

constituants auprès des cellules voisines qui ont des excédents. Ces communautés semblent également extraire l'énergie de l'environnement grâce à un processus collectif: des cellules effectuent certaines conversions chimiques, puis, en aval, d'autres lancent de nouvelles réactions avec le produit obtenu. Ce partage de constituants cellulaires et de ressources énergétiques à la fois requiert et permet la cohabitation de divers organismes.

Bien que des cellules proches parentes et à proximité luttent pour acquérir les mêmes ressources, la moisson récente d'informations génétiques suggère qu'à plus grande échelle, l'évolution a favorisé la spécialisation et la collaboration. De même que l'économie mondiale mise sur les atouts locaux et l'échange de biens, les communautés microbiennes des eaux souterraines et du plancher océanique optimisent l'exploitation des rares ressources et survivent dans des environnements *a priori* hostiles grâce à la division du travail.

Comment de telles symbioses émergent-elles? Certains scientifiques pensent que la promiscuité au sein de communautés denses est un facteur essentiel. À mesure que des organismes étroitement liés se reproduisent, leur progéniture reste dans les parages. Cette proximité lui offre l'avantage d'accéder aux ressources parentales, comme un étudiant habitant près de la maison familiale y retournerait pour laver son linge ou piocher dans le

réduisent le taux de partage global et la condamnent à une mort certaine. (Ce scénario s'appelle également la tragédie des biens communs, terme inventé pour décrire un groupe d'agriculteurs partageant des terres; chaque agriculteur est motivé pour avoir un troupeau de bêtes aussi important que possible, ce qui conduit au surpâturage et à la ruine financière pour tous.) Ces dynamiques montrent que la collaboration et le partage sont favorisés lorsque plusieurs générations de la même espèce s'enracinent sur un même territoire, un principe connu sous le nom de sélection de groupe.

Toutefois, ce mécanisme de sélection de groupe est-il le seul responsable de l'existence des collaborations microbiennes ou d'autres facteurs entrent-ils en jeu? Des indices sont venus de plusieurs centaines de mètres au-dessus des suintements de méthane, dans les eaux de surface où ce gaz rencontre une mer baignée de soleil, une zone riche en énergie lumineuse mais appauvrie en nutriments comme l'azote et le phosphore. En effet, les eaux de surface tropicales et subtropicales ont longtemps été considérées comme des «déserts» océaniques, et ce jusque dans les années 1980, quand les scientifiques ont commencé à se pencher de plus près sur ces environnements et ont découvert que les microbes y abondaient.

À l'instar des microbes des eaux souterraines et des sédiments océaniques récemment détectés, ces microbes de surface ont un génome réduit et il est impossible d'en cultiver un sans ajouter des cocktails complexes de nutriments au milieu de culture – un signe clair que ces espèces ont besoin les unes des autres pour survivre. Pourtant, alors que les microbes sédimentaires sont concentrés dans les interstices laissés par les particules minérales – des conditions idéales pour que la sélection de groupe opère –, les microbes de surface flottent librement, constamment chahutés par l'environnement. En l'absence de promiscuité entre voisins, la sélection de groupe ne peut expliquer leur coopération. Une autre force doit être à l'œuvre.

LE PACTE DE PROCHLOROCOCCUS

Une seule goutte d'eau de la surface de l'océan tropical contient environ un million de microbes. Un sur dix est une cyanobactérie connue sous le nom de *Prochlorococcus*. Il s'agit du plus petit et du plus abondant organisme photosynthétique de la planète. L'un de nous (Rogier Braakman) a sondé avec des collègues l'ADN de *Prochlorococcus* pour comprendre comment son métabolisme avait évolué ces dernières centaines de millions d'années. Nous avons créé un arbre de parenté «métabolique» de ce genre de ➤

En milieu hostile, les communautés survivent grâce à la division du travail

frigo. La sélection naturelle favorise donc les gènes qui font que ces ressources sont partagées lorsque les générations suivantes restent proches les unes des autres.

Mais que se passe-t-il si la proximité physique entre les parents et la progéniture diminue et qu'apparaissent des cellules génétiquement divergentes et profiteuses, autrement dit l'équivalent cellulaire de pique-assiette? Ces cellules récoltent les avantages des ressources partagées sans payer le coût de leur fabrication, envahissent la communauté,