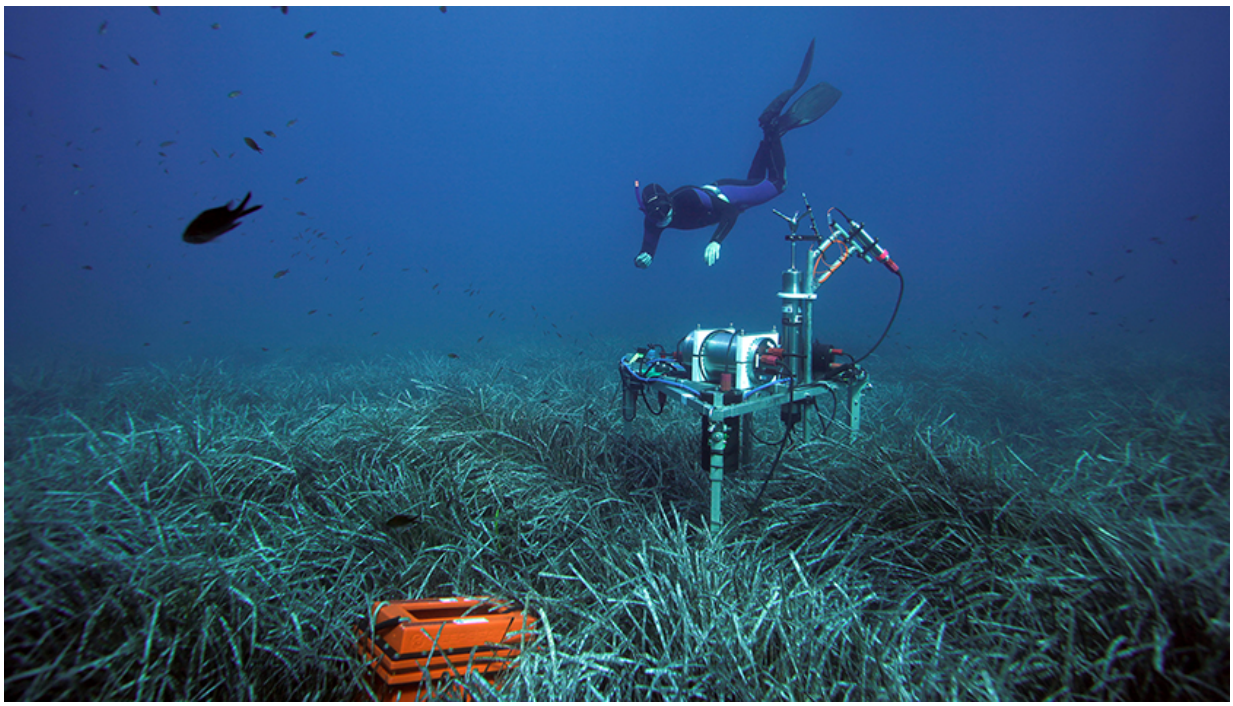


Un stockage naturel de CO2 grâce à une symbiose avec des bactéries

3 novembre 2021 | Dr. Fanni Aspetsberger, MPI
Catégories: Écosystèmes

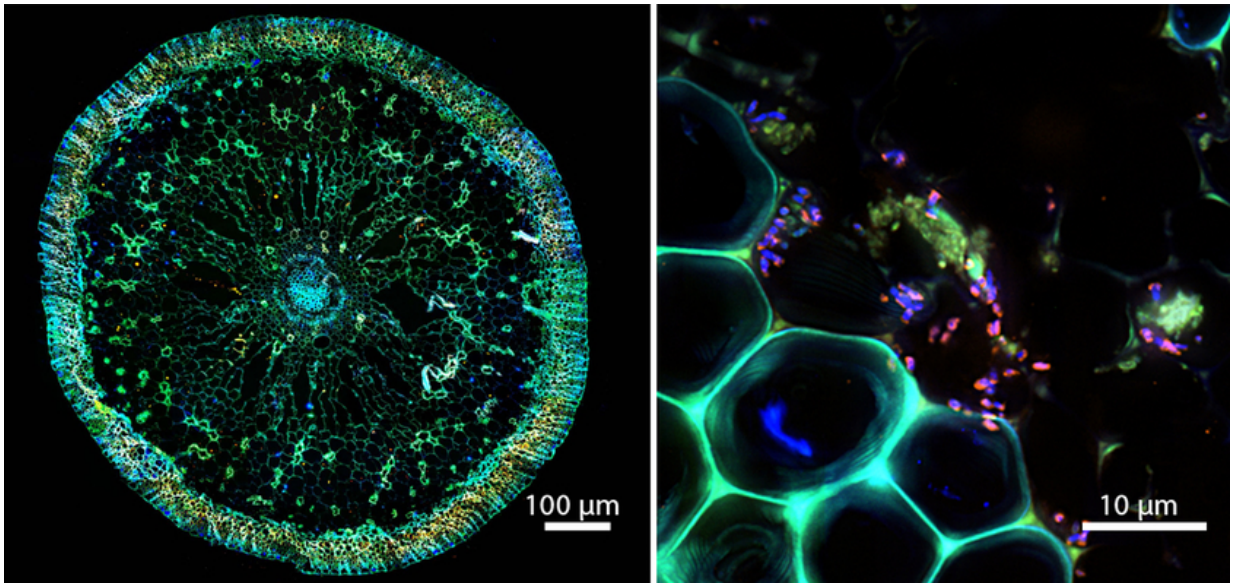
Comme beaucoup de plantes terrestres, les herbes marines vivent en symbiose avec des bactéries. Une étude menée par des biologistes de l'Institut Max Planck de microbiologie marine de Brème et de l'Eawag qui vient de paraître dans la revue Nature montre que les posidonies de Méditerranée renferment dans leurs racines des bactéries qui leur fournissent l'azote dont elles ont besoin pour se développer. Jusqu'à présent, de telles symbioses n'étaient connues qu'en milieu terrestre.

