

cellules, qui joue un rôle clé dans l'embryogenèse à toutes les échelles. Notamment, chez les vertébrés, on sait que les cellules communiquent à distance en libérant des facteurs morphogènes – diverses molécules dont le gradient de concentration spécifie à quels endroits de l'organisme les cellules vont se spécialiser en tel ou tel tissu. Chez les ascidies, des signaux extérieurs aux cellules influent aussi sur leur induction. Cependant, les contacts entre cellules semblent jouer un rôle primordial. En 2006 en effet, l'équipe de Patrick Lemaire a montré, à l'aide d'un modèle numérique 3D d'embryons d'ascidies, que la taille de la surface de contact entre les cellules est déterminante pour leur induction.

Pour comprendre les mécanismes en jeu, Léo Guignard et ses collègues ont enregistré toutes les deux minutes le développement de dix embryons de *Phallusia mammillata* à l'aide d'un microscope de haute résolution à « nappe de lumière », puis, à l'aide d'un logiciel, ont suivi chaque cellule, sa géométrie et les contacts qu'elle établissait avec ses voisines. Ils ont ainsi non seulement confirmé la reproductibilité du développement à l'échelle cellulaire, mais aussi montré que même les surfaces de contact entre cellules voisines sont reproductibles d'un embryon à l'autre.

Pour préciser le rôle des contacts dans l'embryogenèse, l'équipe a ensuite combiné, par modélisation mathématique, les informations géométriques obtenues avec le profil d'expression des principaux gènes impliqués dans la signalisation entre cellules. Ils en ont déduit que les signaux échangés par les cellules étaient de très courte portée et compatibles avec des signaux de contact.

La corrélation entre géométrie et signaux de contact était tellement forte que les signaux de contact entre cellules pourraient suffire pour construire un embryon d'ascidie. La portée de la signalisation déterminerait l'échelle à laquelle la reproductibilité est observée : quand les signaux de contact sont majoritaires, l'embryon est reproductible à l'échelle cellulaire, puis quand les signaux à plus longue distance prennent le dessus, l'échelle de la reproductibilité devient tissulaire. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

L. Guignard et al., *Science*, vol. 369, article eaar5663, 2020

BPA : des substituts tout aussi problématiques

Une équipe de l'Institut de recherche en santé, environnement et travail (Irset), à Rennes, a mené une vaste étude sur la nocivité des substituts du bisphénol A (BPA) chez le poisson-zèbre. Ces composés se sont révélés être, comme le bisphénol A, des perturbateurs endocriniens. Pascal Coumailleau, l'un des quatre auteurs de ces travaux, nous commente leurs résultats.



Propos recueillis par SEAN BAILLY

PASCAL COUMAILLEAU
enseignant-chercheur
à l'université Rennes-1
et à l'Irset

Qu'est-ce que le bisphénol A ?

Il s'agit d'un composé organique de la famille des molécules aromatiques. Il se caractérise par la présence de deux groupes phénol. Depuis les années 1960, l'industrie du plastique l'utilise en grandes quantités sous la forme de polycarbonate, car il présente de nombreuses qualités : transparent, léger et résistant aux chocs mécaniques. Il sert à la fabrication des biberons, des bouteilles en plastique, des films à l'intérieur des canettes, des boîtes de conserve, etc. On le retrouve aussi dans les CD ou les films thermosensibles des tickets de caisse.

Quel problème ce composé pose-t-il ?

Sa structure moléculaire est assez proche de celle des œstrogènes, des hormones sexuelles. À cause de cette similarité, le bisphénol A se fixe sur le récepteur des œstrogènes et perturbe cette voie de signalisation hormonale. C'est donc un « perturbateur endocrinien ». Or les hormones agissent même en très faibles quantités ; il suffit donc d'une concentration restreinte de bisphénol A pour observer des effets.

D'après beaucoup d'études, cette molécule semble associée à de nombreuses maladies : diabète, maladies cardiovasculaires, problèmes hépatiques ou thyroïdiens, cancer du sein, etc. Ses effets de perturbateur endocrinien seraient particulièrement sensibles lors du développement embryonnaire et fœtal, avec des conséquences sur le développement des organes sexuels mâles et femelles, du cerveau et sur le comportement reproducteur.

Depuis 2015, son utilisation est interdite dans tous les contenants alimentaires en France. En 2017, l'Agence européenne des produits chimiques a ajouté le bisphénol A dans la liste des « substances extrêmement préoccupantes ».

Est-il possible de le remplacer ?

Pour l'heure, les substituts proposés sont tous des dérivés de la famille des bisphénols. Ils ont été beaucoup moins étudiés que le bisphénol A. Quand nous avons lancé notre étude sur le poisson-zèbre il y a trois ans, il y avait quelques indices d'effets perturbateurs chez ces autres bisphénols. Notre objectif a été d'avoir une vision globale de la situation, de comparer le bisphénol A à quatre substituts parmi les plus utilisés, les bisphénols S, F, AF, et AP. Et d'étudier l'impact sur le développement du poisson-zèbre.

Avec quels résultats ?

Parmi les nombreux paramètres que nous avons étudiés, nous avons regardé le moment précis d'éclosion des larves des poissons-zèbres qui est un indicateur du développement global de l'animal. On sait que certaines substances accélèrent ou ralentissent le développement et décalent l'éclosion. Avec tous les bisphénols étudiés, nous avons mesuré une accélération du développement, ce qui n'est pas sans conséquence à long terme.

Vous avez aussi examiné la production d'aromatase B ; de quoi s'agit-il ?

Cette enzyme assure la conversion de la testostérone en œstradiol (hormone de la famille des œstrogènes). Elle a un rôle essentiel pour maintenir l'équilibre entre ces deux hormones dans l'organisme, notamment le cerveau. En outre, chez le poisson, le gène qui code cette protéine est une cible d'activation des œstrogènes. Nous avons montré que les bisphénols S, F et AF (surtout ce dernier) ont une activité œstrogénique très nette car ils augmentent de façon significative la synthèse de l'aromatase B. Nous avons aussi observé qu'un de ces substituts modifie le comportement de nage des larves de poisson-zèbre. Les effets observés indiquent qu'il est impératif de se tourner vers d'autres molécules de remplacement. Reste à trouver lesquelles... ■

P. Coumailleau et al., *Journal of Neuroendocrinology*, en ligne le 21 juin 2020

GÉOSCIENCES

LA SOURCE DU POINT CHAUD DE HAWAII SE DÉVOILE

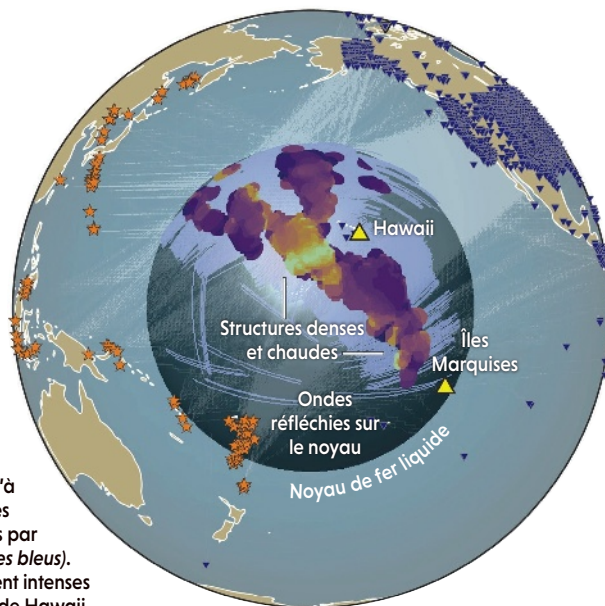
En analysant les échos des ondes sismiques, des chercheurs ont affiné la cartographie des structures situées à l'interface du manteau et du noyau terrestres.

