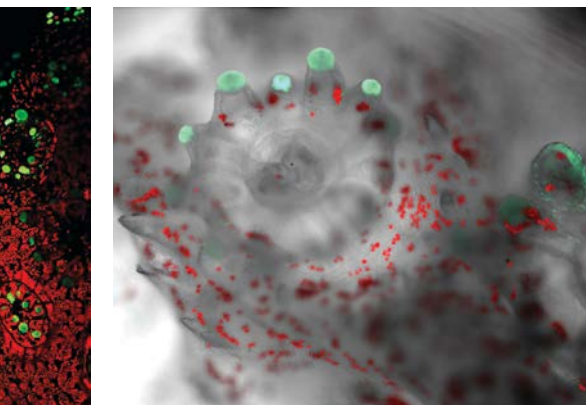




Ces algues (en rouge) nourrissent un corail du genre *Pocillopora* en bonne santé (à gauche). Le réchauffement de l'eau conduit à leur expulsion (au centre) de sorte que le corail adopte la couleur de son exosquelette: il blanchit (à droite). Une fois séparés de leurs algues, les coraux manquent de sucres (les points verts sont des protéines).

artificielle et manipulation du microbiote) sur un même corail est plus efficace que l'application d'une seule à la fois.

La plupart des techniques que nous utilisons n'en sont qu'à leurs balbutiements. Toutefois, certains éléments suggèrent qu'en les associant, nous aurons plus de succès. Une approche combinée se déroulerait ainsi: nous utiliserions d'abord la reproduction sexuée et l'évolution assistée pour obtenir au sein de populations de coraux une plus grande diversité et des individus plus résistants au stress; ensuite nous passerions à la production en masse en élevage par multiplication asexuée; puis nous transplantons les individus obtenus sur des récifs.

Est-ce pour bientôt? Pas exactement. Certaines techniques, comme la sélection artificielle sont faciles à mettre en œuvre immédiatement; elles sont aussi peu coûteuses et efficaces. Toutefois, nous avons encore du travail afin d'établir la viabilité et l'adaptabilité à grande échelle des autres techniques, et de mesurer les risques d'entraîner des conséquences écologiques non anticipées. Il est possible, par exemple, que les traits artificiellement sélectionnés conduisent les coraux introduits à surclasser les populations natives au lieu de s'y intégrer, ce qui ruinerait nos efforts pour favoriser la survie des récifs.

BANQUE DE SPERME CORALLIEN

Que l'on utilise une ou plusieurs techniques pour renforcer les coraux, une autre étape est cruciale: il faut conserver des spermatozoïdes, des ovules, des larves et des fragments de coraux entiers au sein de réserves équivalentes aux banques de semences maintenues par les agronomes depuis des décennies pour améliorer le rendement des cultures, la résistance aux maladies et la tolérance à la sécheresse. De telles banques permettent aux chercheurs de se procurer des éléments biologiques essentiels à l'amélioration de la résilience et de la biodiversité.

En s'inspirant des méthodes employées pour la fécondation *in vitro*, Mary Hagedorn de l'Institut de biologie de la conservation de la

Smithsonian Institution, à Washington, a mis sur pied la première banque génétique pour espèces de coraux en danger. En 2004, quelques années après la naissance du premier bébé humain issu d'un ovule cryopréservé (préservé dans l'azote liquide), elle a en effet créé le programme de cryoconservation des coraux. Son équipe a mis en place un système de congélation du sperme corallien applicable à un large éventail d'espèces coralliennes. Pour le moment, elle a stocké 16 espèces provenant du monde entier, soit environ 2% des quelque 800 espèces coralliennes qui existeraient sur Terre d'après les estimations. Les spermatozoïdes décongelés ont des taux de fécondation comparables à ceux des spermatozoïdes frais et les embryons issus de la fécondation *in vitro* se développent en polypes juvéniles en bonne santé.

