

LA LEÇON DU MOUSTIQUE

Chassez un moustique, il apprendra... à vous fuir. C'est ce qu'ont montré Clément Vinauger, de l'université de Washington, à Seattle, et ses collègues en exposant des moustiques *Aedes aegypti* à l'odeur d'un humain et à un choc mécanique simulant une défense vigoureuse. Les moustiques étaient par la suite fortement repoussés par cette odeur. Les chercheurs suspectaient un neurotransmetteur, la dopamine, d'intervenir dans cet apprentissage. Pour le vérifier, ils ont renouvelé leur expérience avec des moustiques mutants chez lesquels le récepteur de la dopamine le plus abondant était neutralisé. Malgré les chocs reçus, les moustiques étaient toujours attirés par l'odeur humaine! La dopamine serait donc un élément clé de cet apprentissage. Et s'acharner contre le moustique qui hante vos nuits ne serait pas complètement vain... ■

CLAIRE HEITZ

C. Vinauger et al., *Current Biology*, vol. 28(3), pp. 333-344, 2018

EXOPLANÈTE ATYPIQUE

Un Jupiter chaud est une exoplanète semblable à Jupiter, mais très proche de son étoile. Du fait des forces de marée que cette dernière exerce, la planète est en verrouillage gravitationnel et présente toujours la même face à son étoile, tout comme la Lune montre toujours le même côté à la Terre. Par ailleurs, la face éclairée du Jupiter chaud est beaucoup plus chaude que celle dans l'ombre. Mais la zone la plus chaude de la surface n'est pas le point sub-stellaire (le point situé face à l'étoile), car des vents violents la décalent vers l'est. C'est du moins ce qui avait été constaté sur bon nombre de Jupiters chauds. Toutefois, Lisa Dang, de l'université McGill, à Montréal, et ses collègues ont découvert une exception, l'exoplanète CoRoT-2b.

Pour expliquer le décalage vers l'ouest de sa zone la plus chaude, une hypothèse est que la planète n'est pas encore totalement verrouillée, mais d'autres pistes sont aussi considérées. Des hypothèses à explorer pour mieux comprendre ces planètes extrêmes. ■

LUCAS STREIT

L. Dang et al., *Nature Astronomy*, en ligne le 22 janvier 2018

LA PLUS ANCIENNE TOMBE SCYTHE



Le tumulus d'Arzhan 0 est situé dans la partie de la Sibérie où serait née la culture des Scythes. La tombe circulaire se distingue du paysage marécageux qui l'entoure par les végétaux qui y poussent.

L'archéologie progresse pour montrer que la culture des Scythes – un peuple de cavaliers nomades – est née il y a quelque 3000 ans en Sibérie. Avec des collègues, Gino Caspari, de l'université de Berne, a réussi à identifier la plus ancienne tombe princière scythe de Sibérie jamais trouvée. Elle remonte à l'âge du Bronze.

Cette structure circulaire d'environ 150 mètres de diamètre est isolée en terrain marécageux, à cinq heures de progression difficile en véhicule tout-terrain du plus proche point habité. Après avoir vérifié sur des images satellitaires qu'elle ressemble à un kourgane – c'est-à-dire, en russe, à un tumulus funéraire –, les chercheurs sont allés sur place pour la sonder. Ils ont pu prouver que ce tumulus, nommé Arzhan 0, a la même structure qu'Arzhan 1, situé à 10 kilomètres au nord-est. Or Arzhan 1 est d'une importance majeure, car c'est après sa fouille, dans les années 1970 par l'archéologue soviétique Mikhail Gryaznov, que l'on a commencé à comprendre où chercher les origines de la culture scythe: en Sibérie, du côté du haut plateau traversé par la rivière Uyk.

Arzhan 1 a été pillé, mais les chercheurs soviétiques ont établi qu'un prince et sa compagne y ont été inhumés accompagnés de très riches offrandes funéraires après un énorme banquet au cours duquel des personnes et des centaines de chevaux ont été sacrifiés. Arzhan 1, qui date du tournant du IX^e et du VIII^e siècles avant notre ère, passait pour la plus ancienne tombe princière scythe connue, mais la datation des bois trouvés à l'intérieur d'Arzhan 0 a révélé que cette tombe est antérieure et remonte au IX^e siècle avant notre ère.

En outre, son contenu pourrait être intact, puisqu'en réalisant leur sondage, les chercheurs ont trouvé un sol en partie gelé. Arzhan 2, un kourgane de l'âge du Fer datant du VII^e siècle avant notre ère, donne une mesure des trésors qui reposent peut-être à Arzhan 0: les archéologues allemands qui ont fouillé cette tombe au début des années 2000 y ont trouvé plus d'un millier d'objets d'or autour des deux défunts exhumés. Outre des armes magnifiquement ornées, les offrandes funéraires comprenaient des vases et des chevaux harnachés. Un collier en or massif pesait pas moins de deux kilogrammes. Que livrera Arzhan 0? À suivre! ■

F. S.

G. Caspari et al., *Archaeological Research in Asia*, en ligne le 11 novembre 2017

GÉNÉTIQUE

DES SÉQUENCES D'ADN PAS SI INUTILES

Certaines chaînes de nucléotides, conservées à l'identique dans le génome de différentes espèces, ne semblaient pas indispensables. Une étude vient de démentir cette idée.