Au contact du noyau de fer liquide, la base du manteau terrestre, composé de roches silicatées, est d'une grande complexité structurale, qui lui vaut le nom de couche «anormale» D". De la même façon que les chauves-souris utilisent l'écholocation par ultrasons pour explorer leur environnement, Doyeon Kim, de l'université du Maryland, aux États-Unis, et des collègues géologues et astrophysiciens ont analysé les échos des ondes sismiques pour cartographier avec précision cette région sous l'océan Pacifique.

Depuis plus de cent ans, les géologues utilisent les ondes sismiques pour sonder l'intérieur de la Terre. Ces ondes parcourent des milliers de kilomètres à des vitesses qui varient selon les matériaux traversés. En collectant ces signaux, les chercheurs en déduisent la structure interne de la planète. Au sein de la couche D", ils ont notamment découvert des «superpanaches», des assemblages gigantesques qui résultent peut-être de l'accumulation d'anciennes plaques océaniques enfouies vers l'intérieur du manteau à la suite de leur subduction. Sur les bords de ces superpanaches, les chercheurs ont identifié d'autres structures plus petites, les ULVZ (*ultra low velocity zones*). Elles pourraient correspondre à des régions où les anciennes plaques fondent. Ces zones sont d'ailleurs corrélées à des points chauds (où de la roche mantellique très chaude remonte jusqu'à la surface et donne naissance à un volcanisme important), comme celui qui est à l'origine de l'archipel de Hawaïi.

Doyeon Kim et ses collègues ont récemment mis au point une nouvelle technique pour cartographier les détails de la couche D". Le principe est simple: comme c'est le cas pour les ondes sonores, lorsqu'une onde sismique rencontre un obstacle ou une région de composition différente, elle est en partie réfléchi. Cela crée une onde secondaire plus faible, qui arrive avec un peu de retard par rapport au signal qui s'est propagé sans avoir subi de déflexion. Ces échos sismiques sont riches en information, mais leur étude était difficile jusqu'à présent, car ces faibles signaux sont souvent noyés dans le bruit de fond. Les analyses étaient restreintes

L'utilisation des échos des ondes sismiques a permis de cartographier les structures existantes à la base du manteau terrestre. Les ondes des séismes (étoiles orange) se sont propagées jusqu'à la surface du noyau et les échos ont été enregistrés par des sismomètres (triangles bleus). Les échos particulièrement intenses au pied du point chaud de Hawaïi et des îles Marquises (triangles jaunes) indiquent la présence de structures de grande taille.



à des régions de très petite taille, pour en permettre l'interprétation.

Doyeon Kim et ses collègues ont amélioré la situation en développant une nouvelle méthode qui leur a permis d'analyser des échos sous tout le bassin Pacifique. Les chercheurs ont utilisé un nouvel algorithme nommé «le Séquenceur», initialement élaboré dans un contexte astrophysique. «L'algorithme a été conçu pour détecter par lui-même des tendances ou des motifs dans des données sans avoir besoin d'indiquer un modèle *a priori*», explique Brice Ménard, astrophysicien à l'université Johns-Hopkins et créateur de l'algorithme. Le programme a ainsi extrait les échos du bruit de fond. Avec ces données, les géologues ont montré que la couche D" possède encore plus de structures qu'on ne l'imaginait. Ils ont visualisé la base du panache qui alimente l'archipel de Hawaïi et ont découvert une structure similaire sous les îles Marquises, l'un des cinq archipels de la Polynésie française. ■

S. B.

D. Kim et al., *Science*, vol. 368, pp. 1223-1228, 2020

EN BREF

UNE IA QUI A L'ŒIL SUR LES OISEAUX

Pour étudier des groupes d'espèces sauvages, il est utile de pouvoir reconnaître chaque individu. Il n'est pas toujours aisé de distinguer à l'œil le pelage ou le plumage de deux animaux. André Ferreira, de l'université Paul-Valéry, à Montpellier, et ses collègues ont conçu un algorithme d'intelligence artificielle reposant sur l'apprentissage profond qui est capable de distinguer les motifs sur les plumes des oiseaux de façon à reconnaître chaque individu.

Methods Ecol. Evol., 26 juillet 2020

UNE CARTE COSMIQUE ÉTENDUE

Les astrophysiciens du programme SDSS (Sloan Digital Sky Survey) viennent de réaliser la plus vaste carte 3D de l'Univers. Celle-ci couvre les 11 derniers milliards d'années d'expansion cosmique. Jusqu'à présent, on n'avait que la moitié. Or, justement, il y a environ 6 milliards d'années, l'expansion a accéléré sous l'impulsion de l'« énergie sombre (ou noire) ». Cette nouvelle carte permettra de poser des contraintes sur ce moteur cosmique de nature inconnue.

Communiqué du SDSS, 19 juillet 2020

EBOLA : SÉQUELLES À LONG TERME

Entre 2013 et 2016, en Afrique de l'Ouest, le virus Ebola a contaminé 28 000 personnes, dont 11 000 sont mortes. Dans le cadre de l'étude des séquelles chez d'anciens malades, l'équipe d'Yves Lévy, de l'Inserm, a analysé des prélèvements sanguins chez 35 individus. Bien que physiquement guéris, ces derniers présentent deux ans après des concentrations anormalement élevées de marqueurs immunitaires et inflammatoires (qui témoignent de la persistance d'une inflammation).

Nature Comm., 24 juillet 2020

PALÉONTOLOGIE

DINOSAURES : DES ŒUFS D'ABORD MOUS

Les dinosaures pondaient-ils des œufs durs ou mous ? Les deux, suggère l'équipe de Mark Norell, du Muséum américain d'histoire naturelle, à New York !

Il y a 310 millions d'années, l'apparition de l'œuf amniotique – un embryon protégé par une membrane – a rendu les reptiles capables de pondre hors de l'eau. Puis celle d'œufs à coquille calcaire les a aidés à coloniser les continents. Comme les crocodiliens et oiseaux modernes, proches parents des dinosaures, pondent des œufs à coquilles dures, les paléontologues ont d'abord supposé qu'il en était de même pour les dinosaures. Toutefois, la diversité des microstructures des coquilles d'œufs fossiles des sauropodes, hadrosaures et autres théropodes contredit l'idée d'une origine commune des œufs à protection calcaire.

