

bons conducteurs. En effet, du fait de son origine topologique, la conduction a un caractère global: un défaut local n'altère pas la circulation du courant électrique.

Jusqu'à présent, on n'avait identifié qu'une centaine de matériaux topologiques. Les physiciens pensaient ainsi que les matériaux topologiques étaient plutôt rares, des sortes d'anomalies. En outre, calculer théoriquement les propriétés topologiques d'un matériau est très difficile, ce qui empêche de réaliser une recherche systématique parmi les 200 000 structures cristallines inorganiques connues. Or une telle exploration serait nécessaire pour trouver des matériaux faciles à fabriquer, non toxiques et intéressants pour des applications en électronique à température ambiante.

En 2017, Andrei Bernevig et ses collègues ont développé une nouvelle approche, la chimie quantique topologique. Dans ce cadre, les physiciens partent des symétries de la structure cristalline d'un matériau pour déterminer le comportement des électrons et mettre en évidence les éventuelles propriétés topologiques. Elle a rendu possible une recherche systématique, qui vient d'être réalisée par deux équipes. Celle d'Andrei Bernevig a analysé 27 000 matériaux dont la structure cristalline est très bien connue. Près de 27% de ces matériaux seraient topologiques: ils ne seraient donc pas si rares!

Les deux équipes parviennent à des conclusions similaires quant à la profusion de matériaux topologiques. Cela reste cependant des prédictions et tous ces matériaux ne seront certainement pas intéressants pour des applications. Il faudra alors les tester expérimentalement. Pour faciliter la tâche des chercheurs, l'équipe d'Andrei Bernevig a créé un site internet qui les répertorie tous, avec leurs caractéristiques. Ce catalogue pourrait continuer à croître. Par exemple, la méthode utilisée ne permet pas, pour l'instant, d'analyser les matériaux magnétiques. «Pour établir l'existence de propriétés topologiques, il faut considérer 230 groupes de symétrie pour les matériaux non magnétiques, explique Nicolas Regnault; or ce nombre passe à 1651 pour les matériaux magnétiques. Il s'agit là de notre prochain défi titanique à relever.» ■

SEAN BAILLY

T. Zhang *et al.*, *Nature*, vol. 566, pp. 475-479, 2019;
M. G. Vergniory *et al.*, *ibid.*, pp. 480-485
Catalogue en ligne: http://bit.ly/PLS498_Topo

Véhicules électriques : des batteries en Europe ?

En février dernier, la France a annoncé qu'elle apporterait 700 millions d'euros au cours des cinq prochaines années pour mettre en place une filière européenne de batteries pour voitures électriques, montant auquel s'ajouteront 1,12 milliard d'euros promis par l'Allemagne. Les commentaires de l'électrochimiste Jean-Marie Tarascon.



Propos recueillis par MAURICE MASHAAL

JEAN-MARIE TARASCON
professeur au Collège
de France, chaire
de chimie du solide
et de l'énergie

Avez-vous des informations sur la façon dont cette filière européenne de batteries serait mise en place ?

Non. Il n'y a pas eu de concertation préalable à l'annonce du gouvernement avec les chercheurs qui travaillent sur les batteries en France, et nos homologues en Allemagne n'ont eux non plus pas été consultés. À ce jour, cette affaire n'a semble-t-il impliqué que les politiques et les industriels. Espérons en tout cas que les fonds seront utilisés à bon escient. On ignore à quoi ils serviront, peut-être à la construction d'une grande usine de batteries au lithium-ion, à l'instar de la Gigafactory du constructeur américain Tesla, qui a coûté 2 milliards de dollars.

Est-ce cela la priorité selon vous ?

On peut comprendre que l'Europe cherche à acquérir une indépendance stratégique en matière de batteries pour voitures électriques, dont la production est actuellement concentrée en Asie. Mais développer une filière européenne qui puisse résister à la concurrence asiatique demandera du métier et des compétences. Surtout, cela nécessitera des engagements forts de la part des constructeurs automobiles européens, qui se fournissent aujourd'hui auprès des producteurs asiatiques. Même en mettant en place une usine géante, l'Europe ne pourra pas concurrencer l'Asie – la bataille des batteries à ions lithium (« lithium-ion ») est déjà perdue. Il faut à mon avis penser aussi à plus long terme, et en particulier investir dans des recherches sur les batteries « intelligentes ».

De quoi s'agit-il ?

Dans la société de demain, où les objets connectés seront omniprésents, les batteries occuperont une place cruciale. Or une voie prometteuse d'amélioration des batteries est non seulement

de maîtriser les interfaces électrode-électrolyte, mais d'introduire dans ces sources d'énergie des capteurs et des systèmes électroniques ou informatiques permettant de contrôler de façon optimale leur état de santé et leur fonctionnement. Cela permettrait par exemple d'allonger la durée de vie des batteries, de leur donner une seconde vie...

Les batteries au lithium-ion assurent une autonomie de l'ordre de 300 kilomètres avec des durées de recharge de plusieurs heures. Peut-on s'attendre à des améliorations notables ?

Il y aura des progrès, mais peu. On sait aujourd'hui que la technologie lithium-ion est presque à son maximum, et il faudra trouver autre chose pour franchir de nouveaux paliers.

La technologie sodium-ion par exemple ?