Le dernier ancêtre commun à l'homme, à la souris et au rat vivait il y a environ 80 millions d'années. Pourtant, on retrouve dans les génomes de ces vertébrés de longues séquences d'ADN d'au moins 200 paires de nucléotides qui ont été conservées à l'identique au cours de l'évolution. Or plus de la moitié de ces séquences «ultraconservées» ne correspondent pas à l'ADN de gènes codant des protéines, mais à de l'ADN dit non codant. Une équipe menée par Diane Dickel, du Laboratoire Lawrence-Berkeley, aux États-Unis, a montré que la suppression de séquences ultraconservées chez les souris, si elle n'affecte pas leur viabilité et leur fertilité, altère néanmoins leur développement.

«La pression de sélection, au cours de l'évolution, tend à conserver des séquences aux fonctions essentielles, dont la perturbation est délétère, conduisant par exemple à la mort ou à la stérilité de l'organisme», explique Frédérique Peronnet, de l'IBPS (institut de biologie Paris-Seine). C'est pourquoi, en 2007, les chercheurs d'une équipe californienne furent les premiers surpris lorsqu'ils constatèrent que les lignées de souris chez qui on avait supprimé quatre de ces séquences ultraconservées (suppression d'une séquence différente pour chaque lignée) étaient à la fois viables et fertiles.

En partant notamment de ce résultat, Diane Dickel et ses collègues ont voulu vérifier dans quelle mesure la suppression de ces séquences ultraconservées ne provoquait pas d'altération chez la souris. Pour cela, ils se sont intéressés à quatre séquences ultraconservées situées sur le chromosome X, à proximité plus ou moins grande du gène *Arx*. Les séquences étudiées sont des «amplificateurs» de ce gène, c'est-à-dire qu'elles gouvernent son expression. Le gène *Arx*, quant à lui, joue un rôle important au cours du développement cérébral. Or il arrive que des amplificateurs soient efficaces *in vitro*, mais que, *in vivo*, leur perte ne soit pas aussi dommageable pour le développement.

En utilisant la technique d'édition génomique CRISPR-Cas9, les chercheurs ont supprimé, chez des souris, soit l'un des quatre amplificateurs, soit des combinaisons de deux d'entre eux. Les souris présentaient alors un



La suppression de certaines séquences d'ADN non codant, mais ultraconservées, auraient bien une influence négative sur le développement.

481

C'EST LE NOMBRE DE SÉQUENCES D'ADN COMPORTANT PLUS DE 200 PAIRES DE BASES QUI SONT PARFAITEMENT CONSERVÉES À LA FOIS CHEZ L'HUMAIN, LE RAT ET LA SOURIS.

retard de croissance fœtale ou une anomalie du développement cérébral. Et quand on supprimait une paire d'amplificateurs, l'effet sur le développement cérébral était plus marqué. D'après Diane Dickel et ses collègues, la perte de ces séquences ultraconservées entraînerait une altération du développement, difficilement décelable à l'échelle du laboratoire; cependant, une sélection négative s'exercerait probablement contre ces phénotypes à l'échelle de l'évolution.

«Ces résultats montrent qu'une séquence qui se conserve parfaitement ne correspond pas nécessairement à une fonction essentielle», souligne Frédérique Peronnet. «C'est une réponse cinglante à l'idée que la suppression des séquences ultraconservées n'avait pas d'impact», déclare quant à lui Stanislas Lyonnet, directeur de l'institut des maladies génétiques Imagine, à Paris. «Néanmoins, il faut être prudent et ne pas généraliser immédiatement. L'équipe de Diane Dickel a choisi un endroit bien précis sur le chromosome X, qui comporte plusieurs séquences ultraconservées. Il faut poursuivre les recherches pour voir si d'autres séquences ont une importance semblable partout dans le génome humain.» ■

ALINE GERSTNER

D. Dickel *et al.*, *Cell*, vol. 172, n° 3, pp. 491-499, 2018

EN BREF

LA SIGNATURE DU PIC ÉPEICHE

On peut reconnaître individuellement de nombreux oiseaux par leur chant ou par d'autres bruits qu'ils produisent. Michał Budka, de l'université Adam Mickiewicz, à Poznań, en Pologne, a montré que le tambourinage – brève succession de coups de bec sur un tronc d'arbre – permet de distinguer des pics épeiches entre eux. Les différences se traduisent dans la durée séparant deux coups successifs et le nombre de coups par séquence de tambourinage. Ces tambourinages servent à attirer un partenaire ou à marquer le territoire.

