

Archéologie

La cire d'abeille, utilisée depuis au moins 10 000 ans

Des tessons de poterie néolithique provenant du pourtour méditerranéen et qui portent des traces de cire témoignent de l'ancienneté de la relation homme-abeille, voire de celle de l'apiculture.



Des abeilles mellifères sur des alvéoles de cire (ci-dessus) et un essaim sauvage posé sur une branche (à droite). Tout à droite, la célèbre représentation d'une cueillette de miel paléolithique [grotte de l'Araignée près de Valence, en Espagne].

Depuis la découverte de traces de ruches sur le site cananéen de Tel-Rehov, dans le nord d'Israël, on sait que l'apiculture a 3 000 ans au moins. Comment en savoir plus ?

La cire, mélange complexe de composés aliphatiques (des chaînes carbonées), peut être identifiée par chromatographie en phase gazeuse et par spectrométrie de masse. Pour mieux situer dans le temps la relation homme-abeille, une équipe de 65 chercheurs coordonnée par Mélanie Roffet-Salque, de l'université de Bristol, a analysé 6 400 tessons issus de toute une série de pays méditerranéens et européens afin d'y rechercher des traces de cire.

La plus ancienne attestation de cire d'abeille dans une poterie provient du Néolithique anatolien, puisque les chercheurs en ont identifié deux résidus sur des tessons du VII^e millénaire avant notre ère. Des résidus ont également été trouvés dans des tessons du VI^e millénaire en Anatolie du Nord, ce qui suggère un long usage de la cire d'abeille

en Anatolie au début du Néolithique.

Par ailleurs, le très grand nombre de tessons de poterie portant des résidus de cire identifiés pour les Balkans suggère qu'au V^e millénaire et avant, les paysans du courant méditerranéen de néolithisation employaient souvent ce produit de la ruche. Il en était de même chez ceux du courant danubien de néolithisation, des résidus ayant été identifiés dans nombre de tessons du Rubané (culture dite aussi à céramique linéaire) provenant d'Autriche, d'Allemagne et de Pologne.

Parvenus sur le territoire actuel de la France, les courants danubien et méditerranéen ont fusionné pour donner la culture chasséenne (-4200 à -3500), dont les paysans utilisaient aussi la cire, ont constaté les chercheurs. De très nombreux tessons portant des traces de cire ont aussi été identifiés sur des sites slovènes du V^e millénaire avant notre ère. Le Néolithique du sud de l'Angleterre aussi a livré sept tessons à résidus de cire. Curieusement,

aucune trace de l'usage de cire n'a été trouvée en Espagne pour le moment, mais un site algérien du V^e millénaire avant notre ère en a livré.

Que conclure ? Le contact avec la cire d'abeille n'implique pas qu'il y ait eu apiculture. Les chasseurs paléolithiques ont sans doute très tôt appris à enfumer les ruches pour y prélever des rayons de miel. Une représentation de cette activité vieille de 8 000 ans a été retrouvée dans la grotte de l'Araignée, près de Bicorp, non loin de Valence en Espagne. Pour autant, l'attestation massive de contact avec la cire dans les courants de néolithisation méditerranéen et danubien suggère que les produits de la ruche étaient d'emploi fréquent, sinon quotidien. Étant donné que la chasse au miel détruit les ruches sauvages, il est vraisemblable que nos ancêtres aient très tôt appris à se ménager un approvisionnement régulier en miel. Au Levant, sans doute dès les débuts du Néolithique.

François Savatier

Nature, en ligne le 11 novembre 2015

20
mille espèces

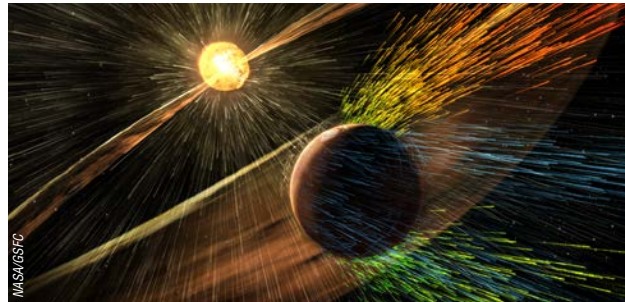
d'abeilles sauvages
sont connues. Seules
quelques-unes d'entre
elles font du miel
en quantité*

Astrophysique

L'érosion de l'atmosphère martienne en action

Il y a plus de 4 milliards d'années, l'eau coulait sur Mars; mais aujourd'hui, les anciens réseaux fluviaux de la planète rouge sont asséchés. À cause d'une atmosphère ténue, la pression est trop faible et la température trop basse pour que de l'eau liquide soit présente (sauf dans des conditions très rares). Que s'est-il passé? La sonde *Maven* de la Nasa a été envoyée en orbite autour de la planète rouge pour comprendre l'évolution de l'atmosphère martienne. Bruce Jakosky, de l'université du Colorado, et ses collègues (dont plusieurs chercheurs du CNRS, de l'IRAP et de l'université Paul Sabatier, à Toulouse, et du LATMOS, à Paris) ont analysé les mesures enregistrées durant la première année de la sonde autour de Mars.

