

déplacent dans le graphène comme si leur masse était quasi nulle. Ils atteignent alors des vitesses de l'ordre de 1 000 kilomètres par seconde, soit 150 fois plus que dans le silicium, la coqueluche de l'électronique.

En superposant deux couches de graphène faisant un angle relatif de $1,1^\circ$, on modifie la structure des bandes électroniques: la bande de conduction devient étroite tout en étant à moitié remplie. *A priori*, le système devrait se comporter comme un métal conducteur, mais ce n'est pas le cas. En effet, en raison de l'étroitesse de la bande, la répulsion électrostatique entre les électrons (d'habitude négligée dans la théorie des bandes) devient importante comparée à leur énergie cinétique. Ces interactions maintiennent alors les électrons immobiles, ce qui empêche la circulation d'un courant. On a alors ce qu'on appelle un isolant de Mott.

La double couche de graphène à angle magique est encore plus surprenante. En appliquant une tension électrique au dispositif, les chercheurs ont enrichi le milieu en électrons, ce qui permet de sortir de l'état d'isolant de Mott. Ils ont montré qu'en dessous de 1,7 kelvin (-271°C environ), le matériau devient non seulement conducteur, mais supraconducteur: sa résistance électrique est nulle.

La supraconductivité apparaît pour de nombreux matériaux à une température proche du zéro absolu. Or, depuis 1986, les physiciens ont découvert des matériaux supraconducteurs à des températures plus élevées, dépassant parfois 100 kelvins, dont certains cuprates (contenant un ion cuivre). Et ce phénomène de supraconductivité à haute température reste mal élucidé.

Les cuprates et la double couche de graphène ont des températures maximales de supraconductivité très différentes. Pourtant, les deux systèmes ont des ressemblances intrigantes. Notamment, les deux sont des isolants de Mott et ne deviennent supraconducteurs qu'en rajoutant des charges – par substitution chimique dans les cuprates ou par application d'une tension dans la double couche de graphène. Ainsi, avec cette dernière, les chercheurs ont un système simple pour étudier la supraconductivité non conventionnelle et le rôle des interactions électroniques, qui reste aujourd'hui mal compris. ■

SEAN BAILLY

Y. Cao et al., *Nature*, en ligne le 5 mars 2018

Les gènes des derniers Néandertaliens révélés

Autour de Mateja Hajdinjak, une équipe de l'institut Max-Planck d'anthropologie évolutionniste de Leipzig vient de séquencer cinq nouveaux génomes néandertaliens. Silvana Condemi, paléanthropologue au CNRS, nous explique les premiers tenants et aboutissants de ce flot de nouvelles données génétiques.



Propos recueillis par FRANÇOIS SAVATIER

SILVANA CONDEMI,
paléanthropologue
au CNRS/Aix-Marseille
Université/EFS

Qu'a fait l'équipe de Mateja Hajdinjak ?

Grâce à une méthode mise au point à l'institut Max-Planck de Leipzig, elle a réussi à séquencer les génomes de cinq Néandertaliens, dont quatre tardifs provenant d'Europe occidentale – un de France, deux de Belgique et un de Croatie – et un, plus ancien, du Caucase russe. Ce n'est pas rien : auparavant, nous disposions seulement du génome d'une Néandertalienne qui vivait dans l'Altai sibérien il y a environ 100 000 ans, ceux, partiels, de trois individus d'El Sidrón, en Espagne, datant d'il y a 40 000 à 50 000 ans et celui d'un individu mort il y a 44 000 ans dans la grotte de Vindija, en Croatie. Les nouveaux génomes datent d'entre 39 000 et 49 000 ans et nous renseignent sur la génétique des derniers Néandertaliens d'Europe.

Qu'apprend-on sur cette génétique ?

Sa structure est géographique. Les gènes des Néandertaliens tardifs d'Europe occidentale sont bien plus proches de ceux des Néandertaliens tardifs d'Europe orientale qu'ils ne le sont de ceux des Néandertaliens d'Asie. La même chose se constate dans le temps : le génome des Néandertaliens tardifs est plus proche de celui des Néandertaliens qui les précèdent que de celui des Néandertaliens anciens. Rien que de très logique, mais encore fallait-il le vérifier dans ces nouvelles données génétiques !

Et c'est tout ?

Non. On sait que les derniers Néandertaliens d'Europe occidentale vivaient à une époque d'oscillations climatiques extrêmes, qui ont rendu leur survie très difficile. Les auteurs de l'étude en déduisent que la proximité génétique entre Est et Ouest de l'Europe peut s'expliquer de deux façons : soit certains Néandertaliens occidentaux se sont

réfugiés dans le Sud-Est pendant les phases les plus froides, soit l'Ouest de l'Europe a été repeuplé par des Néandertaliens de l'Est après ces mêmes phases. Quelle que soit la bonne explication, elle traduit une fois de plus que les Néandertaliens étaient des chasseurs-cueilleurs très mobiles et très résilients, ce que nous savons bien.

Cette nouvelle étude nous apprend-elle quelque chose sur le métissage avec *Homo sapiens* ?

Oui, en creux. La même équipe avait déjà montré que tous les *H. sapiens* actuels non africains ont de l'ordre de 2 % de gènes néandertaliens en eux. Ces nouveaux travaux montrent que les Néandertaliens tardifs n'ont pas de gènes nucléaires sapiens en eux, ce qui est une énigme pour les chercheurs.

Cela apparaît d'autant plus problématique que ces Néandertaliens vivaient entourés de primo-arrivants sapiens. Une hybridation tardive entre les deux espèces était donc possible et semble plus que plausible. De fait, elle a bien eu lieu : en 2015, l'une des signataires de la nouvelle étude génétique a découvert que 8 % des gènes nucléaires contenus dans le fossile roumain Oase 1 d'un individu sapiens mort il y a quelque 40 000 ans étaient néandertaliens. Pour autant, Mateja Hajdinjak et ses collègues relèvent aussi que les gènes néandertaliens des Européens actuels ne sont pas proches de ceux des Néandertaliens tardifs d'Europe. Tant cette distance génétique que l'absence énigmatique de gènes sapiens chez les Néandertaliens tardifs s'expliquent alors si l'on fait – et valide – deux hypothèses : d'une part, que le métissage a surtout induit des flux géniques dans le sens *H. neanderthalensis* → *H. sapiens* ; d'autre part que le principal événement d'hybridation s'est produit hors d'Europe bien avant l'arrivée de nos ancêtres sur ce continent. Au Proche-Orient sans doute. Quand ? Cela reste à préciser. ■

M. Hajdinjak et al., *Nature*, vol. 555, pp. 652-656, 2018

ASTROPHYSIQUE

DES ÉTOILES NÉES 180 MILLIONS D'ANNÉES APRÈS LE BIG BANG

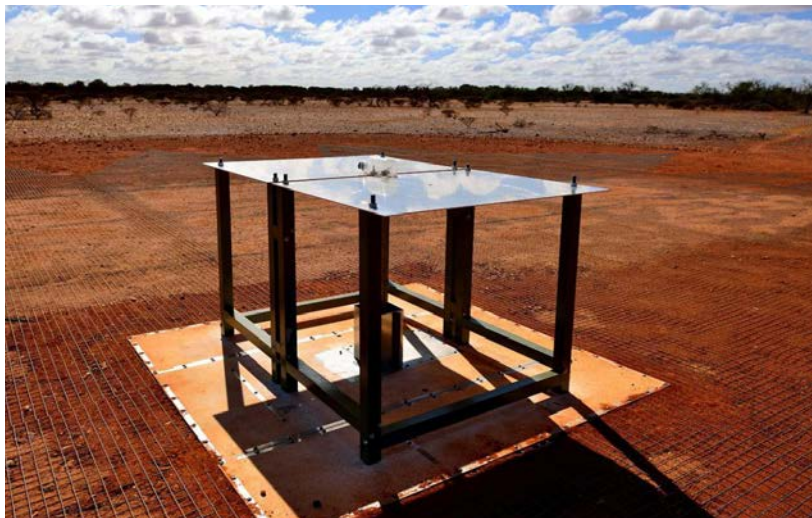
En étudiant le fond diffus cosmologique, la première lumière de l'Univers, des astrophysiciens ont détecté la trace des premières étoiles.

Grande comme une table de ping-pong posée au milieu du désert ouest-australien, à l'abri de toute perturbation électromagnétique, l'expérience EDGES «écoute» le cosmos pour y déceler un signal ténu venant des confins de l'Univers. Elle aurait ainsi détecté la présence des premières étoiles, formées à peine 180 millions d'années après la naissance de l'Univers. Ces étoiles sont bien trop lointaines et trop peu lumineuses pour être observées avec des télescopes ordinaires. C'est donc par des moyens indirects que Judd Bowman, de l'université d'État de l'Arizona, et son équipe les ont recherchées.