Nous développons cette technologie, notamment avec la société Tiamat. Outre la disponibilité du sodium, l'atout est la puissance, mais le sodium-ion ne sera jamais compétitif en termes de densité d'énergie électrique. Le marché des batteries au sodium-ion ne concernera donc pas les voitures électriques, mais plutôt des applications exigeant une forte puissance et une charge rapide, par exemple des trottinettes électriques ou le stockage d'électricité issue de sources renouvelables et intermittentes.

Qu'est-ce qui pourrait alors remplacer les batteries au lithium-ion ?

Il existe aujourd'hui un engouement pour les batteries « tout solide », dont l'électrolyte est solide et non liquide. On pense que des batteries au lithium-métal (électrodes en lithium, électrolyte métallique) pourraient atteindre des performances supérieures de 30 % à celles des batteries au lithium-ion. Mais on ignore si elles verront le jour : on ne maîtrise pas encore assez les interfaces électrode-électrolyte, qui se dégradent en raison de contraintes mécaniques et de la croissance de cristaux dendritiques de lithium (un problème récurrent depuis trente ans, qui a suscité le développement du lithium-ion). ■

CLIMATOLOGIE

DES NUAGES EN VOIE D'EXTINCTION ?

Sous l'effet du réchauffement climatique, les nuages de type stratocumulus pourraient disparaître, à partir d'une certaine concentration atmosphérique en CO₂.

Dans un contexte de réchauffement global de la planète, les modèles qui simulent l'évolution future du climat souffrent de deux principales sources d'incertitude: l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et les nuages. Ces derniers couvrent, en permanence, plus de 70% du globe et réfléchissent une grande partie de la lumière du Soleil vers l'espace. Ils contribuent à refroidir la planète, mais qu'en sera-t-il demain? Y aura-t-il plus ou moins de nuages pour bloquer le rayonnement solaire? La réponse à cette question est complexe, notamment à cause de la diversité des nuages. Tapio Schneider, de l'institut de technologie de Californie, et ses collègues ont étudié un type particulier de nuages, les stratocumulus.

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre n'ont cessé d'augmenter: la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone (CO₂) est passée de 280 ppm (parties par millions) avant 1850 à 410 ppm actuellement. Sur la même période, la température moyenne a augmenté de 1 °C. Il est indiscutable que nous assistons à un réchauffement climatique, mais son ampleur future reste difficile à quantifier avec précision. Dans les scénarios les plus optimistes, les émissions anthropiques sont maîtrisées et réduites: l'élévation de température ne sera que de 2 °C en moyenne d'ici à 2050. Mais selon certaines projections, avec l'hypothèse «business as usual» où les émissions continuent de croître au même rythme qu'aujourd'hui, la hausse atteindra 4 à 5 °C.

Dans ce contexte, les nuages apportent aussi leur lot d'incertitudes. Les simulations numériques reposent sur un découpage de l'atmosphère en cellules d'environ 100 kilomètres de côté. Elles ne décrivent pas des phénomènes dont l'échelle caractéristique est de l'ordre du kilomètre, comme les nuages. Ceux-ci sont inclus sous la forme de paramétrisations, qui sont difficiles à définir car tous les types de nuages ne se comportent pas de la même façon.

Dans le cas des stratocumulus, des études précédentes avaient montré que, lors d'un réchauffement du climat, ces nuages s'aminçissent et laissent passer plus de lumière. Dès lors, la région en dessous chauffe davantage.



Il existe une grande diversité de nuages, comme ici des stratocumulus. Comment influent-ils sur le climat et, à l'inverse, comment le climat agit-il sur leur évolution? La réponse est encore incertaine.

12 °C

C'EST LA HAUSSE DE TEMPÉRATURE QUE PROVOQUERAIT DANS LES TROPIQUES UNE CONCENTRATION ATMOSPHÉRIQUE EN CO₂ DE 1 200 PPM, SOUS L'EFFET D'UNE PRÉSENCE IMPORTANTE DE VAPEUR D'EAU ET DE LA DISPARITION DES STRATOCUMULUS.

Tapio Schneider et ses collègues ont refait une simulation de stratocumulus qu'ils ont couplée à un modèle représentant une colonne de l'atmosphère tropicale. En faisant varier la concentration en dioxyde de carbone, les chercheurs ont observé qu'au-delà de 1200 ppm, trois fois la concentration actuelle (une concentration qui pourrait être atteinte dans cent ans dans le scénario «business as usual»), les nuages finissent par se morceler et disparaître.

«Le seul élément nouveau dans cette étude est ce point de basculement», note Sandrine Bony, du Laboratoire de météorologie dynamique, à Paris, «mais le modèle utilisé est extrêmement idéalisé. Il n'est pas du tout sûr que ce phénomène persisterait dans un modèle plus complet considérant la réponse des nuages couplée à celle de la circulation atmosphérique.»

La question de l'évolution des nuages bas ne sera résolue que grâce à une compréhension plus fine des processus mis en jeu et à des simulations intégrant les interactions des nuages et de la circulation atmosphérique. «Mieux comprendre et quantifier la réponse des nuages au réchauffement global et son impact sur la sensibilité climatique reste une priorité de la climatologie», conclut Sandrine Bony. ■

S. B.

T. Schneider et al., *Nature Geoscience*, vol. 12, pp. 163-167, 2019

EN BREF

DU PALUDISME IL Y A PLUS DE 20 000 ANS

Quand le paludisme est-il apparu en Afrique ? On pensait que cette maladie s'était diffusée avec l'arrivée de l'agriculture il y a 4 000 ou 5 000 ans. Mais une étude génétique d'une équipe de chercheurs de l'institut Pasteur et du CNRS vient de montrer que le paludisme africain remonte à 20 000 ans au moins. À cette fin, Guillaume Laval et ses collègues ont examiné l'acquisition par les populations d'une mutation particulière d'un gène liée à une maladie nommée drépanocytose, mutation qui protège contre le paludisme.

