

DU MERCURE DANS L'ARCTIQUE

La faune de l'océan Arctique, pourtant éloignée des principales sources de pollution, présente des contaminations élevées au mercure. Une équipe franco-américaine a étudié en Alaska l'origine de ce paradoxe. Daniel Obrist et ses collègues ont montré que la flore et les sols de la toundra absorbent le mercure à l'état gazeux de l'atmosphère tout au long de l'année. Ensuite, lors du dégel au printemps, le métal toxique est transporté par les fleuves de la région dans l'océan Arctique.

STRATOSPHERE EXOPLANETAIRE

L'exoplanète WASP-121b est une «jupiter chaude», une géante gazeuse proche de son étoile et donc très chaude. Une telle planète est-elle pourvue d'une stratosphère, zone de l'atmosphère où la température augmente avec l'altitude ? Thomas Evans, de l'université d'Exeter, au Royaume-Uni, et ses collègues ont confirmé la présence de cette stratosphère. Pour ce faire, ils ont analysé, grâce au télescope spatial *Hubble*, l'émission infrarouge des molécules d'eau de l'atmosphère de WASP-121b.

FESSES ROMAINES DÉNUDÉES

Sur le lieu-dit de Sainte-Colombe, les archéologues de l'Inrap fouillent tout un quartier de la Vienne romaine (Rhône). Répartis sur 7 000 mètres carrés, ce qui est exceptionnel en milieu urbain, les vestiges retrouvés – somptueuses maisons, décors en mosaïque, pavements en marbre, mobilier... – sont très bien conservés, parce qu'ils avaient été enfouis à la suite d'un incendie. Une mosaïque représente Bacchus entouré par un cortège de bacchantes et de satyres ; une autre montre le dieu Pan en train d'enlever Thalie, dont les fesses sont dénudées...

L'AMPHIBIEN-ESPADON DU TRIAS

Un amphibien triasique au long nez étonne les paléontologues. Au long nez ? «Le très long rostre de cet animal est caractéristique d'un régime piscivore», préfère dire J.-Sébastien Steyer, du CNRS et du Muséum à Paris. «Il s'agit d'un membre d'un genre connu à la fois au Pakistan et dans l'île norvégienne du Spitzberg. Le fait que des fossiles de ce genre, nommé *Aphaneramma*, aient été retrouvés en des endroits aussi éloignés traduit sa répartition mondiale au début du Trias.»

En effet, il y a quelque 250 millions d'années, presque tous les continents étaient rassemblés au sein d'une grande terre – la Pangée. Toutefois, celle-ci était en train de se partager en deux blocs (le Gondwana et des terres septentrionales) entre lesquelles avançait la Téthys, un océan aujourd'hui disparu. L'animal étudié par l'équipe de J.-Sébastien Steyer était manifestement l'un des prédateurs de la Téthys, car, même s'il a été acheté sur un marché aux fossiles par un paléontologue amateur (qui en a fait don à l'université d'Antananarivo), les chercheurs savent qu'il provient de sédiments d'origine marine du Trias de Madagascar. Ils l'ont nommé *Aphaneramma gavialimimus* parce que son long rostre leur rappelle le gavial du Gange. Mais ce crocodilien chasse les poissons dans les grands fleuves asiatiques, tandis qu'*Aphaneramma gavialimimus* vivait dans la mer. Alors que le



© Cazes-Loubry, CNRS-MNH

Le crâne effilé d'*Aphaneramma gavialimimus*, très hydrodynamique, traduit une adaptation à la nage rapide.

rostre du gavial représente moins de 8 % de sa longueur, celui d'un *Aphaneramma gavialimimus*, qui mesure deux à trois mètres (estimation des chercheurs), en représente de 13 à 20 %. Par ailleurs, le rostre très effilé pourfendeur des eaux téthysiennes suggère que l'animal pouvait atteindre une grande vitesse de pointe si nécessaire. Il s'agissait donc vraisemblablement d'un chasseur de poissons qui courait ses proies. Aujourd'hui, des requins, les thons, les marlins et l'espadon font de même. L'espadon, qui doit son nom à son rostre semblable à une lame d'épée, atteint par exemple une vitesse de pointe de 109 kilomètres par heure. Quelle était la vitesse d'*Aphaneramma gavialimimus* ? ■

F. S.

J. Fortuny et al., *Journal of Systematic Paleontology*, en ligne le 29 juin 2017

LES CORBEAUX ANTICIPENT

Certains n'hésitent pas à comparer les capacités cognitives des corvidés à celles des grands singes. D'autres restent sceptiques et parlent de simples adaptations à leur environnement pour qualifier, par exemple, leurs capacités à cacher puis retrouver leur nourriture. Mais Can Kabadayi et Mathias Osvath, de l'université de Lund, en Suède, ont montré que les corbeaux savent anticiper et préparer une action future, résister à la frustration et apprendre à se servir d'outils, égalant les compétences d'un jeune enfant ou d'un grand singe.