Ces astres sont importants pour l'histoire cosmique. En effet, ils ont brûlé très vite et en grande quantité leur hydrogène et leur hélium, et ont ainsi produit les premiers éléments lourds tels que le carbone et l'oxygène. Mais quand ces étoiles ont-elles commencé à peupler l'Univers? En 2017, Nicolas Laporte, de l'University College de Londres, et ses collègues ont étudié la galaxie A2744_YD4 telle qu'elle était dans l'Univers alors âgé de 600 millions d'années. Ils y ont trouvé de la poussière émise par des étoiles déjà disparues, qui se seraient formées quand l'Univers avait 400 millions d'années. Si ces étoiles sont parmi les plus anciennes connues, d'autres ont-elles pu naître plus tôt?

Judd Bowman et son équipe ont utilisé une stratégie très différente pour chercher les premières étoiles. Ils se sont intéressés au fond diffus cosmologique, un rayonnement émis 380 000 ans après le Big Bang. Le cosmos était à cette époque devenu assez froid pour que les noyaux d'hydrogène et les électrons se combinent et forment un gaz d'atomes neutres. Les photons ont alors pu se propager librement, d'où la première lumière de l'Univers – le fond diffus cosmologique. Mais après ce flash, le cosmos, rempli de gaz neutre et dépourvu de sources lumineuses, est entré dans l'ère sombre.

Il a alors fallu attendre la formation des premières étoiles, nées de l'accumulation d'hydrogène par effondrement gravitationnel, pour que les réactions de fusion en leur cœur se mettent à produire de la lumière. Ce rayonnement, de haute énergie, a excité les atomes du gaz



L'expérience EDGES, en Australie, mesure une partie du rayonnement électromagnétique cosmique pour y déceler des indices laissés par les premières étoiles.

4,4

MILLIARDS D'ANNÉES APRÈS LE BIG BANG : C'EST L'ÉPOQUE À LAQUELLE LA LUMIÈRE DE L'ÉTOILE LS1 A ÉTÉ ÉMISE. CELA ÉTABLIT LE RECORD DE DISTANCE D'UNE ÉTOILE OBSERVÉE EN OPTIQUE PAR LE TÉLESCOPE HUBBLE. UNE DÉCOUVERTE RENDUE POSSIBLE GRÂCE À UN EFFET DE LENTILLE GRAVITATIONNELLE, QUI A FORTEMENT AMPLIFIÉ LA LUMINOSITÉ DE L'ASTRE.

Source : *Nature Astronomy*, vol. 2, pp. 334-342, 2018

d'hydrogène dans son voisinage. Ce gaz a ainsi absorbé une composante du rayonnement de fond diffus cosmologique, à la fréquence particulière de 1420 mégahertz, qui correspond à une longueur d'onde de 21 centimètres – on parle de la «raie à 21 centimètres». Mais comme l'Univers est en expansion, le rayonnement cosmologique subit un décalage (en longueur d'onde, ou en fréquence) vers le rouge. Judd Bowman et ses collègues ont recherché la raie à 21 centimètres liée aux premières étoiles et décalée en fréquence à cause de l'expansion cosmique. C'est par ce principe que l'on peut déterminer quand les premières étoiles sont apparues.

Après des centaines d'heures de prise de données entre 2015 et 2017, et une analyse difficile pour extraire le signal du bruit de fond, l'équipe d'astrophysiciens a détecté la raie recherchée à la fréquence de 78 mégahertz. La forme du signal permet d'affirmer que les premières étoiles ont perturbé le gaz d'hydrogène dès 180 millions d'années après le Big Bang. Un résultat que devront néanmoins confirmer de futurs observatoires tels que le SKA, un réseau de détecteurs déployé en Afrique du Sud et en Australie et qui sera opérationnel vers 2022. ■

S. B.

J. D. Bowman et al.,
Nature, vol. 555, pp. 67-70, 2018

EN BREF

LE DERNIER RHINOCÉROS BLANC MÂLE EST MORT

Le 19 mars 2018, l'humanité a fait ses adieux à Sudan, le dernier rhinocéros blanc mâle de la sous-espèce *Ceratotherium simum cottoni* (c'est la seule représentante actuelle du genre *Ceratotherium*, l'un des quatre genres de rhinocéros). La santé de cet animal de 45 ans qui vivait dans un parc au Kenya avec les deux dernières femelles de son espèce s'étant dégradée, il a été euthanasié. Certains rêvent de faire remonter les effectifs de l'espèce en procédant par fécondation *in vitro*.

DAMA VOIT ENCORE DE LA MATIÈRE NOIRE

L'expérience Dama, dans le laboratoire du Gran Sasso, en Italie, vise à révéler des variations saisonnières du vent de matière noire à mesure que la Terre tourne autour du Soleil. Depuis vingt ans, ses physiciens interprètent en effet les flashes de lumière au sein de cristaux d'iodure de sodium comme le signal attendu. Confrontés au scepticisme de leurs pairs, ils ont reconçu leur détecteur et retrouvé le signal. L'expérience américano-coréenne *Cosine-100* et l'expérience espagnole *Anais* montent en puissance pour confirmer ou infirmer ce résultat.

UNE MOLÉCULE QUI IMITE L'ADN

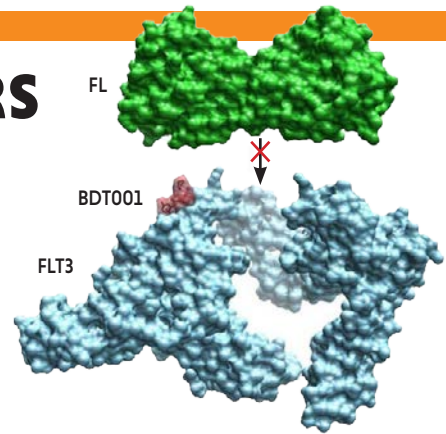
Ivan Huc, de l'université de Bordeaux, et ses collègues ont mis au point une séquence moléculaire artificielle imitant les propriétés de surface de l'ADN. Or de nombreuses protéines interagissent avec l'ADN en se fixant à sa surface. En servant de leurre, cette molécule artificielle peut alors inhiber l'activité d'enzymes – par exemple l'intégrase du virus du sida, qui permet à cet agent d'insérer son génome dans celui d'une cellule hôte.

NEUROBIOLOGIE

FIN DES DOULEURS CHRONIQUES ?

Quatre millions de personnes en France souffrent tous les jours, sans arrêt, d'une forme de douleur pour laquelle il n'existe presque aucun traitement: la douleur neuropathique. Elle est due à une lésion d'un nerf périphérique, elle-même provoquée par divers facteurs tels qu'un cancer, un zona, un diabète, un accident traumatique ou une intervention chirurgicale. Le problème: même si la cause de la lésion a été guérie, la douleur persiste. Jean Valmier, de l'Institut des neurosciences à Montpellier, Didier Rognan, de l'université de Strasbourg, et leurs collègues ont identifié une molécule responsable des douleurs neuropathiques, ainsi qu'une autre, qui bloque ses effets et donc la douleur.

Ces douleurs chroniques proviennent d'une hypersensibilisation des neurones de la douleur dans la zone de la lésion. En effet, les cellules immunitaires envahissant cette région sécrètent des molécules qui réparent les tissus, mais favorisent aussi l'hypersensibilité nerveuse. Les neuroscientifiques ont identifié l'une de ces substances: la cytokine FL. Ils ont montré que l'injection de cette molécule chez des souris provoque des symptômes similaires aux douleurs neuropathiques et des modifications moléculaires des neurones de la moelle épinière qui



En bloquant la liaison entre la cytokine FL et son récepteur FLT3, la molécule BDT001, en prise unique, atténue la douleur chronique pendant 48 heures chez la souris.

finissent par rendre la douleur chronique. Cette cytokine agit en se fixant sur un récepteur spécifique, FLT3, et c'est bien cette liaison qui déclenche la cascade de transformations neuronales à l'origine de la douleur neuropathique.

Des inhibiteurs de FLT3 existent déjà, mais ils présentent de nombreux effets secondaires. Pour y remédier, Didier Rognan et ses collègues ont criblé informatiquement trois millions de molécules et en ont identifié une, BDT001, qui supprime spécifiquement la liaison de la cytokine FL à son récepteur FLT3. Les tests sont très encourageants chez la souris et des essais cliniques sont prévus chez l'homme. ■

BÉNÉDICTE SALTHUN-LASSALLE

C. Rivat et al., *Nature Communications*, vol. 9, article 1042, 2018

BIOLOGIE VÉGÉTALE

LA SURPRISE DE LA SAXIFRAGE

S*axifraga scardica* pousse dans le nord du Monténégro, au Kosovo, en Albanie et en Grèce, à des altitudes comprises entre 1800 et 2500 mètres. Raymond Wightman, de l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, et ses collègues ont analysé la composition de la croûte minérale qui couvre ses feuilles. Ils ont découvert qu'elle contient du carbonate de calcium sous deux formes: l'une, la calcite, est l'un des minéraux les plus répandus sur Terre et on la retrouve dans de nombreuses saxifrages; l'autre, la vatérite, est beaucoup plus rare.

