉLÉE

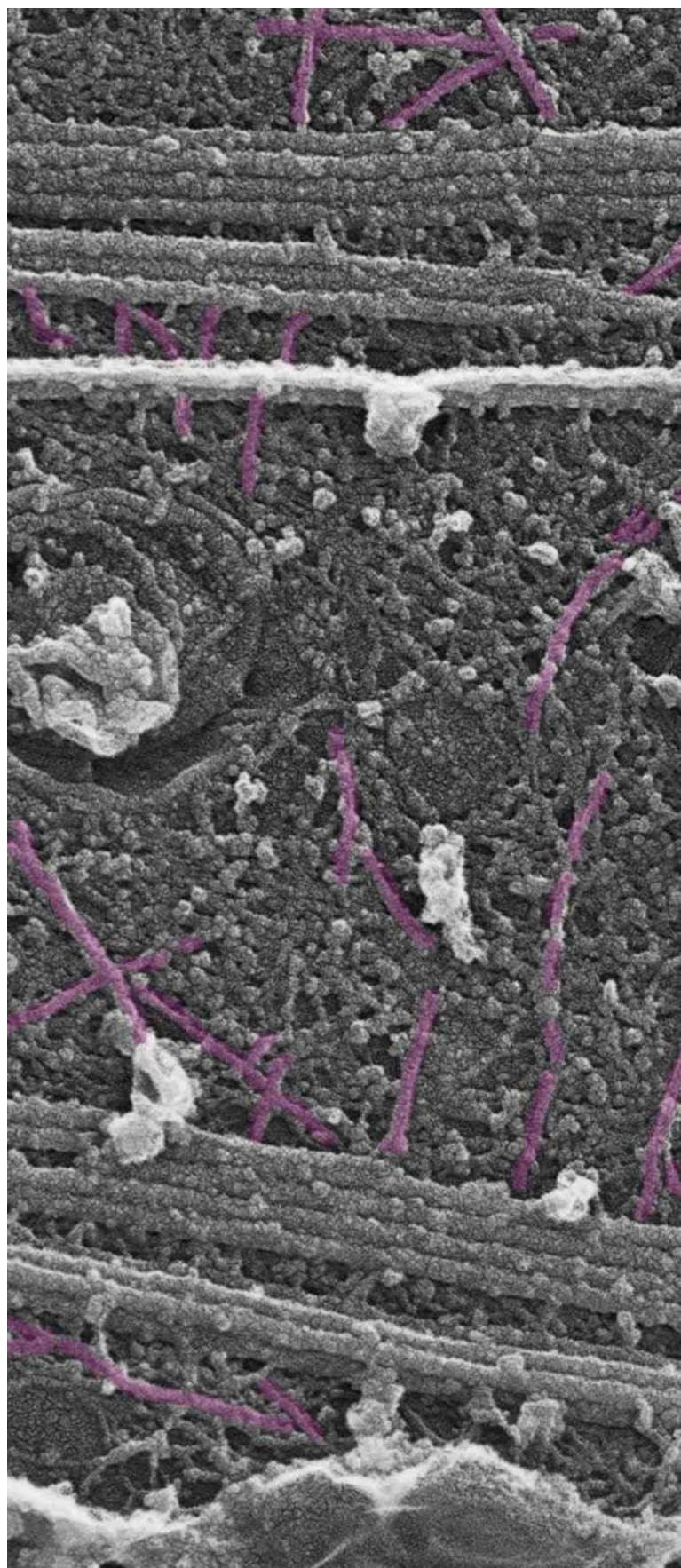
Observer l'intérieur du long bras des neurones – l'axone – à l'échelle des molécules : c'est la prouesse qu'ont récemment accomplie Christophe Leterrier, de l'Institut de neurophysiopathologie (CNRS/Aix-Marseille Université), à Marseille, et ses collègues.