Les chercheurs ont appris à des grands corbeaux (*Corvus corax*) à utiliser des outils (des cailloux) sur une machine ou à troquer avec des humains des jetons contre une récompense. Or cette espèce n'utilise pas naturellement des outils. Le défi suivant a consisté à faire choisir



© Shutterstock.com/Marcin Perkowski

Le grand corbeau (*Corvus corax*) est capable de planifier une action pour obtenir une récompense.

l'outil ou le jeton parmi différents objets et à ne présenter la machine ou l'humain que plus tard. Dans 9 cas sur 10, les corbeaux sélectionnent l'objet qui leur apporte une récompense. Plus fort, ils sont capables de préférer ces objets à une récompense immédiate, mais moins importante que celle qu'ils auront plus tard. ■

MARTIN TIANO

C. Kabadayi et M. Osvath, *Science*, vol. 357, pp. 202-204, 2017

ASTROPHYSIQUE

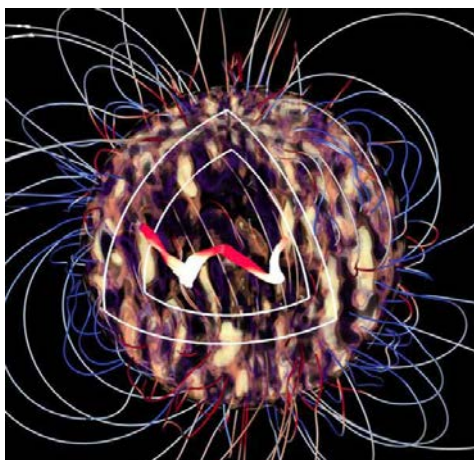
LE CYCLE DU SOLEIL ENFIN COMPRIS

Le Soleil oscille entre des périodes de forte et de faible activité, qui influent notamment sur le nombre de taches à sa surface et son rayonnement. Au plus fort de son activité, tous les 11 ans environ, les éruptions solaires plus fréquentes et énergétiques peuvent perturber les systèmes de télécommunication et de distribution d'électricité sur Terre. Il est donc important de bien comprendre la dynamique du Soleil et les mécanismes à l'origine de ses cycles.

Ces derniers sont intimement liés au champ magnétique solaire, dont la polarité s'inverse selon une périodicité d'environ 11 ans. Ce phénomène cyclique a aussi été observé pour d'autres étoiles ayant les mêmes caractéristiques que le Soleil et appartenant donc à la même classe. Mais la durée des cycles de ces astres varie entre un an et plusieurs dizaines d'années. Il était difficile de comprendre ces différences. De surcroît, certains astrophysiciens se demandaient si le Soleil était vraiment représentatif de sa classe stellaire. Pour clarifier la situation, Antoine Strugarek, du CEA Paris-Saclay et de l'université de Montréal, et ses collègues ont développé des simulations numériques, qui parviennent à rendre compte de la dynamique interne du Soleil et à expliquer son cycle de 11 ans.

Le champ magnétique d'une étoile est engendré par le mouvement de convection turbulente du plasma extrêmement chaud (le gaz ionisé) au cœur de l'astre. Dans un modèle stellaire tridimensionnel, l'équipe d'Antoine Strugarek a reproduit les processus magnétohydrodynamiques qui créent les écoulements de plasma et les champs magnétiques au sein des étoiles. Dans la simulation, comme dans une vraie étoile, ces phénomènes s'influencent mutuellement, et ces rétroactions sont essentielles pour reproduire fidèlement le comportement de l'astre.

Les chercheurs ont simulé des étoiles d'âge et de masse comparables au Soleil, mais présentant des périodes de rotation comprises entre 14 et 29 jours et une luminosité proche de celle du Soleil. La luminosité caractérise la quantité d'énergie produite au cœur de l'étoile et transportée jusqu'à la surface, par rayonnement et par convection. Les chercheurs ont ainsi montré que la durée des cycles stellaires dépend de ces deux facteurs : elle diminue quand la période de rotation ou la luminosité augmentent. Les deux facteurs peuvent être combinés et représentés par un unique paramètre, le nombre de



Simulation numérique du Soleil reproduisant la dynamique du champ magnétique de l'étoile et ses cycles de 11 ans.