La vatérite est un cristal instable qui se solubilise facilement pour se recristalliser en calcite. De faibles quantités de vatérite ont été trouvées dans des météorites et des rochers, chez certains crustacés, dans des coquilles d'œufs d'oiseaux et dans l'oreille interne des



Les feuilles de saxifrages sont couvertes d'une croûte minérale, contenant dans certains cas un composé rare.

saumons. Ce serait la première fois que ce minéral est trouvé dans de telles quantités et la première fois qu'il est associé aux plantes. Plusieurs saxifrages produisent de la vatérite, substance qui serait intéressante pour délivrer des médicaments dans l'organisme. ■

ALINE GERSTNER

R. Wightman et al., *Flora*, vol. 241, pp. 27-34, 2018

EN IMAGE

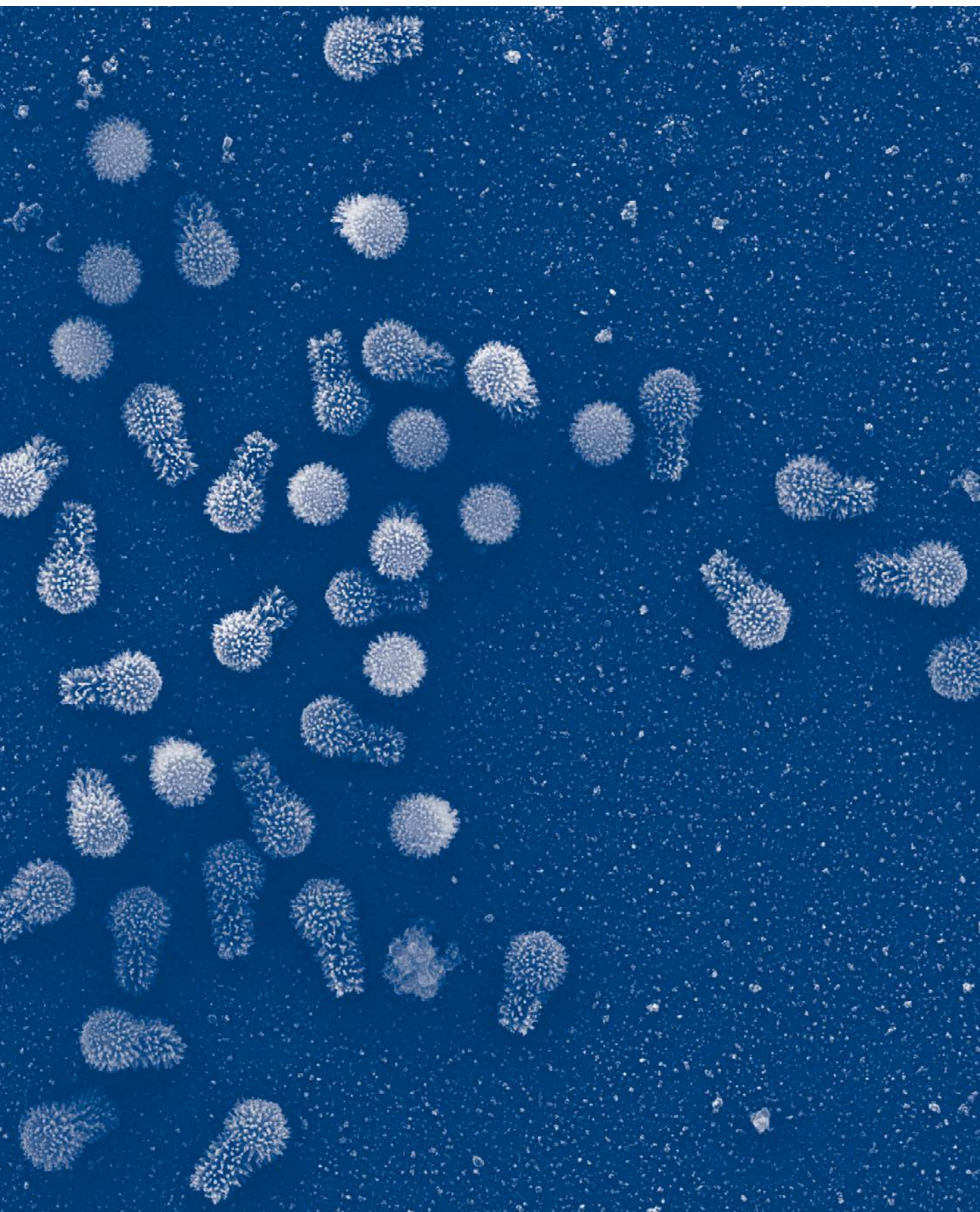
DES VIRUS GÉANTS TRÈS BACTÉRIENS

La frontière entre les virus et le monde cellulaire s'estompe encore un peu plus. **Mimivirus** et les autres virus géants d'amibes découverts depuis 2003 avaient déjà surpris les biologistes, car leur génome, particulièrement long, comportait des gènes impliqués dans la synthèse des protéines et que l'on n'avait jamais détectés chez des virus. À présent, autour de Jônatas Abrahão et de Bernard La Scola, de l'unité de recherche Microbes, évolution, phylogénie et infections et de l'IHU Méditerranée Infection, à Marseille, une équipe franco-brésilienne vient d'annoncer la découverte de *Tupanvirus*, un nouveau genre de virus géant d'environ 1,5 micromètre de long doté d'une machinerie de traduction du génome en protéines étonnamment complète. Découverts dans des milieux salés – un lac alcalin et un fond océanique –, les *Tupanvirus* (ci-contre vus au microscope électronique) portent en effet, outre une queue particulièrement longue, tout le nécessaire pour synthétiser des protéines, hormis les ribosomes, ces structures qui, dans les cellules, décodent l'information génétique. Il ne leur manque que la capacité à produire de l'énergie pour être... des bactéries! Reste à savoir dans quelle mesure les *Tupanvirus* utilisent cette machinerie pour se répliquer. Et à comprendre dans quelle histoire évolutive ils s'inscrivent. ■

F. S.

J. Abrahão et al., *Nature Communications*, vol. 9(1), article 749, 2018





CHIMIE

TRAITER LES EAUX POLLUÉES

Face à la pollution aux métaux lourds, les méthodes de traitement des eaux sont limitées, onéreuses et peu efficaces. Daniel Sun, de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, et ses collègues proposent une nouvelle solution: le Fe-BTC/PDA, un matériau composite à base de MOF (*metal-organic framework*) et de polymères.

Ce matériau a une structure de type MOF, c'est-à-dire un réseau tridimensionnel formant des pores réguliers où des ions métalliques (ici des ions Fe^{3+}) sont reliés entre eux par des anions organiques (ici des ions benzènetricarboxylate). Dans ce matériau, les pores sont partiellement remplis par du polydopamine, un polymère riche en groupements hydroxyles et amines susceptibles de se lier à des ions plomb (Pb^{2+}) ou mercure (Hg^{2+}) et ainsi de les piéger.

Le Fe-BTC/PDA présente de nombreux avantages. Sa structure métalloorganique lui confère une grande surface spécifique (plus de 1000 mètres carrés par gramme) qui, combinée à la forte affinité entre le polydopamine et les ions Pb^{2+} et Hg^{2+} , permet de fixer plusieurs centaines de milligrammes de ces ions par gramme de composé. Les propriétés dépolluantes du matériau sont ensuite restaurées par simple lavage avec une solution d'EDTA, un agent qui



La pollution des eaux en métaux lourds touche tous les pays, mais les méthodes de traitement sont jusqu'à présent peu efficaces.

extrait le métal de la structure poreuse en formant avec lui des complexes.

Les chercheurs ont évalué les performances du composite en situation réelle, à l'aide d'échantillons d'eau de rivière ou de mer, avec des concentrations en ions Pb^{2+} allant jusqu'à 1 microgramme par litre, soit 100 fois le maximum recommandé par l'OMS. Dispersé dans ces solutions, le matériau réduit en quelques secondes les quantités de plomb de 99,8%. Les concentrations en plomb sont alors acceptables pour la consommation humaine. ■

MARTIN TIANO

D. T. Sun et al., *ACS Central Science*, vol. 4 (3), pp. 349-356, 2018

PRÉHISTOIRE

CRO-MAGNON PAS MIGNON

Découvert dans l'abri du même nom, l'homme de Cro-Magnon est l'un des plus anciens *Homo sapiens* connus en Europe. Son fossile, celui d'un crâne vieux de 30000 ans environ, intriguait par ses lésions. Autour du paléopathologiste Philippe Charlier, de l'université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, une équipe vient d'expliquer son aspect et de représenter son visage.