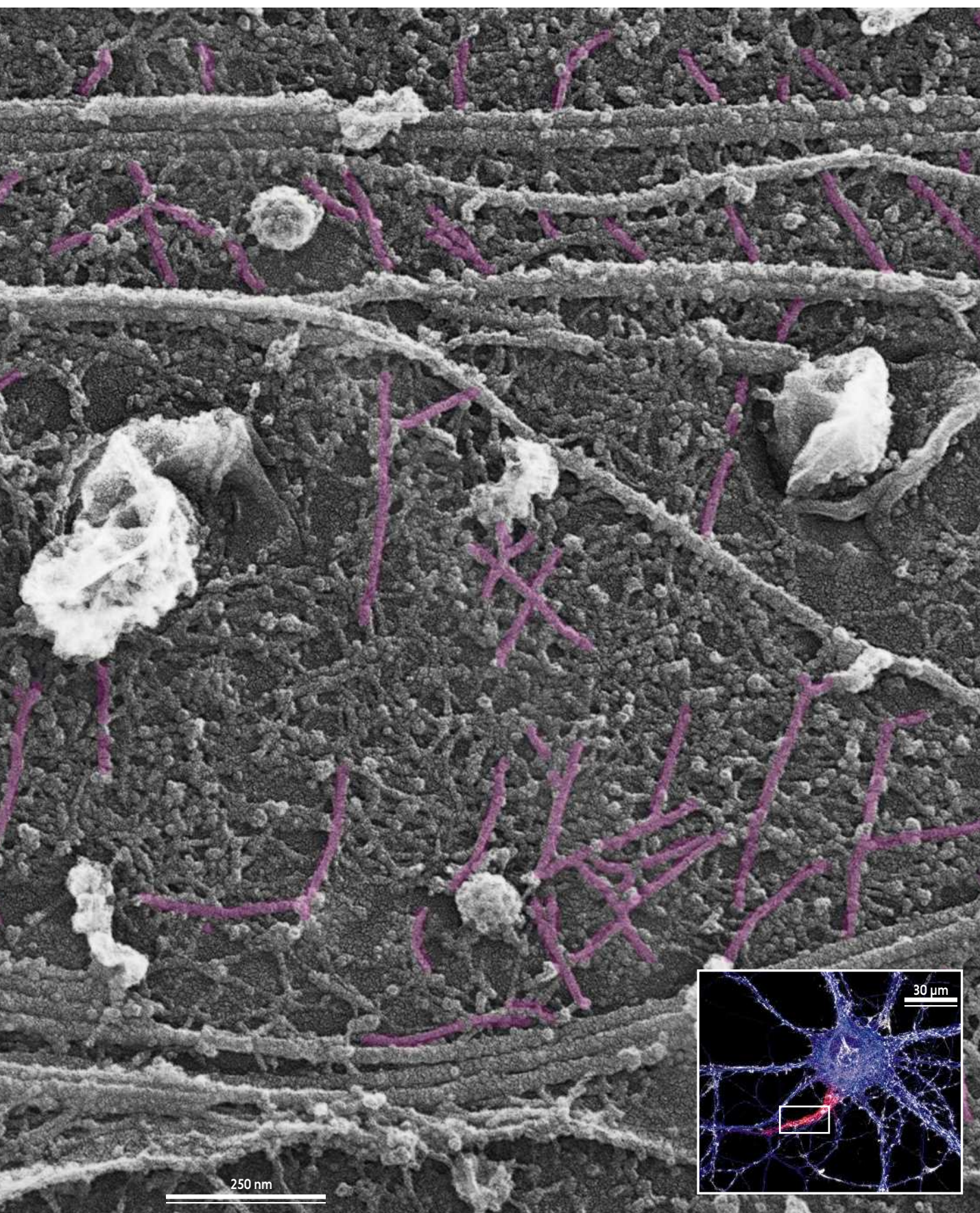
Grâce à la microscopie électronique, on sait depuis longtemps qu'à l'intérieur de ces fibres nerveuses, atteignant parfois plusieurs mètres, de longs polymères du cytosquelette – des microtubules – servent de rails au transport de vésicules. Ces dernières années, cependant, la microscopie optique à super-résolution a révélé qu'un autre composant du cytosquelette, l'actine (*en blanc dans le neurone en médaille*), forme une structure peu commune dans l'axone : des anneaux espacés par un réseau d'une autre protéine, la spectrine (*en rouge*).