Comme la Terre, la planète rouge avait un champ magnétique global, qui constituait un bouclier contre les rayons cosmiques et le vent solaire. Or ce bouclier a disparu il y a environ 4 milliards d'années. L'atmosphère, exposée



Cette simulation représente les particules de l'atmosphère martienne arrachées à la planète lors d'une éruption solaire.

au vent solaire – un flux de particules énergétiques émises par l'étoile –, a commencé à s'éroder. Les données de la sonde *Maven* précisent ce processus. Le vent solaire arrache en permanence des particules à l'atmosphère de Mars, à raison de 100 grammes par seconde. Cette action, prolongée sur plusieurs milliards d'années, suffit pour expliquer la perte d'une grande partie de l'atmosphère de la planète rouge.

En outre, en mars 2015, une éruption solaire a été enregistrée par la sonde *Maven*. La perte de

matière a augmenté d'un facteur 10 par rapport à la moyenne, et peut-être d'un facteur 100 au plus fort de l'éruption, d'après les modèles.

Ainsi, les éruptions solaires amplifient l'érosion permanente de l'atmosphère. Leur contribution pourrait avoir été encore plus importante il y a 4 milliards d'années, lorsque le Soleil était beaucoup plus sujet à de telles éruptions.

Sean Bailly

Science, vol. 350,
n° 6261, 6 nov. 2015

Les satellites de Duchenne

La myopathie de Duchenne est une maladie génétique qui touche chaque année 150 à 200 garçons nouveau-nés en France. Des mutations sur le gène d'une protéine contribuant à l'intégrité des fibres musculaires, la dystrophine, empêchent sa production. Fragilisés, les muscles s'abîment à chaque contraction, et les cellules souches des fibres – les cellules satellites –, qui produisent de nouvelles cellules musculaires, sont peu à peu dépassées. On pensait que les cellules satellites n'étaient pas elles-mêmes touchées par la maladie, mais Nicolas Dumont, de l'université d'Ottawa, et ses collègues ont montré chez la souris que l'absence de dystrophine les perturbe aussi. Habituellement, lorsque leur transformation en cellules musculaires est activée, les cellules satellites se polarisent (elles deviennent asymétriques), ce qui entraîne leur division asymétrique. Sans dystrophine, elles ne se polarisent plus et produisent dix fois moins de précurseurs des cellules musculaires.

Biologie

Comment survivre sans neurones

L'hydre d'eau douce est un organisme cnidaire capable de survivre même lorsqu'il est privé de neurones. Comment y parvient-il? L'équipe de Brigitte Galliot, de l'université de Genève, a montré que certaines de ses cellules se transforment pour diversifier leur activité.

Les biologistes ont détruit le système nerveux des animaux par divers traitements chimiques et thermiques, anéantissant jusqu'aux cellules souches qui, en temps normal, engendrent des neurones en continu. Les hydres restent alors quasi immobiles et ne s'alimentent plus spontanément, mais elles ne meurent pas tant que l'on introduit

de la nourriture dans leur bouche. Elles restent même capables de grandir et de se reproduire par bourgeonnement, comme l'ont montré des chercheurs japonais, qui les ont gardées en vie pendant plus d'un an.

L'équipe de Brigitte Galliot a analysé les molécules produites par les hydres privées de système nerveux. Elle a trouvé que les cellules dites épithéliales, situées dans l'épiderme (où elles forment l'équivalent de la peau) et le tube digestif, modifient l'expression de leurs gènes et prennent en partie le relais des neurones. Elles se mettent ainsi à fabriquer plusieurs types de

protéines impliquées dans des fonctions neuronales: molécules assurant la transmission d'information entre neurones, canaux ioniques impliqués dans l'émission d'influx nerveux, récepteurs membranaires sensibles à certains composés chimiques, etc.

Il reste à préciser les fonctions que cette modification de la lecture du programme génétique permet, mais les chercheurs pensent qu'elle rend les cellules plus sensibles aux modifications environnementales et plus susceptibles d'y répondre de façon appropriée.