Les chercheurs ont réalisé plusieurs toмоgraphies assistées par ordinateur de la région lésée, dont une de très haute résolution, et ont conclu à une maladie génétique: la neurofibromatose de type 1. La comparaison avec des cas types de lésions osseuses créées par cette maladie conservés dans des collections de référence a confirmé leur diagnostic. La neurofibromatose de type 1 occasionne le développement de



La reconstruction faciale de l'homme de Cro-Magnon avec tous les nodules créés par sa maladie présumée. tumeurs bénignes des nerfs périphériques à la fois superficielles et profondes – on parle dans ce cas de neurofibromes – ainsi que des taches sur la peau. À partir de leur diagnostic, les chercheurs ont proposé une nouvelle reconstruction faciale de l'homme de Cro-Magnon. Et, franchement, le Cro-Magnon n'avait rien de mignon... ■

F. S.

P. Charlier et al., *The Lancet*, vol. 391, p. 1259, 2018

EN BREF

L'ÉTOILE DE SCHOLZ PERTURBATRICE

Aujourd'hui, l'étoile de Scholz se trouve à environ 20 années-lumière de nous, mais il y a 70 000 ans, elle est passée dans le nuage d'Oort, réservoir de comètes du Système solaire. Sverre Aarseth, de l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, et ses collègues ont étudié 340 objets du Système solaire ayant des trajectoires hyperboliques, et conclu que certains ont été éjectés du nuage d'Oort, en raison du passage de l'étoile de Scholz.

SIGNE PRÉCURSEUR POUR LA MALADIE DE CHARCOT

La maladie de Charcot se traduit par une dégénérescence des neurones qui contrôlent la contraction des muscles. Aussi appelée sclérose latérale amyotrophique (SLA), elle conduit à une paralysie musculaire progressive. Marin Manuel, chercheur du CNRS à l'université Paris-Descartes, et ses collègues ont observé chez deux espèces de souris modèles de la SLA qu'à un stade précoce de la maladie, ces neurones deviennent moins sensibles aux stimuli du cerveau. Cela écarte l'hypothèse contraire qui était avancée, celle d'une surexcitabilité des neurones les plus vulnérables.

L'ŒIL DU MORPHO AU BLOC OPÉATOIRE

Pour repérer des tissus cancéreux, les chirurgiens utilisent parfois des colorants qui se lient aux cellules tumorales et émettent un signal dans l'infrarouge proche. Les techniques pour voir ce rayonnement sont cependant coûteuses et peu pratiques. Viktor Gruen, de l'université de l'Illinois, et son équipe se sont inspirés de nanostructures présentes dans l'œil du morpho, un papillon, et sensibles à l'infrarouge pour réaliser des lunettes peu onéreuses et assurant une vision précise.

LES MYCORHIZES VOYAGENT

Avec la mondialisation, certaines plantes sont introduites dans de nouvelles régions, mais la migration des microorganismes associés n'avait pas été étudiée. Marc-André Selosse, du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, et une équipe internationale ont étudié le cas du raisinier bord de mer (*Coccoloba uvifera*), originaire des Caraïbes et introduit au Brésil, au Japon, en Malaisie, à la Réunion et au Sénégal.

Des champignons du genre *Scleroderma* ont colonisé les racines de cet arbre, formant un organe mixte nommé mycorhize. Les chercheurs ont comparé les sclérodermes des sites d'introduction avec ceux des Caraïbes: ce sont presque les mêmes. Autrement dit, les champignons étaient aussi du voyage... ■

S. B.

S. Séne et al., *The ISME Journal*, en ligne le 13 mars 2018

CAVITATION DIGITALE

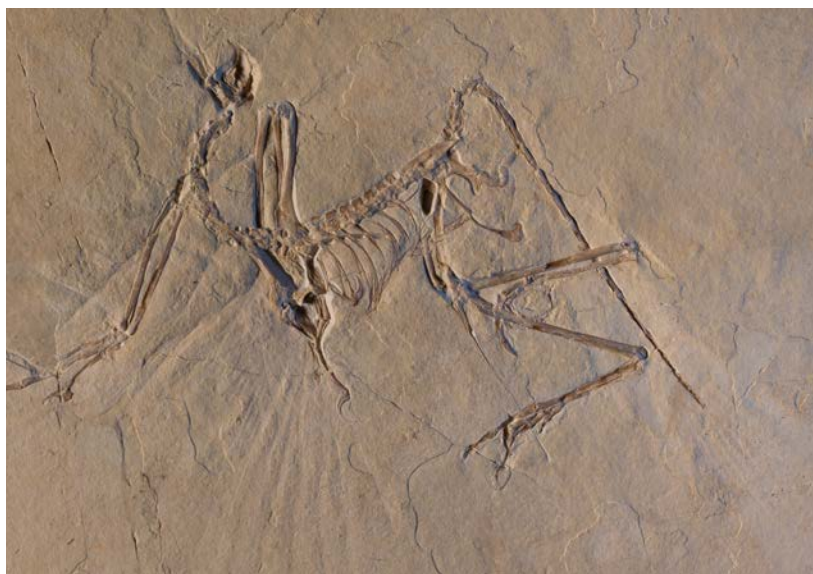
Nombre d'hypothèses expliquent le craquement des articulations des doigts: étirement des tendons, arrachement d'adhésions intra-articulaires... Toutefois, depuis qu'en 2015, l'équipe de Gregory Kawchuk, de l'université de l'Alberta, a filmé en temps réel la formation d'une cavité dans le liquide synovial d'une articulation étirée, c'est l'hypothèse d'un bruit lié à la brusque formation d'une bulle de gaz qui l'emporte. Abdul Barakat, de l'École polytechnique, et un collègue viennent de conforter cette hypothèse de la «cavitation» en calculant l'émission sonore de la bulle.

Les chercheurs combinent trois ingrédients: une représentation de l'articulation métacarpo-phalangienne comme un emboîtement de deux sphères; l'équation différentielle régissant la dynamique d'une bulle sphérique dans un fluide incompressible (équation de Rayleigh-Plesset); une émission acoustique proportionnelle à l'accélération du volume de la bulle. Résultat de cette approche simplifiée: l'essentiel de l'émission acoustique mesurée est correctement prédit. L'idée de la cavitation est la bonne! ■

F. S.

V. Chandran Suja et al., *Scientific Reports*, vol. 8, article 4600, 2018

L'ARCHÉOPTÉRYX VOLAIT COMME UN FAISAN



Le fossile munichois d'archéoptéryx, un petit dinosaure à plumes de la fin du Jurassique. Des impressions des plumes sont visibles dans la région des ailes et à l'extrémité de la queue.

L'archéoptéryx pouvait voler. C'est du moins ce que l'on a pensé en 1861, quand le premier fossile de cette espèce emplumée, dotée d'ailes et d'une longue queue pendante, a été découvert en Bavière. Depuis, on a constaté que le squelette d'archéoptéryx ressemble comme deux gouttes d'eau à celui de *Compsognathus*, un petit dinosaure carnivore bipède, datant comme lui de quelque 150 millions d'années; mais aussi que les oiseaux actuels descendent d'un groupe de dinosaures à plumes dont l'archéoptéryx ne fait pas partie. Dès lors, dans les années 1990, des chercheurs ont émis l'idée que, bien que l'archéoptéryx ait eu des plumes, il ne pouvait peut-être pas voler. C'est cette incertitude qu'une équipe internationale dirigée par Sophie Sanchez, de l'université d'Uppsala, vient de lever.

Pour trancher, les chercheurs ont choisi d'étudier de près des coupes transversales de l'humérus et du cubitus de 11 fossiles d'archéoptéryx et de les comparer à celles de 69 espèces de dinosaures et d'oiseaux modernes. Comme les fossiles d'archéoptéryx sont parmi les plus précieux au monde, dégager leurs os n'était pas envisageable. Pour les visualiser, les chercheurs ont donc utilisé le faisceau de rayons X du synchrotron européen ESRF, à Grenoble, spécifiquement dédié à la tomographie de fossiles. Sur les images en 3D de grande qualité produites, ils se sont concentrés sur la géométrie de la diaphyse (la partie centrale) des os des ailes. La forme des os des ailes est en effet conditionnée par le type de vol, puisqu'elle résulte d'un compromis, caractérisé par plusieurs paramètres, entre la force des membres et le poids de l'animal. Les chercheurs ont comparé les paramètres, par exemple l'épaisseur des os ou la résistance normalisée à la torsion, de trois fossiles d'archéoptéryx à ceux des autres espèces. Cette analyse suggère que les archéoptéryx pratiquaient un vol battu occasionnel pour fuir ou franchir un obstacle, comme le font les faisans ou les paons. ■

F. S.

D. F. A. E. Voeten et al., *Nature Communications*, vol. 9, article 923, 2018

LINGUISTIQUE

L'ÉNIGMATIQUE EXPANSION DES LANGUES PAMA-NYUNGAN

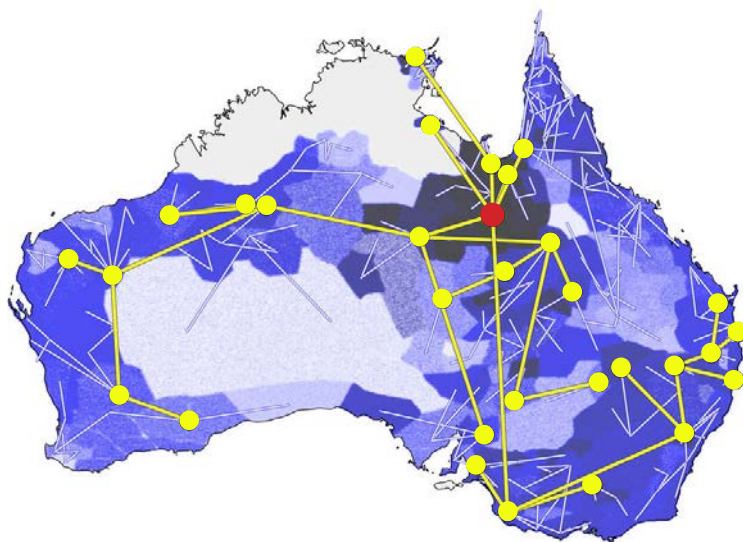
La construction de l'arbre de parenté d'une famille de langues aborigènes suggère qu'elle est entrée en expansion il y a plus de 5 000 ans, puis a très vite occupé 90 % de l'Australie.