Toutefois, l'organisation de cette structure restait inaccessible par ces approches. Pour l'étudier, l'équipe de Christophe Leterrier, avec Stéphane Vassilopoulos de l'Institut de myologie (Inserm/Sorbonne Université), a mis au point un protocole pour les combiner. Sur les images de microscopie électronique obtenues (*ci-contre*), par superposition, elle a ainsi non seulement retrouvé les longs rails de microtubules (*les longues molécules horizontales*), mais aussi les anneaux d'actine (*en violet*) parmi le dense réseau de spectrine. Elle a aussi déterminé que ces anneaux étaient constitués de longs filaments entrelacés et étaient connectés les uns aux autres par le réseau de spectrine, lui-même composé de petites tiges parallèles entre elles et perpendiculaires aux anneaux, l'ensemble étant relié par ailleurs aux microtubules. Une structure robuste qui explique comment de si longues fibres résistent dans l'organisme. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

S. Vassilopoulos *et al.*, *Nature Communications*, vol. 10, article 5803, 2019





© S. Vassilopoulos et al., Nature Communications, vol. 10, article 5803, 2019 (CC-BY-4.0) ; © Christophe Lefterrier / CC (en médaillon)

PALÉOGÉNÉTIQUE

DES INDICES SUR LE PASSÉ DES POPULATIONS AFRICAINES

Le séquençage de quatre génomes africains datant de 8 000 et 3 000 ans raconte une histoire inattendue.

Dans les années 1990, l'équipe de Pierre de Maret, de l'université libre de Bruxelles, découvrait 18 fossiles humains dans la grotte de Shum Laka, au Cameroun. Bien plus tard, ces chercheurs se sont rendu compte que cette grotte, située au frais derrière une chute d'eau et à 1600 mètres d'altitude, pouvait avoir rendu possible quelque chose de presque impossible: la conservation, sous un climat tropical humide, d'ADN ancien. Ils ont alors invité des généticiens de l'université Harvard à en rechercher dans les squelettes de Shum Laka. Et c'est ainsi que, tout récemment, quatre génomes vieux de 8000 et de 3000 ans ont pu être séquencés.

Ce très rare ADN africain ancien est d'autant plus sensationnel que Shum Laka se trouve dans les Grassfields, région du nord-ouest du Cameroun où la linguistique historique situe l'origine des cultures paysannes bantoues qui, à partir d'il y a 3000 ans, ont colonisé les deux tiers de l'Afrique. Les causes et le déroulement de cet événement majeur de l'histoire humaine étant énigmatiques, les chercheurs ont espéré identifier enfin un échantillon génétique des premiers Bantous. En fait, ils avaient tout autre chose...

Les génomes vieux de 3000 ans sont ceux d'un garçonnet et d'une fillette apparentés, âgés de 8 et 4 ans. Ils se révèlent beaucoup plus proches de ceux des chasseurs-cueilleurs actuels d'Afrique centrale (les pygmées Baka, Bakola ou Bedzan du Cameroun, les Mbutis de République centrafricaine) et même de ceux des chasseurs-cueilleurs d'Afrique australe (les Sans), qu'ils ne le sont des génomes bantous actuels. Il en va de même des génomes datant de 8000 ans, appartenant à un garçonnet et à un adolescent apparentés âgés de 4 et 15 ans: curieusement, même si 5000 ans les séparent, ils sont de lointains cousins des deux premiers. Ainsi, les gènes de Shum Laka sont manifestement issus du vieux fond génétique d'Afrique de l'Ouest, qui préexistait à la séparation des chasseurs-cueilleurs africains et des Bantous.

En comparant statistiquement les génomes entiers, les chercheurs ont simulé, à partir des souches humaines connues, le mélange de



Ces Sans namibiens, comme les Bantous, descendent des chasseurs-cueilleurs, présents partout en Afrique avant l'expansion bantoue.

gènes à l'origine des génomes de Shum Laka. Ce travail suggère que la souche ancienne dont ils font partie avec les pygmées est la première de quatre lignées qui, il y a entre 200 000 et 25 000 ans, ont divergé au sein de la population archaïque d'*Homo sapiens*. Parmi les trois autres, l'une est inconnue, une autre a donné les Sans et la dernière des Africains de l'est, qui ont contribué aux populations bantoues et sont à l'origine des Eurasiens.

Les individus de Shum Laka ont un ADN qui provient à 64 % du vieux fond génétique ouest-africain. Les Bantous ont aussi hérité en partie de ce fond, ce qui expliquerait une étonnante découverte: le chromosome Y de l'adolescent porte le rarissime haplotype A00 (un groupe de gènes transmis ensemble), l'un des plus anciens connus de la lignée humaine moderne. Or cet haplotype ne se rencontre aujourd'hui presque que dans les Grassfields, devenus bantous...