Les herbiers de plantes marines forment des habitats riches en diversité qui couvrent de vastes espaces le long des côtes de notre planète. Ils captent par ailleurs de grandes quantités de CO_2 atmosphérique et le stockent dans l'écosystème. Mais pour bien se développer, les plantes marines ont besoin d'éléments nutritifs et en particulier d'azote. On pensait jusqu'à présent que ces herbes tiraient principalement leur azote de l'eau environnante et des sédiments. Or ces milieux sont très pauvres en nutriments. Une étude menée par des biologistes de l'Institut Max Planck de microbiologie marine de Brème et de l'Eawag qui vient de paraître dans la revue Nature montre maintenant que les posidonies de Méditerranée renferment dans leurs racines des bactéries qui leur fournissent l'azote dont elles ont besoin pour se développer. Jusqu'à présent, de telles symbioses n'étaient connues qu'en milieu terrestre.

Des herbiers luxuriants malgré la pauvreté nutritionnelle du milieu

Le milieu dans lequel vivent les posidonies est pauvre en nutriments, et notamment en azote, la plus grande partie de l'année. Dans l'eau de mer, l'azote est abondant sous sa forme élémentaire (N_2) mais les herbes aquatiques ne sont pas en mesure de l'assimiler. Leur bon développement s'explique par la

présence de petits assistants qui viennent d'être découverts dans leurs racines: des symbiotes bactériens qui fixent l'azote élémentaire et le convertissent en une forme assimilable par les plantes. Wiebke Mohr et ses collègues de l'Institut Max Planck de microbiologie marine de Brème, de la société allemande Hydra Marine Sciences et de l'Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau Eawag décrivent maintenant dans leur étude comment cette symbiose entre posidonie et bactérie s'organise.



La symbiose vue au microscope. A gauche: coupe d'une racine de posidonie; à droite: les bactéries mises en évidence par fluorescence (en fuchsia) à l'intérieur d'une racine. (© Daniela Tienken/Soeren Ahmerkamp/Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie)

Une belle harmonie dans les racines

«On supposait jusqu'à présent que l'azote dit fixé que les herbes marines consommaient venait de bactéries vivant autour des racines dans le substrat, explique Mohr. Nos travaux montrent maintenant que la relation est beaucoup plus étroite: les bactéries vivent à l'intérieur des racines des posidonies. C'est donc la première fois qu'une véritable symbiose est mise en évidence chez les plantes à fleurs marines. Jusqu'à présent ce phénomène n'était connu que chez des plantes terrestres, dont certaines sont très importantes pour l'agriculture, comme les légumineuses, le blé ou la canne à sucre.» Ces dernières profitent aussi de bactéries symbiotiques qui fixent l'azote élémentaire atmosphérique et le convertissent en une forme assimilable et reçoivent en retour des sucres et autres nutriments. Des échanges très similaires se produisent entre les posidonies et leurs symbiotes.

Les bactéries qui vivent dans les racines des posidonies étaient inconnues jusqu'à maintenant. Wiebke Mohr et son équipe les ont baptisées *Celerinatantimonas neptuna*, en référence à leur hôte, la posidonie, dont le nom français vient du dieu de la mer Poséidon et le nom allemand (Neptungras) de son équivalent latin Neptune. On trouve aussi des cousines de *C. neptuna* dans diverses algues comme le fucus vésiculeux. «Quand les herbes aquatiques sont venues coloniser la mer à partir des terres il y a environ 100 millions d'années, elles ont certainement intégré les bactéries des grandes algues, suppose Mohr. Elles ont en quelque sorte copié le modèle très performant du milieu terrestre et se sont dotées d'un symbiote

marin pour pouvoir survivre dans l'eau de mer pauvre en nutriments.» L'étude actuelle porte sur la posidonie de Méditerranée mais il est possible que le système ait également été adopté ailleurs. «Les analyses génétiques semblent indiquer que de telles symbioses existent aussi chez les herbes marines tropicales ou les salicornes, remarque Mohr. Ces associations permettent aux plantes à fleurs de coloniser les milieux les plus divers, même apparemment très pauvres, sur terre comme sous l'eau.»