Pour avancer, l'équipe de Mark Norell a étudié les œufs fossiles non calcaires de *Mussaurus*, un dinosaure datant du Norien (227 à 208 millions d'années), et de *Protoceratops*, un dinosaure du Campanien (84 à 72 millions d'années). L'examen minéralogique, organochimique et structurel indique que ces œufs d'époques très différentes étaient mous. Afin d'interpréter ces observations, les chercheurs ont fait



La couvée de *Protoceratops* étudiée a été découverte dans le désert de Gobi, en Mongolie. Elle contient des œufs et des embryons aux squelettes presque complets.

fonctionner un modèle d'évolution des structures d'œufs. Les incohérences entre les microstructures des œufs dinosauriens seraient dues à l'apparition, à trois reprises au moins au cours de l'évolution de ce groupe de reptiles, d'œufs à coquille, à partir d'un type différent d'œuf ancestral mou dans chaque cas. Et la rareté des œufs fossiles de dinosaures dans les roches anciennes s'expliquerait par le fait que les premiers dinosaures pondaient plutôt des œufs mous. ■

FRANÇOIS SAVATIER

M. A. Norell et al., *Nature*, vol. 583, pp. 406-410, 2020

BIOPHYSIQUE

DES POISSONS SUPERNOIRS

Dans les océans, à plus de 200 mètres de profondeur, les seules sources de lumière sont biologiques et utilisées notamment pour traquer ou attirer des proies. Mais certains poissons restent bien cachés grâce à une peau très noire dont le coefficient de réflexion (qui atteint 0,044 % pour une espèce) rivalise avec celui des matériaux artificiels. Alexander Davis, de l'université Duke, aux États-Unis, et ses collègues ont étudié plusieurs espèces dotées de ce camouflage supernoir.

Ils ont mis en évidence sous l'épiderme une couche de mélanosomes (des organites contenant la mélanine, un pigment), dense, continue et épaisse de plusieurs micromètres. Grâce à un modèle numérique, l'équipe a étudié le coefficient de réflexion de cette structure et a conclu que les couches de mélanosomes dans



Ce poisson des abysses, de la famille des dragons à écailles (*Stomiidae*), a une peau très noire qui réfléchit moins de 0,5 % de la lumière.

la peau des poissons supernoirs avaient des caractéristiques optimales pour maximiser le pouvoir d'absorption de la lumière. La simplicité de cet assemblage laisse entrevoir des méthodes de production de revêtements supernoirs aisées à mettre en œuvre. ■

S. B.

A. L. Davis et al., *Current Biology*, en ligne le 16 juillet 2020

ASTROPHYSIQUE

DES FEUX DE CAMP À LA SURFACE DU SOLEIL

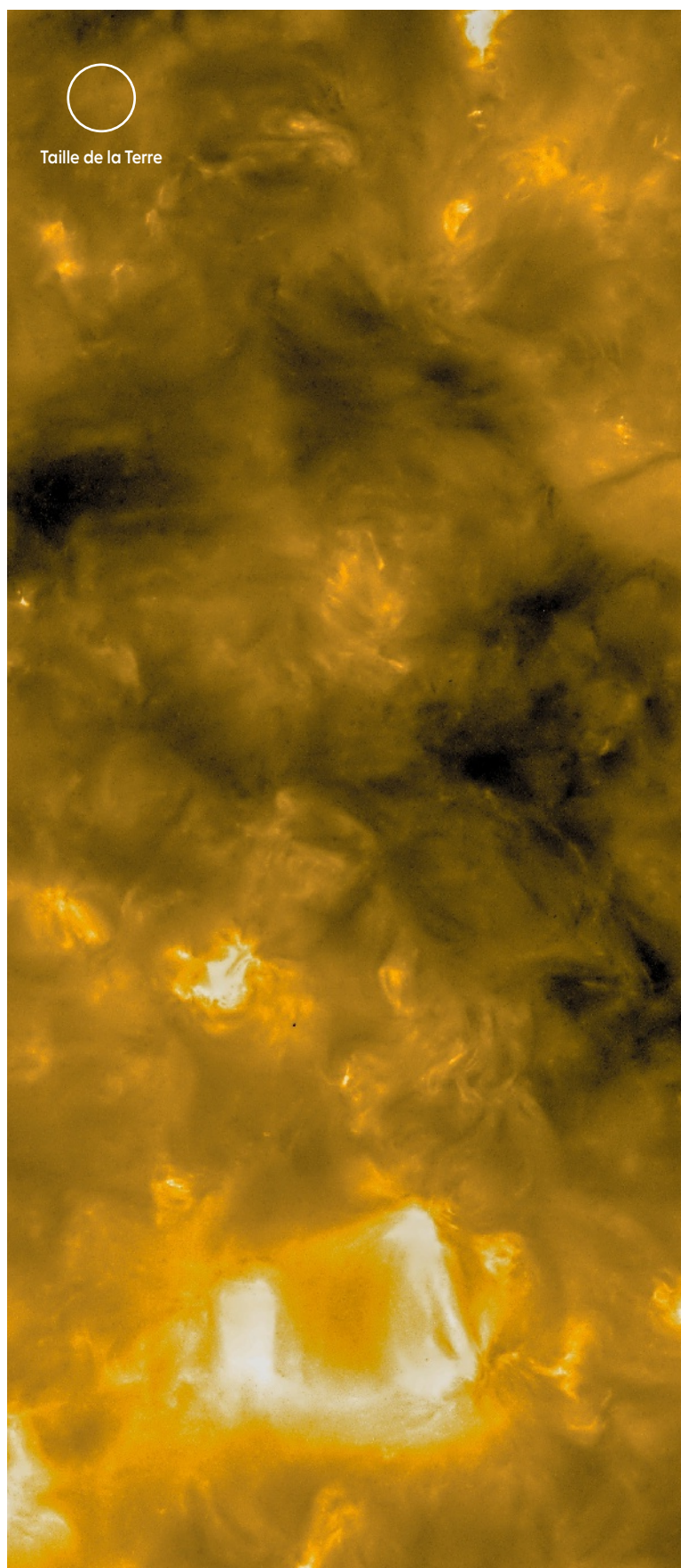
À mi-chemin de la distance qui sépare la Terre du Soleil, la sonde *Solar Orbiter* a pris cette image en ultraviolet de la surface du Soleil – la photographie la plus proche jamais réalisée de la surface de l'astre brûlant. L'analyse du cliché montre que la surface bruisse d'une activité relativement discrète; elle est parsemée d'un millier de «feux de camp» (*l'un d'eux est indiqué par une flèche*). Ceux-ci ressemblent aux éruptions solaires visibles depuis la Terre, mais dans des versions miniatures, des millions voire des milliards de fois plus petites (*l'échelle est donnée en haut à gauche par la taille de la Terre*). Cette différence d'échelle amène à se demander si le mécanisme sous-jacent est bien le même.