Sur les 28 familles linguistiques des aborigènes de l'Australie, 27 sont limitées à l'extrême nord, tandis qu'une famille – la famille Pama-Nyungan – couvre les 90 % restants du continent. Comment cette étonnante situation s'est-elle établie ? Pour tenter de le savoir, Quentin Atkinson, de l'université d'Auckland, et des collègues ont dressé le plus probable des arbres de parenté des langues d'Australie. Sa structure les amène à proposer une explication à l'énigmatique expansion des langues Pama-Nyungan au sein des anciennes populations de chasseurs-cueilleurs australiens.

Les diverses hypothèses sur l'origine de la famille des langues Pama-Nyungan font varier leur âge entre 4000 et plus de 40000 ans. Selon une première hypothèse, des langues Pama-Nyungan auraient très vite remplacé des langues non Pama-Nyungan il y a 4000 à 6000 ans. Selon une autre, qui connaît plusieurs variantes, la famille Pama-Nyungan proviendrait de populations reliques juste après le dernier maximum glaciaire, il y a quelque 20000 ans. Une autre théorie relie plutôt l'origine du groupe Pama-Nyungan à une forte croissance démographique entraînée par l'amélioration du climat il y a quelque 10000 ans ; enfin, une dernière hypothèse, controversée, est que l'expansion de la famille Pama-Nyungan daterait de l'arrivée des hommes modernes en Australie, il y a plus de 40000 ans.

Afin de départager ces théories, les chercheurs ont appliqué à la linguistique les méthodes probabilistes de la cladistique, cette discipline consistant à dresser des arbres de parenté entre organismes vivants à partir des caractères qu'ils partagent ou non. Plus précisément, ils ont employé la « phylogéographie bayésienne », une méthode exploitant les probabilités composées afin de dresser dans l'espace l'arbre de parenté le plus probable. Ils se sont appuyés sur pas moins de 18238 mots Pama-Nyungan apparentés, enregistrés dans la base de données Chirila des langues aborigènes.

L'arbre le plus probable ainsi calculé correspond à la première hypothèse. Il suggère qu'avec une probabilité de 95 %, une région située dans



Le berceau des langues Pama-Nyungan est indiqué par la zone sombre située sous le golfe de Carpentarie. Les traits jaunes indiquent des déplacements successifs de langues de cette famille.

300

LANGUES
ABORIGÈNES OU PLUS
EXISTAIENT QUAND
LES EUROPÉENS
SONT ARRIVÉS
EN AUSTRALIE, IL Y A
QUELQUE 300 ANS.
IL EN RESTAIT ENCORE
ENVIRON 250 À LA FIN
DU XVIII^e SIÈCLE,
QUAND LES ANGLAIS
ONT FONDÉ
LEURS PREMIÈRES
COLONIES.
DE L'ORDRE DE 150
SONT ENCORE EN
USAGE QUOTIDIEN
DE NOS JOURS.

le Sud du golfe de Carpentarie (le golfe qui échancre la côte nord de l'Australie) a abrité le berceau de la famille il y a entre 7000 et 4500 ans. Puis une branche Pama-Nyungan aurait très rapidement gagné l'Ouest, atteignant les côtes occidentales avant de les longer vers le sud ; dans le même temps, une autre branche aurait investi tout l'Est de l'Australie jusqu'au Sud.

Une telle conclusion suggère qu'une population de chasseurs-cueilleurs est entrée en expansion. Toutefois, une étude génétique récente des locuteurs de langues Pama-Nyungan n'a pas permis de confirmer cette hypothèse. En revanche, les données archéologiques attestent d'un renouvellement des outils et des techniques d'extraction de ressources il y a quelque 5000 ans, après une dégradation du climat. Aussi les chercheurs proposent-ils que les langues Pama-Nyungan ont accompagné l'assimilation, par les chasseurs-cueilleurs australiens, de tout un ensemble d'innovations techniques avantageuses. En clair, la majorité des Aborigènes auraient très vite adopté la langue de ceux qui dominaient en réussissant mieux, un peu comme les Irlandais ont adopté l'anglais. ■

F. S.

R. R. Bouckaert et al., *Nature Ecology & Evolution*, vol. 2, pp. 741-749, 2018

EN BREF

LE CASSE-TÊTE DES GALAXIES NAINES

Dans les simulations de formation des galaxies, de petites galaxies se forment autour des grandes, avec une répartition aléatoire. Cependant, autour de la Voie lactée et de la galaxie d'Andromède, une grande part des galaxies naines se répartissent sur un plan particulier. Une explication invoquée est que la Voie lactée et Andromède appartiennent à un ensemble de galaxies, le Groupe local, qui aurait une dynamique particulière. Pour vérifier cet argument, Oliver Müller, de l'université de Bâle, en Suisse, a étudié la répartition des galaxies naines de Centaurus A, qui se trouve hors du Groupe local. Pas moins de 14 galaxies naines sur 16 sont dans un plan... Les simulations semblent donc incomplètes !

GÉOPHYSIQUE

EAU ET ONDES SISMQUES

Lors d'un séisme, des ondes sismiques se déplacent à travers la Terre à différentes vitesses et s'atténuent au cours de leur propagation. Les sismologues utilisent ces informations pour déduire la structure et la composition de la planète. «Jusqu'à présent nous pensions avoir identifié quatre paramètres principaux influant sur la vitesse et l'atténuation des ondes sismiques: la température, la présence de magma, c'est-à-dire de roche en fusion partielle, la composition des roches et l'eau», explique Eric Debayle, sismologue du CNRS à l'École normale supérieure de Lyon.

Or l'équipe de Christopher Cline, de l'université australienne de Canberra, vient de prouver que la présence d'eau dans les roches n'a en fait aucune influence sur la propagation des ondes sismiques. Pour ce faire, les chercheurs ont piégé des quantités variables d'eau dans des échantillons d'olivine, le minéral le plus abondant dans le manteau supérieur terrestre. Ils ont ensuite soumis chaque échantillon aux conditions de



L'olivine, ici sous forme de grains érodés, est le minéral le plus abondant dans le manteau supérieur de la Terre.

pression et de température du manteau terrestre et lui ont appliqué une torsion à l'une de ses extrémités pour observer la propagation des vibrations. La teneur en eau ne changeait rien. En revanche, les chercheurs ont montré que le niveau d'oxydation de la roche joue un rôle sur la propagation des ondes. ■

DONOVAN THIEBAUD

C. J. Cline *et al.*, *Nature*, vol. 555, pp. 355-358, 2018

ACTU/DÉBAT

Lundi 14 mai - 18h : Protéger le vivant : évolution de notre regard sur l'animal

Table-ronde animée par *Marie-Odile Monchicourt*, journaliste - Avec *Sabrina Krief*, primatologue, Muséum, *Patrick Morel*, réalisateur, *Michel Saint Jalme*, directeur de la Ménagerie du Jardin des Plantes, Muséum

UN CHERCHEUR UN LIVRE

Lundi 28 mai - 18h : Sagesse animale. Comment les animaux peuvent nous rendre plus humains

Ed. Stock, 19,50 € et 272 p. De et présenté par *Norin Chai*, vétérinaire en chef de la Ménagerie du Jardin des Plantes, Muséum

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution
36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5°

BAR DES SCIENCES

Dimanche 27 mai - 17h30 : La gestion de la biodiversité : quelles interactions humaines possibles ?

Animé par *Marie-Odile Monchicourt*, journaliste Avec *Hélène Artaud*, anthropologue, Muséum, *Shelly Masi*, primatologue, Muséum, *Anne-Caroline Prévot*, psychologue de la conservation, Muséum

Le café Les belles plantes
47 rue Cuvier, Paris 5°

Partagez
les savoirs
**LES
RENDEZ-
VOUS DU
MUSÉUM**

Entrée
gratuite

**Au Jardin
des Plantes**

Détails sur mnhn.fr,
rubrique :
"les rendez-vous du Muséum"

**POUR LA
SCIENCE**



GÉOSCIENCES

LA GLACE DES PROFONDEURS

Seuls minéraux à nous parvenir des couches profondes du globe terrestre, les diamants, formés à plus de 150 kilomètres de profondeur, agissent comme un coffre-fort préservant les inclusions, souvent minérales, qu'ils contiennent. En étudiant une dizaine de diamants à l'aide d'un faisceau de rayons X de haute énergie du synchrotron de Chicago, Oliver Tschauner, de l'université du Nevada, et ses collègues ont identifié dans leurs inclusions une forme de glace d'eau connue jusqu'ici uniquement en laboratoire. Cette découverte leur a fourni de précieuses informations sur la présence supposée d'eau liquide dans les régions du manteau où ces diamants se sont formés.

