

PHYSIQUE

UN SAUT QUANTIQUE SUIVI À LA TRACE

Grâce à un dispositif ultrarapide, des physiciens ont observé le passage d'un système quantique de son état initial à un autre.

En 1913, Niels Bohr présentait son modèle de l'atome, composé d'un noyau entouré d'électrons sur des orbites distinctes ayant chacune une énergie bien définie. L'idée révolutionnaire du physicien danois était que seules certaines valeurs d'énergie sont autorisées pour les électrons. Ces particules peuvent néanmoins passer d'une orbite (ou état) à une autre, par un «saut quantique», si elles absorbent ou émettent un photon d'énergie exactement égale à l'écart d'énergie des deux états. Or Zlatko Minev et ses collègues, de l'université Yale, aux États-Unis, ont mené une expérience qui permet d'étudier ce qui se passe pendant un tel saut quantique.

Le modèle de Bohr préfigurait une vision encore plus radicale, celle de la physique quantique, développée au cours des années 1920. Cette théorie stipule qu'un saut quantique se déclenche de façon aléatoire, mais les détails du déroulement d'un tel saut, déjà vivement débattus à l'époque de Bohr, restent obscurs aujourd'hui.

En effet, comment étudier un saut quantique alors qu'une mesure perturbe inévitablement le système? L'équipe de l'université Yale a conçu un système reposant sur un «atome artificiel» constitué d'éléments supraconducteurs. Sur le plan mathématique, le dispositif est équivalent à un atome présentant trois états d'énergie: l'état fondamental (celui de plus basse énergie), un état dit «sombre» et un état dit «brillant». Le choix de ces mots tient au fait que l'appareil est capable de détecter quand le système est dans l'état brillant. Ce signal est associé à un «clic», comparable au bruit que fait un compteur Geiger.

En revanche, les physiciens ne peuvent pas directement savoir si le système est dans l'état sombre. Leur dispositif leur indique seulement si l'atome est dans l'état brillant ou non. Dès lors, dans le cas non brillant, les chercheurs préservent le mélange quantique entre les états fondamental et sombre et ne perturbent pas la dynamique lors d'un saut quantique entre ces niveaux d'énergie.

Dans l'expérience, l'atome artificiel est placé dans une cavité remplie de photons microondes. Ceux-ci stimulent le système, qui passe le plus souvent de l'état fondamental à l'état brillant.



À l'image d'un chat de Schrödinger se trouvant dans une superposition de deux états, des chercheurs ont trouvé un moyen de détecter les débuts du processus où le système saute d'un état à l'autre.

8

MICROSECONDES

C'EST LA DURÉE DU SAUT QUANTIQUE ENTRE L'ÉTAT FONDAMENTAL ET L'ÉTAT « SOMBRE ». GRÂCE À UN SYSTÈME ULTRARAPIDE, IL EST POSSIBLE DE DÉTECTER QU'UN SAUT EST EN TRAIN DE COMMENCER ET DE LUI ENVOYER UNE ONDE POUR L'ARRÊTER.

Lorsque le système est dans l'état brillant, les chercheurs enregistrent un clic, à peu près toutes les microsecondes. Mais parfois, ces signaux s'interrompent, environ toutes les 220 microsecondes, sur une durée moyenne de 31 microsecondes. Cela signifie que le système a effectué un saut quantique de l'état fondamental à l'état sombre, où il reste un certain temps.

Étant donné sa résolution temporelle de 8 nanosecondes, le dispositif expérimental est assez rapide pour détecter le début d'une période «silencieuse». Les chercheurs ont alors mesuré ce qui se passe précisément au cours du saut quantique vers l'état sombre. En effectuant des mesures à différents instants du saut sur près de 7 millions de sauts, les physiciens ont constaté que l'état de superposition du système change continuellement au cours du saut, selon une «trajectoire» bien définie. Il est dominé par sa composante fondamentale au début du saut, puis la part sombre augmente progressivement.

Si ce résultat n'est pas une surprise – il était prévu par la théorie –, c'est la première fois qu'on observe cette dynamique pendant le saut, lequel conserve son caractère aléatoire puisqu'on ne peut pas anticiper son déclenchement. ■

SEAN BAILLY

Z. K. Minev *et al.*, *Nature*, vol. 570, pp. 200-204, 2019

EN BREF

UN PENTAQUARK MOLÉCULAIRE

Les quarks sont les briques élémentaires de la matière. En trio, ils forment les baryons (protons, neutrons, etc.). En paires quark-antiquark, ils constituent des mésons. En 2016, *LHCb*, une expérience du LHC, au Cern, a identifié un pentaquark, avec quatre quarks et un antiquark, dont l'existence était prévue depuis longtemps. Mais comment les quarks s'organisent-ils dans le pentaquark ? Est-ce un quintet solidement lié ou une association d'un baryon et d'un méson ? L'équipe de *LHCb* vient de montrer que la bonne option est la seconde.

