

Il y a environ 46 000 ans, des populations ancestrales de celles de l'Océanie proche (Papouasie-Nouvelle-Guinée, archipel Bismarck et îles Salomon) et des Agtas des Philippines (des Négritos) ont reçu en Asie orientale un premier flux de gènes provenant d'un groupe génétiquement distant des Denisoviens de l'Altai, qu'ils ont plus tard transmis aux Océaniens. Il semble que les ancêtres des Agtas des Philippines aient aussi reçu un deuxième flux génétique d'un autre groupe d'énisovien.

Il y a environ 21 000 ans, en Asie orientale, une population ancestrale des Océaniens actuels a reçu un troisième flux de gènes d'un groupe cette fois proche des Denisoviens de l'Altai.

Finalement, un autre flux génétique – spécifique aux Papous – serait issu d'un groupe d'énisovien plus lointain, lié aux Denisoviens de l'Altai, il y a quelque 25 000 ans.

« Nous avons été surpris de constater que, contrairement à l'héritage génétique néandertalien, très homogène entre les 20 groupes étudiés (environ 2,5%), l'héritage génétique d'énisovien varie considérablement d'une population à l'autre : de presque 0% à Taïwan et aux Philippines, il monte jusqu'à 3,2% en Papouasie-Nouvelle-Guinée et au Vanuatu », commente Lluís Quintana-Murci.

Les chercheurs ont constaté en outre que les quatre flux de gènes d'énisoviens ont apporté presque exclusivement des mutations bénéfiques, liées à la régulation de la réponse immunitaire. En d'autres termes, les populations d'énisoviennes d'Asie du Sud-Est, qui étaient depuis longtemps adaptées à leur environnement équatorial, ont transmis aux premiers *Homo sapiens* parvenus dans la proche Océanie des traits immunitaires les aidant à mieux résister aux nombreux agents infectieux présents dans les forêts tropicales humides. Ces humains modernes les ont ensuite transmis aux populations austronésiennes en expansion.

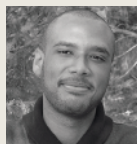
Résultat : ces mutations se rencontrent aujourd'hui dans toute l'Océanie, et leur nombre témoigne de « la grande diversité génétique des hommes archaïques qu'étaient les Denisoviens », souligne Lluís Quintana-Murci. ■

François Savatier

J. Choin et al., *Nature*, vol. 592, pp. 583-589, 2021

Le coût économique des invasions biologiques

Les invasions biologiques auraient coûté près de 1 300 milliards d'euros sur la période 1970-2017, selon une étude menée sous la houlette de Christophe Diagne et Franck Courchamp, du laboratoire Écologie, systématique et évolution, à Orsay. Décryptage.



Propos recueillis par Théo Torcq

CHRISTOPHE DIAGNE
écologue à l'université
Paris-Saclay

Pourquoi s'intéresser au coût des invasions biologiques ?

Une invasion biologique est le processus par lequel une espèce, animale ou végétale, est transportée de son environnement d'origine jusqu'à un autre d'où elle était absente. On qualifie une telle espèce d'« exotique » dans la région envahie. Et elle est dite « envahissante » lorsqu'elle parvient à s'établir, stabiliser sa population, puis proliférer, avec des impacts sanitaires, socioéconomiques et écologiques parfois extrêmement délétères sur la zone touchée. Ces invasions sont l'une des plus grandes menaces connues pour la biodiversité. Aussi la mobilisation scientifique est-elle importante autour de ce phénomène. Et il est nécessaire que l'ensemble de la société s'y intéresse, car c'est l'humain qui transporte ces espèces, de façon directe – par transport mécanique (souvent le bateau ou l'avion) – ou indirecte – via le réchauffement climatique. Or on est beaucoup plus écouté quand on parle d'argent.

Comment avez-vous procédé pour évaluer ce coût ?

Les coûts sont très divers. Nous avons choisi de les séparer en deux catégories : les coûts directs ou indirects des dégâts causés par les espèces envahissantes (coûts de santé dus aux maladies transmises, ravages de cultures, dégâts causés aux infrastructures...), et les coûts de gestion – l'argent investi pour lutter contre l'invasion d'une espèce, la contrôler ou réduire son impact.