DES MOUCHES SANS SOMMEIL... NI SOUCI

La privation de sommeil a toujours des effets délétères, estime-t-on. Quentin Geissmann et deux collègues, à l'Imperial College de Londres, viennent de nuancer cette idée. Ils ont réalisé une série d'expériences sur des drosophiles qui montrent deux choses. D'une part, certains individus ne dorment quasiment pas et se portent pourtant bien. D'autre part, la privation de sommeil n'a pas d'effets négatifs, ou très peu, et en particulier ne réduit pas la longévité des mouches. Reste la question : à quoi donc le sommeil sert-il ?

UN NOUVEAU « TRÉSOR » MAYA

Sur le célèbre site de Chichen Itza, au Mexique, une grotte oubliée vient de livrer à l'archéologue Guillermo de Anda et son équipe plusieurs centaines d'objets en céramique datant probablement de l'époque postclassique (entre les années 700 et 1000 de notre ère). Découverte il y a un demi-siècle par des habitants de la région, la grotte avait été obtenue sans être explorée. Son étude apportera peut-être des renseignements sur les Itzaes, le peuple maya qui vivait dans la région.

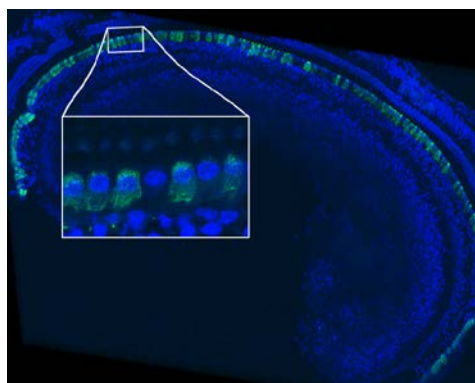
GÉNÉTIQUE

RÉTABLIR L'OUÏE CHEZ LA SOURIS

En France, près de 1 enfant sur 700 naît sourd et environ la moitié de ces cas sont d'origine génétique. À l'heure actuelle, le seul moyen pour rétablir partiellement l'ouïe est l'usage d'implants cochléaires. Christine Petit et Saaid Safieddine, de l'institut Pasteur, à Paris, et leurs collègues ont développé une nouvelle méthode fondée sur la thérapie génique.

Les chercheurs ont travaillé sur un modèle de souris mimant la surdité humaine de type DFNB9, qui est l'un des troubles auditifs congénitaux d'origine génétique les plus fréquents. Cette surdité est sévère, voire profonde avec une perte d'audition supérieure à 90 décibels. Elle est due à la mutation du gène codant une protéine, l'otoferline. Cette protéine permet normalement aux cellules sensorielles de l'oreille interne de libérer un neurotransmetteur qui stimule les neurones auditifs en réponse à un signal sonore.

Pour rétablir la production d'otoferline, les chercheurs ont utilisé la thérapie génique, qui consiste à introduire une version fonctionnelle du gène manquant ou altéré dans les cellules de la souris. Cette méthode repose sur des vecteurs, en général des virus à ADN non pathogènes, qui transportent et insèrent le gène d'intérêt dans les cellules cibles. Dans



Dans la cochlée de cette souris sourde traitée par thérapie génique, la production d'otoferline (en vert) est rétablie.

cette étude, une fois l'ADN du gène de l'otoferline injecté, les cellules de la cochlée de la souris se sont mises à produire cette protéine, et la souris a ainsi acquis de façon durable des capacités auditives.

Ce résultat est aussi exceptionnel parce qu'il a été obtenu chez un rongeur dont la surdité était déjà installée à un stade mature. Or on pensait que pour être efficace, un tel traitement devait être appliqué au cours du développement embryonnaire. Ces travaux ouvrent aussi la voie à des études similaires, pour l'instant chez la souris, portant sur d'autres formes de surdité d'origine génétique. ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

O. Akil et al., *PNAS*, en ligne le 19 février 2019

CHIMIE

UN AÉROGEL ROBUSTE

Les aérogels sont des matériaux solides 1 000 à 10 000 fois moins denses que l'eau. En céramique, ils présentent aussi une excellente résistance au feu et sont des isolants thermiques exceptionnels. Hélas, soumis à des contraintes mécaniques importantes ou des chocs thermiques, ces matériaux se cassent. Xiang Xu, de l'université de Californie à Los Angeles, et ses collègues ont réussi à pallier ce défaut en utilisant du nitrure de bore graphitique. Comme les parois de leur aérogel sont creuses, le matériau se déforme sans s'abîmer.

