



À bord de la goélette Tara, l'océanographe Maria-Luiza Pedrotti prépare son équipement. Elle dirige les travaux sur les communautés microbiennes qui se développent sur les fragments de plastique du vortex de l'océan Pacifique Nord.

études, on trouve six kilogrammes de plastique pour chaque kilogramme de plancton...

À quoi ressemble vraiment ce vortex de plastique du Pacifique Nord ?

Maria-Luiza Pedrotti : Ce n'est pas une île que vous pouvez simplement nettoyer avec des navires. Il s'agit en fait d'une grande quantité de microplastiques étalée sur une vaste zone où la concentration de plancton est très basse. Les publications évoquent la présence de macroplastiques (d'une taille typiquement supérieure à cinq millimètres), mais nous y avons principalement trouvé des microplastiques, ainsi que quelques rares gros objets.

Un échantillon est difficile à décrire. Nous parlons de « soupe », mais c'est une « soupe appauvrie », riche en plastique et pauvre en plancton.

En quoi la communauté microbienne des vortex de plastique se distingue-t-elle ?

Maria-Luiza Pedrotti : Les communautés de microbes que l'on trouve sur les plastiques diffèrent des bactéries libres par leurs caractéristiques physiques et chimiques. Elles sont opportunistes. Sans substrat, les bactéries restent en dormance pendant longtemps. Mais une fois accrochées, par exemple à un morceau de plastique, elles se développent aussitôt. En Méditerranée, nous avons trouvé beaucoup de cyanobactéries benthiques sur les plastiques. Ces organismes filamenteux vivent souvent dans les profondeurs et s'adaptent à des environne-

ments divers et à des concentrations de nutriments très différentes grâce à leur capacité à fixer l'azote.

En Méditerranée, nous avons aussi découvert que les espèces principales de bactéries sur les plastiques sont spécialisées dans la dégradation d'hydrocarbures. Elles décomposent les polymères en monomères dont elles utilisent le carbone pour produire de l'énergie. Le plus souvent, les microbes trouvés sur les plastiques fixent l'azote, échangent des gènes et dégradent le plastique.

Certains organismes pathogènes sont également associés au plastique, nous allons donc les rechercher. Des collègues avaient trouvé des bactéries du genre *Vibrio* (un groupe qui comprend les bactéries responsables du choléra) dans l'Atlantique Nord où elles étaient associées à des microplastiques. La plupart des bactéries marines sont inoffensives, mais

Les microbes trouvés sur les plastiques fixent l'azote, échangent des gènes et dégradent les polymères

DU PLANCTON AU PLASTIQUE

C'est en 2010, au cours de *Tara Oceans 2009-2013*, l'expédition dédiée au monde planctonique, que Tara s'est intéressée au stock de plastique en mer. Nous avons commencé à prélever des microplastiques dans des filets et ouvert une importante page de la recherche fondamentale sur les interactions entre le plastique et les organismes qui forment la base de la chaîne alimentaire marine : le plancton. En Arctique, Tara a identifié une importante zone d'accumulation de microplastiques dans des régions vierges et isolées. L'étude publiée en 2017 dans *Science Advances* met en évidence le transport à grande échelle de débris de plastique flottants depuis l'océan Atlantique jusqu'à l'Arctique par le courant du Gulf stream et confirme qu'en seulement quelques décennies d'utilisation de matières

plastiques, la pollution marine résultante s'est dispersée largement. En 2014, l'expédition *Tara Méditerranée* coordonnée par deux chercheurs CNRS, dont Maria-Luiza Pedrotti, et Stéphane Bruzaud, de l'université de Bretagne Sud, était entièrement dédiée à la

Des micro-écosystèmes (bactéries, microalgues, microprédateurs...) se développent à la surface du plastique

compréhension des impacts du plastique sur l'écosystème méditerranéen. La mission a quantifié les fragments de plastique, leur taille, leur poids et la composition chimique de ces

fragments... un travail de fourmi sur près de 70 000 fragments ! L'équipe a aussi étudié la faune et la flore associée aux plastiques.