G. J.

Y. Wenger et al., Phil. Trans. R. Soc. B,
vol. 371, 20150040, 2016



L'hydre d'eau douce est un animal aquatique long d'environ un centimètre [ici des spécimens de l'espèce *Hydra vulgaris*, dont le système nerveux est marqué par un colorant vert fluorescent].

Une autre origine de l'eau

Les comètes et les astéroïdes ne sont pas la seule origine possible de l'eau sur Terre. Les grains de poussière de la nébuleuse protosolaire qui se sont agglomérés pour former la Terre auraient pu adsorber de l'eau, qui serait très pauvre en deutérium (D), un isotope de l'hydrogène (H). Or Lydia Hallis, de l'université de Hawaï, et ses collègues ont mesuré le rapport D/H de la roche volcanique très ancienne de l'île de Baffin, dans l'arctique canadien. Il est bien plus faible que celui des océans ou des astéroïdes, plus récents. Ainsi, l'eau viendrait en partie des grains de poussière.

Un trésor romain en Argovie

Cet été, Alfred Loosli, d'Ueken en Suisse, a remarqué plusieurs monnaies dans une taupinière au pied de ses pommiers. Il prévient le service d'archéologie du canton d'Argovie, qui déterre plus de 4 000 pièces romaines de bronze de haute qualité, puisqu'elles contiennent 5 % d'argent. Un expert y a identifié des monnaies des empereurs Aurélien, Tacite, Probus, Carin, Dioclétien et Maximien. Toutes datent d'après 274 et d'avant 294 de notre ère. L'habitude de cacher sa fortune en Suisse ne date pas d'hier...

Poisson télécommandé

Déclencher la locomotion d'une larve de poisson-zèbre au repos et, à l'inverse, stopper son déplacement : c'est ce qu'a fait l'équipe de Claire Wyart, à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière, en activant, dans les deux cas, un même groupe de neurones sensoriels de la moelle épinière. L'animal étant transparent, les chercheurs ont agi par optogénétique : de la lumière active une protéine photosensible dont on a inséré le gène dans les neurones. L'équipe a ainsi montré que ces neurones modulent la locomotion, et que cette modulation dépend de l'état de l'animal au moment de l'activation.

Génétique

Le riz a-t-il été domestiqué une fois... ou trois ?



Le riz sauvage (*en haut*) est arborescent et perd tôt ses grains. Pas le riz domestique (*en bas*).

Le riz est une affaire sérieuse : sans lui, l'Asie mourrait de faim. Après avoir séquencé le génome de 446 souches de riz sauvage et plus de 1 000 variétés cultivées, Bin Han, de l'Académie des sciences chinoise, défend depuis deux ans l'idée que le riz a été domestiqué une seule fois, il y a 8 000 à 13 500 ans, dans le sud de la Chine. Or voilà qu'à partir des mêmes données, l'équipe de Terence Brown, de l'université de Manchester, affirme qu'il y aurait eu trois foyers de domestication distincts.

Les chercheurs ont repéré dans le génome du riz domestique des « signatures de domestication », c'est-à-dire les régions de moindre diversité génétique dues à la sélection de traits avantageux par les riziculteurs. Parmi elles se

trouvent par exemple les gènes qui font pousser droit la céréale ou qui l'empêchent de disperser ses grains trop tôt.

Ils ont ensuite défini deux composantes principales, c'est-à-dire deux combinaisons de signatures de domestication statistiquement indépendantes. Les nuages de points représentant les variétés de riz dans l'espace de ces composantes principales leur ont alors indiqué trois domestications distinctes : une en Chine du Sud (variétés de type *japonica*), une autre entre Brahmapoutre et Asie du Sud-Est (type *indica*) et une troisième au centre de l'Inde ou au Bangladesh (type *aus*). Bin Han a déjà annoncé une réponse critique.