Rossby. Celui-ci caractérise l'influence de la rotation de l'étoile sur le système, et correspond au rapport des forces d'inertie et de Coriolis. Antoine Strugarek et ses collègues ont montré que la durée du cycle est inversement proportionnelle au nombre de Rossby.

Grâce aux simulations, ces chercheurs ont compris comment le champ magnétique altère la vitesse d'écoulement à grande échelle du plasma en rotation. Ces variations ont une amplitude faible, de l'ordre de 1 %, mais elles suffisent pour provoquer l'inversion du champ magnétique.

Les chercheurs ont comparé leurs résultats numériques avec les données d'une vingtaine d'étoiles de type solaire. La durée du cycle de ces étoiles semble suivre la même formule que celle déduite des simulations. Néanmoins, quelques écarts sont observés. Ils sont peut-être dus à l'incertitude sur le calcul de la luminosité de ces étoiles, à l'existence de plusieurs cycles agissant simultanément au sein d'un même astre ou au fait que l'on connaît mal la taille de la région de l'étoile où le transfert d'énergie s'effectue par convection et non par rayonnement. En utilisant des données plus précises et en affinant leurs simulations, les chercheurs espèrent encore mieux comprendre le phénomène de cycle stellaire. Mais cette étude semble d'ores et déjà confirmer que le Soleil est bien une étoile de type... solaire! ■

SEAN BAILLY

A. Strugarek et al., *Science*, vol. 357, pp. 185-187, 2017

EN BREF

INVASION D'ALGUES DANS LA BALTIQUE

Lorsque la population des grands poissons prédateurs diminue dans la mer Baltique, ceux-ci ne sont plus là pour manger les petits poissons qui, par conséquent, pullulent et mangent davantage de crustacés. Ces derniers ne contrôlent alors plus la prolifération des algues filamenteuses dont ils sont friands. Ces algues ont ainsi envahi certaines côtes. En décryptant cette chaîne trophique, l'équipe de Serena Donadi, de l'université suédoise des sciences agricoles, a compris pourquoi la qualité des eaux a baissé.

SMILEY HITTITE

Depuis sept ans, une équipe turco-italienne d'archéologues fouille Karkemish, une ville hittite d'il y a 3 700 ans. Elle y a trouvé des artefacts en nombre, dont des jarres. L'une d'elles, ronde et dotée d'une unique anse annulaire, les a étonnés : son ventre porte le dessin d'un visage, qui ressemble au plus basique de nos smileys, c'est-à-dire à :) ... Les archéologues pensent que le pot a été décoré ainsi parce qu'il servait à stocker et à boire une boisson sucrée. Peut-être ressemblait-elle à du sharbat, à base d'herbes, de pétales de fleurs et de fruits, très prisé au Proche-Orient.

DU SANG CHAUD DEPUIS QUAND ?

La capacité de produire une chaleur corporelle élevée serait apparue chez les thérapside, les ancêtres reptiliens des mammifères. Mais quand, plus précisément ? Christophe Lécuyer, de l'université Lyon 1, et ses collègues ont étudié la composition isotopique de l'oxygène dans les os de 63 fossiles de thérapside appartenant à 22 espèces différentes (l'oxygène 16 et l'oxygène 18 se fixent différemment aux os selon la température). Conclusion : les premières espèces à sang chaud seraient apparues il y a 252 à 259 millions d'années.

