

tout en vérifiant que le nouveau gène ne perturbait pas la séquence d'autres gènes lorsqu'il s'insérait dans le génome des cellules. Le greffon a alors été transplanté sur le derme de l'enfant entre octobre 2015 et janvier 2016, d'abord sur les lésions des jambes et des bras, puis sur celles du dos et, enfin, sur les lésions restantes.

Au bout de quatre mois, non seulement l'enfant n'avait pas rejeté la greffe, mais l'épiderme s'était régénéré et adhérait désormais fermement au derme, sans former de cloques, signe que des cellules portant le bon gène de la laminine avaient colonisé durablement la peau. Par quel mécanisme ? Dans la culture des cellules du patient, les chercheurs ont repéré trois types cellulaires : des colonies de cellules non différenciées qui prolifèrent et sont capables de se renouveler (holoclon), des cellules différenciées se renouvelant difficilement (paraclon) et des intermédiaires (méroclon). Le renouvellement du greffon était-il assuré par les holoclon ?

Pour le savoir, les chercheurs ont suivi le devenir de ces différents types cellulaires à l'aide de prélèvements effectués avant la greffe, et quatre et huit mois après. Ils ont ainsi observé que nombre de paraclon et de méroclon avaient peu à peu disparu. Au bout de huit mois, la quasi-totalité de la peau était dérivée d'une petite population des holoclon initiaux, ce qui suggère que la peau est maintenue par un petit nombre de cellules souches contenues dans ces colonies – en d'autres termes, des cellules souches de l'épiderme qui ont été corrigées avec le gène de la laminine. Ainsi, la greffe a fourni un nouveau réservoir de cellules souches corrigées qui alimente l'épiderme de l'enfant et s'est maintenu jusqu'à aujourd'hui. Un résultat par ailleurs en faveur d'une idée longtemps débattue : la peau se régénérerait à partir non pas d'un grand nombre de cellules précurseurs de l'épiderme, mais d'un petit groupe de cellules souches spécialisées.

Certes, il s'agit à présent de suivre l'évolution à long terme de l'enfant pour s'assurer que sa peau reste stable. Ses muqueuses internes, par ailleurs, n'ont pas pu être traitées et restent très fragiles, notamment celle de l'œsophage. Néanmoins, depuis mars 2016, il est de retour à l'école. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

T. Hirsch *et al.*, *Nature*, vol. 551, pp. 327-332, 2017 ; M. Aragona et C. Blanpain, *Nature*, vol. 551, pp. 306-307, 2017

Comment ont évolué les inégalités de richesse

Une équipe dirigée par Timothy Kohler, de l'université d'État de Washington, et Michael Smith, de l'université d'État de l'Arizona, a étudié le développement des inégalités de richesse au fil des millénaires en comparant 63 sites archéologiques de divers endroits dans le monde et de diverses époques. Elle révèle que les inégalités se sont davantage marquées en Eurasie qu'en Amérique du Nord et en Mésoamérique. L'éclairage de Michelle Elliott.



Propos recueillis par MAURICE MASHAAL

MICHELLE ELLIOTT
maître de conférences
à l'université Paris 1
Panthéon-Sorbonne
(UMR 7041)

Quelles régions et quelles époques l'échantillon de sites archéologiques étudié couvre-t-il ?

Sont représentées l'Amérique du Nord, la Mésoamérique, l'Europe et l'Asie. Deux sites africains sont aussi inclus, l'un en Égypte et l'autre en Afrique du Sud. Sur le plan chronologique, cet échantillon s'étend sur les 9 millénaires avant notre ère pour l'Ancien Monde (à l'exception du site sud-africain, qui est actuel), et de 1000 avant notre ère jusqu'au *xvii*^e siècle pour le Nouveau Monde.

Timothy Kohler et ses collègues ont choisi, comme critère d'inégalités de richesse au sein d'une communauté, la variabilité de la taille des habitations. Pourquoi ?

D'une part, c'est un paramètre bien visible dans les vestiges archéologiques ; d'autre part, les études ethnographiques et historiques ont montré que la taille d'une habitation est étroitement corrélée au niveau économique de ses occupants. Ainsi, les habitations tendent à être de la même taille dans les groupes où les individus ont à peu près le même niveau économique, alors qu'il y aura plutôt un mélange de grandes et petites maisons dans les groupes où certains individus sont plus riches que les autres. La variabilité de la taille des maisons est donc un indicateur assez universel des inégalités de richesse, qui s'applique à tous les sites. Il n'en est pas de même avec, par exemple, les objets contenus dans les tombes, parce qu'ils varient avec la culture et parce que les sépultures ne représentent qu'une partie des membres de la société.