Les premiers résultats font apparaître une concentration moyenne de microplastiques de surface en Méditerranée équivalente à celle observée dans le continent de plastique du Pacifique Nord. Des zones côtières à forte concentration de plastique ont été repérées près de Naples, de la Corse et de Marseille. Plusieurs liens entre plastique et organismes vivants ont été mis en évidence. Ainsi, le plastique est d'autant plus incorporé dans les chaînes alimentaires qu'il est abondant. Les communautés de plancton sont spécifiques des différents types de plastiques. De véritables écosystèmes microscopiques avec des bactéries,

> plusieurs taxons peuvent causer des maladies chez les humains et les animaux.

Dans quelle mesure le vortex du Pacifique Nord est-il comparable à celui de la Méditerranée ?

Maria-Luiza Pedrotti : Nous comparons le système méditerranéen à celui du Pacifique pour voir si les bactéries s'y attachent de la même façon au plastique. Les mécanismes sont-ils communs ou spécifiques à chaque zone ?

Dans la Méditerranée, la diversité des bactéries sur les plastiques est supérieure à celle des bactéries libres. C'est très intéressant et cela soulève de nombreuses questions. Comment expliquer cette surabondance ? Peut-être parce que les bactéries sont spécialisées pour certains types de substrats, comme justement le plastique. Un de mes collègues, un étudiant, a montré que les biofilms bactériens naissent plus facilement sur le plastique dégradé que sur de la matière récemment jetée à l'eau.

Comment les microbes des vortex interagissent-ils avec le reste de la chaîne alimentaire océanique ? Ces changements peuvent-ils affecter les humains ?

Maria-Luiza Pedrotti : Le système de la plastisphère abrite des espèces microbiennes toxiques, nous l'avons vu. Or on trouve beaucoup de ces

Sur les côtes, ramasser des déchets plastiques les empêche d'atteindre le plein océan

plastiques dans les huîtres et les moules, qui sont des organismes suspensivores (les animaux aquatiques qui se nourrissent en filtrant de petits organismes comme le krill). Si vous mangez des huîtres qui contiennent des microbes pathogènes, le transfert est direct.

Autre menace : les poissons ne peuvent pas faire la différence et l'ingestion du plastique va les affamer, ce qui va ensuite impacter toute la chaîne alimentaire. Tout est connecté.

En 2018, on a découvert que les microplastiques sont propices à l'apparition de résistances aux antibiotiques. Comment cela peut-il affecter le reste de l'écosystème ?

Maria-Luiza Pedrotti : Des chercheurs allemands ont comparé le transfert de gènes entre des bactéries libres et d'autres associées à des



À bord de Tara, Mélanie Billaud et Nils Haentjens inspectent le contenu en fragments de plastique d'un échantillon d'eau de mer.

des microalgues et des microprédateurs se développent à la surface de ces fragments. Parmi ces plastiques, on observe une forte prépondérance des

polymères utilisés pour les emballages à usage unique, ainsi que d'importantes concentrations de fibres synthétiques colonisées par des bactéries.

Ces travaux ont été prolongés sur tout le parcours de l'expédition *Tara Pacific* 2016-18, dédiée aux récifs coralliens, y compris dans le continent de plastique du Pacifique Nord. Aujourd'hui, la fondation Tara Océan s'intéresse au plastique à travers une nouvelle mission aux embouchures des fleuves européens, entre terre et mer cette fois, afin d'explorer et décrire les fuites de déchets plastiques vers la mer. Cette «mission microplastiques 2019», dont le volet scientifique est coordonné par le CNRS, sillonnera plusieurs façades de l'Europe pendant six mois et explorera 10 grands fleuves. Elle se déroule jusqu'au 23 novembre 2019. Elle a pour objectifs majeurs d'identifier les sources de pollution, de comprendre leur fragmentation dans les fleuves et de prédire leur dispersion vers l'océan mais aussi de marteler que les solutions pour stopper ce fléau sont à terre, et qu'elles impliquent toute la société.

FONDATION TARA Océan

microfragments de plastiques. Il est notablement plus important dans le second cas. Qui plus est, il a souvent lieu entre des espèces différentes. De tels échanges, rapides et nombreux, favorisent l'adaptation des microbes (un processus d'ordinaire très long) à un nouvel environnement et la propagation de phénomènes de résistances aux antibiotiques.