Nous avons construit une base de données, InvaCost, où nous avons compilé des milliers de coûts publiés dans la littérature scientifique. Cette base n'est pas exhaustive, même si on la met régulièrement à jour, mais elle propose une homogénéisation de l'information ainsi récupérée. Dans

un second temps, nous avons filtré ces données afin de ne conserver que les plus robustes et éliminer les biais potentiels.

Sur cette couverture de presque cinquante ans, nous avons ainsi montré qu'au fil des ans le coût moyen annuel a constamment progressé : autour de 1 milliard d'euros dans les années 1980 d'après les données brutes collectées, il pourrait avoir dépassé les 160 milliards d'euros pour la seule année 2017 selon nos estimations, soit 20 fois les budgets combinés de l'OMS et du secrétariat de l'ONU cette même année. Et ce coût est largement sous-estimé.

Comment expliquer cette augmentation ?

D'abord, avec l'intensification des activités et déplacements humains, il y a plus d'occasions d'invasions biologiques. Ensuite, de plus en plus d'études s'intéressent à leur coût économique. Davantage de coûts sont donc rapportés. Et l'on ne présente ici que le sommet visible de l'iceberg. Depuis, nous avons collecté des données dans 15 langues différentes et non plus seulement en anglais, ce qui a déjà augmenté le coût total de 15 %. Par ailleurs, tous les impacts des espèces exotiques envahissantes ne sont pas monétisés, d'où une sous-estimation des coûts de ces invasions. En plus, il existe un biais taxonomique et géographique important dans les données disponibles : elles proviennent principalement des pays développés. Enfin, il existe un délai entre le moment où une invasion a lieu et celui où elle est rapportée.

Quel impact espérez-vous avoir ?

Déjà, nous espérons une prise de conscience du grand public et des autorités. Ensuite, il faut que naisse l'action. Au vu des impacts des espèces envahissantes, de la difficulté de « s'en débarrasser » ou d'en limiter les effets, l'accent devrait être mis sur la prévention (surveillance des points d'entrée, opérations de biosécurité...) plutôt que sur la réaction. ■

C. Diagne et al., *Nature*, vol. 592, pp. 571-576, 2021

GÉOSCIENCES

LA FONTE DES GLACIERS ACCÉLÈRE

Une cartographie complète à l'échelle de la planète dresse un bilan inquiétant : depuis 2000, les glaciers perdent en moyenne 267 milliards de tonnes de glace par an.

Le recul des glaciers et leur perte de masse à cause du réchauffement climatique sont des faits confirmés depuis de nombreuses années. En revanche, l'ampleur du phénomène restait entachée d'incertitudes importantes, faute de mesures assez précises et exhaustives. Grâce à une vaste étude portant sur la quasi-totalité des 220 000 glaciers de la planète, l'équipe menée par Romain Hugonnet et Étienne Berthier, glaciologues au laboratoire Legos, à Toulouse, a dressé le bilan le plus complet à ce jour.

Pour mener à bien ce projet, les chercheurs ont utilisé la collection d'images de l'instrument Aster embarqué à bord de *Terra*, un satellite de la Nasa. Ils ont ainsi suivi l'évolution de tous les glaciers du globe sur vingt ans, du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2019. L'intérêt de l'instrument Aster est qu'il est équipé de deux caméras permettant une vision stéréoscopique des reliefs. Les chercheurs ont ainsi créé des modèles numériques des glaciers avec une résolution horizontale d'environ 30 mètres. Pour garantir la précision des mesures, l'équipe a comparé leurs modèles avec des données provenant d'autres observations satellitaires et aéroportées. Au total, avec en moyenne 39 images par site prises sur les deux décennies, l'ensemble des clichés couvre une superficie 20 fois supérieure à celle des continents de la Terre !