Comment les différents sites ont-ils été comparés ?

À partir des données disponibles, Timothy Kohler et ses collègues ont calculé le « coefficient de Gini » associé

à la taille des habitations de chaque site. Ce coefficient statistique mesure la variabilité de cette taille : il va de 0, si toutes les habitations sont de taille similaire (pas d'inégalités de richesse), à 1, si l'une d'elles est beaucoup plus grande que les autres (une personne monopolise toutes les richesses). Par ailleurs, la plupart des sites eurasiatiques étant plus anciens que les sites américains, les chercheurs ont établi une échelle de comparaison en classant les sites selon la durée écoulée depuis l'apparition de l'agriculture dans la région en question.

Qu'en concluent-ils ?

Comme on s'y attendait, les inégalités se révèlent plus fortes dans les sites d'agriculteurs que dans les sites de chasseurs-cueilleurs, et elles sont d'autant plus prononcées que la société a une grande population, une structure politique complexe ou un régime autoritaire. Plus surprenante est la constatation que, passé 2 500 années d'agriculture, le niveau des inégalités de richesse se stabilise dans les sites américains alors qu'il augmente sensiblement en Eurasie.

Comment expliquer cette différence ?

Selon Timothy Kohler et ses collègues, elle serait due à la présence en Eurasie – mais pas en Amérique – de grands animaux domestiques (bovins, chevaux...) capables de transporter des marchandises, de labourer des champs et de véhiculer des guerriers. Cela aurait favorisé la compétition au sein de la société et permis à certains d'acquérir plus de terres et de pouvoir, avec parfois la constitution d'une classe de paysans sans terre. L'hypothèse est intéressante, mais reste à prouver. L'étude des sociétés pastorales andines, qui disposaient de lamas et d'alpagas pour le transport de marchandises, mais pas pour labourer ou pour porter des cavaliers, serait un bon test. Il reste donc à compléter ces travaux inédits avec des sites plus nombreux, représentatifs de toutes les régions et toutes les périodes. ■

T. A. Kohler *et al.*, *Nature*, M. Elliott, *ibid.*, en ligne le 15 novembre 2017

CLIMATOLOGIE

COMMENT LE SAHARA VERT A DISPARU

Une équipe de climatologues a montré comment des changements de température dans l'hémisphère Nord ont provoqué une rapide aridification du Sahara il y a près de 5 000 ans.

Il y a entre 11 000 et 5 500 ans, le Sahara était couvert d'une végétation tropicale et de systèmes fluviaux. Mais à la fin de cette période, ce «Sahara vert» a connu une aridification très rapide qui a laissé place au désert que nous connaissons aujourd'hui. Une équipe internationale, dont fait partie Thibaut Caley, du laboratoire Epoc (CNRS et université de Bordeaux), vient de montrer qu'une baisse des températures dans les hautes latitudes de l'hémisphère Nord a joué un rôle dans la disparition du Sahara vert.

Les conditions de la fin de cette période humide sont mal connues. Pour les clarifier, Thibaut Caley et ses collègues ont d'abord analysé des sédiments marins dans le golfe de Guinée, qui leur ont montré que les précipitations ont fortement diminué il y a entre 5 800 et 4 800 ans dans la région du Cameroun et dans le centre du Sahel-Sahara. Une constatation similaire ayant été faite dans le nord-est de l'Afrique, cela atteste d'un phénomène global.

Pour comprendre ce qui s'est passé, les chercheurs ont étudié les phénomènes atmosphériques qui influent sur l'apport d'humidité dans la région. Les sources d'humidité pour le Sahel et le Sahara sont l'océan Atlantique et la mousson en provenance d'Afrique centrale. Les volumes de précipitations, ainsi que leur caractère saisonnier, sont modulés par deux courants atmosphériques, le jet d'est tropical (TEJ) et le jet d'est africain (AEJ). Les conditions deviennent plus arides si le TEJ ralentit ou si l'AEJ se renforce.