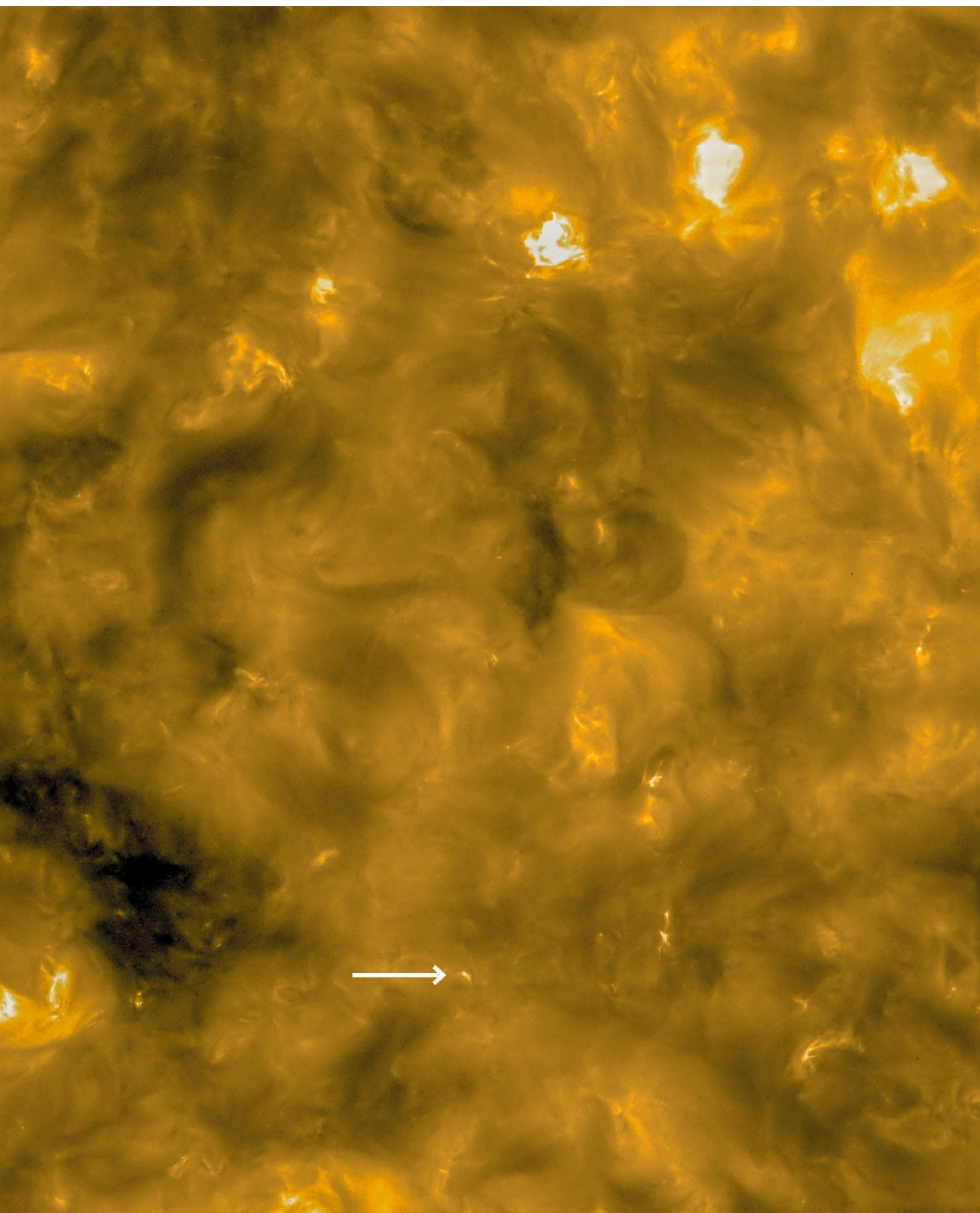
L'une des grandes énigmes du Soleil porte sur sa couronne, son atmosphère dont la température dépasse le million de degrés quand celle de sa surface n'est que de 5500 °C. Aucun modèle n'explique de façon complète et satisfaisante comment l'atmosphère de l'étoile peut être si chaude comparée à la surface de l'astre. Une partie de la réponse viendrait des reconnections du champ magnétique qui seraient à l'origine des éruptions solaires. Lorsque les lignes du champ magnétique solaire se réorganisent, se reconnectent, elles libèrent brusquement vers la couronne de grandes quantités d'énergie qu'elles avaient accumulées.

Il y a trente ans, Eugene Parker, de l'université de Chicago, avait suggéré que des nanoéruptions pouvaient aussi chauffer la couronne. Ces événements de reconnexion magnétique porteraient très peu d'énergie chacun, mais se produiraient partout et tout le temps. Les feux de camp sont-ils ces fameuses nanoéruptions? La réponse viendra peut-être des observations de la sonde *Solar Orbiter* qui ne font que commencer. ■

S. B.

Communiqué de l'ESA:
https://bit.ly/PLS515_ESA





© Solar Orbiter/EUI Team/ESA & NASA; CSL, IAS, MPS, PMOD/WRC, ROB, UCL/MSSL

NEUROSCIENCES

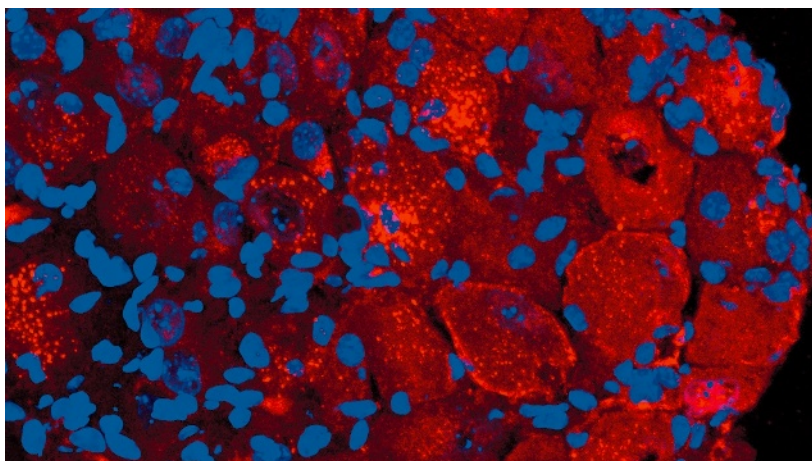
DOULEURS CHRONIQUES : DE NOUVELLES PISTES DE TRAITEMENTS

Des chercheurs français ont découvert deux nouvelles cibles cellulaires qui, quand elles sont bloquées, diminuent les douleurs neuropathiques chez le rat.

