

LES INTERACTIONS COMPLEXES DE LA TRUFFE SE RÉVÈLENT

La truffe pousse grâce à une symbiose avec un arbre, mais elle serait aussi connectée à d'autres plantes. Ce réseau expliquerait le « brûlé » autour de l'arbre hôte.

En France, la production de la truffe noire du Périgord (*Tuber melanosporum*), un champignon prisé pour son organe charnu et son puissant parfum, n'est que de 10% de ce qu'elle était en 1900. Aujourd'hui, la majorité des truffes sont obtenues par inoculation de plantations d'arbres avec ces champignons. Mais le résultat est souvent incertain. Il y a donc un enjeu crucial à comprendre ce qui favorise la croissance de la truffe. Celle-ci se développe grâce à une symbiose avec un arbre, interaction qui ne semble cependant pas exclusive. En effet, autour de l'arbre hôte, on observe souvent une zone de « brûlé » où les plantes sont moins denses et moins diverses. Pour en comprendre l'origine, Marc-André Selosse, du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, et ses collègues de l'Inrae de Dijon, Montpellier et Nancy, ont étudié comment la truffe établit des relations avec les plantes environnantes.

Les producteurs de truffes ont développé une connaissance empirique des facteurs qui favorisent la croissance de leurs champignons. Par exemple, ils ont constaté que certaines « plantes compagnes » avaient un effet positif sur le développement de la truffe noire. Pour préciser ce rôle, les chercheurs ont étudié, en milieu contrôlé, 140 jeunes chênes verts (*Quercus ilex*), soit seuls, soit encadrés par deux plantes compagnes d'une même espèce (parmi six dans l'étude). La moitié des arbres étaient inoculés avec de la truffe noire. L'équipe a alors suivi la croissance des plantes et du mycélium, les filaments microscopiques de la truffe, dans les différents cas.

La symbiose entre la truffe et l'arbre se fait par l'interaction du mycélium et des racines de l'arbre. La truffe procure de l'azote et du phosphore à l'arbre et se nourrit en retour de la matière organique (des sucres) synthétisée par ce dernier. Quel serait alors le rôle des plantes compagnes ? Une hypothèse déjà avancée est que les truffes parasiteraient les ressources de ces plantes, limitant ainsi leur croissance, ce qui expliquerait en partie le brûlé. Dans une première étude, l'équipe de Marc-André Selosse a montré que le mycélium des truffes



Ce ciste cotonneux (*Cistus albidus*) est en symbiose avec une truffe. Ce dernier interagit aussi avec les plantes voisines. Ce faisant, il les prive d'azote et de phosphore et limite leur croissance. Il se forme une zone pauvre en plantes nommée « brûlé ».



Cette observation au microscope confocal de racines de luzerne révèle la présence de mycélium de truffe (en rouge).

colonise effectivement les racines des plantes du brûlé.

Dans leur milieu contrôlé, les chercheurs ont constaté que, dans les systèmes inoculés avec des truffes, les plantes compagnes ont toujours un rôle positif sur le développement de la truffe, et cela pour toutes les espèces testées (même celles réputées néfastes). Et effectivement, les plantes compagnes se développent moins en présence de ces champignons, qui les priveraient d'azote et de phosphore. Le chêne semble profiter également, de façon indirecte, de ce détournement de ressources.

Par ailleurs, les truffes inhiberaient la germination spontanée de graines apportées par le vent. La combinaison de tous ces effets suffit à expliquer l'origine du brûlé autour de l'arbre hôte. Cependant, les mécanismes précis de l'interaction des truffes avec les plantes compagnes et les graines en germination restent à éclaircir. ■

SEAN BAILLY

L. Schneider-Maunoury et al., *New Phytologist*, 16 novembre 2019 ; E. Taschen et al., *Plants and Soil*, 30 novembre 2019

GÉOSCIENCES

TERRE BOULE DE NEIGE: COMMENT LA VIE A PERSISTÉ

Les conditions très rudes de l'épisode glaciaire survenu sur Terre il y a 650 millions d'années n'ont pas éradiqué la vie. Peut-être grâce aux glaciers.

Une énorme boule de neige... C'était probablement l'apparence de la Terre lors de la glaciation marinoenne, un épisode de refroidissement global qui a débuté il y a environ 650 millions d'années. Durant plus de 10 millions d'années, la température moyenne sur la planète a rarement dépassé les -60°C , et la Terre était presque intégralement recouverte d'une couche de glace dont l'épaisseur atteignait jusqu'à 1 kilomètre. L'eau liquide subsistait principalement sous la forme d'un océan situé sous la banquise. Ce scénario probable présente cependant une énigme: comment la vie, apparue environ 3 milliards d'années plus tôt, a-t-elle pu survivre à cette glaciation? Cet épisode était en effet très peu propice à une concentration de nutriments et de dioxygène dans les océans suffisante au maintien de la vie. Maxwell Lechte, de l'université McGill, au Canada, et ses collègues viennent de proposer une réponse, en analysant des roches qui suggèrent que les glaciers auraient joué localement un rôle dans l'oxygénation des océans.