Mais quel phénomène a pu perturber le TEJ et l'AEJ de façon à provoquer l'aridification du Sahara vert ? Il pourrait être à chercher dans les hautes latitudes de l'hémisphère Nord. En effet, de nombreux indicateurs suggèrent que, il y a 6 000 à 5 000 ans, les températures estivales dans la région s'étendant du Groenland à la mer de Norvège ont diminué. La conséquence, peut-être, d'un ralentissement des courants dans l'océan Atlantique qui ramènent de l'eau chaude et salée des basses latitudes vers le Nord (on parle de circulation thermohaline) ou d'une expansion du vortex polaire de l'hémisphère Nord, qui apporte du vent froid plus au Sud.

Pour comprendre comment ce phénomène a pu influencer sur les conditions climatiques au



Difficile d'imaginer que le Sahara, aujourd'hui désertique, présentait, il y a entre 11 000 et 5 500 ans, une végétation abondante et des rivières.

10

FOIS PLUS DE PRÉCIPITATIONS QU'AUJOURD'HUI ARROSAIENT LE SAHARA DURANT SA PÉRIODE HUMIDE. EN MOYENNE, IL PLEUT DE NOS JOURS ENTRE 35 ET 100 MILLIMÈTRES D'EAU PAR AN DANS LA RÉGION. MAIS CETTE VALEUR PEUT ÊTRE NULLE DANS CERTAINES ZONES DITES HYPERARIDES.

Sahara, les chercheurs ont fait appel à un modèle numérique de climat qui reproduit les conditions de l'époque en imposant (ou non) un refroidissement, compris entre 0,5 °C et 2,5 °C, de l'Atlantique Nord. D'après ce modèle, les anomalies de température se sont manifestées jusqu'au nord de l'Afrique, ce qui a eu pour conséquence de ralentir le TEJ et de réduire ainsi les précipitations. Par ailleurs, la baisse des températures au sol dans le Sahara a aussi bloqué la montée vers le nord de la mousson, d'où une baisse des précipitations dans le Sahel. Les chercheurs ont aussi montré que ces conditions ont renforcé l'AEJ, qui accentue l'aridification.

Ainsi, une variation de température dans les hautes latitudes de l'hémisphère Nord a déclenché un effet en cascade, avec des rétroactions biogéophysiques qui ont conduit à la disparition du Sahara vert. De façon plus générale, souligne Thibaut Caley, «ces travaux confortent également l'hypothèse selon laquelle les changements futurs de température dans les hautes latitudes de l'hémisphère Nord pourraient avoir d'importantes répercussions sur le cycle hydrologique saharien et par conséquent sur les populations de cette région.» ■

SEAN BAILLY

J. A. Collins et al., *Nature Communications*, vol. 8, article 1372, 2017

MIEUX MODÉLISER LE BALLAST

Le ballast, sous les rails de chemin de fer, limite le tassement du sol dû au passage des trains. Mais il subit lui-même une usure par frottements. Régis Cottureau et ses collègues – des chercheurs du CNRS et des ingénieurs de la SNCF – ont développé un modèle qui décrit comment l'effort se répartit sur le ballast au passage des trains et l'influence de la vitesse de ces derniers. Une modélisation qui permettra de mieux gérer le ballast afin de renforcer les zones les plus exposées à l'usure.

LES ÉCLAIRS, SOURCE D'ISOTOPES RADIOACTIFS

On sait qu'en bombardant l'atmosphère, les rayons cosmiques forment des éléments radioactifs, tel le carbone 14 utilisé pour la datation. En 1925, il avait été suggéré que les éclairs pouvaient aussi induire des réactions nucléaires et produire des isotopes radioactifs. Teruaki Enoto, de l'université de Kyoto, l'a confirmé en détectant des rayons gamma issus d'annihilations électron-positron, le positron étant un sous-produit d'une chaîne de désintégrations induite par un éclair.