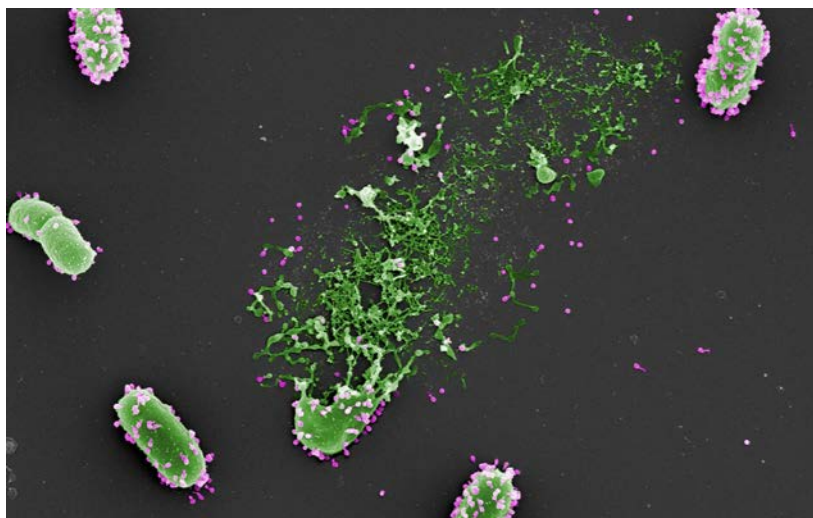
ÊTRE GÉNÉREUX REND HEUREUX

Donner fait du bien. Pourquoi? Soyoung Park, de l'université de Lübeck, et ses collègues ont demandé à des volontaires de s'engager à dépenser 25 francs suisses par semaine pendant un mois, soit pour eux, soit pour des proches. Puis ils ont enregistré par IRM leur activité cérébrale pendant qu'ils devaient choisir s'ils donnaient ou non – fictivement – de l'argent à un individu. Résultat: les personnes qui se sont engagées à dépenser leurs sous pour autrui ont été, sous IRM, plus généreuses que les autres et sont reparties plus heureuses du laboratoire. Dans leur cerveau, la jonction temporopariétale, associée à la générosité, s'activait davantage, et plus ces sujets donnaient de l'argent, plus la connexion entre cette jonction et le striatum, associé au bonheur, était stimulée. Bonheur et générosité sont donc liés *via* une modulation du striatum par la jonction temporopariétale. ■

B. S.-L.

S. Park et al., *Nature Communications*, en ligne, 11 juillet 2017

PHAGOTHÉRAPIE: LE RÔLE DU SYSTÈME IMMUNITAIRE



Des bactéries (en vert) assaillies et détruites par des bactériophages (en violet) sous l'objectif d'un microscope électronique.

ADHÉSIF INSPIRÉ DU POULPE

Comment concevoir une surface adhésive, simple à fabriquer, aussi efficace sous l'eau qu'à sec? En s'inspirant des ventouses du poulpe commun, proposent Sangyul Baik, de l'université Sungkyunkwan, en Corée du Sud, et ses collègues. Ces ventouses ont la particularité de porter, dans leur cavité, une protubérance ellipsoïde qui participe à l'adhérence, mais dont le rôle était mal connu. Ayant reproduit cette structure sur un film en polyuréthane-acrylate, les chercheurs ont comparé son efficacité à celle de ventouses présentant d'autres géométries. Si elles se valent à sec, seules celles bio-inspirées fonctionnent dans l'eau. Les chercheurs ont alors étudié l'action de la protubérance. Lors du contact d'une ventouse et d'un support, la pression évacue une grande partie de l'eau entre les deux. La protubérance canalise le reste du liquide dans le fond de la ventouse et crée un espace vide où s'exerce une grande force de succion, d'où l'adhérence. ■

M. T.

S. Baik et al., *Nature*, vol. 546, pp. 396-404, 2017

Attaquer les bactéries avec leurs propres virus, les bactériophages ou «phages», par ailleurs inoffensifs pour l'homme: proposée il y a cent ans, cette approche – la phagothérapie – est devenue marginale avec l'avènement des antibiotiques. Mais aujourd'hui, avec la montée alarmante des résistances aux antibiotiques, l'intérêt pour cette piste se renouvelle en Europe. Jusqu'à présent, cependant, les données manquaient pour comprendre comment la phagothérapie fonctionne *in vivo*. «*In vitro*, les phages tuent les bactéries, qu'ils ciblent spécifiquement, mais chez l'animal et *a fortiori* chez l'homme, le contexte est différent et l'importance de la réaction de l'hôte était jusqu'à présent négligée», explique Laurent Debarbieux, de l'institut Pasteur. Or son équipe vient de montrer que l'efficacité de la phagothérapie dépend du système immunitaire du patient.

Les chercheurs ont mené une double approche qui combine un modèle animal, pour évaluer l'efficacité du traitement *in vivo*, et une modélisation mathématique visant à mieux cerner l'importance du statut immunologique du patient dans les chances de réussite d'une telle thérapie. L'équipe a utilisé comme modèle la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*, impliquée dans des infections respiratoires.

Les chercheurs ont ainsi montré que chez des souris dont l'immunité fonctionne bien, le traitement est couronné de succès. Le système immunitaire inné, le premier sollicité en cas d'infection, prend notamment en charge les bactéries qui deviennent résistantes aux phages. Toutefois, ce n'est plus le cas chez des souris génétiquement modifiées pour que leur système immunitaire soit moins performant, en particulier quand la population de neutrophiles – des globules blancs surtout impliqués dans l'immunité innée – est réduite.

Les simulations numériques confirment qu'une activation de la réponse innée à hauteur de 50 % de celle observée chez un individu sain est nécessaire pour que le traitement soit efficace. Les neutrophiles seraient indispensables pour éradiquer tant les bactéries résistantes aux phages que les autres. ■

NOËLLE GUILLON

D. Roach et al., *Cell Host and Microbe*, vol. 22(1), pp. 38-47, 2017