Mary Hagedorn a distribué ces germoplasmes, ou tissus vivants, dans les banques cryogéniques de divers pays. En théorie, ces banques sont capables de conserver ces tissus pendant des centaines, voire des milliers d'années. Les cellules pourront être décongelées un jour et servir à des projets d'élevage en mer ou en piscine. Les spermatozoïdes congelés serviraient par exemple à féconder des ovules venant de zones hors de leur territoire d'origine, et ainsi à introduire de nouveaux gènes dans un bassin génétique corallien. Les banques servent bien sûr aussi à préserver les espèces récifales susceptibles de décliner ou de disparaître.

UN RÉCIF AU CONGÉLATEUR

Outre le sperme, Mary Hagedorn travaille aussi à cryopréserver des ovules et même des larves entières. Elle espère y parvenir au cours des années à venir, puis elle s'attaquera à la cryoconservation de microfragments coralliens entiers. Son équipe développe aussi des techniques de cryopréservation de testicules de poissons afin d'aider à préserver la diversité des poissons récifaux. Son objectif ultime est de construire un ensemble de banques hautement sécurisées rassemblant les ovules, spermatozoïdes, embryons... des coraux et des autres espèces récifales en danger. «Nous n'avons aucune idée de ce que la science sera capable d'accomplir dans un siècle», estime-t-elle.

Ces différentes pistes peuvent surprendre. Nombre d'entre elles doivent encore être mises à l'épreuve, et de nombreuses interrogations subsistent quant à leur applicabilité à grande échelle, à leurs coûts et aux conséquences écologiques de la manipulation des systèmes récifaux. Toutefois, les risques de l'inaction sont connus: de fortes menaces pèsent sur les coraux et les nombreuses espèces qui en dépendent. Bien sûr, le premier défi reste de réduire les activités humaines responsables de ces menaces: les émissions de gaz à effet de serre, la pollution et la surpêche. ■

BIBLIOGRAPHIE

T. P. HUGHES ET AL., Global warming and recurrent mass bleaching of corals, *Nature*, vol. 543, pp. 373-377, 2017.

P. J. EDMUNDS ET AL., Persistence and change in community composition of reef corals through present, past, and future climates, *Plos One*, article e107525, 2014.

Projet de l'Académie des sciences de Californie pour les récifs coralliens: www.calacademy.org/explore-science/hope-for-reefs

Projet des microfragments du laboratoire marin Mote: <https://mote.org/research/program/coral-reef-restoration>

L'ESSENTIEL

- La haute mer, au-delà des limites des eaux territoriales, est l'objet de nombreuses convoitises.
- Elle est, en outre, soumise à de nombreux stress et la biodiversité, notamment planctonique, qu'elle abrite est particulièrement menacée.
- Il importe de l'étudier en détail pour comprendre les mécanismes des services écosystémiques qu'elle rend, la séquestration du carbone par exemple.
- La fondation Tara Océan est partie prenante de cette exploration scientifique et des pourparlers sur la protection de la haute mer.

L'AUTEUR



ROMAIN TROUBLÉ
directeur général
de la fondation
Tara Océan

La haute mer, terre de découvertes

L'exploration scientifique de la haute mer est indispensable à une meilleure connaissance de la biodiversité océanique et de sa dynamique. C'est un enjeu écologique planétaire ! Les discussions en cours pour sa protection doivent en tenir compte.



L'

océan, le «Grand Bleu» produit environ 50% de l'oxygène que nous respirons. Il absorbe près de 25% du carbone présent dans l'atmosphère et joue un rôle majeur pour l'alimentation de la population mondiale. Il est aussi un régulateur essentiel de la température globale : il absorbe et redistribue la chaleur grâce à ses courants. Ces formidables «services» rendus par l'océan dépendent de sa bonne santé.

Or depuis plusieurs années, et de façon croissante, les études et rapports scientifiques montrent que l'océan est aujourd'hui soumis à de nombreux stress et que la biodiversité est particulièrement menacée. Les impacts cumulés du changement climatique (réchauffement, acidification, désoxygénation...) associés aux pollutions directes des populations humaines, se révèlent plus importants qu'on ne le croyait.