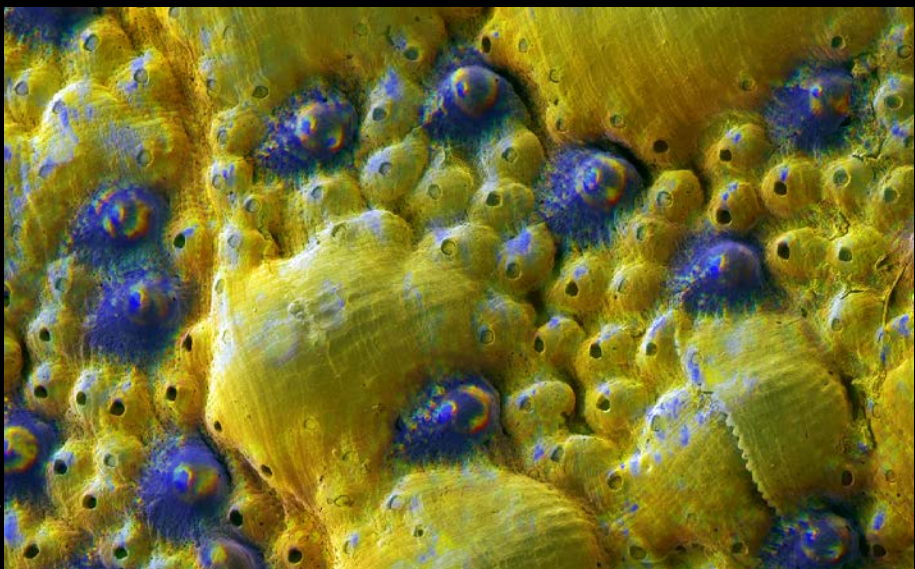
F. S.

Nature Plants, vol. 1, 15164, 2015

Insolite

Une carapace remplie d'yeux

Les chitons sont des mollusques marins dont la carapace est couverte de centaines d'ocelles (*en bleu*). La lentille de ces yeux élémentaires est constituée, comme la carapace, d'aragonite, un carbonate de calcium. L'équipe de Christine Ortiz, du MIT, a étudié les propriétés optiques et mécaniques des ocelles, et montré que ces derniers sont capables de former une image, grâce à laquelle l'animal peut voir un prédateur et anticiper une attaque.



Mathématiques



Vue d'artiste de l'espace-temps courbe en relativité générale.

Solutions des équations d'Einstein : une conjecture démontrée

Une conjecture portant sur les conditions d'obtention de solutions des équations d'Einstein dépourvues de singularités vient d'être démontrée. Une avancée importante dans la compréhension mathématique de la relativité générale.

Nous fêtons en 2015 le centenaire de la relativité générale. Cette théorie développée par Albert Einstein décrit la gravitation comme une conséquence de la déformation de l'espace-temps par la matière. Les équations sont complexes et difficiles à résoudre, notamment à cause de leur nature non linéaire. De nombreux aspects sont encore mal compris et restent intensivement étudiés par les mathématiciens et les physiciens. Les équations d'Einstein présentent une grande richesse même dans le vide, en l'absence de matière.

Lorsque les chercheurs étudient une certaine situation, ils veulent avant tout obtenir des solutions qui ont un sens physique et qui ne doivent donc pas présenter de singularité, c'est-à-dire qui ne doivent pas tendre vers l'infini en un point donné. Comment garantir cette propriété ? En 1999, Sergiu Klainerman, de l'université de Princeton, avait conjecturé l'existence d'une condition assurant qu'une solution des équations d'Einstein dans le vide ne présente pas

de singularité. Cette condition repose sur une quantité d'origine géométrique dont on peut vérifier facilement si elle est infinie, ce qui impliquerait la présence d'une singularité dans l'espace-temps. Avec Igor Rodnianski, de l'université de Princeton, et Jérémie Szeftel, du laboratoire Jacques-Louis Lions (CNRS et université Pierre-et-Marie-Curie), Sergiu Klainerman a récemment prouvé cette conjecture.

La recherche de solutions aux équations d'Einstein a pour cadre ce que les mathématiciens nomment un problème de Cauchy : quelles sont les solutions d'une équation aux dérivées partielles lorsque certaines conditions initiales sont données ? Dans le cas de l'équation classique des ondes, il suffit de définir des conditions initiales de position et de vitesse pour calculer une solution. Pour les équations d'Einstein dans le vide, le problème est beaucoup plus complexe, mais Sergiu Klainerman a proposé la conjecture suivante : les équations d'Einstein dans le vide admettent une solution si, à l'instant initial,

le tenseur de courbure est une fonction de carré intégrable.

Le tenseur de courbure est un objet mathématique qui mesure la courbure de l'espace-temps. Il peut, par exemple, décrire la façon dont deux géodésiques (la généralisation d'une ligne droite dans un espace courbe) initialement parallèles divergent. Le tenseur est une fonction des coordonnées d'espace-temps. La condition de Sergiu Klainerman consiste à « multiplier » le tenseur par lui-même et à l'intégrer sur l'espace-temps (plus précisément à intégrer le carré de la valeur absolue de la fonction). Si le résultat est fini, la fonction est dite de carré intégrable. Cette classe de fonctions, notée L^2 , donne son nom à la conjecture de Klainerman : la conjecture de courbure L^2 .

