

les rattacher à des inversions magnétiques connues et bien datées. Pour ce faire, Mathieu Duval, du Centre australien de recherche sur l'évolution humaine de l'université de Griffith, a utilisé une technique de datation permettant d'estimer le temps passé par un grain de quartz sous terre: la résonance paramagnétique électronique. Il a prélevé un échantillon de sédiment enfoui à environ un mètre sous le niveau archéologique le plus profond et en a extrait les grains de quartz pour en obtenir une estimation du temps passé sous terre.

Le résultat obtenu a permis de déduire que le niveau archéologique profond d'Aïn Boucherit se situe au début de la période géomagnétique de Matuyama, qui commence à 2,58 millions d'années et se termine il y a 1,94 million d'années. Il restait donc à dater plus précisément les deux strates. Les chercheurs l'ont fait en modélisant la sédimentation à l'origine de la pile sédimentaire d'Aïn Boucherit. Ils ont supposé que les sédiments s'y accumulent régulièrement et ont négligé l'occurrence de possibles événements de compactage. Ils parviennent ainsi à situer les deux strates archéologiques à $2,44 \pm 0,14$ millions d'années pour la plus profonde et à $1,92 \pm 0,05$ million d'années pour l'autre.

Selon les chercheurs, les caractéristiques fines des outils d'Aïn Boucherit poussent à les rapprocher de ceux de Gona en Éthiopie, âgés de 2,6 millions d'années. Par ailleurs, depuis les années 2000, on connaît aussi des sites oldowayens en Afrique du Sud datés de 2,19 millions d'années. L'Oldowayen est-il apparu simultanément dans plusieurs régions d'Afrique? Peut-être, mais les chercheurs envisagent une autre possibilité, sans doute plus vraisemblable: le déplacement des porteurs de cette culture matérielle sur de grandes distances à l'intérieur de l'Afrique dès les débuts de l'Oldowayen, donc entre 2,6 millions d'années (Gona) et 2,4 millions d'années (âge d'Aïn Boucherit).

Cette explication pousse à faire des porteurs du premier Oldowayen des humains plutôt que des préhumains, puisque la mobilité sur de grandes distances est l'une des caractéristiques jamais démenties de l'humanité. Si cette logique est la bonne, alors le berceau de l'humanité est l'Afrique entière. ■

FRANÇOIS SAVATIER

M. Sahnouni *et al.*, *Science*, vol. 362, pp. 1297-1301, 2018

Maladies de la rétine : un rôle clé du fer

Le décollement de rétine touche 10 à 55 individus pour 100 000 par an et s'accompagne souvent d'une perte de vision. Une équipe dirigée par Émilie Picard et Francine Behar-Cohen, du centre de recherche des Cordeliers, suggère que diminuer la quantité de fer libre dans l'œil limiterait les dégâts. Le point avec Émilie Picard.



Propos recueillis par MARIE-NEIGE CORDONNIER

ÉMILIE PICARD
chercheuse à l'Inserm
au sein de l'UMRS1138,
au centre de recherche
des Cordeliers, à Paris

Le traitement actuel consiste à recoller la rétine. Quelles sont ses limites ?

D'une part, plus le délai est long entre le moment où la rétine s'est décollée et l'opération, moins la rétine est préservée. En effet, dès qu'elle se décolle, des cellules de la rétine (photorécepteurs et autres neurones) commencent à mourir et ne sont pas remplacées. D'autre part, si la zone centrale ou macula est touchée, les chances de récupérer la vision sont moindres. Enfin, l'âge de la personne est important.

Pourquoi s'intéresser au fer ?

Le fer est indispensable au fonctionnement de toutes les cellules de l'organisme. Mais quand il est trop abondant, les protéines qui habituellement se lient à lui ne sont plus assez nombreuses pour le piéger. Or sous sa forme libre, il est toxique pour les cellules : il favorise l'apparition d'un stress oxydant qui entraîne leur mort. Par ailleurs, on savait depuis longtemps que du fer s'accumule dans des modèles de dégénérescence rétinienne. Nous avons depuis montré que c'est le cas dans la dégénérescence maculaire liée à l'âge et dans la rétinopathie diabétique, et à présent dans le décollement rétinien : chez des patients atteints, la perte de fonction visuelle après opération est corrélée à la quantité de fer dans les liquides oculaires.

