

été longtemps pauvres en silice et qu'ils se sont enrichis progressivement au fil du temps. « Mes résultats ne remettent pas en cause le fait qu'au début de l'histoire de la Terre la croûte était pauvre en silice, précise Marion Garçon, mais c'était il y a plus de 3,7 milliards d'années. Il y a certainement eu une transition majeure avec une différenciation crustale plus importante pour que les continents s'enrichissent en silice, mais cela n'est pas enregistré dans les sédiments de 3,7 milliards d'années à nos jours. »

La géochimiste a ensuite évalué la croissance des masses continentales à l'aide du rapport isotopique $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$. En comparant les rapports mesurés dans les roches au cours du temps avec un modèle des valeurs attendues en cas de croissance continue de la croûte continentale, elle a montré que la formation d'une nouvelle croûte continentale n'est pas un processus continu, mais épisodique, avec au moins six pics de production depuis 3,7 milliards d'années, tous les 500 à 700 millions d'années.

Cette épisodicité dans la croissance des continents pourrait être liée aux cycles de formation et de démantèlement des supercontinents, qui eux aussi ont une périodicité proche de 500 millions d'années. Mais, tempère la chercheuse, « la précision de mon étude est de l'ordre de 200 millions d'années, et les travaux sur les cycles des supercontinents sont aussi très peu précis d'un point de vue temporel. » D'autres analyses sont donc nécessaires pour explorer le lien de causalité entre ces cycles et la formation d'une nouvelle croûte continentale.

Pour Marion Garçon, ces découvertes remettent en question les modèles qui, jusqu'ici, proposaient un grand changement dans le fonctionnement de la tectonique des plaques il y a 2,5 à 3 milliards d'années : « On ne voit aucune variation dans la composition chimique des roches ni dans les mécanismes épisodiques de formation, il n'y a pas de ruptures majeures comme celles que suggéraient beaucoup d'études précédentes. » Même s'il faut, selon elle, se montrer prudent, « il n'y a donc pas de raison de penser que les mécanismes de la tectonique des plaques aient changé depuis 3,7 milliards d'années. » ■

Nicolas Butor

M. Garçon, *Science Advances*, vol. 7, article eabj1807, 2021

SANTÉ PUBLIQUE

Un « chatbot » pour vaincre l'hésitation vaccinale

De nombreux Français sont encore réticents à se faire vacciner contre le Covid-19. Mais un « chatbot » conçu par une équipe du CNRS, de l'Inserm et de l'École normale supérieure – un outil de conversation en ligne qui dialogue avec chaque utilisateur – pourrait aider à les convaincre. Les explications de Coralie Chevallier, qui a coordonné l'étude.



Propos recueillis par Gaia Jouanna

CORALIE CHEVALLIER
chercheuse en sciences
cognitives à l'École
normale supérieure
et à l'Inserm, à Paris

Comment vous est venue l'idée de créer ce chatbot ?

Mon collègue Hugo Mercier est spécialiste de l'argumentation. Il a déjà utilisé des outils de ce type pour essayer de dépasser le fossé qui existe parfois entre le consensus scientifique et l'opinion publique. À chaque fois, il a constaté que l'argumentation grâce au chatbot était un outil puissant pour faire évoluer les opinions. Chacun a des croyances, mais quand on fournit aux personnes des arguments, et des réponses à leurs contre-arguments, les capacités de raisonnement mènent à une opinion plus rationnelle.

Comment avez-vous élaboré le chatbot ?

Dans un monde idéal, ce dialogue devrait avoir lieu entre chaque personne qui se pose des questions et des tiers de confiance, comme le médecin généraliste. Nous avons commencé le travail en décembre 2020, au moment de l'arrivée des premiers vaccins. Toute la population ne pouvait pas avoir accès en même temps à ce tiers de confiance. Nous nous sommes donc dit qu'il fallait élaborer un outil vite accessible à tous. Nous avons exploré les réseaux sociaux et la presse pour comprendre les contre-arguments les plus fréquemment utilisés. Nous avons synthétisé l'ensemble des questions, puis des médecins, professionnels de santé et chercheurs en épidémiologie et virologie nous ont aidés à écrire les réponses et ont relu les textes finaux. Nous avons abouti à un dispositif qui mime l'échange d'arguments et de contre-arguments avec des tiers de confiance.