Que conclure? Bien que réduit, l'échantillon d'ADN ancien issu des quatre individus de Shum Laka nous fait apercevoir la diversité génétique de l'Afrique ancienne et nous a permis de reconstruire les très anciennes divergences entre groupes humains qui ont donné naissance à la diversité actuelle. ■

F. S.

M. Lipson et al., *Nature*, vol. 577, pp. 665-670, 2020

VIROLOGIE

LE GÉNOME DU CORONAVIRUS SÉQUENCÉ

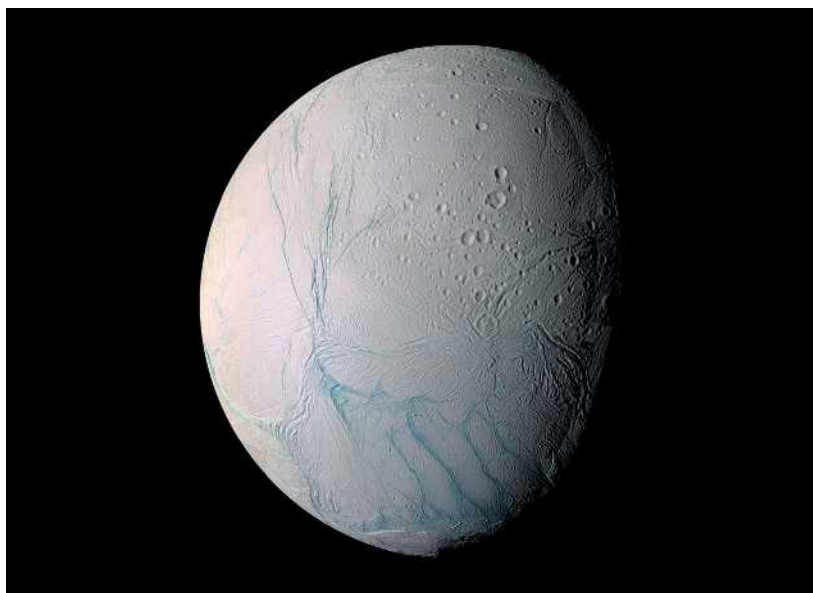
En décembre 2019, dans la ville de Wuhan, en Chine, une épidémie de pneumonie causée par un nouveau coronavirus, 2019-nCoV, a été détectée. Depuis, la maladie s'est propagée à travers le monde: on compte plus de 30 000 personnes infectées et 638 morts (au 7 février 2020). Afin de développer des tests de diagnostic efficaces, voire d'identifier des moyens de lutte contre l'épidémie, un effort important a été mené pour étudier le génome du coronavirus. L'institut Pasteur à Paris en a réalisé le séquençage complet en seulement cinq jours après réception des premiers échantillons. Premier résultat: les différents génomes analysés dans le monde présentent peu de diversité. Le virus n'a donc pas eu besoin de muter pour s'adapter et se propager. ■

SEAN BAILLY

Communiqué de l'institut Pasteur : http://bit.ly/PL5509_nCoV

PLANÉTOLOGIE

LES RAYURES DE TIGRE D'ENCELADE EXPLIQUÉES



Encelade présente, sur son pôle sud, quatre stries rectilignes parallèles, nommées « rayures de tigre » (en bas de l'image), par lesquelles s'échappe de l'eau sous forme de vapeur et de glace.

PHYSIQUE

DES AGRÉGATS DANS L'EAU

Dans les océans, à cause des variations de pression, de température et de salinité, la densité de l'eau est inhomogène. Cela influencerait sur le comportement des particules en suspension dans l'eau, comme la « neige marine », formée de débris microscopiques agglomérés provenant des couches de surface. Roberto Camassa, de l'université de Caroline du Nord à Chapel Hill, aux États-Unis, et ses collègues ont découvert un nouveau phénomène, une force horizontale qui agrège les particules dans certains milieux liquides stratifiés en densité. Ils ont observé que des billes de plastique de quelques dixièmes de millimètre de diamètre, placées dans un bac d'eau avec un gradient de salinité – et donc de densité –, se regroupent, en quelques heures, en un seul gros paquet en forme de disque horizontal ! Ils ont ensuite expliqué cette force en mettant les mouvements du fluide en équations. ■

L. G.

R. Camassa et al., *Nature Communications*, vol. 10, article 5804, 2019

En 2005, la sonde *Cassini* a photographié d'étonnantes stries à la surface d'Encelade, une lune glacée de Saturne. Longues d'une centaine de kilomètres de long, parallèles et régulièrement espacées, ces quatre « rayures de tigre », au pôle sud du satellite, laissent s'échapper de l'eau sous forme de vapeur et de glace provenant de l'océan liquide caché sous la croûte de glace de la lune. Comment ces fractures se sont-elles formées? Douglas Hemingway, de l'université de Californie à Berkeley, et ses collègues ont montré que l'influence de Saturne aurait indirectement provoqué la formation de l'une des fissures, qui aurait ensuite donné naissance aux autres.