Les scientifiques parviennent assez bien à prévoir et modéliser l'évolution des processus

physico-chimiques océaniques. Par exemple, plus l'eau de mer est chaude, moins les gaz, dont le CO_2 , s'y dissolvent. Un océan plus chaud absorbera donc moins de gaz carbonique depuis l'atmosphère. La conséquence probable sera donc une accélération du réchauffement due à une diminution de l'efficacité du puits de carbone océanique.

En revanche, prédire l'évolution et l'impact des processus biologiques planctoniques impliqués dans la séquestration du carbone et donc le climat (en plus de la distribution et l'abondance des stocks de poissons et autres fruits de mer) est une tout autre affaire. Il faut d'abord connaître la composition biologique du plancton, comprendre comment les populations s'autoorganisent selon les paramètres physico-chimiques locaux (leur développement dans l'océan est intimement lié à l'évolution climatique), et enfin mesurer comment et à quelle vitesse le plancton pourrait s'adapter aux changements environnementaux. Il s'agit aussi de comprendre quelles espèces jouent un rôle clé dans les grands «services» écosystémiques, et notamment le piégeage et le transfert de carbone vers les couches profondes et les sédiments.

Décrypter le fonctionnement du plancton, cet écosystème continu, quasi invisible, en suspension et mouvement perpétuel, nécessite les méthodes de séquençage et d'imagerie à haut débit mise en œuvre lors de ➤

- l'expédition *Tara Océans 2009-2013* (voir l'encadré page ci-contre), en partenariat avec le Génomscope-CEA, le centre national de séquençage français.

Les chercheurs ont révélé des millions de séquences génétiques et des dizaines de milliers de nouvelles espèces planctoniques. Les réseaux d'interactions entre gènes et espèces planctoniques permettent enfin d'appréhender la complexité de l'écosystème de manière objective, et d'espérer l'intégrer dans les modèles écologiques.

LA HAUTE MER, UN CHEF D'ORCHESTRE

Aujourd'hui pourtant, en haute mer, ce trésor de biodiversité océanique échappe à toute protection et à tout contrôle des États. Préserver ce patrimoine est un devoir pour la survie des générations futures. De même, la liberté de recherche est une condition *sine qua non* pour anticiper les évolutions à venir et ajuster le cadre juridique international alors que ces ressources, et les services écosystémiques liés, sont essentiels pour assurer notre survie.

De fait, la haute mer, située au-delà des zones maritimes sous juridictions nationales, est devenue l'objet de toutes les convoitises. Navigation, transport de marchandises, migrations, exploration, câbles et télécommunication, l'espace de la haute mer est un espace de conquête et d'enjeux grandissant. Les négociations onusiennes, ouvertes en septembre 2018 à New York, s'annoncent longues et ardues au vu des enjeux : elles devront permettre de définir un Traité international pour l'utilisation durable et partagée de la biodiversité marine en haute mer.

Contrairement aux ressources minérales, les ressources vivantes situées dans ces zones ne sont pas considérées comme faisant partie du patrimoine commun de l'humanité par la Convention des Nations unies sur le droit de la mer. Les droits sur les ressources génétiques marines, quant à eux, font débat. Certains gènes issus des microorganismes comme le plancton représentent des trésors pour la médecine et les biotechnologies, et donc pour l'avenir des sociétés humaines. Mais ni leur exploitation, ni même leur existence n'avaient été envisagées par ladite Convention établie en 1982, à Montego Bay, en Jamaïque.

Aujourd'hui, près de 40 ans plus tard, de nombreuses ONG sont engagées sur les enjeux d'aires marines protégées et de pêche (voir *Des aires protégées ou désert marin ?* par H. Le Meur, page 68). Très peu travaillent sur les problématiques de la recherche scientifique en haute mer et à son développement. Associées à

plusieurs consortiums scientifiques, les équipes de la fondation Tara Océan travaillent avec les chercheurs pour synthétiser et partager cette connaissance sur la haute mer et sa biodiversité, son rôle planétaire, pour mobiliser sur l'urgence de protéger l'océan. Sans connaissances sur ces écosystèmes, comment éclairer les décideurs politiques, prendre des décisions rationnelles sur la gestion des territoires maritimes, et permettre aux pays émergents et en développement d'utiliser ces nouveaux savoirs autour de l'océan ?