Les douleurs neuropathiques sont dues à la lésion ou au dysfonctionnement de neurones sensoriels, provoqués par une blessure, une opération chirurgicale, une maladie (infection virale, diabète...) ou une substance toxique (par exemple, certains anticancéreux). Mais alors que la cause primaire de la douleur est soignée, la sensation douloureuse persiste parfois de longs mois, voire des années, sans que l'on comprenne vraiment pourquoi et souvent sans que les traitements actuels l'atténuent : 7 à 10 % des Français en souffrent, sachant que 20 à 30 % de ces patients développent aussi des difficultés cognitives, des troubles de l'humeur et du sommeil, ainsi que du stress, de l'anxiété ou des symptômes dépressifs. Mais Pierre-Yves Martin, du laboratoire Neuro-Dol (université Clermont-Auvergne et Inserm), et ses collègues viennent peut-être de découvrir deux pistes thérapeutiques.

Ils ont travaillé sur des rats auxquels ils ont soit ligaturé un nerf rachidien, soit injecté de l'oxaliplatine, un anticancéreux qui provoque des douleurs neuropathiques périphériques. Plusieurs jours après, quand on les touchait ou leur appliquait du chaud ou du froid sur la peau, tous les rongeurs présentaient une allodynie – des sensations douloureuses provoquées par un stimulus qui normalement ne fait pas de mal –, ainsi que des troubles cognitifs.

Or ce genre de douleur fait intervenir dans la moelle épinière des « neurones nocicepteurs », certains transmettant les signaux douloureux et d'autres les modulant, notamment *via* la sérotonine, un neurotransmetteur aux multiples fonctions dans la régulation de l'appétit, du sommeil, de l'humeur et de la douleur. D'ailleurs, on prescrit souvent certains antidépresseurs jouant directement sur la transmission de la sérotonine pour soulager les douleurs chroniques, mais leur efficacité est faible, avec, au mieux, un patient traité sur trois qui ressent une amélioration ; un fait qui s'expliquerait notamment par la multiplicité des récepteurs à la sérotonine et de leurs effets, les antidépresseurs ne ciblant pas forcément ceux qui régulent la douleur.



Ganglion rachidien observé en microscopie à fluorescence quelques jours après une lésion du nerf sciatique (en rouge, les neurones, en bleu, les noyaux de cellules neuronales et non neuronales)

C'est pourquoi les chercheurs se sont intéressés aux récepteurs de la sérotonine notés 5-HT₆, très abondants dans les neurones nocicepteurs de la moelle épinière. Ils ont ainsi mis en évidence une activité spontanée élevée de ces récepteurs uniquement chez les rats souffrant d'allodynie tactile ou thermique. Puis ils ont administré à ces derniers un « agoniste inverse » des récepteurs 5-HT₆, le PZ-1388, qui bloque justement leur activité spontanée. Les rats ne présentaient alors plus d'allodynies ni de troubles cognitifs associés pendant plusieurs heures.

De plus, Pierre-Yves Martin et ses collègues ont révélé que le mécanisme d'action de ces récepteurs passe par l'activation intraneuronale d'une autre molécule, mTOR, et de sa voie de signalisation. En inhibant cette dernière avec de la rapamycine (une molécule utilisée comme immunosuppresseur), ils ont montré que les rats ne souffraient plus non plus. De même quand ils perturbaient l'interaction des récepteurs 5-HT₆ avec mTOR, grâce à une autre substance jouant le rôle de « leurre ». Reste à prouver que ces deux cibles sont aussi pertinentes chez l'humain. ■

BÉNÉDICTE SALTHUN-LASSALLE

P.-Y. Martin *et al.*, *Progress in Neurobiology*, vol. 193, article 101846, 2020

EN BREF

LA FORMATION DU SMOG EXPLIQUÉE

Les mégapoles sont souvent accablées en hiver par des épisodes de smog, une brume grisâtre, épaisse et néfaste pour la santé. Si le mécanisme général de formation du smog est bien compris – la condensation de l'humidité de l'air sur des particules en suspension –, on ne comprenait pas comment ces particules naissent dans les conditions urbaines polluées. Mingyi Wang, de l'université Carnegie-Mellon, à Pittsburgh et ses collègues ont utilisé l'expérience Cloud, du Cern, près de Genève, pour préciser ce phénomène. Ces chercheurs ont mis en exergue le rôle des réactions entre vapeurs d'acide nitrique (HNO_3) et d'ammoniac (NH_3), qui forment des particules de nitrate d'ammonium (NH_4NO_3).

Nature, 13 mai 2020

PHYSIQUE DES PARTICULES

XENON1T: UN SIGNAL INATTENDU

Dans le laboratoire souterrain du Gran Sasso, en Italie, l'équipe de l'expérience *Xenon1T* traque depuis 2016 des indices de l'existence de la fameuse matière noire, qui représenterait environ 25% du contenu de l'Univers. Le détecteur est conçu pour repérer la collision d'une particule hypothétique nommée *wimp* (acronyme anglais pour « particule massive interagissant faiblement ») avec un des atomes de xénon liquide contenu dans la cuve de l'expérience. Or les physiciens ont mis en évidence un signal inattendu. Pour des signaux d'énergie comprise entre 1 et 7 kiloélectronvolts, ils avaient estimé que le bruit de fond (la radioactivité naturelle ambiante) devait produire 232 signaux en un an, mais ils en ont mesuré 285. Comment interpréter cet excès? S'il s'agit d'une nouvelle particule, elle est trop légère pour correspondre au *wimp*, mais pourrait être un axion (un autre candidat pour la matière noire). La prudence reste de mise, car d'autres explications sont possibles:



© Collaboration Xenon

Vue de l'intérieur du détecteur.

un effet exotique lié aux neutrinos qui traversent la cuve en permanence ou encore un bruit de fond mal maîtrisé, comme la présence de tritium (un isotope de l'hydrogène) dans la cuve. Le successeur de *Xenon1T*, qui entrera en fonction dès l'année prochaine, permettra probablement d'y voir plus clair. ■

S. B.

E. Aprile et al., prépublication *arXiv*, 17 juin 2020
<https://arxiv.org/abs/2006.09721>

À L'AUDITORIUM DE LA GRANDE GALERIE DE L'ÉVOLUTION

Jardin des Plantes
36 rue Geoffroy St Hilaire - Paris 5^e

Entrée libre et gratuite dans la limite des places disponibles

Détails sur jardindesplantesdeparis.fr

SCIENCE

EN LIEN AVEC L'EXPOSITION PIERRES PRÉCIEUSES

CINÉ-CLUB Samedi 3 octobre 15h

Voyage au centre de la Terre (1959, 132 min.), de Henry Levin

Le professeur Oliver Lindenbrook, convaincu que l'explorateur Arne Saknussemm, porté disparu, est parvenu au centre de la Terre, quitte Edimbourg avec ses camarades. Ils entreprennent un extraordinaire périple et sont poursuivis par le Comte Saknussemm qui souhaite bénéficier des retombées de la découverte de son ancêtre disparu.

Avec le témoignage de Bernard Tourte, spéléologue.

RENCONTRES

Imaginaires des pierres - Histoires, croyances, symboles

Lundi 5 octobre de 19h à 20h

Amulettes, pierres maléfiques, symboles précieux... Comment expliquer la fascination pour les pierres précieuses? Un rendez-vous à la croisée de l'histoire de l'art, de la littérature médiévale et de l'anthropologie.