LES MONARQUES NÉS EN CAPTIVITÉ NE MIGRENT PAS

Aux États-Unis, pour faire face au déclin du papillon monarque, des particuliers et des entreprises libèrent des individus élevés en captivité. Mais l'équipe d'Ayşe Tenger-Trolander, de l'université de Chicago, a montré que ces papillons ont perdu leur capacité à migrer vers le Mexique à l'automne pour se reproduire. Cette perte s'expliquerait par des différences génétiques entre les populations commercialisée et sauvage, et par l'absence de repères environnementaux liés à l'élevage en intérieur.

UN PALAIS SORTI DES EAUX

Sur le site de Kemune, au bord du Tigre irakien, un palais était immergé dans les eaux du réservoir du barrage de Mossoul. En 2018, un épisode de sécheresse l'a rendu de nouveau accessible. L'archéologue Hasan Ahmed Qasim et des collègues de l'université de Tübingen en ont profité pour étudier ce bâtiment. Il date de l'empire Mittani, aux ^{xv^e} et ^{xiv^e} siècles avant notre ère. Ils y ont trouvé des peintures murales, rarement préservées, et dix tablettes d'argile avec du texte cunéiforme.

ÉCOLOGIE

FUIR FACE À UNE ESPÈCE INVASIVE

Les espèces invasives constituent l'une des principales causes d'érosion de la biodiversité. Or si l'on appréhende mieux aujourd'hui les critères permettant à une espèce de devenir envahissante, il est très souvent difficile d'étudier une invasion biologique, car on ne la détecte qu'une fois l'écosystème modifié. D'où l'intérêt des travaux de Todd Palmer, de l'université de Floride, et ses collègues : ils ont suivi l'arrivée de deux espèces de reptiles exotiques qu'ils ont introduites dans des petites îles de l'archipel des Bahamas.

Ces îles abritent une espèce de lézard arboricole, l'anole brun, qui se nourrit d'insectes. Les chercheurs ont apporté une espèce concurrente, l'anole vert, lui aussi insectivore et arboricole. Très vite, les deux espèces de reptiles ont développé des modes de vie complémentaires, limitant ainsi la compétition : l'anole brun vit et se nourrit au sol ou sur les troncs des arbres, tandis que l'anole vert reste dans les cimes.

Les chercheurs ont ensuite introduit une troisième espèce, l'iguane caréné à queue bouclée, insectivore et reptilivore. Ce dernier étant exclusivement terrestre, il ne pouvait s'attaquer qu'aux anoles bruns. Mais étonnamment, ce sont les anoles verts qui ont quasiment disparu sur les îles étudiées. Pour Todd Palmer et ses collègues,



Un anole brun, espèce de lézard qui s'est adaptée à la présence de deux espèces de lézards volontairement introduites dans de petites îles des Bahamas.

l'introduction des iguanes aurait entraîné la fuite des lézards bruns en hauteur, ces derniers entrant alors en compétition directe avec les anoles verts. De fait, sur les îles colonisées par l'iguane, la proportion des lézards bruns aperçus au sol a diminué de 28% en six ans.

Le dernier rapport international sur la biodiversité de l'IPBES, paru le 6 mai 2019, rappelle l'urgence d'établir des outils de surveillance des espèces invasives. Néanmoins, la modification volontaire d'un écosystème, telle celle menée par Todd Palmer et ses collègues, suscite un autre débat : la fin justifie-t-elle tous les moyens ? ■

CORALINE MADEC

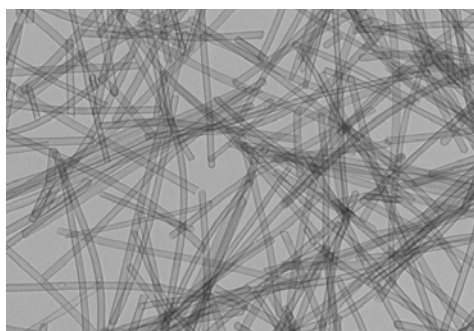
R. M. Pringle *et al.*, *Nature*, vol. 570, pp. 58-64, 2019

CHIMIE

ISOLANT INSPIRÉ DES OURS BLANCS

Les poils des ours polaires ont la particularité d'être creux, ce qui les rend à la fois légers et bien plus isolants que les poils ordinaires des mammifères. Source d'inspiration de nombreux travaux en science des matériaux, ils servent notamment de modèle pour des matériaux isolants thermiques ou acoustiques. Hui-Juan Zhan et ses collègues, de l'université de science et technologie de Chine, à Hefei, ont mis au point un matériau constitué exclusivement de carbone et inspiré de ces structures fibreuses creuses ; ses propriétés isolantes et mécaniques surpassent celles de la fourrure naturelle.