Depuis que le géologue australien Douglas Mawson a proposé l'hypothèse de la Terre boule de neige dans les années 1950, les scientifiques tentent d'expliquer pourquoi la vie n'a pas été éradiquée par les conditions climatiques extrêmes de cette glaciation planétaire. En effet, à cette époque, la plupart des organismes complexes – des protozoaires unicellulaires et des algues pluricellulaires – avaient besoin de respirer, et donc de dioxygène, pour prospérer. Comment était-ce possible alors que l'eau liquide de l'océan était recouverte d'une couche de glace dont l'épaisseur lui privait des échanges avec l'atmosphère qui assuraient son oxygénation?

Pour le comprendre, Maxwell Lechte et son équipe ont étudié des fragments rocheux datant de la glaciation marinoenne, et provenant de la ligne d'échouage de certains glaciers de l'époque – la frontière entre la zone où le glacier repose sur le socle rocheux continental et celle où sa glace commence à flotter sur l'eau. En analysant la composition chimique de ces roches, les géologues ont montré que certains métaux, tels le fer ou le manganèse, et une terre rare, le cérium, étaient surreprésentés



Une Terre recouverte d'une épaisse couche de glace : c'est ce que propose l'hypothèse de la Terre boule de neige. Reste à expliquer comment la vie aurait perduré malgré ces conditions extrêmes.

700 mètres

C'EST L'ÉPAISSEUR, AU NIVEAU DE L'ÉQUATEUR, DE LA COUCHE DE GLACE QUI RECOUVRAIT LA TERRE DURANT LA GLACIATION MARINOENNE. AMINCIE PAR LA PUISSANCE DU RAYONNEMENT SOLAIRE À CES LATITUDES, QUI SUBLIMAIT SA GLACE DIRECTEMENT EN VAPEUR D'EAU, ELLE RESTAIT CEPENDANT TRÈS ÉPAISSE.

sous des formes oxydées, ce qui témoigne d'un apport local important en dioxygène. En outre, plus les échantillons provenaient de zones éloignées de la ligne d'échouage, plus les formes oxydées y étaient rares. La ligne d'échouage était donc peut-être une véritable « oasis de dioxygène », avec des concentrations de ce gaz dans l'eau localement élevées, qui s'estompaient en une dizaine de kilomètres.

L'origine de ce dioxygène? D'après Maxwell Lechte, il proviendrait des nombreuses petites bulles d'air enfermées dans la neige compactée qui constituait les glaciers. Au niveau des lignes d'échouage, les bulles auraient été libérées dans l'océan liquide à la suite de la fusion de cette glace, due notamment aux frottements du glacier sur le socle rocheux rugueux. Ces oasis auraient-elles favorisé l'explosion des organismes complexes qui a suivi la glaciation? ■

L. G.

M. A. Lechte et al., *PNAS*, vol. 116(51), pp. 25478-25483, 2019

PALÉOGÉNÉTIQUE

LA BOUCHE DE LOLA

Lis la nomment Lola. Hannes Schroeder, de l'université de Copenhague, et ses collègues viennent d'analyser, à partir d'un morceau de gomme de bouleau que cette jeune fille mâcha il y a quelque 5700 ans au Danemark, son génome et ceux des microorganismes hébergés dans sa bouche. Le séquençage révèle que Lola avait les yeux bleus, la peau et les cheveux foncés et qu'elle était plus proche génétiquement des chasseurs-cueilleurs d'Europe de l'Ouest que de ceux du centre de la Scandinavie. Sa bouche contenait plusieurs ADN viraux et bactériens, dont celui du virus d'Epstein-Barr (agent de la mononucléose infectieuse); de l'ADN animal et végétal y témoigne d'un repas récent. La gomme de bouleau mâchée est désormais une pièce à conviction archéologique de choix! ■

