

- > développement de la photosynthèse qui a oxygéné les océans. La vie sur Terre n'a plus jamais été la même.

Toutefois, les interactions microbiennes pourraient ne pas toujours reposer sur des partenariats harmonieux. Certains scientifiques pensent même que les relations stables et mutuellement bénéfiques constitueraient l'exception plutôt que la règle. «C'est un monde impitoyable, met en garde le biologiste John McCutcheon de l'université du Montana. Des relations bénéfiques dans un contexte donné peuvent mener, dans des conditions légèrement différentes, au parasitisme ou à la compétition.» La loi de la jungle que John McCutcheon se plaît à voir dans le monde microbien est influencée en partie par le phénomène qu'il étudie : l'endosymbiose, autrement dit l'assimilation d'un organisme complet par un autre. Par exemple, les mitochondries qui produisent l'énergie à l'intérieur de nos cellules ont été il y a longtemps des cellules à part entière et membres d'un groupe connu sous le nom d'alphaprotéobactéries.

L'ENDOSYMBIOSE, PAS SI SYMBIOTIQUE ?

L'endosymbiose a conduit à certaines des innovations les plus importantes de l'histoire de la vie, car elle a produit les composants qui caractérisent les cellules complexes et ainsi ouvre la voie à l'évolution des plantes et des animaux. Compte tenu de ces exemples positifs, «il est facile d'imaginer les endosymbioses comme une sorte de relation symbiotique, presque amicale, entre les deux organismes, alerte John McCutcheon, mais je pense que c'est une interaction relevant davantage de l'exploitation». Et le chercheur de noter que l'histoire de l'évolution est probablement jonchée de tentatives infructueuses d'endosymbiose tenant davantage de la prédation ou du parasitisme.

Des biologistes ont en outre constaté des taux élevés de renouvellement des endosymbiotes (les organismes qui vivent à l'intérieur d'autres cellules). De la même manière qu'un colocataire indélicat finira par être mis à la porte, une espèce incorporée peut elle aussi être remplacée par un autre postulant. Cela est souvent observé dans le phénomène d'endosymbiose, ce qui dénote une relation compliquée pour les deux partenaires. Les recherches de John McCutcheon confirment que les interactions des organismes sont bien une force dominante. Elles pointent aussi les vraies motivations de leurs acteurs : «Chaque organisme ne voit que son intérêt et toutes les interactions ne sont pas bénéfiques pour tout le monde.»

Les communautés microbiennes interconnectées ont un autre inconvénient plus fondamental : si jamais un membre du groupe faiblit,

le reste du réseau qui dépend de lui peut s'effondrer. En théorie, l'existence de dépendances métaboliques au sein des communautés bactériennes collaboratives rend celles-ci plus fragiles que les colonies composées d'organismes autonomes où chacun s'occupe de ses affaires.

En 2012, la microbiologiste Ashley Shade, de l'université d'État du Michigan, et ses collègues ont examiné 378 études de microbiotes (l'ensemble des microorganismes d'un milieu) du sol, de la mer, d'eau douce, de l'intestin d'animaux ou utilisés dans l'industrie afin de dégager des principes généraux sur la résistance des communautés aux perturbations externes et sur leur aptitude à revenir à l'état initial. Les chercheurs ont découvert que 56% des analyses faisaient état de modifications métaboliques généralisées après une perturbation – par exemple, l'exposition à la chaleur a poussé une communauté de microbes extraits du sol à cesser de consommer de l'azote. Seulement 10% de ces communautés perturbées ont finalement retrouvé un fonctionnement normal.

Ces résultats doivent être interprétés avec prudence, car bon nombre des études compilées portant sur la résistance des communautés n'ont pas examiné leur éventuel rétablissement. Et pour celles qui l'ont fait, les chercheurs qui les ont menées n'ont peut-être pas attendu suffisamment longtemps pour observer un rétablissement. Néanmoins, une chose est sûre : la biosphère est incroyablement résiliente et se relève toujours après une perturbation majeure – nous ne serions pas là autrement –, même s'il reste encore beaucoup à comprendre sur le fonctionnement des processus de récupération, leur rapidité et les changements qui persistent à long terme.

L'étude des communautés microbiennes et du rôle de ces coopérations n'en est qu'à ses débuts. Les résultats obtenus à ce jour suggèrent que les partenariats métaboliques sont des moteurs de l'évolution et ouvrent aux organismes des territoires nouveaux à coloniser. Mais on commence tout juste à étudier les interactions au-delà de l'échelle microscopique, et replacer ces nouvelles découvertes dans leur contexte réel reste un défi majeur. Combien d'espèces peuvent interagir de façon efficace ? Comment les principes généraux qui façonnent ces interactions changent-ils dans différents environnements ou à différentes échelles d'espace et de temps ? Existerait-il un réseau global de microbes en interaction ? Dans ce cas, les influences de l'homme sur l'environnement se propageraient à travers tout la chaîne et entraîneraient des conséquences mondiales imprévisibles. Continuer à décoder ces réseaux microbiens est d'une importance cruciale à l'heure du changement climatique. ■

BIBLIOGRAPHIE

J. W. Becker et al., **Co-culture and biogeography of *Prochlorococcus* and SAR11**, *The ISME Journal*, en ligne le 11 février 2019.

R. Braakman et al., **Metabolic evolution and the self-organization of ecosystems**, *PNAS*, vol. 114(15), pp. E3091-E3100, 2017.

J. J. Marlow et al., **Carbonate-hosted methanotrophy represents an unrecognized methane sink in the deep sea**, *Nature Communications*, vol. 5, article 5094, 2014.