

injectés et aux nutriments, comme le fer, libérés par le basalte. L'équipe de Bénédicte Ménez et d'Emmanuelle Gérard, de l'Institut de physique du globe de Paris, a démontré que des espèces bactériennes sont défavorisées par ce changement de conditions tandis que d'autres, utilisant par exemple le CO₂ ou oxydant le fer ou les sulfures, prolifèrent et colmatent parfois les pores de la roche.

Les forages et les mines repèrent la présence de vie jusqu'à 2,5 kilomètres de profondeur sous les océans et 5 kilomètres sous la surface des continents ! Tant qu'il y a de l'eau et que la température ne dépasse pas 121 °C, la vie est là : les bactéries et les archées vivent lentement, au gré de la circulation des eaux souterraines et de réactions chimiques autorisées par leurs interactions avec la roche. Par exemple, certaines vivent en attaquant le fer ferreux des minéraux, d'autres utilisent du dihydrogène (H₂) produit lors des interactions eau-roche et le font réagir avec du CO₂ pour produire leur énergie et du méthane comme déchet. Même si leur quantité est limitée à une à dix tonnes de microbes par kilomètre cube de roches, l'énorme volume du sous-sol poreux et fracturé renfermerait... plus de 70 % des microbes terrestres.

UN HOLD-UP ?

Ainsi notre sous-sol, notre atmosphère et notre climat sont-ils profondément influencés par les microbes. C'est moins un hold-up que l'effet du temps, car la vie microbienne a existé bien avant les organismes pluricellulaires et macroscopiques, comme les animaux. Ceux-ci se sont adaptés au monde déjà façonné, déjà « terraformé » par les microbes. Souvent, leur évolution a utilisé ces invisibles, non seulement avec les chloroplastes et les mitochondries de leurs cellules, mais aussi avec les microbiotes qui les habitent et les aident à fonctionner.

Les bactéries jouent avec la chimie de notre environnement grâce à la diversité de leurs métabolismes. Elles contribuent grandement aux formes dans lesquelles se trouvent les éléments chimiques, en réalisant des conversions entre ces formes qui s'organisent en cycles. Pour le cycle du carbone, nous avons vu que les bactéries, libres ou intracellulaires, expliquent les échanges entre carbone minéral et carbone organique. Mais les autres cycles sont aussi dominés par les bactéries. Dans celui de l'azote,

la fabrication du nitrate ou encore sa transformation en N₂O sont microbiennes. Plus généralement, la majeure partie de l'azote présent dans la matière organique a été, à un moment ou un autre, extraite de l'atmosphère par des bactéries dites « fixatrices d'azote ». On pourrait multiplier les exemples avec les cycles des métaux, comme le fer, ou celui du soufre.

Ouvriers invisibles du monde que nous habitons, les microbes sont et font le monde. Imaginons qu'un coup de baguette magique efface tout (êtres vivants macroscopiques, animaux et plantes, et la matière minérale) de la Terre entière à l'exception des microbes, il resterait, vu l'abondance de ces derniers dans les sols, les roches ou la surface de l'océan, une sorte de boule. Un observateur peu attentif vivant sur la Lune prendrait toujours ce qui reste pour la Terre grâce à la lumière renvoyée par ces milliards de milliards de microbes... L'invisible rendrait la Terre visible !

— Les auteurs —

> Marc-André Selosse

est professeur du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, et aux universités de Gdansk, en Pologne, et de Kunming, en Chine.

> Pierre Thomas

est professeur émérite à l'École normale supérieure de Lyon.

> Bénédicte Ménez

est professeure de l'université de Paris à l'Institut de physique du globe de Paris.

— À lire —

> E. Mlewski et al.,

Characterization of pustular mats and related *Rivularia*-rich laminations in oncoids from the Laguna Negra lake (Argentina), *Front. Microbiol.*, vol. 9, art. 996, 2018.

> M.-A. Selosse, *Jamais seul.*

Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations, Actes Sud, 2017.

> B. Ménez, La vie intraterrestre : les microbes de la cité perdue, in C. Jessus (Ed.), *Étonnant Vivant. Découvertes et promesses du XXI^e siècle*, CNRS Éditions, pp. 57-64, 2017

> P. Ward, Un impact venu des profondeurs, *Pour la Science*, n° 349, pp. 40-45, 2006.