Quelle étude avez-vous réalisée pour démontrer son efficacité ?

L'étude a eu lieu en ligne. Nous avons recruté plus de 700 personnes par divers canaux – s'inscrivait qui voulait. Ce n'est donc pas un échantillon représentatif

de la population française (les participants étaient en moyenne plus jeunes et plus diplômés que la population générale), mais suffisant pour tirer des conclusions. L'essai était randomisé, avec la même méthode que pour tester des médicaments : on prend un groupe de personnes suffisamment grand, une moitié tirée au sort reçoit le traitement (ici le chatbot) et l'autre (le groupe contrôle) un placebo (ici un court paragraphe). On a ensuite comparé les opinions dans les deux groupes. Le nombre de personnes qui avaient une opinion positive des vaccins a augmenté de 37 % dans le groupe qui avait échangé avec le chatbot (5 à 10 minutes en moyenne), et l'intention de refuser le vaccin a diminué de 20 %. Dans le groupe contrôle, on n'observait pas ces changements.

À votre avis, d'où vient cette efficacité ?

Chaque personne se pose des questions différentes. Si l'on doit répondre à toutes à la fois dans un seul texte, c'est décourageant pour le lecteur. Grâce à l'aspect conversationnel, les personnes peuvent directement regarder la réponse à une question qu'ils se posent, et facilement en explorer d'autres.

De plus, nous avons veillé à donner des garanties de confiance. C'est quelque chose que l'on ne peut pas faire dans une communication à très large échelle, comme des affiches dans la rue. Les utilisateurs pouvaient cliquer sur un onglet « Pourquoi devrais-je vous faire confiance ? », qui expliquait comment on avait produit les données.

Quelles sont les prochaines étapes ?

Il serait intéressant de déployer ce type d'outil à plus grande échelle et de vérifier que nos résultats sont confirmés en population générale. Et de permettre à des personnes en interaction avec le public et ne pouvant pas répondre aux questions individuellement de s'approprier cette approche, qui va au-delà de la communication publique habituelle. ■

S. Altay et al., *Journal of Experimental Psychology: Applied*, en ligne le 28 octobre 2021

PALÉOANTHROPOLOGIE

DES BIFACES DE 1,67 MILLION D'ANNÉES EN ALGÉRIE

Près de l'oued Boucherit, dans la région de Sétif, un site préhistorique vient de livrer les plus anciens outils acheuléens d'Afrique du Nord.

Pour la deuxième fois, un petit vallon algérien modifie notre vision de l'évolution humaine. L'oued Boucherit, à une vingtaine de kilomètres de Sétif, est déjà connu pour avoir livré des outils taillés vieux de 2,4 millions d'années. Avec des collègues algériens et espagnols, Mathieu Duval, du Centre national de recherche sur l'évolution humaine (Cenieh), à Burgos, en Espagne, et Mohammed Sahnouni, lui aussi du Cenieh et affilié également au Centre national de recherches préhistoriques, anthropologiques et historiques d'Alger, viennent de mettre en évidence près de l'oued Boucherit les plus anciens vestiges acheuléens d'Afrique du Nord.

L'Acheuléen est une culture matérielle du Paléolithique inférieur caractérisée par une technique spécifique de taille de la pierre, dont les premiers artefacts connus se trouvent en Afrique de l'Est et datent de 1,76 million d'années. Ses marqueurs sont d'une part les bifaces, de grands outils en forme de goutte façonnés dans un bloc sur leurs deux faces pour les rendre coupants vers la pointe, et d'autre part les hachereaux, de grands éclats modifiés sur leurs deux faces pour produire à une extrémité un tranchant plat. L'Acheuléen suit l'Oldowayen, lié à une technique d'affûtage grossier de galets, apparu en Afrique de l'Est il y a quelque 2,6 millions d'années... et dans l'oued Boucherit il y a 2,4 millions d'années. En 2019, les mêmes chercheurs avaient publié cette datation, qui est sensationnelle car elle suggère une quasi-synchronicité de l'Oldowayen en Afrique de l'Est et du Nord.