Les résultats sont spectaculaires... et inquiétants. Entre 2000 et 2019, les glaciers, dans leur globalité, ont perdu en moyenne 267 milliards de tonnes de glace par an. Cette valeur est 33% plus élevée que les pertes estimées dans d'autres études pour la calotte groenlandaise, et au moins le double de celle de l'Antarctique. Les chercheurs ont également constaté une accélération de la tendance. Entre 2000 et 2004, la baisse moyenne était de 227 milliards de tonnes. Elle est passée à 298 milliards sur la période 2015-2019.

En examinant les résultats à l'échelle locale, la dynamique est très contrastée. Sept régions représentent à elles seules près de 83% des pertes de masse : l'Alaska, la périphérie du Groenland, les régions arctiques nord et sud du Canada, la périphérie de l'Antarctique, la chaîne de l'Himalaya et la partie sud des Andes. En termes d'évolution, la vitesse de fonte a



Le Klinaklini, avec ses 500 kilomètres carrés, est le plus grand glacier de l'ouest du Canada. Il a aussi donné son nom à l'ordinateur de l'université de Colombie-Britannique du Nord, qui a été utilisé pour traiter les données enregistrées par la caméra Aster. Le projet correspond à l'équivalent d'un an de calcul.

EN CHIFFRE

21 %

En supposant que toute l'eau de fonte des glaciers finit dans les océans, le déclin des glaciers a contribué à élever de 0,74 millimètre par an le niveau des mers, soit 21 % de la hausse observée depuis 2000. Le reste est dû à la dilatation thermique des océans qui se réchauffent et à la fonte des calottes antarctique et groenlandaise.

augmenté dans la majorité des sites. Les chercheurs ont néanmoins constaté quelques contre-exemples. En Islande, mais également sur la côte est du Groenland et la Scandinavie, la fonte a été plus faible sur la période 2010-2019 que sur la décennie précédente.

Ces variations régionales sont liées à des conditions météorologiques exceptionnelles. Par exemple, depuis 2010, les Andes centrales ont souffert de sécheresses extrêmes qui ont provoqué un déclin important des glaciers. À l'inverse, sur la même période, la partie nord de l'Atlantique a connu des températures basses et une pluviométrie élevée qui ont limité la fonte des glaciers en Islande, en Scandinavie et dans l'est du Groenland. La variabilité locale et décennale serait contrôlée par les précipitations, mais la dynamique globale de l'accélération de la perte de masse des glaciers est directement liée à la hausse des températures. ■

Sean Bailly

R. Hugonnet et al., *Nature*, vol. 592, pp. 726-731, 2021

EN BREF

5 200 tonnes de micrométéorites

La Terre rencontre régulièrement des poussières de comètes et d'astéroïdes. Une partie de ces micrométéorites atteint le sol. Au cours de six expéditions menées en Antarctique depuis vingt ans, l'équipe dirigée par Jean Duprat, chercheur du CNRS, a collecté ces particules (entre 30 et 200 micromètres) et estimé que, chaque année, 5 200 tonnes de poussière extraterrestre arrivent sur la planète. C'est plus que la contribution des objets de grande taille comme les météorites.

Earth Planet. Sci. Lett., 15 avril 2021

Recensement chez les T. rex

Combien de ces dinosaures iconiques ont vécu sur Terre ? Pour le savoir, Charles Marshall, de l'université de Californie à Berkeley, et ses collègues ont appliqué une méthode utilisée sur les espèces actuelles, qui prend en compte la masse d'un individu et la taille de la zone occupée par cette espèce. Résultat : à un instant donné, environ 20 000 individus foulaient la terre. En comptant environ 127 000 générations, on arrive à un total de 2,5 milliards de *Tyrannosaurus rex*.

Science, 16 avril 2021

Une espèce de café redécouverte

Le marché du café repose sur deux espèces, l'*arabica* et le *robusta*, parmi les 124 du genre *Coffea*. Delphine Mieulet, du Cirad, à Montpellier, et ses collègues se sont intéressés à *Coffea stenophylla*, une espèce sauvage d'Afrique de l'Ouest qui a quasiment disparu. Au goût, ce café serait comparable à un *arabica* haut de gamme. Autre intérêt dans le contexte du réchauffement climatique : ce caféier s'adapte à une température annuelle moyenne de 25 °C, contre 19 °C dans le cas de l'*arabica*.