De densité comprise entre 0,1 et 10 milligrammes par centimètre cube, cet aérogel résiste à de fortes variations de températures, entre -200 °C et 1400 °C. Il retrouve sa forme après une compression de 95% de son volume. Enfin, sa conductivité thermique est inférieure à celle



Cet aérogel céramique, posé sur les pistils de la fleur, est très peu dense et néanmoins très robuste.

de l'air : si l'on chauffe à 500 °C une face d'une couche de 2 centimètres d'épaisseur, l'autre face atteint à peine 45 °C. Léger, excellent isolant thermique et robuste à toute épreuve, cet aérogel céramique est un candidat sérieux pour équiper, par exemple, des engins spatiaux. ■

MARTIN TIANO

X. Xu et al., *Science*, vol. 363, pp. 723-727, 2019

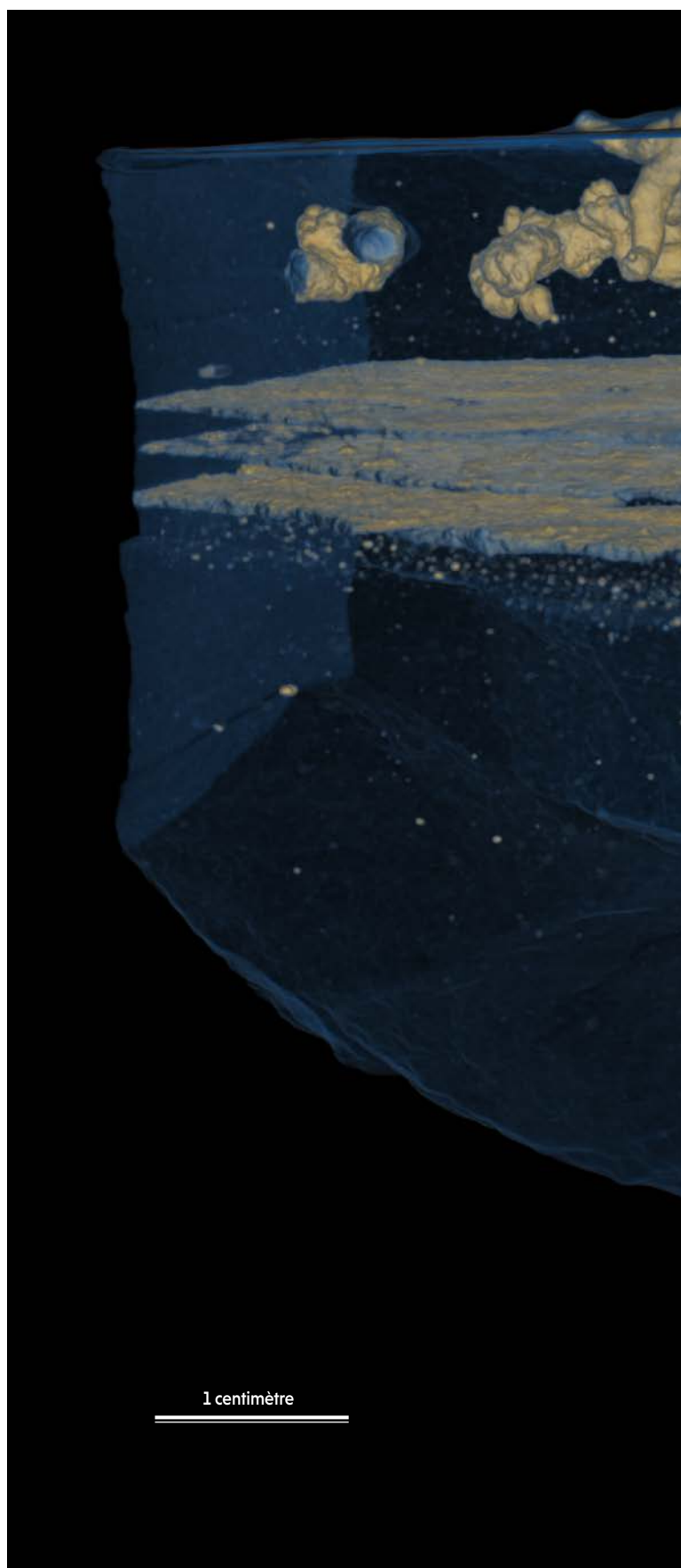
IL Y A 2,1 MILLIARDS D'ANNÉES, LA VIE BOUGEAIT DÉJÀ

Au sein de roches vieilles de 2,1 milliards d'années du bassin sédimentaire de Franceville, au Gabon, l'équipe d'Abderrazzak El Albani, géologue à l'institut de chimie des milieux et matériaux de Poitiers (CNRS-université de Poitiers), avait déjà identifié des fossiles d'organismes pluricellulaires. Dans les mêmes roches, elle vient de découvrir les plus anciennes traces fossilisées de déplacement d'un tel organisme. Restituées numériquement en trois dimensions par microtomographie aux rayons X (*voir ci-contre*), ces traces plus ou moins sinueuses traversent les fines couches constituant le sédiment. Leur composition chimique prouve qu'elles sont contemporaines du dépôt sédimentaire et leur forme tubulaire, de quelques millimètres de diamètre, évoque un tube de ver dans la vase. Mesurant jusqu'à 17 centimètres de long, ces très anciens boyaux semblent donc le résultat de la progression, il y a 2,1 milliards d'années, d'un organisme dans la vase d'une mer peu profonde. Ils transpercent les biofilms fossilisés intercalés entre les couches sédimentaires (*les couches horizontales en jaune, ci-contre*), qui auraient constitué des « mines » de nutriments vers lesquelles ce terrien primitif était attiré.