Cette émergence quasi simultanée des innovations culturelles dans les deux régions se répète pour l'Acheuléen. Sur le versant oriental du vallon, les chercheurs ont mis au jour une strate contenant 25 outils acheuléens. Ils l'ont datée à 1,67 million d'années, en utilisant le système chronologique complexe déjà mis au point pour l'Oldowayen de l'oued Boucherit. Façonnés dans le calcaire local, ces outils sont peu évolués, de grande taille et plutôt lourds. On y note la présence de nucléus, de grands éclats, de trièdres servant de pics et de bifaces grossièrement taillés.

Avant ces découvertes, le plus ancien Acheuléen nord-africain était celui de



L'oued Boucherit semble un banal vallon, mais plusieurs sites préhistoriques majeurs l'entourent.



5 cm

L'un des bifaces trouvés près de l'oued Boucherit.

Casablanca, au Maroc, daté à 1,3 million d'années, et celui de Tighennif, en Algérie, datant d'au moins 1 million d'années. En Afrique australe, l'Acheuléen le plus ancien remonte, lui, à 1,7 million d'années. Après 1,6 million d'années, la taille acheuléenne s'est généralisée en Afrique. Cette constatation invite à penser l'évolution du genre *Homo* selon deux hypothèses : soit une maturation cognitive a fait émerger l'Acheuléen progressivement et simultanément dans toute l'Afrique, soit cette culture matérielle s'est propagée dans le continent depuis l'Afrique de l'Est. Quoi qu'il en soit, la multiplication des sites acheuléens en Afrique du Nord donne de plus en plus envie d'y découvrir aussi des restes humains. Des fossiles d'*Homo habilis*? Ou d'*Homo ergaster*, plus évolué? Trop peu explorée jusqu'à présent, l'immense Algérie nous offrira peut-être bientôt de tels vestiges significatifs de l'histoire des humains. ■

François Savatier

M. Duval *et al.*, *Quaternary Science Reviews*, vol. 271, article 107116, 2021

EN BREF

Éléphants sans défenses

À cause du trafic d'ivoire pendant la guerre civile du Mozambique (1977-1992), la population des éléphants dans ce pays a diminué de plus de 90 % sur cette période. Shane Campbell-Staton, de l'université Princeton, et ses collègues ont montré que le braconnage a aussi eu un effet sélectif : la part de femelles sans défenses est passée de 18,5 % avant la guerre à 33 % dans la première génération née après le conflit. Les chercheurs ont identifié deux gènes impliqués dans la formation des défenses.

Science, 22 octobre 2021

Un lac martien confirmé

Le cratère Jezero, sur Mars, site d'atterrissage du rover Perseverance, révèle son passé aquatique. Grâce aux images des parois du cratère et l'analyse des roches sédimentaires par la caméra SuperCam du rover, Nicolas Mangold, du Laboratoire de planétologie et géodynamique, à Nantes, et ses collègues ont montré qu'il y a 3,6 milliards d'années, la région était un lac circulaire de 35 kilomètres de diamètre, atteignant plusieurs dizaines de mètres de profondeur et alimenté par une rivière.

Science, 7 octobre 2021

Du tabac utilisé il y a 12 000 ans

Originaire d'Amérique, le tabac est la substance psychoactive qui a eu le plus d'impact sur l'histoire humaine. Jusqu'à présent, les traces les plus anciennes de consommation étaient associées aux Mayas, il y a 3 000 ans. Or, sur le site archéologique de Wishbone, dans l'Utah, l'équipe de Daron Duke, du Groupe de recherche anthropologique de l'Ouest, au Nevada, a mis au jour des graines de tabac à moitié consommées datant de 12 300 ans, ce qui repousse de 9 000 ans cette histoire commune.