Comment prévenir cette accumulation ?

Des molécules capables de séquestrer le fer sont déjà utilisées dans certaines pathologies. Toutefois, elles sont toxiques pour l'œil et difficiles à administrer. Nous nous sommes donc intéressés à la transferrine, une protéine que toutes les cellules de l'organisme synthétisent et qui est présente dans les liquides intraoculaires. La transferrine se lie au fer et le transporte de cellule en

cellule. Précédemment, j'avais montré, dans différents modèles animaux, qu'elle protégeait la rétine face à différents stress. Nous avons donc voulu examiner son utilité dans le décollement de rétine.

Comment avez-vous procédé ?

D'abord, nous avons étudié son effet sur des rétines de rat mises en culture. Elles imitent bien le décollement de rétine et permettent de contrôler le stress appliqué. Nous avons ainsi observé qu'ajouter de la transferrine protégeait les photorécepteurs et évitait tous les phénomènes pathologiques associés au décollement de la rétine (inflammation, œdèmes, mort cellulaire...). Puis nous avons injecté de la transferrine humaine dans le vitré de l'œil (le gel qui le remplit) de souris et de rats dont on avait décollé la rétine (en injectant au même moment un produit sous celle-ci). Là encore, l'addition de transferrine a préservé la rétine des effets délétères.

Comment la transferrine agit-elle ?

La séquestration du fer est certainement l'un de ses premiers effets, mais notre étude suggère qu'il y en a d'autres. En comparant le transcriptome (l'ensemble des ARN messagers, les intermédiaires de fabrication des protéines) de la rétine d'animaux traités et non traités à la transferrine, nous avons découvert que la transferrine module d'autres voies comme l'inflammation ou la mort cellulaire. Nous étudions à présent ces mécanismes.

Envisagez-vous des essais cliniques ?

Nous travaillons avec une start-up, Eyevensis, sur un traitement d'appoint à la chirurgie. L'objectif est d'introduire dans des cellules de l'œil une petite molécule d'ADN circulaire contenant le gène de la transferrine humaine. La méthode serait réversible, car cette molécule ne s'insère pas dans le génome, et les cellules devraient produire cette transferrine pendant plusieurs mois. Nous espérons lancer un essai clinique d'ici à cinq ans. ■

A. Daruich *et al.*, *Science Advances*, vol. 5, article eaau9940, 2019

PHYSIQUE

DE LA SUPRACONDUCTIVITÉ À TEMPÉRATURE QUASI AMBIANTE

Un composé de lanthane et d'hydrogène serait supraconducteur à une température proche de 0 °C, mais sous une pression énorme de 2 millions d'atmosphères.

A très basse température, certains matériaux deviennent supraconducteurs : leur résistance électrique s'annule. Les applications sont nombreuses, mais impliquent de refroidir ces matériaux à une température proche du zéro absolu (-273 °C) avec de l'hélium liquide, qui est coûteux et difficile à manipuler. Aussi l'un des défis est-il d'obtenir des supraconducteurs à température ambiante. Or l'équipe de Maddury Somayazulu et Russell Hemley, de l'université George-Washington, à Washington, a observé des signes de supraconductivité jusqu'à 260 kelvins (-13,5 °C) avec le superhydru de lanthane LaH_{10} .

Ce résultat est une étape cruciale dans la quête quasi centenaire d'une supraconduction à température ambiante. Les premiers supraconducteurs connus et la théorie BCS, développée en 1957 pour expliquer le phénomène, laissaient peu d'espoir d'observer cet effet à plus de quelques kelvins. Or en 1986, Karl Müller et Johannes Bednorz, chercheurs chez IBM, ont mis en évidence la supraconductivité dans des matériaux céramiques à 35 kelvins (-238 °C). Les progrès dans ce domaine des supraconducteurs, dits non conventionnels car ils ne sont pas expliqués par la théorie BCS, ont permis d'établir un record à 133 kelvins (-140 °C).