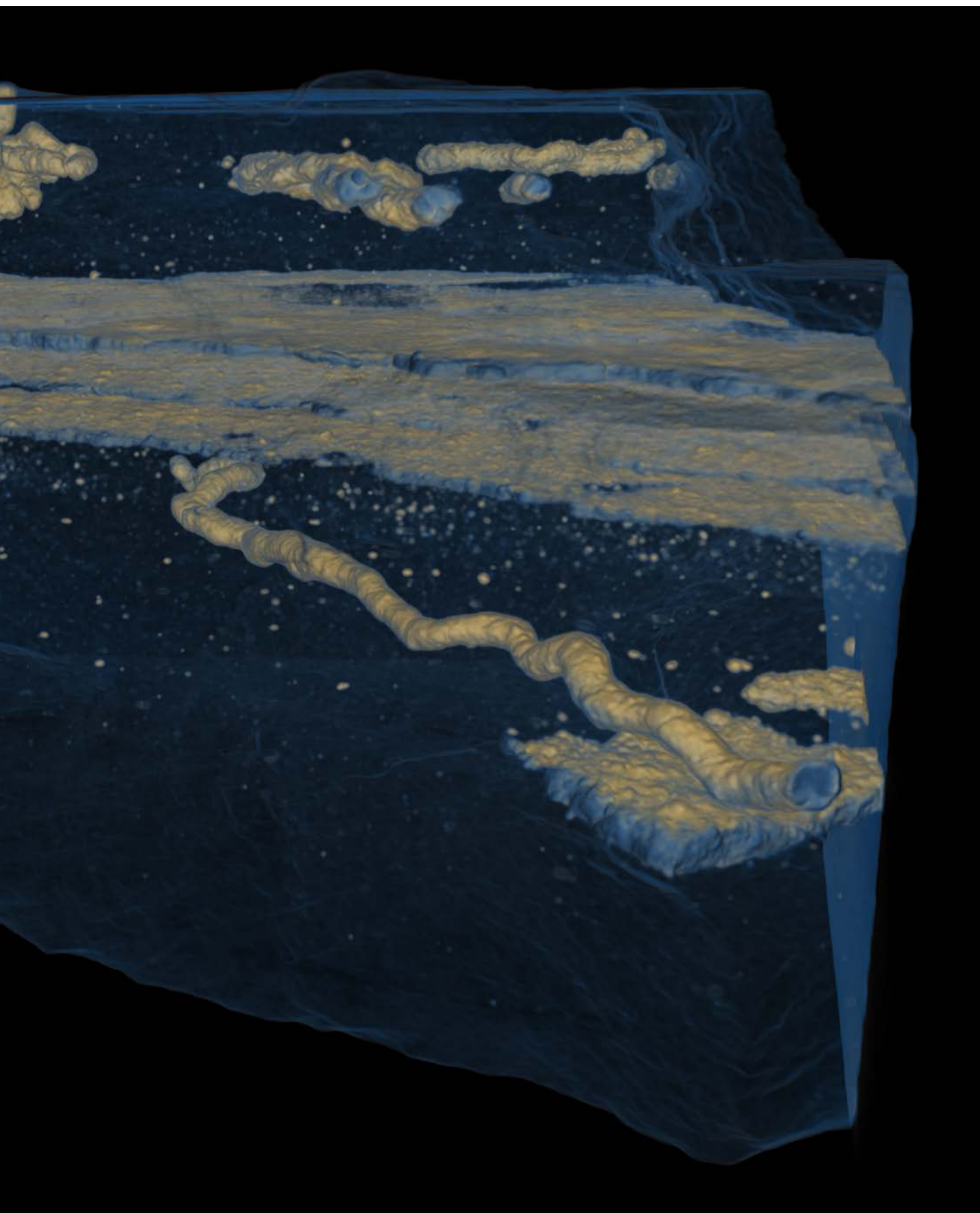
À qui ressemblait-il ? Probablement à un être composé de cellules capables de se regrouper et de s'organiser pour migrer. L'amibe *Dictyostelium discoideum*, un organisme eucaryote (ses cellules ont des noyaux) qui, de collection d'amibes unicellulaires, passe à l'état de « limace » multicellulaire douée de mobilité, pourrait en constituer un analogue actuel. ■

FRANÇOIS SAVATIER

A. El Albani et al., *PNAS*,
en ligne le 26 février 2019



1 centimètre



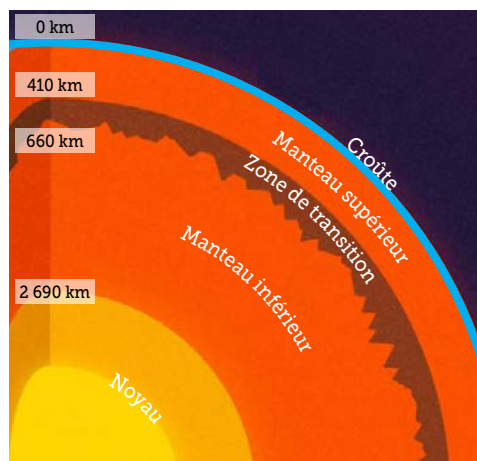
GÉOSCIENCES

DES MONTAGNES SOUS NOS PIEDS

Le 9 juin 1994, un séisme de magnitude 8,2 a fait trembler la Bolivie. Les ondes sismiques produites se sont alors propagées à travers la Terre. Grâce à de nouvelles méthodes d'analyse de ces ondes, Wenbo Wu, de l'Académie chinoise des sciences et de l'université Princeton, et ses collègues ont étudié la zone de transition entre le manteau supérieur et le manteau inférieur.