Les risques pour la santé humaine sont importants! Si vous vivez au Bangladesh, par exemple, et que ces plastiques porteurs de bactéries résistantes atteignent les rivières à partir des océans, une grave épidémie pourrait se déclencher.

Est-il envisageable un jour de pouvoir nettoyer ces vortex de déchets?

Maria-Luiza Pedrotti: Selon moi, et en considérant l'ampleur du phénomène, c'est impossible. Nous ne pouvons simplement pas collecter les microplastiques et être efficaces sur de vastes zones. Même le plastique biodégradable n'est pas bon pour les océans, car il ne s'y décompose pas correctement. Bannir l'usage de sachets plastiques et les remplacer par des matériaux biodégradables ne fonctionnerait pas.

Il n'existe pas de méthode magique pour nettoyer les océans. Toutefois, le ramassage local, sur les zones côtières, est une bonne solution à préconiser, puisqu'il empêche les

déchets plastiques d'atteindre l'écosystème océanique global.

Les microbes des vortex peuvent-ils nous enseigner de nouveaux moyens de dégrader les déchets?

Maria-Luiza Pedrotti: On pourrait au moins endiguer la pollution par le plastique. Plusieurs espèces de bactéries et de champignons dégradent efficacement le polyéthylène, le polypropylène et d'autres polymères. Pour ce faire, ces microorganismes utilisent des enzymes qui les découpent en monomères.

Que prévoyez-vous d'étudier dans les années à venir?

Maria-Luiza Pedrotti: Les plastiques peuvent faciliter la colonisation bactérienne et être le vecteur de potentiels envahisseurs comme des algues nocives et des agents pathogènes. La première étape consiste à comprendre les mécanismes sous-jacents. La seconde consiste à essayer de cultiver les organismes qui se lient au plastique.

Nous devons continuer nos recherches. Le milieu des études sur les communautés microbiennes associées au plastique est lacunaire; nous ne comprenons pas encore exactement comment ces organismes affectent l'écologie océanique globale. Pour être crédible, nous devons avant tout rester humble. ■

BIBLIOGRAPHIE

M. LUIZA PEDROTTI ET AL., Changes in the floating plastic pollution of the Mediterranean sea in relation to the distance to land, *Plos one*, vol. 11(8), e0161581, 2018.

M. ARIAS-ANDRES ET AL., Microplastic pollution increases gene exchange in aquatic ecosystems, *Environmental Pollution* vol. 237, pp. 253-261, 2018.

D. DEBROAS ET AL., Plastics in the North Atlantic garbage patch: A boat-microbe for hitchhikers and plastic degraders, *Science of The Total Environment*, vol. 599-600, pp. 1222-1232, 2017.