La croûte glacée d'Encelade est d'épaisseur très variable. La cause: les forces de marée exercées par Saturne sur la lune. Elles déforment cette dernière, conduisent à des échauffements et, surtout, sont plus fortes au niveau des pôles où la glace n'a une épaisseur que de cinq kilomètres, contre une vingtaine à l'équateur. De plus, au gré de variations irrégulières de température du satellite, une partie de l'eau de la croûte fond en profondeur ou se solidifie à nouveau. Comme l'eau se dilate en se solidifiant, le phénomène engendre des contraintes mécaniques supplémentaires sur la croûte. Celles-ci auraient, d'après l'équipe, fragilisé la croûte au point qu'une première rayure de tigre se serait ouverte au pôle sud en expulsant de l'eau liquide, libérant presque toute la surpression interne. Mais une partie de cette eau serait retombée à proximité de la rayure sous forme de glace ou de neige en s'accumulant sur les bords de la première fissure. La force exercée sur la croûte glacée par ce poids accumulé aurait donné naissance, en cascade, aux autres rayures de tigre. ■

L. G.

D. J. Hemingway et al., *Nature Astronomy*, en ligne le 9 décembre 2019

GÉOSCIENCES

LUMIÈRE SUR LES ELFES CÉLESTES

Les éclairs sont un spectacle impressionnant. Pourtant, pendant un orage, de nombreux autres événements se déroulent à l'abri de notre regard, dans les nuages ou au-dessus d'eux. Ces « phénomènes lumineux transitoires », beaucoup plus difficiles à observer, sont donc moins bien compris que les éclairs. Parmi eux, les flashes de rayons gamma et les « elfes », ces lueurs rouges fugaces qui se forment haut dans l'atmosphère. Torsten Neubert, de l'université technique du Danemark, à Copenhague, et ses collègues ont exploité des données provenant d'un épisode orageux survenu le 10 octobre 2018 en Indonésie. Ils ont proposé un nouveau scénario qui explique ces deux phénomènes, fondé sur les variations rapides du champ électromagnétique se produisant lors d'un éclair.

Les elfes sont des phénomènes lumineux en forme de disque horizontal, rouges mais émettant aussi dans l'ultraviolet, qui apparaissent à environ 90 kilomètres d'altitude, dans l'ionosphère. Les « flashes de rayons gamma terrestres », ou TGF – pour *terrestrial gamma-ray flash* –, sont, eux, de violentes émissions X et gamma, formées dans la partie supérieure des nuages, à moins de 20 kilomètres d'altitude. D'après les chercheurs, les



Les éclairs intranuage donneraient naissance conjointement aux flashes de rayons gamma et aux elfes.

elfes et les TGF auraient la même cause : les éclairs internes à un nuage. Un tel éclair ionise l'air et engendre une impulsion électromagnétique qui accélère les électrons présents. Ces derniers donneraient naissance à un TGF en percutant les molécules de l'air. Puis cette onde électromagnétique se propagerait jusqu'à l'ionosphère, naturellement ionisée, où elle produirait un elfe en y excitant les électrons libres. ■

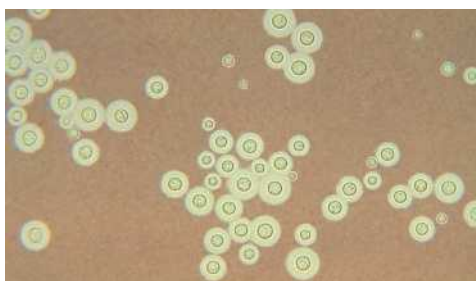
L. G.