Lorsque les ondes sismiques rencontrent une discontinuité géologique, elles changent de vitesse de propagation, puisque la roche dans laquelle elles se propagent change de propriétés physiques. Par exemple, l'olivine, le principal composant du manteau, change de structure lorsque la pression et la température augmentent avec la profondeur. Vers 410 kilomètres de profondeur (à une température de 1800 kelvins et une pression de 22 gigapascals), l'olivine se transforme en ringwoodite, plus dense. Cette zone de transition se termine vers 660 kilomètres de profondeur, où la ringwoodite devient de la bridgmanite. C'est cette transition à 660 kilomètres que l'on définit comme la frontière entre le manteau supérieur et le manteau inférieur.

Grâce à l'analyse des ondes sismiques, on savait déjà que cette frontière présentait des



La frontière entre le manteau inférieur et supérieur, à 660 kilomètres de profondeur, est très irrégulière.

variations de 30 à 40 kilomètres de hauteur sur des échelles de centaines ou milliers de kilomètres, dues à des hétérogénéités thermiques dans le manteau. Wenbo Wu et ses collègues viennent de montrer que certaines zones de cette frontière présentent des variations plus petites, de 1 à 3 kilomètres de haut. Ces irrégularités de relief s'expliquent par des hétérogénéités de composition, qui proviendraient de la présence de plaques de la croûte enfouies dans le manteau par des processus de subduction. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

W. Wu et al., *Science*, vol. 363, pp. 736-740, 2019

NEUROBIOLOGIE

QUAND LA MOELLE SUFFIT

La correction de la position des membres dans l'espace obéit à un schéma complexe: il ne s'agit pas seulement de positionner chaque articulation de façon autonome, mais aussi de minimiser les mouvements des articulations. Les chercheurs pensaient que cette opération, qui suppose l'intégration de signaux sensoriels de différentes provenances, ne pouvait avoir lieu que dans le cerveau.

Grâce à un exosquelette qui applique des perturbations mécaniques sur le poignet et le coude, Jeffrey Weiler et ses collègues, de la Western University, au Canada, ont étudié la réponse du biceps et du triceps, qui contrôlent la position du coude. Cette réaction survenait entre 25 et 50 millisecondes après la perturbation: un temps trop court pour provenir du cerveau, mais qui correspondrait à un traitement



La moelle épinière assurerait la gestion de certaines fonctions motrices complexes sans solliciter le cerveau.

par la moelle. Celle-ci aurait donc une fonction plus riche qu'on ne le pensait.

Modéliser ces réponses permettra de les reproduire artificiellement, en vue d'améliorer le contrôle des prothèses: celles-ci ne renvoient jusqu'à présent aucune information à la moelle épinière des personnes qui les portent. ■

NOËLLE GUILLON

J. Weiler et al., *Nature Neuroscience*, en ligne le 11 février 2019

EN BREF

LIRE LA POLLUTION DANS LES ARBRES

Comment retracer la pollution atmosphérique et son évolution historique dans une région donnée ? Une équipe de chercheurs de plusieurs organismes français l'a fait pour la zone industrialio-portuaire de Fos (Bouches-du-Rhône), par une méthode dite dendrochimique : en étudiant la teneur en éléments chimiques des cernes d'arbres (pins et peupliers). Annabelle Austruy et ses collègues ont ainsi obtenu des données sur les polluants métalliques qui reflètent l'évolution des activités industrielles du lieu au cours des dernières décennies.

MASSE PLUS PRÉCISE POUR LA VOIE LACTÉE

Par le passé, on estimait la masse de la Voie lactée dans une fourchette large, comprise entre 500 milliards et 3 000 milliards de masses solaires. Grâce au suivi précis par la mission Gaia et le télescope Hubble des amas globulaires évoluant autour de la Galaxie, Wyn Evans, de l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, et ses collègues évaluent la masse à 1 500 milliards de masses solaires dans un rayon de 129 000 années-lumière, avec une incertitude réduite.

SACRIFICE DE MASSE AU PÉROU

Plus de 140 enfants (garçons et filles d'âges compris entre 5 et 14 ans) et 200 lamas ont été sacrifiés vers l'an 1450 sur le site de Huanchaquito-Las Llamas, sur la côte nord du Pérou. C'est notamment ce que montrent les fouilles entreprises depuis 2011 et les études de l'équipe internationale conduite par Gabriel Prieto, de l'université de Trujillo. Ce sacrifice de masse, le plus vaste connu pour le Nouveau Monde, fut peut-être associé à un événement climatique, qui aurait déstabilisé le royaume des Chimús.

