

L'ESSENTIEL

> Les scientifiques savent depuis longtemps que les microbes ont joué un rôle capital dans le développement de la vie sur Terre. L'idée communément admise était que les communautés microbiennes fonctionnent sur la base d'une compétition pour les ressources.

> Mais une profusion de nouvelles données sur les microbes qui peuplent

les fonds marins et les eaux souterraines dans le monde entier a révélé que de nombreuses espèces collaborent avec d'autres.

> Ces découvertes suggèrent que la coopération entre microorganismes serait le mode de fonctionnement standard de la vie microbienne et la force motrice de la biosphère.

LES AUTEURS



JEFFREY MARLOW
postdoctorant au
département de biologie
évolutive et organismique
de l'université Harvard,
aux États-Unis



ROGIER BRAAKMAN
chercheur
au département
d'ingénierie civile
et environnementale
du MIT, aux États-Unis

L'esprit d'équipe des microbes

La loi du plus fort ne prime peut-être pas chez les microorganismes. Au contraire, la coopération entre espèces serait fréquente. Au point d'influer sur le climat.

Huit cents mètres sous la surface de l'océan, au large de la côte de l'Oregon, les phares du submersible *Alvin* illuminent une oasis de vie colorée. Des tapis moelleux de microbes blancs, jaunes et orange recouvrent le fond marin parsemé de champs de palourdes et de moules. Des poissons aux yeux globuleux – des sébastes à bouche jaune – observent le sous-marin avec méfiance, tandis que des panaches de bulles s'élèvent de monticules composés de roches à dominante calcaire. L'auréole lumineuse attire les visiteurs comme un leurre et révèle graduellement le décor semblant tout droit sorti d'un autre monde.

Quelques heures plus tôt, lors de cette expédition de 2010, l'un de nous (Jeffrey Marlow) s'était glissé dans la grande sphère en titane qui constitue l'habitacle de l'*Alvin*, en compagnie de deux autres explorateurs. Nous avons collé nos

visages aux fenêtres circulaires en même temps que nous descendions dans un kaléidoscope de teintes bleutées. Notre destination était Hydrate Ridge, une zone rocheuse où de vastes quantités de méthane suintent de la croûte terrestre. La découverte de sites semblables à Hydrate Ridge a explosé ces dernières années (une seule expédition dans l'est du Pacifique, en 2016, en a exhumé 450) et les scientifiques s'efforcent aujourd'hui de comprendre leur impact sur l'environnement. Le méthane est, après tout, un puissant gaz à effet de serre: bien qu'il ne compose que 0,00018% de l'atmosphère, il représente 20% de son potentiel de réchauffement. Selon des estimations, 10% du méthane qui se retrouve dans l'atmosphère chaque année remonte du fond des océans. Une libération totale du méthane du plancher océanique mènerait à une apocalypse climatique, mais quelque chose empêche le gaz d'atteindre la surface: les microbes qui s'en nourrissent dans les roches. >

➤ Ces microbes, qui résident sous le lit microbien blanc et les éclats de coquilles de palourdes, consomment du méthane avec une incroyable voracité. Quoique minuscules pris séparément, ils forment d'impressionnantes colonies, capables de modeler des paysages, de réguler des écosystèmes et de modifier le climat de la planète. D'où leur vient ce pouvoir? De leur faculté à coopérer. Les scientifiques connaissent ces microorganismes depuis des décennies. Pourtant, ils restent nimbés de mystère sur de nombreux aspects. Une des principales inconnues à leur sujet est l'étendue de leur influence: occupent-ils seulement des niches du plancher océanique ou sont-ils ubiquitaires? Plus généralement, leur tendance à la coopération est-elle exceptionnelle dans le monde des microbes ou banale? On a longtemps pensé que ces organismes se disputaient les ressources. Et si la coopération était leur mode de fonctionnement par défaut? Nous étions là – un faisceau de lumière suspendu dans les profondeurs noires – pour déterminer à quel point l'esprit d'équipe régnait ici-bas.

DES MICROBES INSAISSISSABLES

En un sens, notre voyage pour recueillir des organismes microscopiques dans les grands fonds constituait le prolongement des recherches visant à comprendre comment la Terre fonctionne – comment les éléments tels le carbone, l'azote, le soufre et le phosphore migrent entre les écosystèmes et comment les gaz à effet de serre se retrouvent dans l'atmosphère. Après tout, nous vivons dans un monde microbien: de l'intérieur de la croûte océanique jusqu'aux poussières des déserts en suspension dans l'atmosphère, on détecte des microbes presque partout où nous regardons. Et les scientifiques savent depuis longtemps que ces microorganismes jouent un rôle dans la répartition des éléments cités plus haut et qu'ils ont participé à façonner le visage de la Terre.

Mais l'approche qu'ont suivie les chercheurs pour étudier le monde microbien a limité leur compréhension de ces mécanismes globaux. Pendant des décennies, ils se sont concentrés sur des espèces prises individuellement et sur leurs composants moléculaires. Parmi les masses de microbes entre les grains de sable, ils ont isolé quelques organismes dont ils ont exploré la biochimie et le rôle des gènes. Cette approche a livré quantité d'informations sur ces espèces, ainsi que sur la façon dont les cellules et les biomolécules fonctionnent en général. Mais lorsque les chercheurs ont ensuite pris du recul pour comprendre la biosphère dans son ensemble, d'importantes lacunes subsistaient dans leur édifice théorique. Ils n'avaient réussi à isoler qu'une infime fraction des microbes observés dans la nature, ce qui suggérait que les espèces composant les

communautés bactériennes complexes étaient étroitement liées, d'une façon impossible à répliquer en laboratoire. De plus, la coexistence de nombreuses espèces prospères, jouant souvent des rôles complémentaires, semblait contredire l'idée selon laquelle une lutte acharnée pour les ressources régissait les écosystèmes microbiens.

En outre, les mesures de l'activité métabolique d'une espèce (sa vitesse de production d'oxygène ou de consommation d'azote, par exemple) en laboratoire correspondaient rarement aux valeurs observées dans le monde réel, car les organismes que les scientifiques réussissent à isoler sont souvent plus vigoureux que ceux qui ne se laissent pas prendre. Autrement dit, le tout était parfois supérieur, parfois inférieur, mais jamais égal à la somme des parties.

DANS LE TUBE D'ALVIN

Mais aujourd'hui, un nombre croissant de preuves suggèrent que les interactions microbiennes jouent un rôle central dans la vie de ces écosystèmes et expliqueraient nombre d'observations. Au cours des dix dernières années, les progrès du séquençage et de l'imagerie, entre autres, ont permis aux chercheurs d'étudier des communautés microbiennes comme un tout. Les dernières découvertes indiquent que la collaboration est un moteur

Un microbe se nourrissait de méthane, l'autre respirait du sulfate

essentiel de la biosphère et de son évolution: en partageant énergie, information génétique et fonctions métaboliques avec leurs voisins, les microbes s'ouvrent à de nouveaux modes de vie et deviennent capables de coloniser des habitats jusque-là inhospitaliers.

À Hydrate Ridge, le bras robotique d'*Alvin* plonge un tube en plastique dans un tapis microbien à l'aspect de mousse. Le tube s'enfonce facilement, mais rencontre soudain une résistance et un choc se propage jusqu'au sous-marin. Finalement, le bras perce la couche rebelle et recueille un échantillon qui laisse un mince panache de poussière sédimentaire derrière lui