Table-ronde animée par Marie-Odile Monchicourt, journaliste

Avec : Alain Epelboin, médecin-anthropologue, Muséum national d'Histoire naturelle. Inezita Gay-Eckel, historienne de l'art, professeure à L'École des Arts Joailliers. Valérie Gontero-Lauze, maître de conférences de langue et littérature du Moyen Âge, Département de Lettres Modernes (CIELAM).

Parures, le corps sublimé ?

Lundi 12 octobre de 19h à 20h

Plus ancienne forme d'art au monde, traversant le temps et l'espace, les parures ornent, transforment et transcendent les corps. Attributs des dieux, des rois, des esprits, mais aussi des hommes, elles ont joué, dès les premiers temps, un rôle social, culturel et identitaire, explorant un aspect fondamental de l'être humain.

Table-ronde animée par Capucine Juncker, journaliste

Avec : Emilie Bérard, Responsable Collection Patrimoine, Van Cleef & Arpels, Thomas Golsenne, historien de l'art moderne et culture visuelle, Université de Lille, Roland Nespoulet, préhistorien, Muséum national d'Histoire naturelle.

Sous réserve des conditions sanitaires en vigueur à cette période.



CHIMIE

ÉNERGIE SOLAIRE TOUT-EN-UN

Comment combiner une cellule photovoltaïque et une batterie pour stocker l'électricité avec un bon rendement? Weijie Li, de l'université du Wisconsin, aux États-Unis, et ses collègues ont mis au point un dispositif monobloc comportant une cellule photovoltaïque tandem «perovskite-silicium» couplée à une batterie à flux.

Constituée d'une superposition d'une cellule classique au silicium et d'une cellule composée d'un hybride organique-inorganique (de type iodure d'ammonium ou bromure de plomb), de structure cristalline nommée «perovskite», la cellule photovoltaïque tandem absorbe une gamme plus large de rayonnement solaire qu'une cellule commerciale au silicium: elle atteint une efficacité de 20% contre 10 à 15% pour les autres.

Le système de stockage est une batterie à flux. Dans un accumulateur classique, l'énergie est stockée sous forme d'électrodes métalliques (en lithium, ou en plomb par exemple) mises en contact *via* un milieu contenant des électrolytes inertes. Dans les batteries à flux, l'énergie est stockée sous forme d'électrolytes chimiquement actifs et séparés par une membrane poreuse. L'échange d'ions au niveau de la membrane produit de l'électricité. Dans le

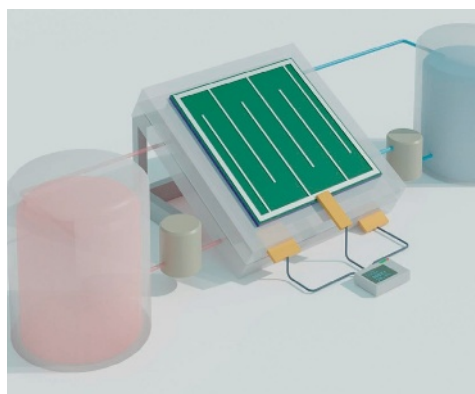


Schéma de principe du dispositif avec la cellule solaire tandem (au centre) et les deux électrolytes (en bleu et en rose).

dispositif de l'équipe de Weijie Li, ces électrolytes sont régénérés directement au contact de la cellule photovoltaïque (où seule une couche d'or de 0,1 micromètre d'épaisseur empêche la corrosion de la cellule). Aucune perte d'énergie liée au stockage de celle-ci dans la batterie à flux n'a été constatée. Plus coûteux que les grandes installations solaires intermittentes reliées au réseau électrique, ce dispositif répondrait aux besoins d'utilisations individuelles dans des zones isolées. ■

MARTIN TIANO

Weijie Li et al., *Nature Materials*, en ligne le 13 juillet 2020

ENVIRONNEMENT

DES MICROPLASTIQUES PARTOUT

Depuis une quinzaine d'années, les chercheurs étudient la dispersion et l'impact des microplastiques (des particules de plastique de moins de cinq millimètres de diamètre) dans les océans et, plus généralement, dans les milieux aquatiques. Le constat est que ces polluants se retrouvent dans des zones aussi isolées que l'océan Antarctique. Mais qu'en est-il sur les continents? Le phénomène de pollution semble être général et n'épargne pas les régions reculées. En 2019, Steve et Deonie Allen, du Laboratoire écologie fonctionnelle et environnement, à Toulouse, ont montré qu'on retrouve des microplastiques dans des zones reculées des Pyrénées. Plus récemment, Janice Brahney, à l'université de l'Utah, et ses collègues ont étudié les données provenant de onze zones protégées et de parcs



Microplastiques prélevés dans des parcs protégés des États-Unis.

nationaux de l'Ouest américain (couvrant près de 500 kilomètres carrés). Au total, ces chercheurs estiment que près de 1000 tonnes de plastiques s'accumulent par an sur la zone qu'ils ont étudiée. ■

JULES COIGNARD

J. Brahney et al., *Science*, vol. 368, pp.1257-1260, 2020

EN BREF

LE SILENCE SISMIQUE DU CONFINEMENT

Les mesures de confinement pour lutter contre la propagation du Covid-19 ont eu une conséquence surprenante. En analysant les données de plus de 300 stations sismiques dans le monde, Thomas Lecocq, de l'observatoire royal de Belgique, et ses collègues ont constaté que le bruit sismique dû à l'activité humaine avait diminué de 50 % entre janvier et juin 2020. Ils ont même pu suivre la « vague » de confinement en Chine, puis en Italie et sur le reste de la planète.

Science, 24 juillet 2020

NANOTHERMOMÈTRE CHIMIQUE

Avec la miniaturisation des composants électroniques à des échelles nanométriques se pose la question de comment mesurer leur échauffement. Karl Ridier, du Laboratoire de chimie de coordination, à Toulouse, et ses collègues ont conçu des molécules dont les propriétés optiques varient avec la température. Avantage d'un revêtement les utilisant : il est particulièrement stable, même après plus de 10 millions de cycles thermiques, et résiste à des températures de 230 °C.

Nature Comm., 17 juillet 2020

PAS D'EFFET PANDA !

Dès les années 1960, la Chine a lancé un vaste programme pour protéger le panda en créant de grandes réserves. Depuis, le panda est passé du statut d'« espèce en danger » à « espèce vulnérable ». Mais ce succès a-t-il permis de protéger d'autres espèces par « effet parapluie » ? Non : Sheng Li, de l'université de Beijing, et ses collègues ont constaté que le léopard, le léopard des neiges, le loup et le dhole ont disparu en grande partie des réserves, à cause du braconnage, de la déforestation et des maladies.