T. Neubert et al., *Science*, vol. 367, pp. 183-186, 2019

BIOCHIMIE

DU CUIVRE AUX MÉNINGITES FONGIQUES

Des métalloprotéines des champignons seraient impliquées dans le déclenchement de méningites fongiques graves. Ces protéines sont apparentées aux LPMO (pour *lytic polysaccharide mono oxygenase*), des enzymes capables de dégrader la cellulose grâce à l'ion cuivre Cu^{2+} qu'elles contiennent. Jean-Guy Berrin, de l'Inrae, à Marseille, et ses collègues ont d'abord constaté que les métalloprotéines ne présentent pas l'activité enzymatique de dégradation des LPMO. Ils ont ensuite suggéré qu'elles jouent un autre rôle dans le champignon : elles y assureraient le transport et la régulation du cuivre. L'équipe de Dennis Thiele, de l'université Duke, aux États-Unis a conforté cette piste. Elle a montré que la métalloprotéine Bim1, de type



Les champignons *Cryptococcus neoformans* provoquent des méningites qui peuvent être mortelles pour les personnes au système immunitaire affaibli.

LPMO et *a priori* inactive, régule effectivement le cuivre dans le champignon microscopique *Cryptococcus neoformans*. Le champignon résiste ainsi aux attaques du système immunitaire humain, impliquant des ions Cu^{2+} , et se répand dans l'organisme. ■

MARTIN TIANO

A. Labourel et al., *Nature Chemical Biology*, en ligne le 13 janvier 2020 ; S. García-Santamarina et al., *ibid.*

EN BREF

DU PLASTIQUE POUR L'ÎLE DE PÂQUES

L'île de Pâques est isolée au sud du Pacifique, mais quand même menacée de pollution par les plastiques dérivants. Dans le cadre du projet ESMOI dédié à l'étude des îles chiliennes, Simon Jan van Gennip, du Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales, à Toulouse, et des collègues ont montré que les courants océaniques y apportent en moins de deux ans les plastiques jetés par les pêcheurs au large du Pérou ou parvenus dans la mer depuis les côtes américaines.

Scientific Reports, 23 déc. 2019

LE PLUS VIEUX CRATÈRE D'IMPACT

Yarrabubba, au centre de l'Australie occidentale, est un cratère d'impact dont l'âge restait mal connu. Chris Kirkland, de l'université de Curtin, en Australie, et ses collègues ont daté les zircons et la monazite choqués retrouvés sur place : 2 229 millions d'années. Cela en fait la plus ancienne structure d'impact connue. Comme l'impact a eu lieu au début de la sortie d'une glaciation mondiale, les chercheurs soupçonnent qu'il a modifié le climat.

Nature Comm., 21 janvier 2020

74 FOSSILES NÉANDERTALIENS EN SIBÉRIE

Avec des collègues, Kseniya Kolobova, de l'Académie russe des sciences à Novossibirsk, a mis au jour 74 fossiles néandertaliens et 90 000 outils en pierre et autres artefacts dans la grotte de Chagyrskaya, dans les montagnes de l'Altai, en Sibérie. Les chercheurs affirment que les outils correspondent étroitement au style des outils de Néandertal trouvés en Crimée et dans le nord du Caucase, ce qui suggère que les Néandertaliens de Chagyrskaya sont originaires d'Europe de l'Est.

PNAS, 27 janvier 2020

ÉVOLUTION

UN MICROBIOTE AU GRÉ DU VOL

De nombreux facteurs influent sur la composition du microbiote d'un hôte. Pour préciser l'importance de la coévolution entre l'hôte et les bactéries de son intestin, Frédéric Delsuc, de l'institut des sciences de l'évolution de Montpellier, et ses collègues ont analysé le microbiote intestinal de près de 900 espèces de vertébrés. Ils constatent que chez les mammifères terrestres, des hôtes à l'alimentation et la phylogénie proches ont des microbiotes similaires. Une exception: les chauves-souris, dont les populations bactériennes intestinales sont très variables – comme chez les oiseaux! Chez ces animaux, les adaptations physiologiques au vol auraient rendu moins cruciale la composition du microbiote. ■