Après plus de dix ans d'efforts, Sergiu Klainerman, Igor Rodnianski et Jérémie Szeftel l'ont démontrée. La partie principale de la preuve – longue de près de 850 pages dans sa version complète – vient d'être publiée dans une revue de mathématiques, *Inventiones Mathematicae*.

Le théorème obtenu par ces trois auteurs montre que la norme L^2 (c'est-à-dire l'intégrale du carré) du tenseur de courbure est un objet fondamental qui contrôle la formation éventuelle de singularités. Ce résultat est important, car il apporte des éléments clés pour traquer des solutions pathologiques des équations d'Einstein.

De telles singularités ne sont pas physiquement acceptables, mais sont mathématiquement possibles. Le Britannique Roger Penrose avait énoncé une conjecture dite de censure cosmique selon laquelle les singularités (à l'exception de celle du Big Bang) sont toujours cachées (c'est-à-dire physiquement inaccessibles) derrière un horizon des événements, comme c'est le cas pour la singularité au centre d'un trou noir de Schwarzschild. Il n'existerait pas de processus conduisant à une singularité nue. Cette conjecture de censure cosmique reste cependant à prouver.

S. B.

S. Klainerman et al.,
Inventiones Mathematicae,
vol. 202(1), pp. 91-216, 2015

Archéologie

Le Pompéi salvadorien fouillé

L'équipe de Payson Sheets, de l'université du Colorado, fouille actuellement Joya de Cerén, le « joyau de Cerén ». Vers 660 de notre ère, les activités de ce village maya du centre-ouest du Salvador ont été figées lorsque le volcan de San Salvador l'a brusquement recouvert d'une épaisse couche de cendres humides. La préservation des traces de vie quotidienne est si bonne que les chercheurs retrouvent des empreintes de doigt sur des bols ou de pied dans les jardins, que l'on reconnaît aux « ombres » laissées par les épis de maïs dans les murs de cendre. Ils ont ainsi mis au jour des toits de chaume, des couvertures, des jarres de haricots, des haches de jade, etc. La salle de l'un des bâtiments communautaires excavés était équipée de deux larges bancs, où les anciens du village se réunissaient peut-être afin d'y décider de la date de la récolte, de celles des fêtes et des libations rituelles, etc. Toutefois, l'intérêt essentiel des résultats de la fouille est sociologique : de nombreux indices dessinent en filigrane les relations entre les familles paysannes, les anciens, les artisans, le shaman et les autres membres spécialisés de cette communauté paysanne.

F. S.

Latin American Antiquity, vol. 26(3), pp. 341-361, 2015



© P. Sheets, univ. du Colorado

Dans cette partie de Cerén, on distingue au premier plan une grange, au fond le sauna communautaire, sur la gauche l'habitation d'une famille et sur la droite la cendre qui a enseveli le village.

Astrophysique

Une éruption solaire en 774

En 2012, une équipe de l'université de Nagoya a mesuré, dans des échantillons de cèdres japonais, un pic de concentration en carbone 14 (produit par le rayonnement cosmique) correspondant à l'année 774-775. L'origine de ce pic restait incertaine, mais une nouvelle analyse par Raimond Muscheler, de l'université de Lund, et ses collègues indique qu'il résulte d'une éruption solaire, la plus importante jamais enregistrée. Les chercheurs ont relié la composition isotopique des cèdres à celle de carottes de glace au Groenland et en Antarctique datant de la même époque. Ils en ont déduit qu'en 774 a eu lieu une éruption solaire cinq fois plus intense que toutes celles mesurées jusqu'à présent. Ces résultats permettent de réévaluer l'amplitude potentielle de ces événements. Si une telle éruption se produisait aujourd'hui, elle perturberait fortement le réseau de satellites, les systèmes de communications et de distribution d'électricité.

S. B.

F. Mikhaldy et al., Nature Communications, en ligne, 26 octobre 2015

Perception

Surdité liée au bruit : le rôle clé de la pejkakine

L''une des causes les plus fréquentes de la perte d'audition est l'exposition au bruit. Mais l'impact de ce facteur environnemental dépend de façon cruciale d'un gène codant une protéine nommée pejkakine. C'est ce qui ressort des travaux d'un groupe de chercheurs dirigé par Christine Petit, de l'institut Pasteur à Paris, et Paul Avan, de l'université d'Auvergne.