MIEUX PURIFIER L'EAU

La photocatalyse est une technique utilisée pour purifier l'eau de toute contamination bactérienne. Néanmoins, elle introduit souvent une pollution secondaire ou laisse des traces de métaux lourds. Il existe des photocatalyseurs moins toxiques, mais ils ont une efficacité réduite, car ils produisent moins d'ions oxygène, qui détruisent les pathogènes. Zhenyuan Teng, de l'université de Yangzhou, en Chine, et ses collègues ont développé un procédé qui utilise un matériau bidimensionnel, le nitrure de carbone graphitique, avec des groupes carboxyliques (COOH) fixés sur les bords. Exposé à la lumière, le matériau perd un grand nombre d'électrons, qui sont, ensuite, captés par l'oxygène pour former des ions bactéricides. Les chercheurs ont montré que ce système permet d'éliminer 99,9999% de bactéries, par exemple *Escherichia coli*, dans l'eau, en 30 minutes. ■

S. B.

Z. Teng et al., *Chem*, en ligne le 7 février 2019

PRÉHISTOIRE

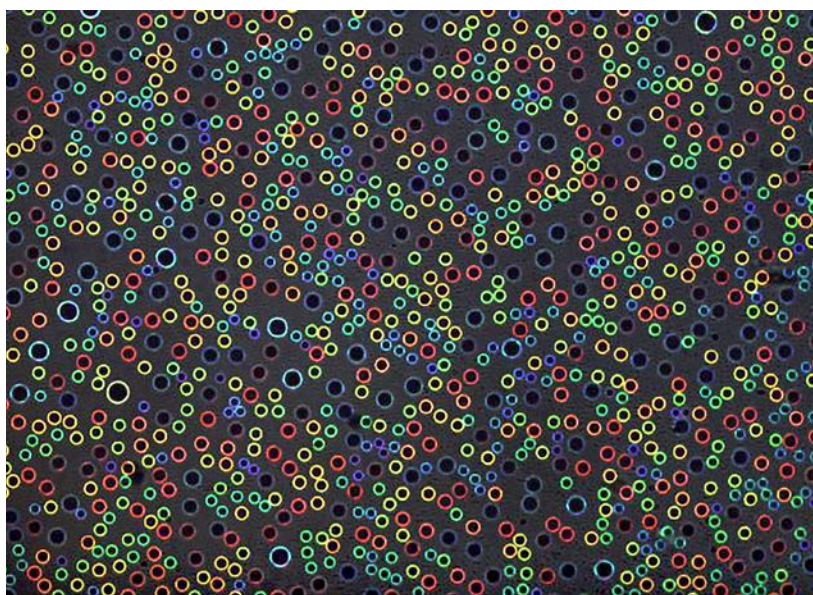
NÉANDERTAL CANNIBALE

La couche XV de la grotte de la Baume Moula-Guercy, située à Soyons, au sud de Valence, contient les restes d'un repas cannibale pris par un clan néandertalien il y a quelque 120 000 ans. Alban Defleur, de l'École normale supérieure de Lyon, et Emmanuel Desclaux, du laboratoire du Lazaret, à Nice, ont démontré à partir des restes de faune découverts qu'un climat méditerranéen plus chaud que celui d'aujourd'hui régnait alors autour de cette grotte dominant le Rhône. Sa survenue en très peu de générations a confronté les chasseurs adaptés aux steppes froides à la nécessité de débiter désormais des proies de taille moyenne dans la dense forêt méditerranéenne. Leur installation près du Rhône suggère que la pêche a constitué l'une de leurs réponses à ce défi d'adaptation. Le bref épisode de cannibalisme alimentaire documenté par la couche XV en aura constitué une autre, un jour où le clan devait traverser une mauvaise passe, suggèrent les chercheurs. ■

F. S.

A. R. Defleur et E. Desclaux, *Journal of Archaeological Science*, en ligne le 19 février 2019

DE LA COULEUR AVEC DES GOUTTES DE JANUS



Dans cet ensemble de gouttes biphasées micrométriques, celles de taille identique émettent la même couleur (sous la forme d'un anneau vu du dessus) lorsqu'elles sont éclairées par de la lumière blanche.

Alors qu'ils étudiaient l'indice de réfraction de gouttes biphasées, Lauren Zarzar, de l'université d'État de Pennsylvanie, et ses collègues ont découvert une façon originale de produire d'intenses couleurs. Ces gouttes biphasées, dites de Janus, d'après le dieu romain aux deux visages, sont composées de deux parties, chacune contenant une solution différente. En l'occurrence, les chercheurs étudiaient des gouttes d'heptane et de perfluorohexane mesurant 0,1 millimètre. L'heptane, moins dense, se place au-dessus du perfluorohexane, et les deux huiles forment une interface concave. En produisant dans une émulsion un grand nombre de gouttes de même taille et, *a priori*, incolores, les chercheurs ont remarqué que celles-ci émettent une couleur intense lorsqu'elles sont éclairées par en haut avec une lumière blanche. Et cette couleur change selon l'angle sous lequel on les regarde.

Les chercheurs ont déterminé l'origine de cette couleur. Dans chaque goutte de Janus, les rayons de lumière arrivant par en haut subissent des réflexions totales sur l'interface concave entre l'heptane et le perfluorohexane. Comme tous les rayons ne suivent pas le même chemin, ils interfèrent lorsqu'ils ressortent de la goutte, ce qui produit une couleur particulière. Ce phénomène d'interférence dépend beaucoup de la géométrie de l'interface (la taille de la goutte, sa composition) en plus de l'angle de vue de l'observateur. La lumière s'échappe de la goutte principalement dans la zone où l'heptane, le perfluorohexane et l'eau sont en contact. Ainsi, chaque goutte semble cerclée par un anneau de couleur.