S. B.

S. J. Song *et al.*, *mBio*, vol. 11, e02901-19, 2020

LINGUISTIQUE

UN ARBRE DES LANGUES DES SIGNES

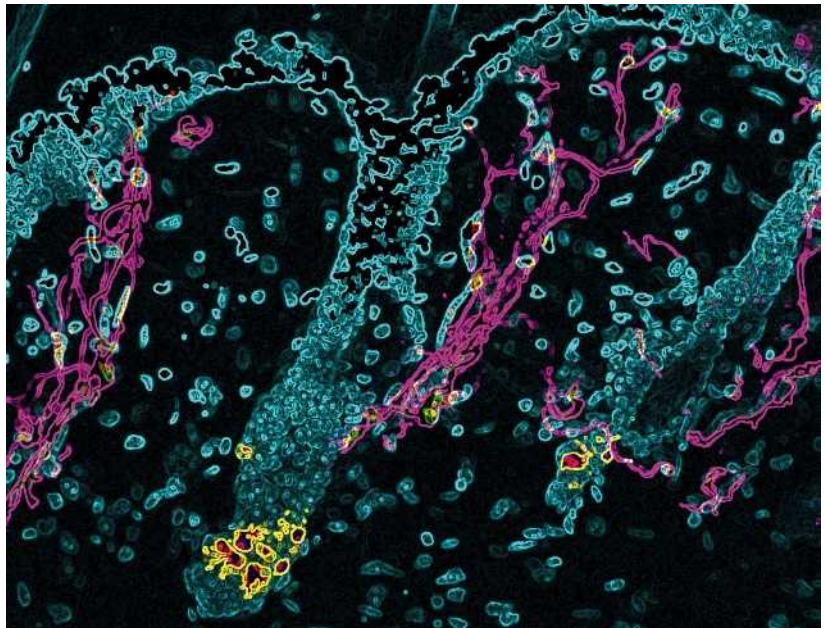
Les linguistes ont retracé avec précision l'évolution d'un grand nombre de langues... Mais les langues des signes, essentiellement orales, restent plus difficiles à étudier en raison du peu de traces écrites disponibles. Justin Power, de l'université du Texas à Austin, aux États-Unis, et ses collègues viennent de préciser les liens de parenté entre certaines langues de ce type. Pour ce faire, ils ont analysé 76 «alphabets manuels» remontant jusqu'en 1593; ces alphabets associent un geste manuel à chaque lettre et servent d'interface entre une langue des signes et une langue parlée – par exemple pour épeler un nom propre inexistant dans la langue signée. Les chercheurs ont ensuite codé numériquement les caractéristiques de ces configurations manuelles. En adaptant des méthodes informatiques d'ordinaire utilisées en phylogénétique, ils en ont déduit des relations de parenté entre ces langues. ■

L. G.

J. M. Power *et al.*, *Royal Society Open Science*, vol. 7, n° 1, 2020

PHYSIOLOGIE

LE STRESS DONNE BIEN DES CHEVEUX BLANCS



Sur cette vue de la racine d'un poil, les cellules souches (en jaune) sont au contact des nerfs du système sympathique (en magenta).

En cas de stress, «je me fais des cheveux blancs»! Mais est-ce vrai? Bing Zhang, de l'université Harvard, et ses collègues ont confirmé que ce n'était pas une idée reçue. Ils ont prouvé, en identifiant tous les mécanismes en jeu chez des souris, que le stress provoque bien l'apparition de poils blancs.

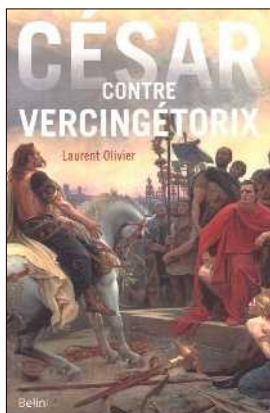
Pour ce faire, les chercheurs ont d'abord testé sur des souris au pelage complètement noir différents types de stress, par exemple une douleur ou l'exposition chronique à des événements imprévisibles. Tous provoquaient un blanchiment de leur pelage, mais, avec la douleur, il suffisait de quatre semaines pour que tous leurs poils deviennent blancs. Ces poils n'avaient plus de mélanine, molécule qui assure la pigmentation capillaire et qui est produite par les mélanocytes des follicules pileux.

Les chercheurs ont ensuite montré que les souris stressées ne présentaient plus assez de cellules souches de mélanocytes dans leur peau. En effet, sous l'effet de la douleur, ces cellules se différenciaient et mouraient trop vite, sans passer par la phase où elles produisent la mélanine. Ainsi, les poils noirs tombés n'étaient pas renouvelés par des poils à mélanine en raison d'une accélération de la maturation des cellules souches.