Nature Plants, 19 avril 2021

ENVIRONNEMENT

LE PLOMB, NÉFASTE AUX ABEILLES

Si le rôle des produits agrochimiques dans le déclin des insectes pollinisateurs est aujourd'hui bien identifié, il n'en est pas de même pour d'autres polluants tels que le plomb. Avec leurs collègues, Coline Monchanin et Mathieu Lihoreau, du Centre de recherches sur la cognition animale, à Toulouse, ont étudié l'impact du plomb sur les capacités d'apprentissage et de mémoire des abeilles domestiques, grâce auxquelles ces insectes identifient les plantes les plus productives et adaptent leur butinage au fil des saisons et des floraisons.

Les chercheurs ont testé les performances d'abeilles de ruches disposant, à la place de nectar, d'eau sucrée pure ou additionnée de plomb à deux concentrations différentes, représentatives des conditions réelles et largement inférieures aux limites réglementaires pour les eaux d'irrigation. Les tests ont montré que l'exposition régulière au plomb à la concentration la plus élevée des deux (0,75 milligramme par litre) produisait une perte de mémoire olfactive et, surtout, un manque de flexibilité dans l'apprentissage de nouvelles odeurs.

Les biologistes ont aussi constaté que la tête des abeilles exposées au plomb diminuait de taille, ce qu'ils ont pu corréliser à l'accumulation de plomb dans leur organisme. Et en



Pour butiner avec efficacité, l'abeille doit repérer les fleurs nourricières, qui diffèrent selon la saison. Or l'exposition au plomb réduit ses capacités d'apprentissage en la matière.

testant des abeilles issues de ruches libres, ils ont confirmé le lien de cause à effet entre taille de la tête et performances cognitives.

D'après ces résultats, l'exposition au plomb affecterait, dans la nature, la capacité des abeilles à délaissier les fleurs ne produisant plus nectar et pollen et à se tourner vers celles qui s'épanouissent. À long terme, c'est la survie de la colonie qui pourrait être compromise, comme elle l'est face aux pesticides. ■

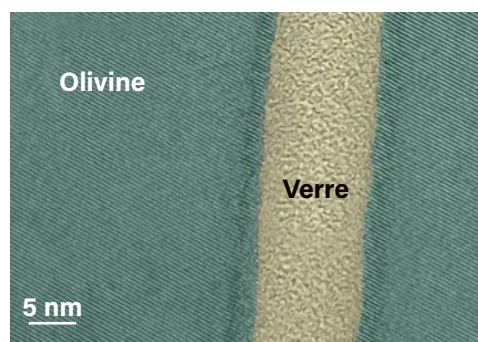
Isabelle Bellin

C. Monchanin et al., *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 212, article 112008, 2021

GÉOSCIENCES

LE LUBRIFIANT DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES

À une certaine profondeur du manteau terrestre supérieur, la viscosité des roches, c'est-à-dire leur capacité à se déformer pour s'écouler, est divisée par 10 000. Avec son équipe franco-belge, Patrick Cordier, de l'université de Lille, a mené des expériences sur l'olivine, le minéral constituant au moins 60 % du manteau terrestre supérieur, pour comprendre cette chute de la viscosité, essentielle dans le fonctionnement de la tectonique des plaques. Les chercheurs ont observé au microscope électronique la déformation de ses grains cristallins aux pressions et températures régnant à la profondeur où la viscosité s'effondre. Ils constatent qu'une fine peau de verre d'olivine se forme à l'interface des grains déformés. Cette couche épaisse de quelques nanomètres d'olivine amorphe, c'est-à-dire non



Aux températures et pressions régnant à une profondeur de l'ordre de 100 kilomètres, une couche vitreuse se forme à la surface des grains cristallins d'olivine.

cristalline, est bien plus déformable que l'olivine cristalline. Elle agirait comme un lubrifiant et rendrait ainsi possible le déplacement des plaques tectoniques sur les roches mantelliques visqueuses sous-jacentes. ■

F. S.

V. Samae et al., *Nature*, vol. 591, pp. 82-86, 2021