Une autre piste pour gagner en température consiste à soumettre le matériau à une forte pression, de l'ordre de la centaine de gigapascals (1 million d'atmosphères). En 2015, l'équipe de Mikhail Eremets, de l'institut Max-Planck de chimie, à Mayence, a montré que le sulfure d'hydrogène (H_2S), soumis à une pression de 150 gigapascals dans une cellule à enclumes de diamant, forme un supraconducteur de type conventionnel jusqu'à -70 °C.

Des modèles montrent en effet que les composés riches en hydrogène, soumis à de fortes pressions, sont susceptibles d'être supraconducteurs, et peut-être jusqu'à des températures proches de l'ambiante. Ces matériaux présentent notamment des fréquences de vibration très élevées qui, selon la théorie BCS, favorisent la supraconductivité.

Lors de précédents travaux, Russell Hemley et ses collègues avaient étudié des composés de



Une cellule à enclumes de diamant est capable d'exercer des pressions de plusieurs centaines de gigapascals (des millions de fois la pression atmosphérique).

1,9 K

LE LHC, LE GRAND ACCÉLÉRATEUR DE PARTICULES DU CERN, EST LE PLUS GRAND SYSTÈME CRYOGÉNIQUE DU MONDE. IL COMPREND PLUS D'UN MILLIER DE GRANDS AIMANTS SUPRACONDUCTEURS REFROIDIS À 1,9 KELVIN GRÂCE À 120 TONNES D'HÉLIUM LIQUIDE.

lanthane et d'hydrogène à 200 gigapascals et ont notamment formé du superhydru de lanthane LaH_{10} . Dans leur nouvelle expérience, les chercheurs ont utilisé une autre voie de synthèse, en partant de borazane (BH_3NH_3) comme source d'hydrogène. Le mélange de lanthane et de borazane est d'abord chauffé par un laser pour la synthèse du LaH_{10} . Les chercheurs ont ensuite suivi le refroidissement du composé tout en mesurant sa résistance électrique. Celle-ci chute à partir de 260 kelvins (-13,5 °C, pour une pression de 188 gigapascals), signe de la supraconductivité. Cette température pulvérise le précédent record. L'équipe de Mikhail Eremets a reproduit l'expérience et confirme le comportement exceptionnel du LaH_{10} .

En quelques décennies, la température record des supraconducteurs n'a cessé de grimper. « Notre résultat constitue l'une des nombreuses étapes dans la recherche de la supraconductivité à température ambiante avec des superhydrures et avec d'autres matériaux », commente Russell Hemley, « et nous espérons, à terme, développer des matériaux exhibant cette propriété à pression plus basse, en vue d'applications pratiques. » ■

SEAN BAILLY

M. Somayazulu et al., *Physical Review Letters*, à paraître, 2019

MÉTHANE
SUBGLACIAIRE

Le méthane (CH_4) réchauffe l'atmosphère de 20 à 28 fois plus que le CO_2 . Autour de Guillaume Lamarche-Gagnon, de l'université libre de Bruxelles, une équipe vient de montrer, à l'aide de nouveaux capteurs placés dans les eaux de fonte, que les calottes glaciaires du Groenland en émettent beaucoup. Comme partout ailleurs, le méthane groenlandais est produit par des microorganismes anaérobies. Le rôle des organismes vivant sous la glace serait donc sous-estimé dans l'étude du réchauffement climatique en cours.

BALEINE MANGE
BALEINEAUX

L'équipe de Manja Voss, paléontologue au Muséum d'histoire naturelle de Berlin, vient de montrer qu'il y a quelque 35 millions d'années, *Basilosaurus isis*, une baleine fossile découverte dans le Wadi Al-Hitan (l'« oued des baleines »), en Égypte, était un superprédateur. L'étude du contenu stomacal fossilisé de *B. isis* révèle en effet que ce cétacé se nourrissait des baleineaux de *Dorudon atrox*, une autre espèce de baleine de son époque.

LES ÉLÉPHANTS ONT
UN POIDS CYCLIQUE

Le poids des éléphants, du moins ceux qui vivent dans les zoos, fluctue au cours de leur vie adulte selon un cycle d'une centaine de mois. C'est ce qu'ont découvert Marcus Klaus, de l'université de Zurich, et ses collègues. Cette fluctuation semble liée à la façon particulière dont ces grands masticateurs de végétaux renouvellent leurs dents. Selon le nombre de dents qu'ils sont en train de renouveler, ils disposent en effet de plus ou moins de surface de mastication. Ce qui a un impact sur la quantité de nourriture ingérée ou sur l'efficacité de la digestion.