Les chercheurs ont réalisé un aérogel, réseau solide de macromolécules entourées d'air (au lieu d'eau dans un gel). Ici, le rôle des macromolécules est joué par des tubes de



Cet aérogel en carbone s'inspire des poils d'ours polaire et pourrait être un bon isolant thermique en milieu humide.

carbone creux interconnectés. Comme tout aérogel, il est peu dense et un bon isolant thermique. Mais grâce à sa composition en carbone, ce matériau est aussi très hydrophobe, insensible à l'humidité. Il est aussi élastique et mécaniquement résistant. ■

M. T.

Hui-Juan Zhan *et al.*, *Chem*, vol. 5, pp. 1-12, 2019

EN IMAGE

UN BANC D'ALEVINS FOSSILISÉ

La fossilisation du corps d'un animal est déjà un événement rare, alors celle d'un banc de poissons! C'est pourtant ce genre de cas que Nobuaki Mizumoto, de l'université Josai, au Japon, et ses collègues pensent avoir découvert dans les collections du musée des Dinosauriens de la préfecture de Fukui, dans la ville de Katsuyama. Ils y sont tombés sur une mince dalle grisâtre à la surface de laquelle 259 alevins fossiles semblent nager dans le calcaire.

Cette dalle mesure 57 par 37,5 centimètres. Elle provient d'une formation géologique datant de l'Éocène (56 à 33,9 millions d'années). Cette formation dite de la Green River, parce qu'elle longe cette rivière des États-Unis traversant le Colorado, le Wyoming et l'Utah, résulte de la sédimentation au sein d'un vaste bassin versant qui alimentait un ancien groupe de lacs de montagnes.

L'examen des squelettes des alevins a montré que ceux-ci appartiennent à l'espèce éteinte *Erismatopterus levatus*. Leurs tailles varient entre 10,6 et 23,5 millimètres, tandis que 257 des 259 individus de la plaque se dirigent dans des directions très proches, tout en étant toujours séparés par des distances inférieures à la longueur de leurs corps. Une telle organisation ressemble fortement à celle qu'adoptent les poissons évoluant en banc. Cela suggère qu'un groupe d'alevins nageant tout près du fond dans une eau très peu profonde y a été enseveli très vite.

Un scénario imaginable? Oui, car les bancs d'alevins se déplacent souvent tout contre le fond à de faibles profondeurs. Si le lac ou la rivière où vivaient ces alevins d'*Erismatopterus levatus* étaient bordés par une dune de sable, le passage d'un gros animal a pu suffire à déclencher une avalanche qui aura enseveli les poissons. Nous ne saurons jamais si ce scénario est le bon, mais la trouvaille a en tout cas le mérite de montrer que la fossilisation fige parfois des situations très fugaces. ■

FRANÇOIS SAVATIER

N. Mizumoto et al., *Proc. R. Soc. B*, vol. 286, article 20190891, 2019



© S. Miyata, université Josai



ASTROPHYSIQUE

LES COMÈTES SERAIENT BIEN LA SOURCE DE L'EAU TERRESTRE

La mesure du rapport isotopique hydrogène/deutérium de l'eau de la comète 46P/Wirtanen fournit un argument de poids dans le débat sur l'origine de l'eau présente sur notre planète.

Océans, mers, rivières, glaciers, brouillard... : l'eau est omniprésente sur la Terre. Ce n'était pourtant pas le cas au début. En effet, la planète s'est formée il y a 4,5 milliards d'années par la collision de planétésimaux dénués d'eau (ils avaient été asséchés du fait de leur proximité au Soleil). L'eau serait venue après, et la piste la plus probable était celle d'un bombardement par des comètes, composées à 50% de glace. Ces dernières années, pour confirmer la provenance de l'eau terrestre, les scientifiques ont mesuré le rapport d'abondance des molécules H_2O et d'eau semi-lourde HDO , où un atome d'hydrogène est remplacé par un de ses isotopes, le deutérium. Mais pour la grande majorité des comètes, on a obtenu des valeurs du rapport isotopique deutérium/hydrogène (D/H) deux à trois fois plus élevées que dans l'océan terrestre. Dès lors, ces corps semblaient n'avoir contribué qu'à une faible fraction de l'eau sur la planète. Toutefois, de nouveaux résultats de Dominique Bockelée-Morvan, du Lesia, à l'Observatoire de Paris, et de ses collègues contredisent aujourd'hui cette conclusion.