Dans cette image
se cachent peut-être
les médicaments
de demain



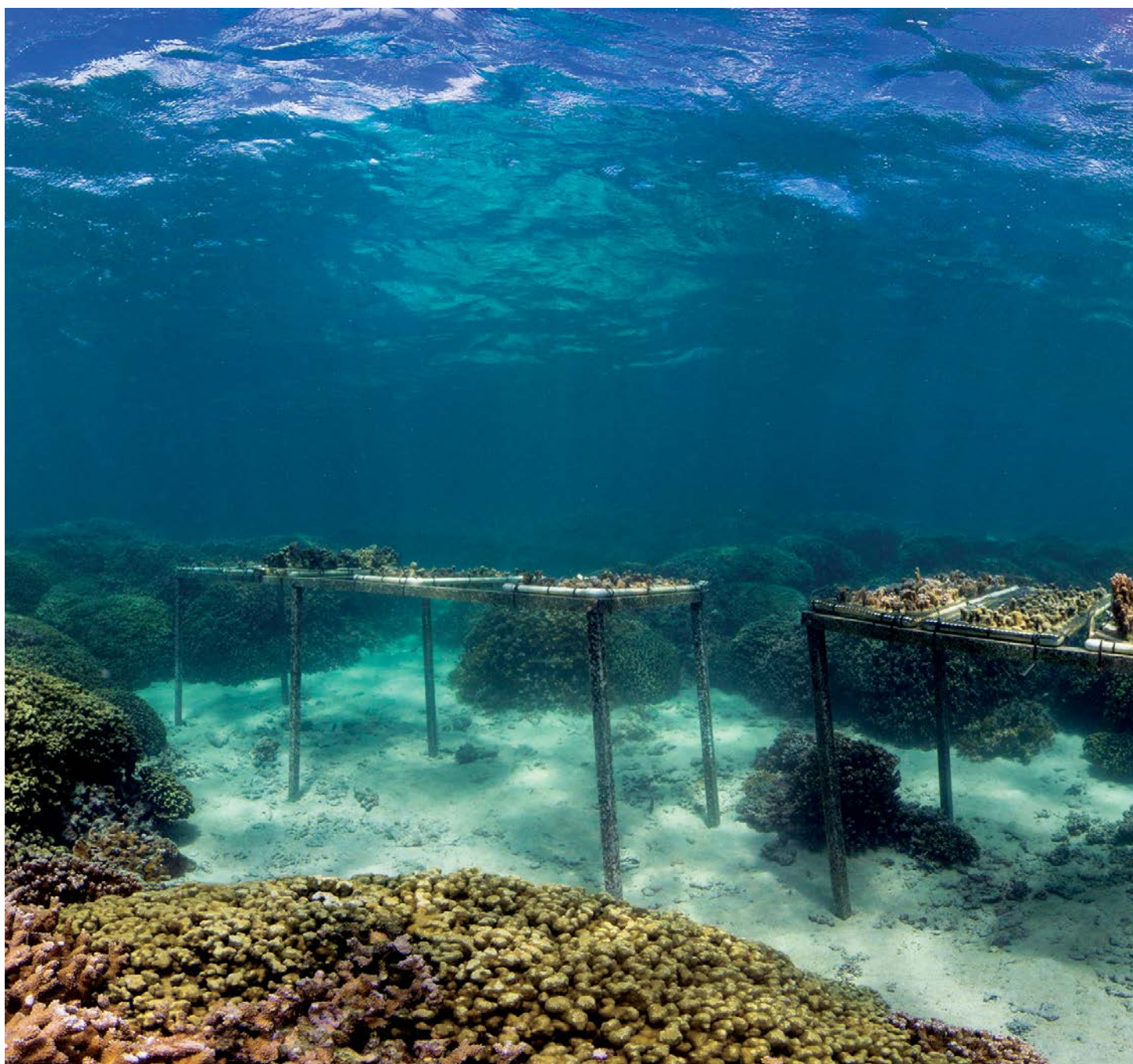
© Richard Whitcombe/shutterstock.com

VEILLER AU GRAIN

L'humanité aurait-elle pris conscience des dommages que ses activités infligent aux océans ? Peut-être... En tout cas, les initiatives pour réparer les dégâts se multiplient. Ici, on élève du corail pour espérer un jour recoloniser des récifs chatoyants de couleurs. Là, on délimite des aires protégées pour que la biodiversité se reconstitue, sans négliger les aspects socioéconomiques. Là encore, on organise la protection des tortues pour éviter leur disparition annoncée. Et au plus haut niveau des instances internationales, on réfléchit aux meilleures mesures à prendre pour protéger durablement les 71 % de la planète. Au-delà de la préservation de la nature, c'est également mettre toutes les chances de notre côté quant aux ressources que la mer recèle : médicaments, nourriture, nouveaux matériaux...

Des pouponnières pour le corail

**Le réchauffement océanique menace les coraux.
Peut-on sauver ces animaux en les cultivant ?**



L'ESSENTIEL

● Des biologistes essayent plusieurs méthodes pour aider les coraux à s'adapter au réchauffement climatique.

● Ils les poussent à se cloner plus vite et créent des larves en laboratoire pour accroître leur diversité génétique.

● Un stress thermique favorise l'activation de gènes

qui conduisent à des descendants plus résilients; la stimulation des algues symbiotiques des coraux pourrait aussi renforcer leur santé.

● Ces techniques sont prometteuses à l'échelle locale, mais un sauvetage à l'échelle mondiale ne sera possible que si nous ralentissons le réchauffement océanique.

L'AUTEURE



REBECCA ALBRIGHT
spécialiste des coraux,
est conservatrice à
l'Académie des sciences
de Californie.



Un plongeur contrôle des coraux plantés dans une baie, à Hawaï, pour déterminer comment l'acidification des océans, due au changement climatique, les affecte.