ÉPOUILLER FAIT
DU BIEN À TOUS

Être témoin d'une bonne action peut nous réjouir, tout comme un fou rire peut être communicatif... Ce phénomène dit de contagion émotionnelle positive est bien documenté chez l'humain. Mais qu'en est-il chez les autres animaux? Juliette Berthier et Stuart Semple, de l'université de Roehampton, à Londres, ont observé pendant plus de deux mois vingt macaques de Barbarie dans la réserve du domaine de Trentham, au Royaume-Uni. Ils se sont intéressés à une interaction sociale très répandue: l'épouillage.

Pour évaluer l'état émotionnel de ces macaques, les deux chercheurs ont mesuré la fréquence de comportements anxieux tels que le grattage, le bâillement et l'autoépouillage, dans deux situations différentes: lorsque l'animal observait deux congénères qui s'épouillaient et lorsqu'il ne voyait aucune interaction d'épouillage. En comparant ces deux mesures chez un même singe, Juliette Berthier et Stuart Semple ont montré qu'observer une séance d'épouillage réduisait significativement l'état d'anxiété du spectateur. Ainsi, les macaques de Barbarie sont sensibles à la contagion d'émotions positives, telle la relaxation.

Les deux biologistes ont aussi constaté qu'observer les séances de toilettage poussait



Séance d'épouillage chez des macaques de Barbarie (*Macaca sylvanus*).

les macaques à se comporter de façon plus amicale avec les autres membres du groupe. Par exemple, un tel singe est plus enclin et plus rapide à proposer à son tour un toilettage à l'un de ses congénères. De façon surprenante, l'étude montre toutefois que l'observation d'un toilettage ne diminue pas les comportements agressifs des spectateurs vis-à-vis des autres singes. «Les comportements amicaux et agressifs sont deux classes de comportements qui font probablement appel à des mécanismes cognitifs indépendants et ne sont pas forcément antagonistes», conclut Juliette Berthier. ■

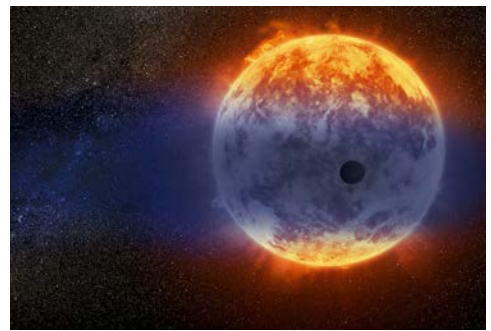
CORALINE MADEC

J. M. Berthier et S. Semple, *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 285, article 20181964, 2018

DES NEPTUNES
QUI S'ÉVAPORENT

Parmi les exoplanètes connues qui évoluent très près de leur étoile, on trouve des Jupiters chaudes, des super-Terres (un peu plus grandes que la Terre), mais pas de planètes de la taille de Neptune. On parle donc de désert des Neptunes chaudes. Une explication serait que leur atmosphère chaude et enflée perdrait très vite du gaz, au point de disparaître entièrement en ne laissant que le cœur rocheux de la planète, de la taille d'une super-Terre.

Vincent Bourrier, de l'université de Genève, et ses collègues ont étudié GJ 3470b, une exoplanète de la taille de Neptune mais dont la température modérée la place à la limite des Neptunes chaudes. Ils ont montré qu'elle perd tout de même 10^4 à 10^5 tonnes d'hydrogène par seconde. Près d'un tiers de la masse de la planète se serait ainsi évaporé depuis sa formation, il y a deux



Sur cette vue d'artiste, la planète, très proche de son étoile, perd du gaz sous la forme d'un nuage étendu (en bleu).

milliards d'années. Ainsi, il est fort probable que des Neptunes encore plus chaudes perdent très vite leur atmosphère. Il faudra cependant observer d'autres exoplanètes de cette catégorie pour confirmer ce scénario et ainsi expliquer le désert des Neptunes chaudes. ■

S. B.

V. Bourrier et al., *Astronomy & Astrophysics*, vol. 620, article A147, 2018