F. S.

T. Z. T. Jensen *et al.*, *Nature Communications*, vol. 10, article 5520, 2019

GÉNÉTIQUE

UN PRÉDICTEUR DE LONGÉVITÉ

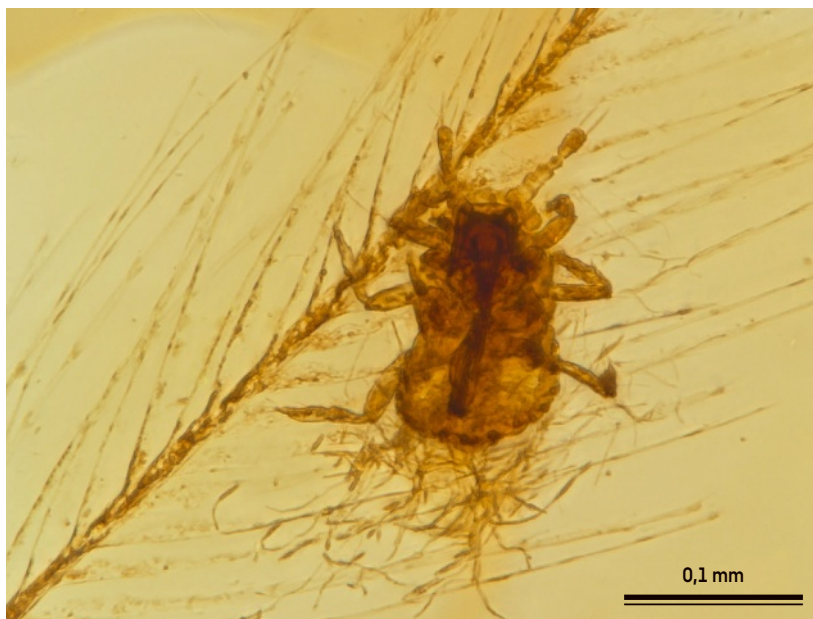
L'équipe australienne de Benjamin Mayne, du CSIRO, a conçu une méthode capable, à partir de matériel génétique, d'estimer pour n'importe quelle espèce de vertébré sa longévité, c'est-à-dire l'âge maximal auquel un individu peut mourir naturellement. Pour ce faire, elle a analysé des données issues de 252 génomes complets d'espèces de longévité connue. Elle a identifié un ensemble de 42 séquences d'ADN, communes et comparables entre les vertébrés, dont les variations reflètent celles de la longévité. De cette façon, les chercheurs estiment que les mammouths laineux pouvaient vivre jusqu'à 60 ans ou encore que les baleines boréales peuvent vivre 268 ans. De façon surprenante, la longévité naturelle humaine serait d'environ 38 ans, environ 3 fois moins que celle observée. Une différence qui s'expliquerait par notre mode de vie très différent de celui des espèces sauvages, ainsi que par les progrès technologiques et médicaux. ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

B. Mayne *et al.*, *Scientific Reports*, vol. 9, article 17866, 2019

PALÉONTOLOGIE

DES POUX SUR LES DINOSAURES À PLUMES



L'un des poux découverts par l'équipe chinoise, accroché aux barbes d'une plume de dinosaure.

Les ectoparasites sont des parasites vivant à la surface corporelle d'un organisme vivant. Nous craignons tous les siphonaptères (par exemple des puces qui transmettent la peste) et les phthiraptères (notamment des poux véhiculant le typhus) dont une lignée actuelle se nourrit de plumes d'oiseau. Or si l'on avait décrit des ectoparasites suceurs de sang datant du Jurassique (201 à 145 millions d'années) et du Crétacé (145 à 66 millions d'années), aucun fossile d'ectoparasite mangeur de téguments – c'est-à-dire de plumes, poils, peau, écailles... – n'avait jamais été signalé dans le Mésozoïque (252,2 à 66 millions d'années). C'est désormais chose faite: Taiping Gao, de l'université normale de la capitale, à Pékin, et ses collègues viennent de décrire des ectoparasites de dinosaures à plumes.

Dans deux blocs d'ambre birman datant du milieu du Crétacé (180 millions d'années), les chercheurs ont décelé, accrochés à des plumes de dinosaure manifestement grignotées, dix spécimens de deux tailles différentes d'une espèce d'insecte. Ils correspondent, selon eux, à deux stades larvaires successifs proches de la forme adulte. Ces insectes ont des thorax plats, de largeur représentant le tiers de la longueur du corps; arrondie et massive, leur tête est munie de deux courtes antennes. Ces traits et d'autres distinguent ces minuscules insectes des poux actuels. Les chercheurs ont nommé cette espèce *Mesophthirus engeli*, c'est-à-dire «pou mésozoïque d'Engel», en l'honneur de l'entomologiste Michael Engel, de l'université du Kansas. Selon André Nel, du Muséum de Paris, *M. engeli* comptait probablement parmi les *Acercaria*, la lignée qui a donné les poux. ■

F. S.

T. Gao *et al.*, *Nature Communications*, vol. 10, article 5424, 2019