Quelle en est la cause? La douleur et le stress provoquent une stimulation du système nerveux sympathique, impliqué dans la régulation des fonctions vitales autonomes, telles que la respiration et le rythme cardiaque. Or ce système, qui permet au corps de réagir quand il est stressé, libère aussi de la noradrénaline, une molécule du stress, près des réserves de cellules souches. Bing Zhang et ses collègues ont alors montré que la noradrénaline ainsi sécrétée stimule la maturation des cellules souches et provoque leur disparition précoce. ■

BÉNÉDICTE SALTHUN-LASSALLE

B. Zhang *et al.*, *Nature*, vol. 577, pp. 676-681, 2020



ARCHÉOLOGIE-HISTOIRE

CÉSAR CONTRE VERCINGÉTORIX

Laurent Olivier
Belin, 2019
622 pages, 26 euros

Ce gros livre touffu, émaillé de titres et sous-titres piquants, raconte l'histoire de la Gaule en 52 avant notre ère. Cette année-là connut un vrai renversement de situation: César la commença en grand chef de guerre et il l'aurait terminée en petit chef de troupes en retraite, si Vercingétorix n'avait voulu anéantir son armée en la piégeant à Alésia.

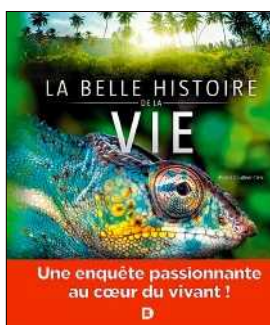
L'auteur présente les deux personnages, ce qui est plus facile pour le Romain, mieux connu que le Gaulois, puis il raconte le conflit. Il recommande de se méfier des écrits de César, ce qui avait été minutieusement établi par Michel Rameaud dans sa thèse de 1952. Mieux, il conseille de le comparer avec l'historien de langue grecque Dion Cassius, qui a utilisé une source hostile à César. Cette confrontation le conduit à présenter la stratégie de Vercingétorix comme une guérilla. Il ne faudrait pas négliger la stratégie, l'installation de troupes sur les versants est et sud du Massif central, ce qui a contraint César à retourner dans la vallée du Rhône pour y défendre la province romaine. Il ne faudrait pas non plus sous-estimer la poliorcétique: vaincus au siège d'Avaricum (Bourges), les Gaulois ont été vainqueurs à Gergovie.

Et nous arrivons à Alésia. Le débat entre les tenants de la localisation à Alise, en Côte-d'Or, et les partisans des Chaux-de-Crotenay, dans le Jura, est longuement analysé pour conclure en faveur du premier de ces deux sites. L'auteur montre que cette discussion académique a été polluée par des interférences politiques, où l'on voit apparaître non seulement Napoléon III, mais encore l'actuelle extrême droite.

Au total, Vercingétorix aurait été utilisé pour forger ce qu'il est convenu d'appeler un « roman historique ». Là se situe le lien entre ce passé lointain et notre présent.

YANN LE BOHEC

PROFESSEUR ÉMÉRITE À L'UNIVERSITÉ PARIS-SORBONNE



BIOLOGIE

LA BELLE HISTOIRE DE LA VIE

Michel Gauthier-Clerc
De Boeck, 2019
384 pages, 29 euros

Le titre accrocheur et... banal semble annoncer encore un ouvrage de vulgarisation sur l'histoire de la vie: sortie des eaux, dinosaures, mammouths, etc. Pas du tout! Il cache un contenu tout autre: il s'agit ici de l'histoire des inventions et découvertes essentielles qui ont conduit à la mise au jour des mécanismes du vivant. L'auteur a su présenter chaque découverte, chaque avancée des connaissances d'une façon à la fois claire et approfondie. Il montre comment ont sauté les verrous qui bloquaient le progrès scientifique, soit grâce des changements de paradigme, soit grâce à des avancées techniques.

Les interactions positives ou négatives entre religion et science sont mises en évidence. Les méfaits de l'utilisation abusive de certaines hypothèses ou théories scientifiques, tel l'eugénisme, sont aussi évoqués. Dans chaque cas, l'auteur explique comment les chercheurs ont pu faire leurs découvertes, parfois certes par « accident », mais les accidents en science ne sont que le fruit d'un travail acharné et d'interprétations correctes de résultats non attendus. Du nombre gigantesque des découvertes ayant été faites sur le vivant, l'auteur a su extraire celles qui ont joué un rôle scientifique ou sociétal majeur.

L'approche chronologique court du Paléolithique ancien à 2017. Elle crée un ordre bienvenu des idées, par ailleurs habilement illustrées et résumées de proche en proche. La bibliographie, y compris sur internet, est excellente. À ne pas manquer.

ANDRÉ NEL
MNHN, PARIS