Cette glace, dénommée glace VII, résulte de la solidification, lors de la remontée du diamant, d'une inclusion d'eau liquide intégrée dans la structure du cristal. Le minéral étant très peu compressible, l'eau de ces inclusions reste quasiment aux mêmes conditions de pression que lors de son piégeage, mais sa température baisse au fil de la remontée, d'où sa solidification.

En explorant avec précision les caractéristiques physiques de ces cristaux de glace grâce à la diffraction des rayons X, les chercheurs ont



Oliver Tschauner tient un échantillon de diamant qui présente des inclusions de glace d'eau.

estimé la pression à laquelle les diamants se sont formés. Les inclusions étudiées indiquent des pressions de formation allant de 1 à 25 gigapascals (10 000 à 250 000 atmosphères). Les chercheurs en déduisent que certains de ces diamants se seraient formés à des profondeurs allant jusqu'à 800 kilomètres. D'après ces résultats, l'eau se trouverait sous forme liquide jusque dans le manteau inférieur. Les futures recherches devraient nous confirmer la présence de ces phases aqueuses profondes et nous permettront peut-être de les quantifier. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

O. Tschauner *et al.*, *Science*, vol. 359, pp. 1136-1139, 2018

AGRONOMIE

AGRICULTURE DURABLE EN CHINE

Depuis 30 ans, la Chine nourrit plus d'un milliard d'habitants. Malheureusement, cela s'accompagne d'une utilisation massive d'engrais: plus de 300 kilogrammes d'azote par hectare et par an, soit quatre fois la moyenne mondiale. Depuis 2005, Fusuo Zhang, de l'université chinoise d'agriculture, à Beijing, et ses collègues ont mis en place un vaste projet visant à produire autant, voire plus, et à augmenter le revenu des producteurs tout en réduisant l'usage des produits azotés, et ils viennent d'en dresser un bilan.

Les chercheurs ont d'abord recensé les meilleures pratiques selon diverses conditions climatiques et de cultures auprès de 13 123 exploitations. Plus d'un millier de scientifiques, 65 000 fonctionnaires du secteur et 14 000 représentants en fournitures agricoles ont alors tra-



Comment développer une agriculture durable en Chine, par exemple dans les rizières de la région du Yunnan ?

vaillé ensemble pour organiser quelque 14 000 ateliers, 21 000 démonstrations sur site et distribuer 337 000 prospectus. L'approche a permis d'augmenter en moyenne les rendements de 11% et de diminuer l'usage des engrais de 15 à 18%. Pour les producteurs, cela a représenté un gain de 12,2 milliards de dollars sur 10 ans. ■

NOËLLE GUILLON

Z. Cui *et al.*, *Nature*, vol. 555, pp. 363-366, 2018

EN BREF

LA COURSE AUX SOMMETS

Du fait du réchauffement climatique, la flore de basse altitude migre de plus en plus vers les hauteurs, où la température s'adoucit. Jonathan Lenoir, de l'université de Picardie-Jules-Verne, et une équipe internationale ont étudié 302 sommets de massifs européens entre 2007 et 2016 ; et ont constaté que le nombre d'espèces ayant colonisé les sommets est cinq fois supérieur à celui de la période 1957-1966. Si aucune disparition d'espèce des sommets n'a été constatée, la cohabitation pourrait bientôt devenir difficile.

VOIR LES SONS EN COULEURS

La synesthésie est un phénomène, souvent héréditaire, qui mêle plusieurs sens. Par exemple, certains synesthètes associent des couleurs aux formes ou aux sons. Cela s'explique par une plus grande connectivité neuronale, mais l'origine de celle-ci restait à élucider. Chez trois familles de synesthètes son-couleur, Simon Fisher, de l'université Radboud, à Nimègue, aux Pays-Bas, et ses collègues ont identifié des variants rares de gènes qui contribuent à la formation de connexions neuronales.

PEAU ARTIFICIELLE

Dimitri Ivanov, de l'université de Haute-Alsace, et ses collègues ont conçu un matériau biocompatible composé d'un unique polymère. L'élastomère produit présente les propriétés mécaniques de la peau de porc : il est souple, mais durcit quand on l'étire. Les chercheurs ont eu la surprise de voir qu'en déformant cette peau artificielle, elle change de couleur. La lumière interfère avec la structure moléculaire et diffuse une couleur qui dépend des distances entre certaines parties des molécules.

PHYSIQUE

LA CHALEUR DES VILLES

Les villes sont des îlots de chaleur où la température de l'air est en général plus élevée que dans les zones rurales. L'effet est surtout marqué la nuit et varie d'une ville à l'autre. Roland Pellenq, du Centre interdisciplinaire de nanosciences de Marseille, et son équipe ont montré qu'une ville aux rues droites et perpendiculaires, comme New York, piège davantage de chaleur qu'une ville au plan moins régulier, comme le cœur historique de Los Angeles.

Pour ce faire, les chercheurs ont modélisé la dynamique thermique des bâtiments. Ils ont inclus l'organisation spatiale des immeubles dans leur modèle grâce à des outils statistiques. Ils ont montré que dans les villes ordonnées, les bâtiments sont plus proches les uns des autres et échangent donc plus facilement de la chaleur, ce qui entrave son évacuation. ■

S. B.

J. M. Sobstyl et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 120, article 108701, 2018

ARCHÉOLOGIE

MILLE-FEUILLE SOUS LE MANS

Fouiller le centre d'une vieille ville de France revient à explorer un mille-feuille écrasé. L'équipe de Stéphane Augry, de l'Inrap, vient de restituer celui qui s'est formé à l'intérieur de 2500 mètres carrés de sol entourant le chevet gothique de la cathédrale Saint-Julien, au Mans.

Là, dans un espace limité par le mur de la ville médiévale et par l'ancienne enceinte romaine, les archéologues ont retrouvé les fondations d'un palais épiscopal, d'une chapelle de la Renaissance, des éléments sculptés de la cathédrale enterrés à ses pieds lors d'une réfection, l'extrémité pavée d'une rue et moult poubelles...

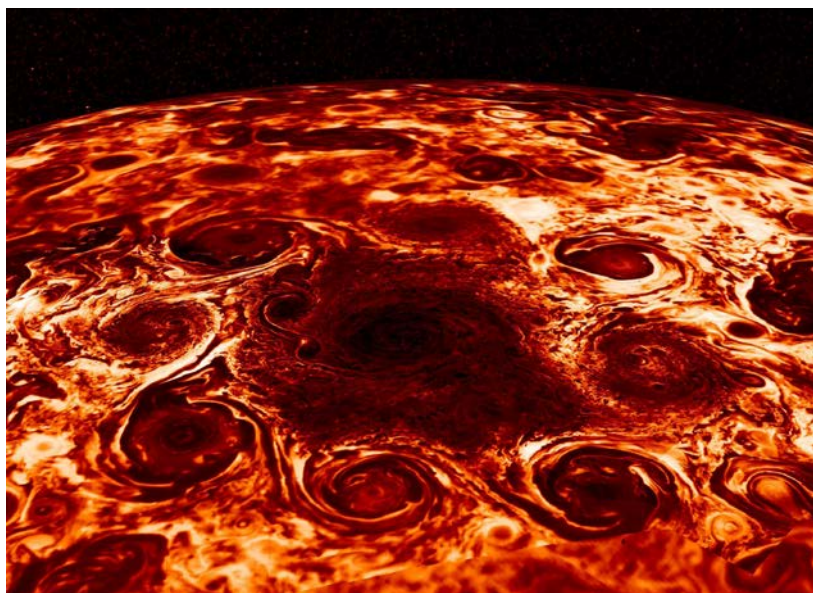
Toutefois, c'est surtout le dégagement de deux pans de la célèbre enceinte romaine rose de la ville qui les ravit. Leur parement de pierres liées par un mortier rose où s'intercalent à intervalles réguliers des strates de briques témoigne du soin apporté à la fin du III^e siècle à la fortification de la ville, après que l'empereur Dioclétien eut ordonné la construction de remparts autour de toutes les villes de l'Empire. ■

F. S.

inrap.fr/fouilles-aux-abords-de-la-cathedrale-du-mans-10941

ASTROPHYSIQUE

DES VENTS DANS LES ABÎMES DE JUPITER



Cette image reconstituée à partir des données de l'instrument JIRAM de la sonde *Juno* met en évidence le grand cyclone au pôle nord de Jupiter entouré de huit autres cyclones.

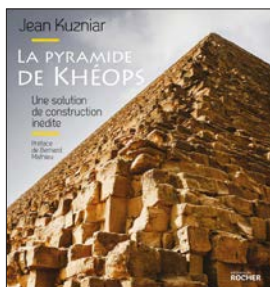
L'atmosphère de Jupiter exhibe de grandes bandes parallèles à l'équateur où soufflent des vents atteignant 600 kilomètres par heure. Les planétologues tentent depuis plusieurs décennies de comprendre la dynamique de ces vents. Par exemple, se manifestent-ils en profondeur ou sont-ils un phénomène de surface? Les récentes données de la sonde *Juno* ont permis de répondre à la question.