En 2018, grâce à *Sofia*, l'Observatoire stratosphérique pour l'astronomie infrarouge embarqué à bord d'un Boeing 747, cette équipe a mesuré le rapport D/H de la comète 46P/Wirtanen lors de son passage à moins de 12 millions de kilomètres de la Terre. Depuis les couches supérieures de l'atmosphère, le télescope a pu étudier la comète dans l'infrarouge sans être perturbé par l'air terrestre. Le résultat est surprenant : 46P/Wirtanen est la troisième comète au rapport D/H compatible avec celui des océans.

L'explication viendrait du fait que cette comète appartient à la famille des comètes hyperactives. Celles-ci émettent plus de vapeur d'eau que la taille de leur noyau ne semble le permettre. Cette particularité résulte de la présence de grains de glace dans l'atmosphère de la comète qui se subliment (c'est-à-dire passent de l'état solide à l'état gazeux) à l'approche du Soleil.

En analysant plusieurs comètes, Dominique Bockelée-Morvan et ses collègues ont montré que plus la comète est hyperactive, plus son rapport D/H s'approche de celui des océans terrestres. De plus, l'hyperactivité s'observe



Les comètes, corps riches en glace d'eau, pourraient avoir apporté l'eau sur Terre après sa formation. Les analyses semblaient contredire cette piste, mais une explication se dessine...

uniquement pour des petites comètes, ayant un noyau mesurant moins de 1,2 kilomètre. Pour expliquer l'hyperactivité, les chercheurs suggèrent que les fragments de glace seraient arrachés du noyau lorsque ce dernier commence à se vaporiser. Le dégazage exercerait des forces de pression que la cohésion gravitationnelle du corps ne pourrait compenser, d'où la présence dans l'atmosphère cométaire de ces morceaux de glace provenant directement du noyau.

Reste à expliquer le lien entre le rapport D/H et l'hyperactivité des comètes. Les chercheurs supposent que la sublimation normale du noyau d'une comète implique un fractionnement isotopique. Les molécules d'eau contenant du deutérium auraient plus de chance de se vaporiser, ce qui augmenterait le rapport D/H dans l'atmosphère de ces comètes. Dans le cas des comètes hyperactives, la sublimation complète des morceaux de glace directement dans l'atmosphère rétablirait alors un rapport D/H plus représentatif de celui du noyau. De nouvelles observations seront nécessaires pour tester ce scénario, mais, s'il se confirme, il impliquerait que les comètes ont toutes un noyau dont la glace présente un rapport D/H compatible avec celui des océans terrestres. Dans ce cas, les comètes seraient bien la source de l'eau de la planète bleue! ■

IZIA PÉTILLON

D. C. Lis et al., *Astronomy & Astrophysics*, vol. 625, L5, 2019

L'ART DE FAIRE
DES CRÊPES

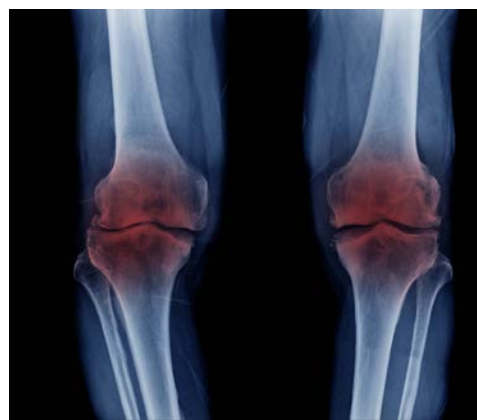
Comment réaliser la crêpe parfaite d'épaisseur égale et sans trou ? Édouard Boujo, de l'École polytechnique, et Mathieu Sellier, de l'université de Canterbury, en Nouvelle-Zélande, ont fait appel à la théorie de la commande optimale pour trouver la réponse. Cette approche permet de calculer une contrainte, l'épaisseur égale de la crêpe, en fonction d'autres paramètres, dont les mouvements de la poêle, tout en prenant en compte le fait que la viscosité de la pâte augmente au cours de la cuisson. Les chercheurs montrent qu'il faut verser le liquide sur la poêle très inclinée, et réaliser un mouvement circulaire pour répartir la pâte tout en redressant peu à peu la poêle. Ce résultat intéressera les industriels, pour étaler des peintures par exemple.

ARTHROSE : PANSER
LES CARTILAGES

En 2017, 10 millions de Français étaient atteints d'arthrose, selon l'Inserm. Cette maladie se caractérise par la dégradation du cartilage et de toute la zone articulaire, notamment l'os adjacent, l'« os sous-chondral ». La prise en charge actuelle de l'arthrose vise uniquement à en limiter les symptômes et le développement. Aussi la mise au point d'un traitement est-elle un enjeu majeur de santé publique.