Nature Human Behaviour, 11 octobre 2021

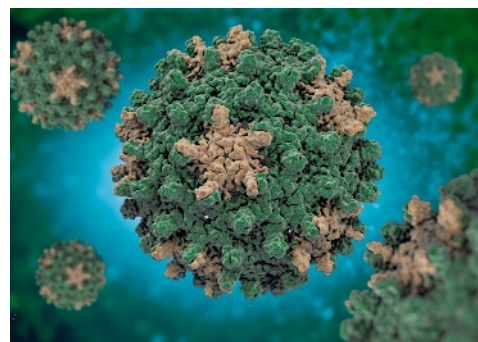
VIROLOGIE

HÉPATITE B : LES AVATARS DU VIRUS

Le virus de l'hépatite B (VHB) et l'humain, son principal hôte, partagent une longue histoire. En étudiant l'ADN viral présent sur des squelettes humains datant de 10 500 à 4 000 ans, Arthur Kocher, de l'institut Max-Planck de Iéna, en Allemagne, et son équipe ont retracé les grandes lignes d'une évolution intimement liée à celle des populations humaines.

Les chercheurs ont d'abord établi que le dernier ancêtre commun à tous les variants du virus datait seulement de la dernière période glaciaire, il y a 20 000 à 12 000 ans, c'est-à-dire bien après la sortie d'Afrique d'*Homo sapiens*. Une analyse phylogénétique a indiqué la suite de l'histoire.

Au début de l'Holocène, deux lignées de virus se séparent : la branche amérindienne et la branche eurasiennne. Les virus infectant les premiers Américains suivent leur propre évolution et conduiront, des milliers d'années plus tard, aux formes actuelles H et F. De son côté, l'évolution du VHB en Eurasie connaît plusieurs rebondissements, avec différents variants qui accompagnent certains grands épisodes de migration humaine. Au deuxième millénaire avant notre ère, le variant WENBA, qui s'était



Représentation tridimensionnelle du virus de l'hépatite B.

imposé pendant 4 000 ans, est supplanté à son tour par de nouvelles formes du virus : les formes A et D que nous connaissons aujourd'hui. Ces dernières sont plus virulentes que WENBA, grâce à la perte d'un morceau de leur ADN (36 nucléotides) dont dépend une protéine de surface. La propagation fulgurante de ces variants atteste de nouveaux mouvements migratoires. Une chose est désormais sûre : le virus de l'hépatite B se révèle être un précieux témoin des migrations des populations humaines à travers dix millénaires d'histoire. ■

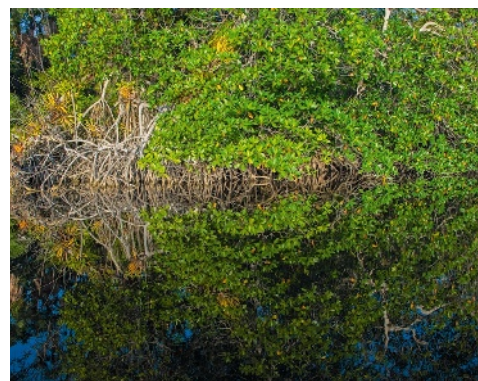
Coraline Madec

A. Kocher et al., Science, vol. 374, pp. 182-188, 2021

BIOLOGIE VÉGÉTALE

UNE MANGROVE LOIN DE LA MER

Dans la péninsule du Yucatán, au Mexique, Carlos Burelo, de l'université Juárez autonome de Tabasco, au Mexique, et ses collègues ont découvert une mangrove à palétuviers rouges (*Rhizophora mangle*) qui subsiste depuis environ 125 000 ans en eau douce, à 170 kilomètres de la côte. Jusque-là, les botanistes considéraient que le palétuvier rouge, espèce pionnière des mangroves, était inféodé aux côtes marines et à la présence d'eau salée. Il s'ancre dans la vase grâce à ses imposantes racines-échasses en arceaux. Comment ces arbres sont-ils arrivés là ? L'équipe a utilisé une batterie d'analyses génétiques, géologiques et de modélisation du niveau de la mer pour retracer l'histoire de la mangrove. Elle a conclu qu'il s'agit d'un écosystème relictuel, qui a persisté depuis la dernière période interglaciaire quand, sous un climat plus chaud, la



La mangrove de palétuviers rouges sur la rivière San Pedro, à 170 kilomètres des côtes du golfe du Mexique.

mer était 6 à 9 mètres au-dessus du niveau actuel. L'océan s'est ensuite retiré, mais la mangrove a subsisté. Il reste à découvrir comment ce milieu s'est adapté aux nouvelles conditions environnementales. ■

Isabelle Bellin

O. Aburto-Oropeza et al., PNAS, vol. 118(41), article e2024518118, 2021