LA RECHERCHE EN HAUTE MER

L'un des grands enjeux tient à la définition d'un cadre pour la recherche en haute mer, mais aussi et surtout pour organiser le partage des bénéfices tirés des ressources génétiques marines. Aujourd'hui, découvrir l'ADN de nouvelles espèces de plancton ou découvrir des fonctions biologiques inconnues intéresse la recherche médicale et de nombreux laboratoires pharmaceutiques. On parle de 90% des espèces marines encore à découvrir !

Elles recèlent des trésors d'informations sur la vie, l'adaptation du vivant, son évolution : des mystères biologiques à percer et à partager ! La fondation Tara Océan défend une position équilibrée entre liberté de collecte, liberté de recherche et de découverte, et un accès pour tous aux ressources, en solidarité avec les pays en développement.

Depuis quelques années, nous vivons une révolution technologique dans la recherche sur la biodiversité marine. Aujourd'hui, les infrastructures et les disciplines scientifiques évoluent et les capacités d'observation de l'océan s'élargissent de façon inédite, avec la surveillance par satellite, les flotteurs déployés, le séquençage massif à haut débit de l'ADN environnemental, l'imagerie automatique, et le recours à l'intelligence artificielle pour comprendre les relations entre toutes ces données hétérogènes.

Selon la fondation Tara Océan, la définition d'un principe de « bien commun », avec obligation de partager les données en accès libre pour la communauté scientifique, est une priorité pour suivre cette évolution rapide.

La Convention sur le droit de la mer de 1982 demeure un outil juridique essentiel des relations et des échanges internationaux, mais elle doit être complétée au regard de l'avancée technologique ayant révélé le potentiel des ressources génétiques marines, insoupçonnées à l'époque. Les négociations s'annoncent très longues alors que l'agenda climatique et écologique s'accélère. Après

Nous vivons
une révolution
technologique
dans la recherche
sur la biodiversité
marine

À LA RECHERCHE DE L'INVISIBLE



La goélette Tara, près de l'île Maurice

Embarquant des biologistes marins, des chimistes, des océanographes, des bio-informaticiens, généticiens... la goélette Tara, armée par la fondation Tara Océan, parcourt l'océan du globe pour étudier et comprendre l'écosystème marin et ses réactions au changement climatique et aux activités humaines. La goélette a déjà parcouru plus de 450 000 kilomètres, faisant escale dans plus de 60 pays lors de quatre expéditions majeures, menées en collaboration avec des laboratoires internationaux (CNRS, EMBL, CEA, PSL, MIT...). Ces programmes scientifiques contribuent aujourd'hui à révolutionner les sciences de l'océan, à la croisée des disciplines pour comprendre

le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes marins. Partie en 2009, l'expédition Tara Océans a accompli l'inventaire de biodiversité le plus vaste jamais réalisé à l'échelle d'un biome planétaire, le plancton. Durant quatre ans, Tara a sondé tous les océans du globe, récoltant plus de 60 000 échantillons d'eau et de plancton, créant ainsi une base de données de référence dévoilant une photographie plus précise des différentes régions océaniques et des organismes qui les habitent. Plus de 80 articles ont été publiés dont une dizaine dans les prestigieuses revues *Science*, *Nature* et *Cell*. Ils relatent le premier recensement détaillé de la biodiversité planctonique planétaire, et constituent une ressource clé

pour l'étude et la compréhension de l'Océan, par la communauté scientifique internationale. Les données, notamment issues du séquençage massif de

Durant quatre ans, Tara a sondé tous les océans du globe, récoltant plus de 60 000 échantillons