Afin d'arriver à leur conclusion, les chercheurs ont mesuré le champ gravitationnel de Jupiter. En effet, toute asymétrie dans ce champ serait le signe d'une structure interne complexe, comme un écoulement important de matière. Pour ce faire, les chercheurs ont suivi avec une grande précision la trajectoire de la sonde *Juno*. En notant toute variation anormale de sa vitesse (avec une précision de 0,01 millimètre par seconde), ils ont reconstitué le champ gravitationnel de la planète. Deux équipes, l'une menée par Yohai Kaspi, de l'institut Weizmann, en Israël, et l'autre par Tristan Guillot, de l'observatoire de la Côte d'Azur, ont utilisé ces résultats pour montrer qu'il existe des écoulements de gaz (de l'hydrogène et de l'hélium) jusqu'à 3000 kilomètres de profondeur. Dans cette région, la pression est 100 000 fois supérieure à celle régnant à la surface de la Terre. Les atomes s'y ionisent en perdant leurs électrons. Les particules chargées ainsi apparues créent des forces qui s'opposent alors à la circulation des vents. Plus en profondeur, la matière a donc un mouvement de rotation comme si elle était solide.

Ces résultats permettront peut-être d'expliquer certains phénomènes observés par *Juno*, notamment ceux qui se déroulent au niveau des pôles. Par exemple, comment expliquer la stabilité de ces structures comportant un cyclone central entouré de plusieurs autres, que l'on n'observe pas sur Saturne? ■

S. B.

A. Adriani et al., *Nature*, vol. 555, pp. 216-219, 2018 ; L. Less et al., *ibid.*, pp. 220-222 ; Y. Kaspi et al., *ibid.*, pp. 223-226 ; T. Guillot et al., *ibid.*, pp. 227-230



ÉGYPTOLOGIE

LA PYRAMIDE DE KHÉOPS, UNE SOLUTION DE CONSTRUCTION INÉDITE

Jean Kuzniar

Le Rocher, 2017

120 pages, 19,90 euros

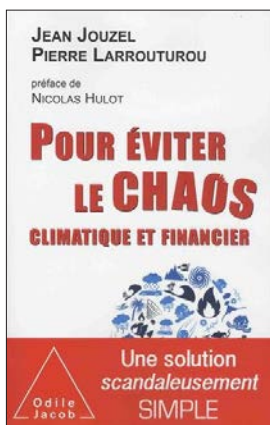
Encore la grande pyramide, une énième solution pour résoudre le « mystère » de sa construction, penseront certains... L'auteur ne prétend pas proposer « la » solution ni résoudre tous les problèmes. Plus modestement, il aborde la question d'un point de vue surtout pratique. Il essaie d'abord de définir les problèmes qu'ont eu à résoudre les concepteurs : organisation du chantier, matériaux, etc. Ensuite, il se demande comment les ouvriers utilisaient les outils qui nous sont parvenus, et cela par l'expérimentation et la pratique.

Il parvient ainsi à des résultats surprenants. Les fameux « berceaux oscillants », régulièrement présents dans les dépôts de fondation, sont par exemple à utiliser à l'envers de ce qu'on croyait : ils se révèlent particulièrement adaptés au déplacement de blocs de deux à trois tonnes. Ou encore la mise en évidence du rôle des « pierres de pivotement », que l'on prenait pour des poids : en considérant leur forme spécifique et les traces d'usure, l'auteur montre qu'elles servaient à déplacer des blocs dans les deux sens et sur différents terrains.

Si l'utilisation de certains outils reste une hypothèse, beaucoup des solutions proposées sont très séduisantes. Elles frappent par leur simplicité et témoignent d'une parfaite connaissance du milieu, ce qui va tout à fait dans le sens de ce que nous savons des Égyptiens. Cet ouvrage apporte un regard neuf et propose des solutions simples et rationnelles, nous permettant de mieux appréhender les techniques mises en œuvre et de faire un grand pas dans la compréhension de ce monument fascinant. À un moment où des études totalement différentes ont une nouvelle fois mis en lumière cette pyramide, on voit tout l'intérêt d'aborder le monument sous des angles différents.

NADINE GUILHOU /

UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER



CLIMATOLOGIE

POUR ÉVITER LE CHAOS CLIMATIQUE ET FINANCIER

Jean Jouzel et Pierre Larroustourou

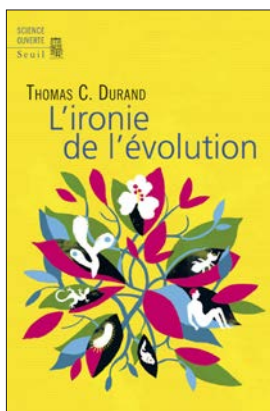
Odile Jacob, 2017

432 pages, 22 euros

Due à la plume de Jean Jouzel, paléo-climatologue du CEA qui fut vice-président du Giec, la première moitié de ce livre traite du changement climatique en cours. Ses conséquences physiques comme l'élévation des températures sont décrites en détail, mais les impacts biologiques, comme la sixième extinction de la biodiversité, le sont à peine. Après ce fracassant état des lieux, Pierre Larroustourou prend le relais et propose une « solution scandaleusement simple » : « Pour sauver les banques, on a mis 1 000 milliards. Pourquoi ne pas mettre 1 000 milliards pour sauver le climat ? » Cet ingénieur agronome bien connu en politique décrit les problèmes financiers et la solution qu'il préconise : une sorte de plan Marshall de transition énergétique. Le livre bénéficie d'une préface enthousiaste du ministre de l'Écologie. Ce n'est plus au niveau français que ce projet – qui serait financé par la BCE – est proposé, mais à celui de l'Europe, avec la création d'un impôt sur les bénéfices. Et le président Emmanuel Macron est invoqué pour diviser par quatre nos émissions de gaz à effet de serre. Les auteurs ont ainsi converti le plomb en or : de l'énorme menace du changement climatique, nous passerions à un programme donnant un sens à la politique européenne.

Reste que ces propositions suscitent quelques interrogations. Notre pays peut-il convaincre les autres ? N'escamote-t-on pas d'autres menaces, la démographie par exemple, sachant que l'augmentation de la population mondiale est devenue le principal facteur d'accroissement de l'effet de serre ? Ce projet est-il trop ambitieux ?

PIERRE JOUVENTIN / DIRECTEUR
DE RECHERCHE ÉMÉRITE DU CNRS



MÉDECINE-SANTÉ

SANTÉ, SCIENCE, DOIT-ON TOUT GOBER ?

Florian Gouthière

Belin, 2017

432 pages, 18 euros

L'auteur, qui travaille dans des émissions de télévision, cherche à aider de plus jeunes que lui dans le domaine de la santé. Son livre est utile et courageux: il part en guerre contre les marchands d'orviétan, démonte des stratégies de communication d'un certain monde plus souvent technologique que scientifique, analyse des cas où la presse générale a été au-dessous de tout en matière d'information scientifique ou technologique, combat des bastions d'antiscience, etc.

Alors, certes, ce livre ne fera pas de mal aux jeunes journalistes... Plaira-t-il à l'«honnête homme du XXI^e siècle»? En tout cas, ce dernier en apprendra de belles sur une certaine presse, sera sensibilisé à des agissements qui pourraient lui nuire, sera incité à être critique, s'il a la faiblesse de ne pas l'être déjà. Mais quand il est question d'honnêteté, comme ici, il y a toujours cette difficile question de la stratégie: a-t-on vraiment besoin de convaincre ceux qui sont convaincus, et a-t-on la moindre chance de réfuter ceux qui ne veulent pas l'être?

À cet égard, je ferai deux critiques à la démarche de l'auteur. La première me semble être de ne pas avoir expliqué le débat actuel, dans de nombreuses revues scientifiques, sur la valeur p des tests d'hypothèse (« $p < 0,05$ »). Ce débat est en effet essentiel en biologie, dans les sciences de l'humain et de la société. La seconde est de ne pas mieux discuter l'oxymore «démonstration scientifique».

Qu'importe! Retenons surtout que Voltaire nous a alertés: «N'est-il pas honteux que les fanatiques aient du zèle et que les sages n'en aient pas?» Florian Gouthière semble faire partie de la seconde catégorie, puisqu'il est prudent, et non point timide, ce don il faut lui être reconnaissant.