Nadia Benkirane-Jessel, de l'université de Strasbourg, et son équipe ont élaboré un implant capable de régénérer les articulations. Il est composé de deux couches distinctes. La première s'applique comme un pansement sur la lésion articulaire où des nanoréservoirs libèrent un facteur de croissance de l'os sous-chondral à des concentrations physiologiques. La seconde couche est un hydrogel contenant des cellules souches de l'organisme. Celles-ci se différencient en chondrocytes, les cellules responsables de la formation et du maintien du cartilage.

L'équipe a testé l'implant sur des brebis et observé qu'il assure la régénération du



L'arthrose est une affection chronique douloureuse. Une nouvelle approche permettrait de traiter la maladie.

cartilage, mais aussi de l'os. Sa pose peut se faire par une arthroscopie : une opération bien moins contraignante que les autres interventions chirurgicales contre cette maladie. Au vu de ces résultats très encourageants, les chercheurs estiment que l'implant est prêt pour des tests sur un groupe d'une vingtaine de personnes! ■

I. P.

L. Keller et al., *Nature Communications*, vol. 10, article 2156, 2019

67^e CONGRÈS NATIONAL
DES PROFESSEURS DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE

**LA SCIENCE
AU SOMMET**

ENSEIGNEMENT
RECHERCHE
INDUSTRIE

GRENOBLE
28 ▶ 31
octobre
2019

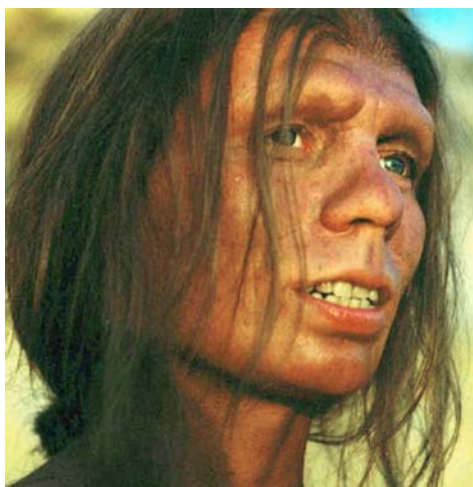
Plus de renseignements : www.udppc.asso.fr/grenoble2019

PRÉHISTOIRE

FAIBLE DÉMOGRAPHIE NÉANDERTALIENNE

C'est un fait: *Homo neanderthalensis* a disparu en quelques millénaires il y a environ 40 000 ans, à l'époque où *H. sapiens* faisait irruption dans son environnement. Mais pourquoi? Les scénarios invoquant des facteurs extérieurs à l'espèce sont légion et pas toujours plausibles: génocide, cancer de la peau, choc bactérien, etc. Avec des collègues, Anna Degioanni, de l'université Aix-Marseille, a voulu modérer cette frénésie explicative en soulignant l'importance d'un facteur de disparition interne à l'espèce: sa fragilité démographique.

Répartis de la Grande-Bretagne à la Sibérie, les Néandertaliens n'ont, suivant un compromis largement partagé, jamais dépassé les 70 000 individus. Les chercheurs ont bâti un modèle fondé sur les méthodes utilisées en écologie pour décrire la démographie d'une population animale, qu'ils ont adaptées au cas des chasseurs-cueilleurs. Pour ce faire, leur premier souci a été de déterminer le jeu de paramètres – nombre d'enfants par femme, mortalité, migration... – pour lequel le modèle décrit la stabilité de la population. Ils ont ensuite joué avec les valeurs de ces paramètres en suivant divers scénarios afin de reproduire une disparition en 10 000, 60 000 ou 40 000 ans. Après avoir écarté les hypothèses peu vraisemblables (guerres,



Une restitution d'artiste de l'une des jeunes femmes sur qui reposait la fragile démographie néandertalienne.

épidémies...) parce qu'entraînant une disparition trop rapide, ils sont parvenus, après des milliers de simulations, à la conclusion qu'une très légère baisse de la fertilité des Néandertaliennes les plus jeunes suffit à entraîner la disparition de la population dans l'intervalle attendu. Il reste à examiner quels facteurs externes ont pu causer une telle baisse de fertilité. Une fois de plus, les possibilités sont légion: stress climatique et donc alimentaire, concurrence avec *H. sapiens*, perturbation des réseaux conjugaux néandertaliens... ■

F. S.

A. Degioanni et al., *PLoS One*, en ligne le 29 mai 2019

MÉDECINE

ECZÉMA CHRONIQUE ET LYMPHOCYTES

L'eczéma, en particulier lié à des allergies, se redéclenche souvent sur les mêmes zones de la peau. L'équipe de Marc Vocanson, du Centre international de recherche en infectiologie, à Lyon, vient de montrer que certaines cellules du système immunitaire, les lymphocytes mémoire, interviennent dans l'eczéma chronique.