Nat. Ecol. Evol., 4 août 2020

LA FUITE RAPIDE DE TITAN

À cause des forces de marée qui provoquent des frottements et ralentissent la rotation de la Terre, la Lune s'éloigne progressivement de sa planète hôte à la vitesse de 3,8 centimètres par an. On pensait que ce processus n'était pas aussi efficace pour les lunes de Saturne, car cette dernière est essentiellement gazeuse. Mais Valéry Lainey, de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides, à Paris, et ses collègues viennent de montrer que Titan prend ses distances avec Saturne à une vitesse de 11 centimètres par an, soit 100 fois plus vite qu'on ne le pensait. Or en 2016, Jim Fuller, de Caltech, aux États-Unis, et ses collègues ont proposé un mécanisme reposant sur des résonances gravitationnelles, qui expliquerait une fuite aussi rapide. ■

S. B.

V. Lainey et al., *Nature Astronomy*, en ligne le 8 juin 2020

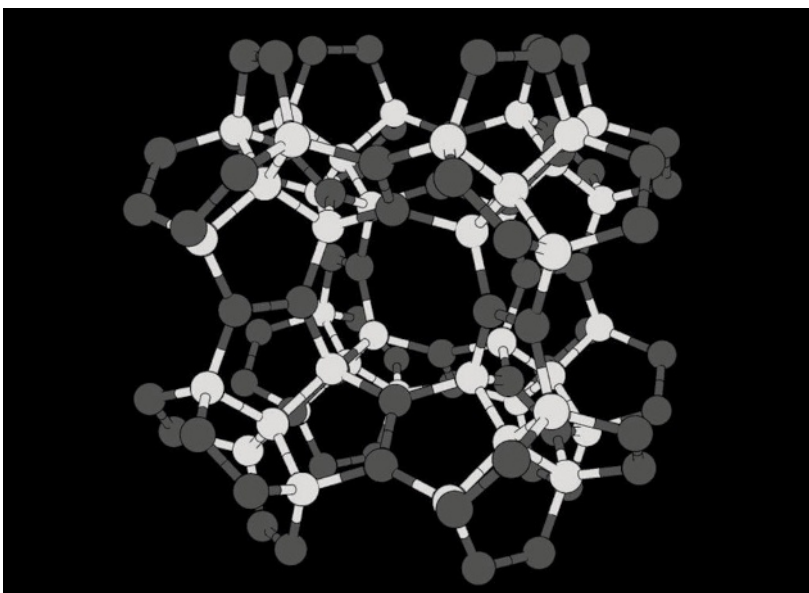
INCERTITUDES NUAGEUSES

En vue du prochain rapport du Giec en 2022, les climatologues ont développé des dizaines de modèles qui intègrent l'état de l'art du domaine. Pour les comparer, ils regardent un indicateur: la hausse de température quand on double la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone par rapport à l'ère préindustrielle. Dans la précédente génération de simulations, les modèles prévoient un réchauffement compris entre 2,1 °C et 4,7 °C. Il est maintenant compris entre 1,8 °C et 5,6 °C. Gerald Meehl, du centre américain pour la recherche atmosphérique, à Boulder, aux États-Unis, et ses collègues ont montré que cette dispersion plus grande des valeurs est surtout liée aux nuages, dont l'effet sur le climat est complexe et pas encore totalement compris. Selon les choix faits dans les modèles, les résultats diffèrent. Des campagnes d'observation devraient préciser la dynamique des nuages et aider à faire converger les modèles. ■

S. B.

G. A. Meehl et al., *Science Advances*, vol. 6(26), article eaba1981, 2020

LE PENTADIAMANT, MIEUX QUE LE DIAMANT



Le pentadiamant est formé uniquement d'atomes de carbone qui constituent des cycles pentagonaux.

Diamant, graphène, fullerènes, nanotubes... tous ces matériaux appartiennent à la grande famille du carbone. On parle de formes allotropiques du carbone car elles sont toutes composées de l'élément carbone, mais suivant des structures différentes. Dans le diamant, les atomes se lient à quatre autres pour former un réseau tridimensionnel très résistant aux déformations. Pour le graphène, le réseau est bidimensionnel et les atomes de carbone ne sont reliés qu'à trois voisins. Des centaines de formes allotropiques ont été imaginées. En particulier, les structures à cycles pentagonaux intéressent les chercheurs car elles présentent des propriétés physiques inhabituelles.

Yasumaru Fujii et ses collègues, de l'université de Tsukuba, au Japon, ont étudié théoriquement les propriétés d'un allotrope du carbone métastable qui peut être obtenu par copolymérisation de deux monomères contenant des cycles pentagonaux. Tous les atomes de carbone se retrouvent dans des cycles connectés à trois ou quatre autres atomes. En utilisant la théorie de la «fonctionnelle de la densité», qui permet d'étudier la structure électronique du matériau, les chercheurs ont estimé les propriétés de ce qu'ils nomment un pentadiamant. Ils ont montré que sa rigidité serait supérieure à celle du diamant, et qu'il se comporterait comme un semi-conducteur.

Les monomères qui composent le pentadiamant sont disposés selon un réseau cubique comparable à celui du diamant et dont ils occupent les sommets, comme dans un diamant. Mais, contrairement à ce dernier, le pentadiamant présente un espace vide important au milieu de chaque maille cubique. Sa densité est plus faible que celle du diamant et comparable à celle du graphite. Reste à fabriquer cette petite merveille! ■

S. B.

Y. Fujii et al., *Physical Review Letters*, vol. 125, article 016001, 2020

L'ODYSSÉE DES GÈNES... AU QUÉBEC

Pierre Tremblay, marié en 1657 à Anne Achon, est l'aïeul des 80000 Tremblay du Québec! Un succès reproducteur remarquable et l'objet d'une des découvertes de l'anthropologie génétique racontées par Évelyne Heyer dans un livre palpitant qui vient de paraître chez Flammarion: *L'Odyssée des gènes, sept millions d'années d'histoire de l'humanité révélées par l'ADN*. Extrait.



Entre le ^{xvi}e et le ^{xix}e siècle, c'est le temps des migrations transatlantiques, qui concerneront 3 millions d'Européens et entraîneront le déplacement forcé de 10 à 12 millions d'Africains en Amérique. Dans cette période ambivalente, mêlant le meilleur de l'humanité (l'exaltation pour les découvertes) et le pire (l'exploitation de l'Homme par l'Homme), la colonisation du Québec occupe une place intéressante pour la généticienne que je suis. J'ai eu la chance de travailler plusieurs années sur cette population dans un centre de recherche, à Chicoutimi, fondé par l'historien Gérard Bouchard. Montons donc à bord de La Grande Hermine, l'un des trois navires de la flottille de Jacques Cartier, et cinglons à travers l'Atlantique. C'est en 1534 que le célèbre Malouin aborde le golfe du Saint-Laurent et

«découvre» le Canada. Il s'empare aussitôt des terres actuelles du Québec, au nom de la couronne de France, et fonde la Nouvelle-France. Venus de métropole, des colons commencent bientôt à s'y installer et colonisent les terres. Ce sont surtout des hommes, jeunes, issus des villes, souvent des artisans, plus rarement des habitants des zones rurales. D'après les sources historiques, ils ne migrent pas pour échapper à la misère. Ainsi à La Rochelle, un port de départ important, les historiens ont montré que les départs étaient plus fréquents lors des périodes de prospérité. Les témoignages écrits laissés par ces pionniers évoquent l'espoir de mieux gagner sa vie, de faire fortune.