HERVÉ THIS / INRA-AGROPARISTECH

BIOLOGIE

L'IRONIE DE L'ÉVOLUTION

Thomas C. Durand

Seuil, 2018

256 pages, 20 euros

Dans un univers éditorial où les livres sont trop souvent, à l'image de leur époque, éphémères et superficiels, celui-ci a manifestement été réfléchi pendant des années. Or son auteur est jeune, a enseigné la biologie végétale à l'université Claude-Bernard, à Lyon, a effectué des recherches en physiologie végétale à l'École normale supérieure de Lyon, a déjà écrit plusieurs nouvelles et pièces de théâtre, anime un blog militant («La menace théoriste») ainsi qu'une chaîne Youtube à la fois humoristique et sérieuse («La tronche en biais»). Bref, son profil est atypique. Toutes ces activités et ce premier essai de vulgarisation scientifique visent à développer l'esprit critique dans un contexte zététique militant, afin de nous protéger des croyances complotistes, homéopathiques, créationnistes, etc. Le style est plaisant et la bibliographie riche. Les définitions et concepts abondent, ce qui est pédagogique, mais exige un minimum de connaissances en biologie. Comme son titre l'indique, ce livre a pour objet d'expliquer les nombreuses résistances à la théorie de l'évolution (qui n'a pourtant pas de concurrente scientifique et satisfait la quasi-totalité des biologistes) par plusieurs biais cognitifs inscrits dans notre cerveau: «C'est un peu comme si l'évolution nous avait fabriqués avec la consigne de ne pas croire en elle», dit-il plaisamment. Dans le contexte de la psychologie évolutionniste, ces dénis sont innés et adaptatifs, ce qui est paradoxal et inquiétant, mais indiscutable d'après les études récentes.

PIERRE JOUVENTIN / DIRECTEUR DE RECHERCHE ÉMÉRITE DU CNRS

ET AUSSI



CRÉDULITÉ & RUMEURS

Gérald Bronner/Jean-Paul Krassinsky

Le Lombard, 2018

72 pages, 10 euros

Pour le sociologue (et chroniqueur à *Pour la Science*) Gérald Bronner, il est urgent de prendre conscience à quel point notre environnement nous transforme, beaucoup plus souvent que par le passé, en dupes. Le dessinateur de cette BD didactique lui a donné les traits d'un adolescent à la chevelure brune donnant à un copain blond un peu benêt une série de leçons sur les biais cognitifs. Ne vous y trompez pas : les benêts, c'est nous, autant que nos adolescents. Une excellente lecture, pour « faire face aux théories du complot et aux fake news ».

GIORDANO BRUNO

Jean Rocchi

Matérialogiques, 2018

464 pages, 24 euros

Le sous-titre présente le célèbre philosophe de la Renaissance italienne Giordano Bruno comme un précurseur des Lumières. Pour le préfacier (l'éditeur), il le fut avant tout en tant que martyr de la libre-pensée. L'auteur raconte la longue fuite de Bruno à travers l'Europe et ses épiques luttes intellectuelles, jusqu'au combat ultime contre le tribunal du Saint-Office, qu'il perdit pour avoir trop souvent accepté puis refusé de se rétracter. Les remarquables intuitions de cet inventeur avant l'heure des expériences de pensées, de l'héliocentrisme, des mondes habités et de l'univers infini parsèment son cheminement, celui d'un héros de la liberté intellectuelle.

LES RESCAPÉS DU GONDWANA

Éric Guilbert, Christophe Daugeron et Cyrille D'Haese

SYNOPS/MNHN, 2017

224 pages, 24,90 euros

Certains scientifiques grimpent aux arbres pour étudier les fragiles écosystèmes des cimes forestières. Aidés par un grimpeur professionnel et un photographe, quatre d'entre eux sont partis traquer les microfaunes rescapées du Gondwana – un supercontinent disparu il y a 160 millions d'années – dans les forêts de Nouvelle-Calédonie, de Madagascar, de Nouvelle-Zélande, de Patagonie, d'Afrique du Sud et d'Australie. Résultat : partout la même fragilité face au réchauffement climatique ; partout la même beauté sublime.

PARIS

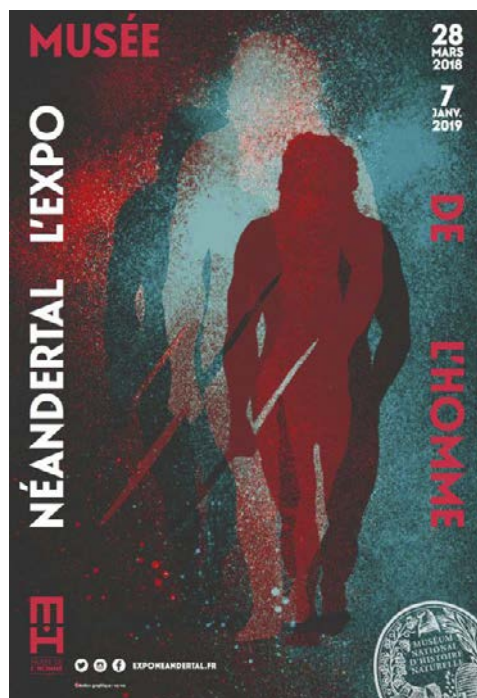
JUSQU'AU 7 JANVIER 2019

Musée de l'Homme
exponeandental.fr

Néandertal

Les découvertes paléanthropologiques se sont multipliées ces dernières années. Celles concernant les Néandertaliens trouvent dans cette grande exposition un relais bienvenu vers le grand public. Car il n'y a pas si longtemps, on avait des hommes de Néandertal (*Homo neanderthalensis*) une vision caricaturale et fautive: celle de sous-humains primitifs aux allures de brutes, survivant avec peine dans des milieux perpétuellement enneigés. La visite de l'exposition permet ainsi de balayer bon nombre des idées reçues sur cette espèce humaine sœur de la nôtre, apparue il y a quelque 350 000 ans et disparue il n'y a que 30 000 ans environ.

Un parcours en trois parties est proposé, au fil duquel le portrait du Néandertalien se précise peu à peu. Dans la première, «Le temps d'une journée», le visiteur est immergé dans l'environnement naturel où vivaient les Néandertaliens, environnement qui a d'ailleurs varié en fonction des phases climatiques. Il se voit décrire le quotidien de ces chasseurs-cueilleurs nomades, grâce notamment à une reconstitution en grandeur réelle du campement de «La Folie» et à la présentation d'outils mis au jour en ce site. Dans la deuxième partie du parcours, on se retrouve face à des fossiles exceptionnels, dont huit crânes, qui permettent de caractériser le physique des Néandertaliens, voire leurs



capacités cognitives qui, semble-t-il, n'étaient pas inférieures aux nôtres. La troisième partie, enfin, aborde de grandes questions qui restent débattues, telles que la cohabitation avec *Homo sapiens* et les raisons de la disparition des Néandertaliens. Une riche et instructive exposition, à ne pas manquer si l'on veut mettre ses pendules à l'heure préhistorique. ■

ANNECY

JUSQU'AU 4 NOVEMBRE 2018

La Turbine sciences
laturbinesciences.fr

La mécanique des plantes



Diversité et histoire des plantes, modes de nutrition et de reproduction: ces grands axes sont proposés aux visiteurs par le biais d'observations et de jeux interactifs, mais aussi, ce qui est original, par le biais de sculptures évocatrices et de dispositifs mécaniques visant à expliquer la machinerie végétale. ■

CLERMONT-FERRAND

JUSQU'AU 4 NOVEMBRE 2018

Muséum Henri-Lecoq
clermontmetropole.eu

Mathissime



Redécouvrir les maths de façon ludique et interactive, telle est l'ambition de cette exposition accessible à partir de l'âge de 6 ans. Expérimentations

et jeux mettant en œuvre des notions fondamentales, histoire des mathématiques et de ses grands personnages, histoire des machines à calculer...: voilà ce qui attend le visiteur. ■

ET AUSSI

Jeudi 3 mai, 18 h
Campus Joseph-Aiguier
Marseille

provence-corse.cnrs.fr
TARA PACIFIC

Conférence de Denis Allemand, du Centre scientifique de Monaco, sur l'expédition Tara Pacific et l'exploration des récifs coralliens, des joyaux de la nature menacés.

Jeudi 3 mai, 14 h - 20 h
BNF - Paris

www.bnf.fr

MANGEONS DEMAIN !

Lors de cette demi-journée ouverte au public, des apprentis des arts culinaires présentent les résultats de leur travail pour un concours de création culinaire. Avec une table ronde sur l'alimentation du futur, et dégustation pour le prix du public.

Du 14 au 16 mai en soirée
France et ailleurs

www.pintofscience.fr

PINT OF SCIENCE

Des scientifiques sortent de leurs laboratoires et viennent dans les bars discuter avec le public de leurs dernières découvertes. En France, l'événement concerne plus de 40 villes.

Mardi 15 et jeudi 17 mai, 18 h
Chambéry (le 15)
et Annecy (le 17)

www.univ-smb.fr

ONDES

GRAVITATIONNELLES

Didier Verkindt, chercheur du CNRS au Laboratoire d'Annecy de physique des particules, raconte l'histoire de ces ondes particulières, dont l'idée remonte au début du xx^e siècle, et qui n'ont été détectées directement qu'en 2015. Une grande aventure scientifique, mais aussi technologique.

Samedi 19 mai
France, Europe

www.nuitdesmusees.fr

**NUIT EUROPÉENNE
DES MUSÉES**

Comme tous les ans depuis 2005, l'occasion de se cultiver en visitant gratuitement tous les musées (ou presque) que l'on veut et peut.