Ces lymphocytes mémoire jouent un rôle essentiel dans l'organisme. Après une infection, une partie des lymphocytes T effecteurs, qui éliminent les agents pathogènes, se transforment en cellules mémoire, capables de remobiliser l'organisme plus rapidement en cas de nouvelle infection. Marc Vocanson et ses collègues ont montré chez la souris que de tels lymphocytes, qui persistent dans la peau cicatricielle d'anciennes lésions d'eczéma,



Pourquoi les plaques d'eczéma liées au contact avec un allergène réapparaissent-elles aux mêmes endroits?

contribuent aux récurrences et à la sévérité de cette maladie. Mais les chercheurs ont aussi mis en évidence que l'activité de ces cellules est contrôlée dans le tissu, ce qui limiterait la survenue de réactions intempestives. Les lymphocytes ne sont réactivés qu'au-dessus d'un certain seuil d'allergie. ■

NOËLLE GUILLON

P. Gamradt et al., *J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 143(6), pp. 2147-2157, 2019

EN BREF

LE VOL EFFICACE DES DUOS DE PIGEONS

Grâce à la formation de vol en V, les oiseaux migrateurs économisent de l'énergie. Lucy Taylor, de l'université d'Oxford, et ses collègues ont montré que les pigeons voyageurs préfèrent un vol à deux à un vol solitaire pour de tout autres raisons. Un vol commun force le duo à battre plus vite des ailes, ce qui assure probablement un meilleur contrôle, mais réclame plus d'énergie. En revanche, le duo est moins menacé par la prédation et s'oriente beaucoup mieux, ce qui réduit de 9 % le temps de vol.

UN MICROBIOTE CONTRE L'OBÉSITÉ

La bactérie *Akkermansia muciniphila* est moins présente dans le microbiote intestinal des personnes souffrant de surpoids ou de formes résistantes de diabète de type 2. Prise par voie orale en complément alimentaire, cette bactérie, soumise à une pasteurisation, est-elle sans risque? Clara Depommier, de l'université catholique de Louvain, en Belgique, et ses collègues ont suivi une trentaine de personnes prenant ce complément alimentaire ou un placebo pendant trois mois. Les chercheurs ont constaté une amélioration du taux d'insuline et de cholestérol dans le sang, sans effets secondaires.

LE BOUCLIER DE LA CREVETTE-MANTE

Les crevettes-mantes sont capables de produire avec leurs pinces des ondes de choc dévastatrices. Elles se livrent des combats sans merci pour obtenir un refuge dans les récifs coralliens. Nicholas Yaraghi, de l'université de Californie à Riverside, et ses collègues ont découvert qu'un segment de leur queue avait évolué en conséquence: son architecture hélicoïdale résiste aux impacts en absorbant l'énergie du choc. Cette structure pourrait inspirer la conception de matériaux résistants!

ARCHÉOLOGIE

SAINT LOUIS : PESTE OU SCORBUT ?

Le roi Saint Louis serait mort de la peste durant la huitième croisade, lors du siège de Tunis, en 1270. Mais Philippe Charlier, paléopathologiste de l'université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, et son équipe soupçonnent une mauvaise traduction du terme de « pestilence » qu'il faut comprendre comme « infection ». Les récits historiques mentionnent en effet des symptômes caractéristiques du scorbut, maladie due à une carence en vitamine C. Pour vérifier leur hypothèse, les chercheurs ont étudié la mâchoire inférieure de Saint Louis, conservée dans le trésor de Notre-Dame-de-Paris. Ils ont confirmé son authenticité et ont révélé des lésions osseuses indicatrices de scorbut. Il semblerait donc que cette maladie ait gravement détérioré l'état de santé du roi, ce qui l'aurait rendu plus vulnérable à une épidémie à laquelle il aurait finalement succombé. ■