ENGRAIS ET PROLIFÉRATION DES MOUSTIQUES

Sous-pots de fleurs, citernes, rizières... Ces endroits sont des sites privilégiés par les moustiques pour pondre leurs œufs, car la matière organique qui s'y trouve sert de nourriture aux futures larves. Frédéric Darriet, de l'IRD à Montpellier, a montré en laboratoire que la présence d'engrais dans le milieu augmente sa biomasse et profite ainsi aux larves des espèces *Aedes aegypti* et *Anopheles gambiae*. Ces vecteurs de maladies se développent alors plus vite et en plus grand nombre.

ÇA CHAUFFE CHEZ LES MITOCHONDRIES

En « brûlant » les glucides consommés par l'organisme, les mitochondries des cellules humaines contribuent à maintenir la température du corps à 37,5 °C. Pierre Rustin, de l'Inserm, et ses collègues ont été surpris de découvrir que ces mitochondries fonctionnent en fait à 50 °C. Comment ont-ils fait ? Les chercheurs se sont servis de molécules (dénommées Mito Thermo Yellow) dont les propriétés de fluorescence sont sensibles à la température. De véritables thermomètres moléculaires !

BIOCHIMIE

VERS UNE CHIMIE PRIMITIVE?

Essentiel à la vie des organismes consommant de l'oxygène, le cycle de Krebs, ou cycle de l'acide citrique, est chargé de transformer les molécules carbonées pour produire de l'énergie. Comment un tel cycle a-t-il pu s'amorcer chez les tout premiers organismes vivants ? Dans les années 1990, le chimiste allemand Günter Wächtershäuser a émis l'hypothèse qu'une version inversée de ce cycle aurait pu exister il y a plusieurs milliards d'années. Elle aurait produit les premiers blocs moléculaires nécessaires à l'apparition de la vie. Cependant, l'actuel cycle de l'acide citrique a besoin de molécules biologiques pour fonctionner (huit enzymes catalytiques), ce qui ne pouvait pas être le cas des cycles primitifs. Greg Springsteen, de l'université Furman, Ramanarayanan Krishnamurthy, de l'institut Scripps, aux États-Unis, et leurs collègues ont mis en évidence un cycle chimique qui aurait pu fonctionner dans les conditions de la Terre primitive pour produire des molécules utilisables par le vivant.

Les chercheurs ont d'abord sélectionné des molécules prébiotiques relativement simples, l'ion malonate et l'ion glyoxylate. Comme substitut aux enzymes actuelles facilitant les réactions d'oxydoréduction, ils ont utilisé le peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée), un



Les mitochondries sont les organites au sein desquels le cycle de Krebs produit l'énergie nécessaire à la cellule.

produit de l'oxydation photochimique de l'eau. Les chimistes ont alors observé deux cycles de réactions qui produisent un grand nombre de composés intermédiaires, par exemple de l'oxaloacétate qui entre dans l'actuel cycle de Krebs, dans le cycle de l'urée et dans la synthèse de l'aspartate, un acide aminé. Ces cycles opèrent à un pH compris entre 7 et 8,5 et à une température inférieure à 50 °C, des valeurs compatibles avec les estimations des conditions à la surface de la Terre primitive. Ils auraient donc pu synthétiser les éléments nécessaires pour amorcer les cycles biochimiques actuels. ■

LAMBERT BARAUT-GUINET

G. Springsteen et al., *Nature Communications*, vol. 9, article 91, 2018

TECHNOLOGIE

DE VRAIES IMAGES EN 3D

Daniel Smalley, de l'université Brigham Young, aux États-Unis, et ses collègues ont conçu un dispositif permettant de dessiner des images dans l'air libre.

Les chercheurs font appel à l'effet dit photoréactif pour maintenir en l'air, à l'aide d'un laser, une minuscule particule de cellulose. Un dispositif optique focalise un faisceau laser sur une zone en y créant une intensité non uniforme. La particule, déposée dans cette zone, se place alors spontanément là où l'intensité lumineuse est minimale. Si elle s'écarte de ce point, elle entre dans une région où l'intensité est plus élevée; la particule chauffe localement, et il résulte de son interaction avec l'air ambiant une force qui la ramène vers le point d'intensité minimale. En déplaçant le faisceau, on déplace alors la particule – qu'on éclaire avec un autre laser – et on



Ce papillon a été dessiné dans l'air, au-dessus d'un doigt pour donner l'échelle.

peut ainsi dessiner le contour de n'importe quel objet en 3D. Si le mouvement est rapide, on perçoit tout le contour grâce à la persistance rétinienne. Pour les chercheurs, ce prototype est un point de départ pour créer des dispositifs d'imagerie 3D, aux applications nombreuses. ■

S. B.

D. E. Smalley et al., *Nature*, vol. 553, pp. 486-490, 2018