En 2006, ces chercheurs avaient établi la responsabilité de ce gène dans une forme de surdité précoce touchant notamment certaines familles en Iran. Les individus portant des mutations de ce gène présentent des atteintes auditives variées. Et chez des souriceaux dont le gène de la pejkakine a été inactivé, les chercheurs ont constaté que les atteintes auditives variaient beaucoup d'un animal à l'autre.

En conséquence, ils se sont intéressés à l'environnement sonore des souriceaux, lesquels émettent des cris intenses au cours de leurs trois premières semaines de vie. Les chercheurs ont constaté que le niveau sonore à partir duquel ces animaux entendent augmentait avec le nombre de souriceaux dans la cage. Autrement dit, les souriceaux entendaient d'autant plus mal que leur environnement était bruyant.

Restait à déterminer le rôle de la pejkakine. L'examen des cellules auditives (les cellules sensorielles

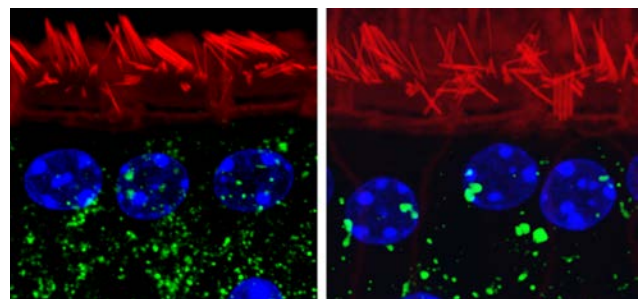
et les neurones auxquels elles sont connectées) des souriceaux a montré qu'en l'absence de pejkakine, ces cellules se détériorent lorsque les animaux sont exposés à des sons même modérés (l'équivalent d'une minute de discothèque, chez l'homme). Et si l'exposition sonore se prolonge ou se répète, ces cellules meurent.

Pourquoi ? Christine Petit et ses collègues ont découvert que chez des souris normales, une exposition sonore conduit à une prolifération, au sein des cellules auditives, des peroxysomes – des organites qui, notamment, dégradent des composés toxiques de l'oxygène. En d'autres termes, il y a multiplication adaptative des peroxysomes en réaction au stress oxydatif dû à l'exposition au son. En l'absence de pejkakine, en revanche, cette réaction adaptative ne se produit pas ; les espèces réactives de l'oxygène se maintiennent à un taux très élevé, ce qui entraîne la mort des cellules.

Ces découvertes auront sans doute des conséquences sur le traitement de certaines surdités. On compense généralement les pertes auditives à l'aide d'appareils (prothèses auditives) qui amplifient les sons. Chez les personnes porteuses d'une mutation de ce gène, l'appareillage auditif risque d'être plus délétère que bénéfique...

Maurice Mashaal

S. Delmaghani et al., Cell, vol. 163(4), pp. 894-906, 2015



Institut Pasteur

Après une exposition sonore, les peroxysomes (en vert) prolifèrent dans les cellules auditives des souris normales (à gauche), mais dégénèrent chez les rongeurs dépourvus de pejkakine (à droite).

Biologie

De l'origine des myxozoaires

Les myxozoaires sont un groupe de parasites microscopiques qui infectent aussi bien des vertébrés que des invertébrés, et que les zoologistes ont bien du mal à placer dans l'arbre des parentés du règne animal. Il en existe près de 2000 espèces, dont les spores contiennent au moins une capsule dotée de filaments pour se fixer à leur hôte. Ces capsules rappellent certains organites des cnidaires (corail, anémones de mer, méduses...), ce qui suggère un lien de parenté entre ces groupes.

Dorothée Huchon, de l'université de Tel-Aviv, et ses collègues ont comparé le génome et le transcriptome de deux myxozoaires, *Kudoa ivatai* et *Myxobolus cerebralis*, et d'un cnidaire, *Polypodium hydriforme*, également un parasite. Leur analyse confirme que les myxozoaires ont leur place parmi les cnidaires.

S. B.

E. S. Chang et al., PNAS, en ligne, 16 novembre 2015

Astrophysique

Du dioxygène sur Tchouri

La sonde *Rosetta* scrute la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko, ou « Tchouri » depuis juillet 2014. Andre Bieler, de l'université du Michigan, et ses collègues ont mis en évidence de grandes quantités de dioxygène dans le nuage de gaz et de poussière qui nimbe Tchouri grâce au spectromètre de masse ROSINA de la sonde. Une découverte inattendue !

Les astrophysiciens ont étudié la composition de la chevelure de Tchouri, alimentée par les dégazages du noyau cométaire. Ils ont montré qu'elle est surtout composée d'eau (H₂O), de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde de carbone (CO₂). Ils ont aussi isolé de faibles quantités de composés sulfurés et de composés carbonés. La quantité de dioxygène représente environ 4 % de celle d'eau. Les chercheurs ne pensaient pas y trouver du dioxygène, ce qui pose la question de sa formation.