Comme la sensibilité à la géométrie de l'interface concave est importante, Lauren Lazar et ses collègues pensent que ce phénomène serait exploitable pour des applications dans le domaine des capteurs et de l'affichage. ■

S. B.

A. E. Goodling et al., *Nature*, vol. 566, pp. 523-527, 2019

MÉDECINE

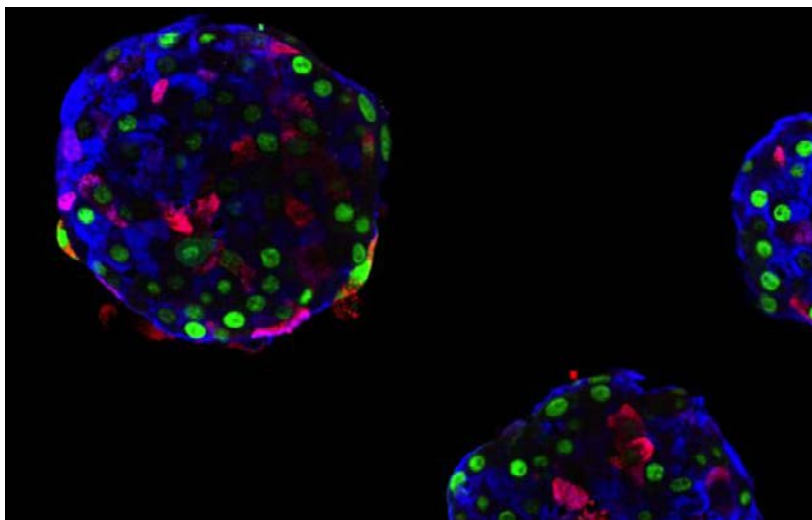
REPROGRAMMER DES CELLULES POUR COMBATTRE LE DIABÈTE

On peut reprogrammer certaines cellules du pancréas pour qu'elles produisent de l'insuline et pallient l'absence de leurs consœurs habituellement responsables de cette fonction.

En 2014, dans le monde, 422 millions de personnes étaient atteintes de diabète. Près de 10 % de ces cas sont des diabètes de type 1, une maladie qui apparaît chez les enfants et les jeunes adultes lorsque leur pancréas ne produit plus assez d'insuline. En temps normal, cette hormone responsable de l'assimilation du glucose par l'organisme est sécrétée par les cellules β situées dans les îlots de Langerhans, des structures du pancréas. Mais les personnes atteintes du diabète de type 1 développent une réaction auto-immune qui détruit ces cellules. Actuellement, le principal traitement consiste en des injections régulières d'insuline. Toutefois, une nouvelle étude dirigée par Pedro Herrera et Kenichiro Furuyama, de l'université de Genève, montre que certaines cellules pancréatiques humaines disposent de la plasticité nécessaire pour changer de fonction et produire l'insuline manquante.

Des études précédentes avaient déjà démontré cette plasticité cellulaire chez la souris. Pour vérifier qu'elle existe également chez l'humain, Pedro Herrera et ses collègues ont travaillé sur des îlots de Langerhans issus de donneurs diabétiques et sains. En particulier, ils se sont intéressés à d'autres cellules de ces îlots, très similaires aux cellules β : les cellules α , qui sécrètent une hormone hyperglycémisante, le glucagon, et les cellules γ , qui produisent l'hormone polypeptide pancréatique. Dans ces cellules, les chercheurs ont déclenché l'expression de deux gènes (*PDX1* et *MAFA*), qui sont nécessaires au développement, à la maturation et à l'activité de synthèse d'insuline des cellules β , et qui sont normalement dormants dans les cellules α et γ .

Les chercheurs ont alors reconstitué des pseudo-îlots composés uniquement de cellules α ou de cellules γ . Une semaine plus tard, plus d'un tiers des cellules α produisaient de l'insuline et la sécrétaient en réponse à la présence de glucose, et les cellules γ en faisaient tout autant, voire plus efficacement. L'équipe genevoise a ainsi montré qu'il était possible de reprogrammer ces cellules pour qu'elles combleraient l'absence de leurs « consœurs ».



Dans ces pseudo-îlots de cellules α humaines, les cellules produisent du glucagon (en bleu) mais aussi de l'insuline (en rouge). Des traceurs (en vert) ont permis de vérifier l'origine de ces cellules.

Afin de vérifier la durabilité de ces modifications, les auteurs de l'étude ont transplanté ces pseudo-îlots reconstitués chez des souris diabétiques. Résultat : leur glycémie s'est stabilisée, même plus de six mois après la transplantation. Lorsque les pseudo-îlots ont été retirés, la glycémie s'est de nouveau déséquilibrée.

Dans ces expériences, les cellules α ont conservé leur identité cellulaire originale. Mais du fait de leur nouvelle capacité de production d'insuline, risquaient-elles d'être victimes d'une réaction auto-immune similaire à celle qui détruit les cellules β chez les personnes atteintes de diabète de type 1 ? L'équipe de Genève a alors cultivé ces cellules conjointement avec des cellules immunitaires de personnes diabétiques et a observé une réaction de toxicité limitée.

Face à l'inefficacité et à la lourdeur sur le long terme de traitements tels que l'injection quotidienne d'insuline, la greffe d'îlots ou de pancréas, ces travaux offrent une piste thérapeutique prometteuse. Cependant, les chercheurs doivent d'abord trouver un moyen de stimuler ces adaptations cellulaires directement dans le pancréas des patients, sans causer d'effets secondaires sur d'autres cellules. ■

W. R.-P.

K. Furuyama et al., *Nature*, en ligne le 13 février 2019