LES FILLES DU ROY

Les femmes, elles, viennent aussi des villes, mais sont issues de toutes les couches sociales.



© Collection Centre d'archives de Québec - BANQ Québec, P1000.S4.D18.P4, Gariépy, Edgar

Sur les 2 000 Françaises au total qui poseront le pied au Québec, on a dénombré 850 jeunes filles pauvres. La plupart sont des «filles du Roy», des orphelines que le roi envoie en Nouvelle-France pour prendre possession du territoire.

Des familles se forment et s'établissent le long du fleuve Saint-Laurent. Bien que le climat soit rude, les taux de mortalité infantile sont plus faibles que ceux du royaume de France, si bien que les grandes familles deviennent la norme. Les longs hivers rigoureux limitent par ailleurs la propagation de maladies infectieuses. La croissance annuelle atteint ainsi un taux de 25/1 000, à comparer aux 3/1000 à la même période en France: entre 1681 et 1765, la population passe de 10 000 à 70 000 habitants, essentiellement du fait de l'accroissement naturel.

On estime qu'environ 10 000 immigrants français sont venus s'installer entre 1608

et 1760. C'est en 1763 que la France perd la Nouvelle-France au profit de l'Angleterre. La colonisation française s'arrête. Les immigrants sont désormais soit des protestants anglais, soit des catholiques irlandais. Or les deux communautés ne se mélangent pas avec les Français. Pour que ceux-ci ne soient pas submergés, le clergé francophone lance ce qui sera nommé la «guerre des berceaux»: bien que le territoire soit perdu pour la France catholique, l'Église se lance dans une politique de croissance démographique.

LES VOIES DU SEIGNEUR

Dès lors, les familles de plus de 10 enfants ne sont pas rares. Ainsi, les femmes nées entre 1850 et 1880 dans la région administrative du Saguenay-Lac-Saint-Jean ont en moyenne 7 enfants mariés et 38 petits-enfants. Les >

Jusqu'aux années 1950, les familles de plus de 10 enfants n'étaient pas rares au Québec. Cette forte fécondité, encouragée par le clergé catholique, a joué sur la diversité génétique des Québécois.

> registres indiquent même des valeurs extrêmes de 25 enfants mariés! Le curé de la paroisse veille au grain et passe régulièrement dans les maisons rappeler les femmes à leur devoir.

Une amie québécoise me racontait d'ailleurs que c'était encore le cas dans les années 1950. Sa mère a eu 6 enfants. Le dernier est venu au monde suite à un accouchement difficile, où elle a failli perdre la vie, si bien que le médecin lui a déconseillé une autre grossesse. C'était compter sans le curé local, venu la voir régulièrement pour la pousser à avoir encore un enfant en invoquant les voies du Seigneur. Le couple a refusé et a été excommunié, avec interdiction de venir

ascendantes ne suffisent pas. Il faut aussi savoir combien d'enfants a eu chaque individu au cours de sa vie, à quel âge, si ces enfants sont décédés avant de se marier et à quel âge, etc.

Pour obtenir ces informations, il est nécessaire de jumeler tous les actes d'état civil de façon à reconstruire un «fichier de population». Ce document livre la biographie démographique de chaque individu: son âge au décès, s'il s'est marié, à quel âge, avec qui, s'il a eu des enfants, à quel âge il les a eus, si ceux-ci se sont mariés. Grâce à ce fichier, on connaît les liens de parenté d'une personne avec le reste des individus. Ainsi, on peut savoir si ses parents étaient cousins, si son époux est un cousin, combien de petits-enfants ils ont eu... Ce document est une ressource précieuse pour comprendre comment une population humaine fonctionne. Bien que la démographie historique soit née en France, c'est au Québec qu'elle s'est automatisée et a pris une ampleur exceptionnelle. Voilà pourquoi les Islandais se sont inspirés du savoir-faire québécois pour créer leurs propres fichiers de population.

À LA RECHERCHE DE MALADIES RÉCESSIVES

Quelles périodes couvrent les fichiers de population du Québec? Un premier fichier recense de manière exhaustive tous les Québécois francophones du début de la colonisation au XVII^e siècle jusqu'à 1800, date à laquelle le Québec comptait environ 200 000 habitants. Un second inventorie les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean et de Charlevoix de 1838 à 1971. Depuis, ce deuxième fichier a été étendu à d'autres régions du Québec et compile à ce jour 2,9 millions d'actes d'état civil.

La création du second fichier, au départ centré sur les régions de Charlevoix et du Saguenay-Lac-Saint-Jean, était motivée non seulement par des questions historiques, mais aussi par des questions médicales. Il faut préciser que, depuis plus de 50 ans, les médecins ont identifié un certain nombre de maladies génétiques exclusives à la région concernée. La plupart sont récessives: un individu n'est malade que s'il a reçu la mutation délétère, à la fois par son père et par sa mère (son ADN possède alors deux versions identiques du gène: on dit qu'il est homozygote pour la mutation). Or la fréquence d'apparition de ces maladies est élevée localement: elles concernent environ une naissance sur 1600. L'existence de porteurs de maladies récessives s'explique habituellement par la consanguinité proche. Pourquoi? Tout simplement parce qu'une personne ayant des parents apparentés proches peut recevoir la même mutation directement de leur ancêtre commun. Si les deux parents ne sont pas apparentés, il faut que chacun d'entre eux en soit porteur par hasard, ce qui est peu probable.

Résultat inattendu: les malades ne sont pas plus consanguins que les autres

à la messe! Dans les années 1960 et 1970, les Québécois francophones feront la «Révolution tranquille» en s'affranchissant des règles du clergé. Le pays connaîtra alors une transition démographique, les familles passant rapidement de 6 ou 7 enfants en moyenne à moins de 2.

UNE BIOGRAPHIE DE CHAQUE HABITANT

La mainmise de l'Église a eu un avantage: la constitution de registres de paroisse, au sein desquels naissances, mariages, décès ont été soigneusement consignés et conservés. Une mine d'or pour les démographes. Mais, avant qu'ils aient pu les utiliser pour mieux plonger dans l'histoire du pays, un travail laborieux a été nécessaire: il a fallu dépouiller et transcrire ces actes, et surtout les jumeler. Cela consiste à attribuer un numéro unique à chaque individu, un identifiant, et à le relier à tous les actes d'état civil où il apparaît. Les férus de généalogie connaissent bien cette étape.

Comment procéder? Le plus simple est de partir des actes de mariage. Sur chaque acte est inscrit le nom des deux époux, mais aussi de leurs deux parents respectifs. Ces informations permettent d'identifier les parents des individus et de remonter, génération après génération, à leurs ancêtres. Mais, pour faire de la démographie historique, les généalogies