I. P.

P. Charlier et al., *J. Stomatol. Oral Maxillofac. Surg.*, en ligne le 8 juin 2019

SANTÉ PUBLIQUE

SANTÉ ET ALIMENTS ULTRATRANSFORMÉS

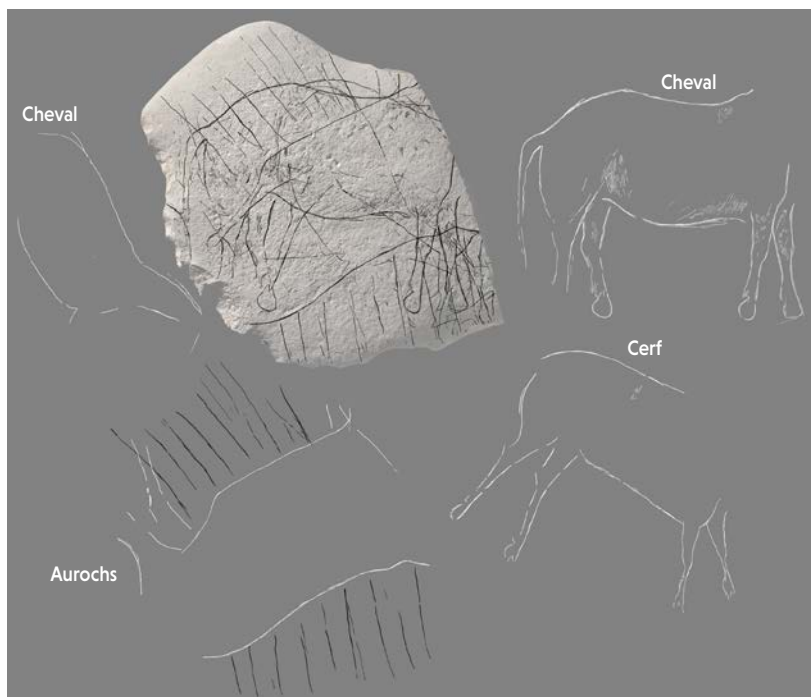
Pour diverses raisons – économiques, sociales, environnementales, médicales... –, mieux vaut éviter de consommer des plats et aliments transformés et préparés industriellement. Leur impact négatif sur la santé, notamment, a été confirmé par plusieurs études scientifiques. La dernière en date, réalisée par une équipe dirigée par Mathilde Touvier, de l'Inserm à Bobigny, s'est intéressée au lien entre consommation d'aliments dits ultratransformés (sodas sucrés ou édulcorés, steaks végétaux avec additifs, saucisses, soupes déshydratées, etc.) et maladies cardiovasculaires. L'étude a porté sur plus de 100 000 participants de la cohorte française NutriNet-Santé, suivis entre 2009 et 2018. Elle montre, sans toutefois prouver le lien de causalité, qu'une augmentation de 10 % de la part des aliments ultratransformés dans le régime alimentaire est associée à une augmentation de 12 % du risque de maladie cardiovasculaire. ■

MAURICE MASHAAL

B. Srour et al., *British Medical Journal*, vol. 365, article l1451, 2019

PRÉHISTOIRE

LA PREMIÈRE BD D'ANGOULÊME



La plaque azilienne découverte à Angoulême porte quatre dessins d'animaux superposés : un cheval, un cerf, un second cheval et un aurochs entouré de rayons.

Au début, la fouille de sauvetage menée par l'Inrap près de la gare ennuyait Jean-François Dauré, le président de la communauté de communes du Grand Angoulême. Aujourd'hui, il avoue que les découvertes qui se sont enchaînées sur ce site majeur – désormais la référence pour la période azilienne (12 000 à 9600 ans avant le présent) ! – l'ont fasciné. La dernière, une petite plaque de 23 centimètres sur 18, datée d'environ 12 000 ans et portant des gravures d'animaux superposées, est une découverte majeure : elle montre que l'art « naturaliste » a persisté pendant l'Azilien, alors que l'on pensait que la représentation réaliste s'était achevée avec le Magdalénien (17 000 à 12 000 avant le présent).

Alors que le chantier devait s'arrêter, l'équipe de Miguel Biard, de l'Inrap, a découvert cette plaque de 450 grammes presque fortuitement dans la strate azilienne. Ce n'est qu'en la lavant avant de lui donner une cote que les chercheurs ont remarqué le dessin d'un cheval, puis un cerf, très réaliste, dessiné sous un angle de 30°, puis un second cheval, plus schématisé, lui aussi décalé de 30°, et finalement, à 180° par rapport au premier cheval, un aurochs au corps entouré de rayons, motif azilien caractéristique. Selon Valérie Feruglio, du laboratoire Pacea, à Pessac, en Gironde, ce n'est pas le tableau final, peu lisible, qui comptait, mais le fait de « poser à un moment donné une représentation sur la pierre », comme si l'artiste avait voulu raconter une histoire, ou du moins illustrer un thème complet. En somme, « Angoulême est la capitale internationale de la bande dessinée depuis l'Azilien ! », résume Jean-François Dauré. De l'histoire dessinée certainement, mais pas tout à fait en bande : pendant l'Azilien, on racontait plutôt les histoires en faisant tourner les pierres à graver... ■