Différents processus ont été considérés, telle la photolyse, où un rayonnement ultraviolet briserait les molécules de la glace d'eau et formerait ainsi le dioxygène. Mais aucun scénario n'est pleinement satisfaisant. La question de l'origine de cette molécule sur Tchouri reste donc entière.

S. B.

A. Bieler et al., Nature, vol. 526, pp. 678-681, 2015

Chimie

Molécules géantes antivirales

Les cellules dendritiques du système immunitaire sont dotées de récepteurs, nommés DC-SIGN, qui reconnaissent des sucres présents à la surface de divers pathogènes. Lorsque des agents infectieux se fixent aux récepteurs, les cellules dendritiques mobilisent d'autres acteurs du système de défense de l'organisme. Certains virus (VIH, virus Ebola, virus de la dengue...) se lient à ces récepteurs et s'en servent pour infecter les cellules hôtes. Une stratégie pour les bloquer serait de concevoir des molécules qui se fixent à ces récepteurs plus fortement que les pathogènes. Jean-François Nierengarten, de l'université de Strasbourg et du CNRS, et ses collègues ont mis au point un procédé ultrarapide de synthèse de molécules adéquates.

Pour se lier plus fortement aux cellules que les pathogènes, les molécules doivent posséder plusieurs éléments, en général des sucres, qui vont se fixer simultanément au même récepteur (effet multivalent). Les dendrimères, des molécules ramifiées, présentent un grand nombre de sucres, mais leur synthèse, qui requiert de nombreuses étapes, est fastidieuse.

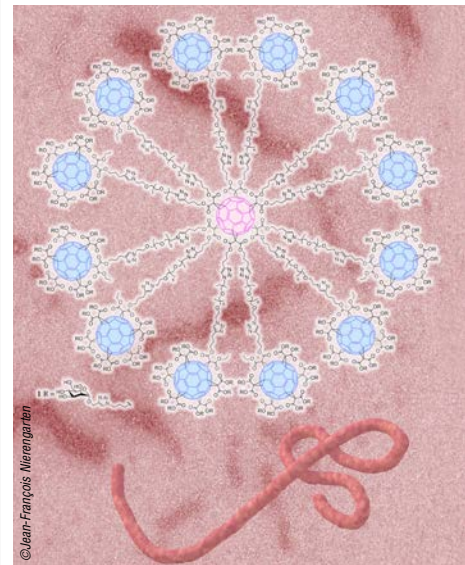
L'équipe de Jean-François Nierengarten a trouvé un moyen de synthétiser des molécules géantes portant 120 sucres en six étapes, au lieu d'une vingtaine par des méthodes classiques. Leurs molécules présentent un fullerène central – une molécule sphérique de

60 atomes de carbone – sur lequel sont fixées 12 branches. Sur chacune de ces branches est greffé un fullerène portant 10 sucres.

L'efficacité de ces molécules géantes pour inhiber l'action du virus Ebola a été testée *in vitro*. Elle serait supérieure de 33 % à celle d'antiviraux classiques. Ces molécules ne présentent aucune toxicité pour les cellules, mais il reste encore de nombreuses étapes avant des tests *in vivo*.

S. B.

A. Muñoz et al., Nature Chemistry, en ligne, 9 novembre 2015



Cette molécule géante est formée de 13 fullerènes (bleu et rose) et de 120 sucres. Elle a une forte affinité avec le récepteur DC-SIGN qu'utilise le virus Ebola (en bas) pour s'introduire dans la cellule hôte.

Fin du Dévonien, sale temps pour les grands

L'ère du Dévonien s'est achevée il y a 359 millions d'années avec la disparition de 96 % des vertébrés. Si les plus grands animaux ont d'abord disparu, Lauren Sallan, de l'université de Pennsylvanie, et Andrew Galimberti, de Kalamazoo College, ont montré que durant les 36 millions d'années suivantes, les espèces survivantes ont subi une réduction de leur taille. En général, les animaux les plus grands vivent longtemps et se reproduisent moins, ce qui réduit les chances de s'adapter à un nouvel environnement.