SUR LA PISTE DU SRAS

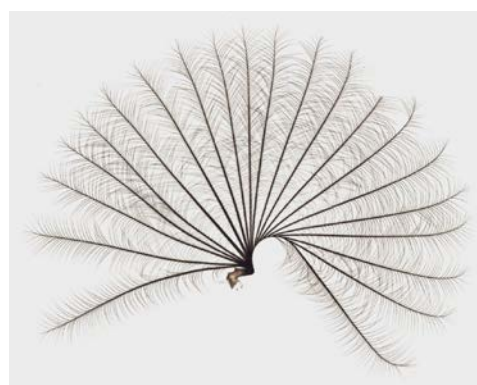
En 2003, une épidémie de syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) a commencé en Chine et a fait plus de 600 morts dans le monde. Les chauves-souris du genre *Rhinolophus* sont suspectées d'être le réservoir du coronavirus responsable du SRAS. L'équipe de Jie Cui et Zheng-Li Shi, de l'Académie chinoise des sciences, semble confirmer cette hypothèse avec la découverte d'une population de 300 chauves-souris dans une caverne de la province du Yunnan portant diverses souches virales, qui, rassemblées présentent toutes les caractéristiques du virus du SRAS.

DES POILS POUR PUNAISES D'EAU

Comment de nouvelles espèces émergent-elles? L'évolution par sélection naturelle est bien sûr à l'œuvre, mais les chercheurs continuent d'explorer les conditions génétiques et environnementales qui la sous-tendent. Dans cet esprit, Abderrahman Khila, de l'Institut de génomique fonctionnelle de Lyon, et son équipe viennent de faire un pas en avant en s'intéressant aux punaises aquatiques du genre *Rhagovelia*.

Parmi les 2000 espèces recensées de punaises d'eau, *Rhagovelia* a la particularité d'avoir, aux extrémités de sa deuxième paire de pattes, une structure en éventail qui, un peu comme une palme, lui permet de remonter aisément le courant. L'insecte peut ainsi exploiter les ressources situées au milieu des rivières.

D'où vient cette singularité? «Nous nous sommes rendu compte que l'espèce *Rhagovelia antileana* présente deux gènes dont l'expression est nécessaire pour que les pattes développent cet éventail», explique Abderrahman Khila. Le premier gène est commun à toutes les espèces de punaises d'eau. En revanche, le second n'apparaît que chez *Rhagovelia*. La forte ressemblance entre les deux gènes a permis aux chercheurs de déduire que le gène spécifique provenait d'une duplication du gène ancestral commun.



Cet éventail de poils au bout des pattes est spécifique aux punaises d'eau du genre *Rhagovelia*.

Autre constat, les deux gènes sont actifs uniquement à l'extrémité de la patte de *Rhagovelia*. Chez les autres espèces, le gène commun semble n'être actif nulle part durant la croissance de l'embryon. «C'est un cas rare où deux gènes, un gène nouveau et un autre inactif, sont responsables du développement et de l'évolution d'une nouvelle structure», se réjouit le chercheur. En général, les spécificités des espèces sont dues à des mutations sur des gènes existants, ayant déjà un autre rôle. L'équipe étudie maintenant comment fonctionne le réseau de gènes à l'origine de la mise en place de ces éventails et notamment comment les nouveaux gènes y participent. ■

DONOVAN THIEBAUD

M. E. Santos *et al.*, *Science*, vol. 358, pp. 386-390, 2017

CURIEUX APPÉTIT DE LIMACE DE MER

L'espèce de nudibranches *Cratena peregrina* a un comportement de prédation particulier, ont constaté Trevor Willis, de l'université de Portsmouth, au Royaume-Uni, et ses collègues. Ces limaces de mer sont friandes d'hydrozoaires, des animaux qui appartiennent au même embranchement que les anémones de mer, les méduses et les coraux. Le plus souvent, les hydrozoaires vivent en colonies sous la forme de polypes qui se nourrissent de plancton. Non seulement les nudibranches mangent les polypes, mais ils choisissent de préférence ceux qui viennent de consommer du plancton.

Pour le découvrir, les biologistes, en laboratoire, ont mis des nudibranches en présence de polypes remplis de plancton et d'autres «vides». Les attaques des nudibranches étaient plus nombreuses sur les polypes repus.



Cratena peregrina préfère se nourrir de proies qui ont elles-mêmes déjà mangé plutôt que de proies à jeun.

On connaissait déjà le cleptoparasitisme qui désigne la consommation d'une proie volée à son prédateur. Les chercheurs ont forgé un mot pour décrire le comportement du nudibranche observé pour la première fois: la cleptoprédation. La cleptoprédation consiste à consommer à la fois la proie et le repas de cette dernière! ■

ALINE GERSTNER

T. J. Willis *et al.*, *Biology Letters*, vol. 13, 20170447, 2017