Une partie de la baie de Fetovaia, où la plupart des échantillons de l'étude ont été prélevés. (© Wiebke Mohr / Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie)

La symbiose au cours des saisons

Les eaux côtières sont plus ou moins riches en nutriments selon les saisons. En hiver et au printemps, les matières nutritives présentes dans l'eau et les sédiments marins couvrent les besoins des posidonies. «Les symbiotes sont alors présents de manière éparse dans les racines mais ils ne sont probablement pas très actifs», estime Mohr. En été, quand l'ensoleillement augmente et que les algues se développent en consommant les nutriments disponibles, l'azote devient vite une denrée rare. Les symbiotes prennent alors la situation en main. Ils livrent aux plantes l'azote dont elles ont besoin, si bien que c'est en été, qui devrait être une période de disette, qu'elles se développent le mieux.

Une combinaison de méthodes pour une analyse complète du phénomène

La présente étude enjambe en quelque sorte l'écosystème, s'intéressant aussi bien à la productivité de l'herbier de posidonies qu'aux symbiotes qui la permettent dans le système racinaire. Pour ce faire, les biologistes ont eu recours à tout un arsenal de méthodes qui leur ont permis d'étudier la symbiose de manière aussi détaillée que possible : mesures d'oxygène au cœur de l'herbier pour déterminer sa productivité, microscopie faisant appel à un marquage fluorescent spécifique des différentes espèces de bactéries (FISH) pour les localiser dans et entre les cellules racinaires, NanoSIMS (un spectromètre de masse ultramoderne) pour détecter l'activité des différentes bactéries, analyses génomiques et transcriptomiques pour identifier les gènes particulièrement importants pour les interactions plante/bactérie et donc fortement exprimés lors de celles-ci. Les biologistes ont, de la sorte, obtenu une description détaillée et étayée de cette étonnante coopération. «Nous voulons maintenant étudier ces nouvelles bactéries plus en détail, indique Mohr. Nous allons les isoler au laboratoire et

examiner dans le détail comment la symbiose fonctionne et comment elle s'est créée. Et il sera certainement passionnant de chercher à savoir si des systèmes comparables existent aussi dans d'autres régions et d'autres milieux.»

Les herbiers sous-marins sont très communs dans toutes les eaux côtières peu profondes des régions tempérées et tropicales. Ils couvrent ainsi près de 600'000 kilomètres carrés sur la planète, soit l'équivalent de la superficie de la France. Ils constituent la base de l'écosystème et offrent un habitat à de nombreuses espèces, dont certaines menacées, comme les tortues de mer, les hippocampes et les lamantins et une protection à de nombreuses espèces de poissons aux premiers stades de leur vie. Par ailleurs, les herbiers marins protègent les côtes de l'érosion lors des marées de tempête et absorbent chaque année des millions de tonnes de dioxyde de carbone, ainsi immobilisé pour une durée prolongée dans l'écosystème sous la forme de «carbone bleu».

Photo de couverture: Un biologiste de l'Institut Max Planck de Microbiologie marine lors de prélèvements dans un herbier de posidonies en Méditerranée. L'appareil mesure la teneur en oxygène du substrat. (© Hydra Marine Sciences GmbH)

Article original

Wiebke Mohr, Nadine Lehnen, Soeren Ahmerkamp, Hannah K. Marchant, Jon S. Graf, Bernhard Tschitschko, Pelin Yilmaz, Sten Littmann, Harald Gruber-Vodicka, Nikolaus Leisch, Miriam Weber, Christian Lott, Carsten J. Schubert, Jana Milucka, Marcel M. M. Kuypers (2021): Terrestrial-type nitrogen-fixing symbiosis between seagrass and a marine bacterium. Nature (2021)
DOI: 10.1038/s41586-021-04063-4

Institutions participantes

Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, Celsiusstrasse 1, 28359 Bremen, Allemagne HYDRA Marine Sciences GmbH, Steinfeldweg 15, 77815 Bühl, Allemagne Eawag, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, Suisse

Contact Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, Bremen

Dr. Wiebke Mohr
Abteilung Biogeochemie
Tel: +49 421 2028-6300
wmohr@mpi-bremen.de

Contact

Carsten Schubert

Tel. +41 58 765 2195

carsten.schubert@eawag.ch

Simone Kral

Responsable de la communication

Tel. +41 58 765 6882

simone.kral@eawag.ch

https://www.eawag.ch/fr/portail/dinfo/actualites/news-archives/detail-de-larchive/un-stockage-naturel-de-co2-grace-a-une-symbiose-avec-des-bacteries