Le double saut de la fourmi

La capacité de sauter est très rare chez les fourmis : six genres sur 326, dont trois utilisent leurs pattes et trois leur mâchoire. L'espèce *Odontomachus rixosus*, que l'on trouve en Asie du Sud-Est, est capable de bondir en arrière, en refermant rapidement ses grandes mandibules

contre l'objet ou l'animal qui la menace. Cependant, elle ne maîtrise guère le point d'atterrissage. Magdalena Sorger, de l'université d'État de Caroline du Nord, a découvert que ces fourmis sont aussi capables de se propulser avec leurs pattes et de viser un site précis. Des sauts à voir en vidéo : http://bit.ly/pls459_fourmi

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

POINT DE VUE

Pénurie d'antivenins en Afrique : un problème financier... et culturel

En Afrique, les morsures de serpent sont un problème de santé publique aggravé par le coût des traitements et la prégnance des pratiques coutumières.

Jean-Philippe CHIPPAUX

Chaque année dans le monde, 3 millions de morsures de serpent sont responsables de plus de 120 000 décès et autant d'invalidités. L'Asie, avec près des deux tiers des victimes, et l'Afrique, avec plus du quart, sont les plus touchées. Toujours chaque année, en Afrique subsaharienne, 300 000 patients envenimés par un serpent viennent en consultation dans un centre de santé, et les autorités sanitaires enregistrent 7 300 décès en moyenne. Toutefois, les services de santé sous-estiment l'incidence et la mortalité : les études communautaires montrent que moins de la moitié des morsures de serpent sont déclarées.

Le seul traitement médical éprouvé repose sur l'administration rapide d'un antivenin, un sérum composé d'anticorps fabriqués par des chevaux, que l'on a hyperimmunisés grâce à des injections répétées de venins. En septembre dernier, l'organisation non gouvernementale Médecins sans frontières (MSF) a dénoncé l'arrêt de la fabrication par le pharmacien Sanofi Pasteur du FAV-Afrique, l'un des principaux antivenins destinés à l'Afrique subsaharienne. Selon Sanofi Pasteur, la décision résulte de la chute drastique des ventes : alors que près de 200 000 doses étaient utilisées annuellement dans les années 1980, la vente était tombée à 30 000 unités au cours des années 2000, puis à 5 000 en 2010. L'objectif de MSF était

d'attirer l'attention sur un problème de santé publique bien identifié, mais négligé. Indépendamment de la disparition du marché d'un antivenin performant, cette alerte vise à susciter l'apport de ressources financières qui font cruellement défaut dans ce domaine de la santé publique et à inciter le laboratoire Sanofi Pasteur à transférer sa technologie à d'autres fabricants.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les antivenins doivent répondre à quatre critères essentiels : efficacité contre les espèces locales de serpents ; innocuité, afin qu'ils puissent être utilisés dans des dispensaires périphériques non médicalisés ; stabilité, en raison des conditions climatiques africaines ; enfin, accessibilité aux victimes, lesquelles sont généralement des paysans sans aide financière.

Les fabricants sont face à un dilemme : arrêter la production d'antivenins ou augmenter leur coût

Quelques fabricants se sont mobilisés au cours de la décennie écoulée pour proposer des antivenins respectant les rigoureuses contraintes et exigences de fabrication. Certains sont aussi efficaces et aussi bien tolérés que le FAV-Afrique, et offrent sur ce dernier un double avantage : ils sont trois fois moins chers et se présentent sous forme lyophilisée, ce qui autorise leur conservation

à température ambiante, alors que le FAV-Afrique, antivenin sous forme liquide, doit être conservé à 4 °C.

Pourtant, ces antivenins couvrent moins de 10 % des besoins estimés à 500 000 doses annuelles, en ne considérant que les patients des centres de santé de l'Afrique subsaharienne pour laquelle le FAV-Afrique était conçu.

La pénurie d'antivenins, surtout en Afrique, remonte aux années 1990, au cours desquelles ont été mis au point les anticorps hautement purifiés. Auparavant, les sérums antivenimeux étaient considérés comme dangereux, même si leur efficacité n'était pas contestée. Les techniques modernes de fabrication ont permis de réduire considérablement le risque d'effets indésirables. En particulier, les allergies et réactions anaphylactiques graves sont devenues exceptionnelles.

Cependant, les nouveaux procédés industriels ont notablement augmenté le coût des antivenins, ce qui a nourri le cercle vicieux de leur inaccessibilité : le prix dissuasif du produit a conduit à une chute drastique des commandes par les pharmacies et hôpitaux, entraînant une baisse de leur utilisation, ce qui a privé les personnels soignants d'un traitement essentiel et, par voie de conséquence, renforcé la défiance des patients à l'égard de la médecine occidentale.

Les fabricants se trouvent confrontés au dilemme d'arrêter la production ou d'augmenter le prix des antivenins. Il en résulte qu'un