F. S.

Communiqué de l'Inrap du 4 juin 2019, <https://bit.ly/2XpiETJ>

BIOLOGIE VÉGÉTALE

UNE DISPOSITION DES FEUILLES QUI DÉPEND DE LEUR ÂGE

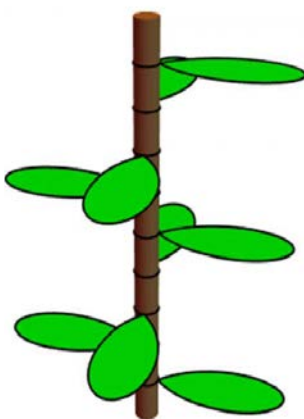
Des chercheurs japonais ont mis au point une nouvelle formule qui décrit et explique la plupart des motifs d'implantation des feuilles sur les tiges de plantes.

Gâce à leur diversité de formes, de couleurs, etc., les feuilles aident à identifier l'espèce à laquelle une plante appartient. Un autre indicateur est à prendre en compte : l'ordre dans lequel les feuilles s'insèrent sur la tige qui les supporte. Pourtant, la façon exacte par laquelle les plantes définissent l'agencement de leurs feuilles, ce que les botanistes nomment la phyllotaxie, n'est pas encore pleinement comprise. Dans une récente étude, Munetaka Sugiyama, de l'université de Tokyo, et son équipe ont proposé une nouvelle formule qui décrit l'agencement foliaire de la plupart des plantes.

Pour définir la phyllotaxie d'une plante, les botanistes mesurent l'angle qui sépare les feuilles, en remontant la tige de la feuille la plus âgée à la plus jeune. Cette méthode a permis, au fil des années, de dégager des motifs communs répandus qui se caractérisent par leur symétrie. Parmi eux, on trouve l'arrangement en intervalles de 90 degrés, en intervalles de 180 degrés, ou encore en spirales d'or (dont la progression est associée à la suite de Fibonacci, suite de nombres où chaque terme est la somme des deux précédents).

L'équipe de Munetaka Sugiyama s'est intéressée à *Orixa japonica*, un arbrisseau originaire du Japon, de la Chine et de la péninsule coréenne, qui présente une phyllotaxie particulière. En effet, les feuilles de cette plante sont séparées par une succession définie d'angles qui se répète : 180 degrés, 90 degrés, 180 degrés et 270 degrés, puis le motif se réinitialise et l'angle suivant est à nouveau de 180 degrés. Ce type d'arrangement se retrouve chez au moins quatre espèces de plantes non apparentées. Pour les botanistes, ce motif résulterait de la machinerie cellulaire à la disposition des plantes, mais comment expliquer que ce soit cette phyllotaxie qui se manifeste, plutôt qu'une autre plus fréquente ?

En 1996, Stéphane Douady et Yves Couder, physiciens à l'École normale supérieure, à Paris, ont proposé une formule mathématique qui modélise les différents arrangements foliaires. Ses diverses variables représentent la relation entre les organes des plantes ou encore la puissance de leurs signaux chimiques.



La plante *Orixa japonica* (en haut) présente une phyllotaxie rare (schématisée ci-dessus). Les feuilles sont disposées selon un motif angulaire qui se répète : en partant de la feuille du bas, on tourne de 180 degrés pour aller à la suivante, puis de 90 degrés, de 180 degrés, de 270 degrés, de nouveau 180 degrés, et ainsi de suite.

Cependant, la formule est insuffisante pour reproduire un motif comme celui d'*Orixa japonica*. L'un des postulats utilisés pour obtenir cette formule stipule que chaque feuille émet un signal constant qui inhibe la croissance d'autres feuilles à proximité. Dans son étude, l'équipe japonaise prend en compte le fait que la puissance de ce signal chimique n'est pas constante, mais qu'elle varie avec l'âge. Pour tester cette idée, ils ont changé dans une simulation le potentiel inhibiteur de ce signal en fonction de l'âge et ont remarqué que la formule ainsi modifiée était capable de modéliser le motif particulier d'*Orixa japonica* lorsque les feuilles les plus âgées émettaient un signal chimique inhibiteur plus puissant.

Avec cette nouvelle formule, notée EDC2 pour *expanded Douady and Couder 2*, les chercheurs ont modélisé des milliers de motifs d'arrangements foliaires et ont remarqué que l'équation produisait plus fréquemment les motifs qui sont les plus communs dans la nature, et plus rarement des cas comme celui d'*Orixa japonica*. Néanmoins, certains motifs phyllotaxiques rares échappent encore à EDC2. Les botanistes s'attendent donc désormais à concevoir une formule qui sera capable d'englober l'ensemble des motifs connus. ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

T. Yonekura et al., *PLoS Computational Biology*, en ligne le 6 juin 2019