L'ADN et de l'ARN océanique, d'images et mesures, permettent également d'explorer les interactions entre les microorganismes observés (compétition, collaboration, prédation, symbiose, parasitisme)

et de comprendre l'impact des conditions environnementales sur cette véritable machine climatique qu'est la mer. En plus des interactions biologiques, l'expédition Tara Océans a permis de comprendre de quelle manière les facteurs environnementaux tels que la température, le pH et les nutriments (entre autres) influencent le plancton. Nous avons observé que aux profondeurs où pénètre la lumière du soleil, la température est le facteur environnemental principal influençant la composition des communautés de bactéries. Des communautés d'organismes différentes se forment en fonction de la température de l'eau. De quoi donner à réfléchir dans le contexte de crise climatique actuel. Dans une certaine mesure, ce n'est que le début, les ressources générées vont permettre de plonger encore plus profondément dans l'univers planctonique. En comprendre les rouages qui régulent les grands cycles biogéochimiques du système Terre, bref comprendre comment ça marche. Sans compter que le séquençage ADN de ces millions d'organismes, des virus aux animaux, recèle des mystères et des trésors génétiques détenant des informations cruciales sur l'origine de la vie, son évolution et sa complexification.

plus de 10 ans de discussions préalables, les États membres de l'ONU ont enfin abouti à la définition de quatre grands axes de négociation. Il s'agit de définir un cadre stable et ouvert pour la définition des aires marines protégées en haute mer; d'approuver le besoin d'études d'impact environnemental indépendantes pour les activités humaines; de définir des règles pour l'accès et le partage des ressources génétiques marines; et enfin, de

flécher de vrais financements pour renforcer les capacités de recherche et d'innovation des pays en développement.

Du dernier *round* de négociations en 2018, on retiendra un point très positif lié à l'aspect contraignant du traité à venir: il ne s'agira pas de simples recommandations, mais il aura force de loi, car il sera issu du droit international, inscrit sous l'égide de la Convention sur le droit de la mer. ■

L'océan Austral, un modèle ?

L'océan Austral, autour de l'Antarctique, un paradis blanc menacé ?

Célébrons le bicentenaire de la découverte de l'Antarctique en redécouvrant l'océan Austral et son mode de gestion original. Profitons-en pour renforcer sa protection et en faire un laboratoire et un modèle de la coopération internationale.

L'ESSENTIEL

● Découvert il y a 200 ans, l'Antarctique est cerné par l'océan Austral. Les deux jouissent d'un statut particulier en termes de protection.

● Cela ne les empêche pas d'être menacés par le réchauffement climatique et, pour l'océan, la surexploitation, la pollution...

● L'établissement d'aires marines protégées aiderait à le préserver. Après quelques vicissitudes, un mouvement en ce sens semble lancé, notamment grâce à la Chine.

● Cet élan de protection pourrait ensuite s'étendre à l'ensemble des océans. L'humanité en serait la première bénéficiaire.

L'AUTEUR



ROBERT CALCAGNO est directeur général de l'Institut océanographique, Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco.

L

e 19 février 1819, le capitaine britannique William Smith, à bord du *Williams of Blyth* rapporte avoir vu des terres au sud du 62^e parallèle de latitude Sud. Voilà tout juste 200 ans, l'Antarctique était observé pour la première fois, par-delà les vents toujours violents, les courants et les glaces qui le défendaient et le soustrayaient à la connaissance et à la marche du monde. D'ailleurs, il faudra attendre le 21 janvier 1840 pour que Dumont d'Urville et son équipage plantent leur drapeau sur les terres antarctiques. Aujourd'hui, l'isolement de l'Antarctique et de l'océan Austral n'est plus qu'un souvenir, leur protection aussi.

Le continent blanc est désormais accessible en avion, sa péninsule accueille les bateaux de croisière et à peine le trou dans la couche d'ozone qui le surplombait se referme-t-il progressivement que l'Antarctique est en première ligne du réchauffement climatique. Fonte et dislocation des glaciers s'accélèrent, contribuant pour un tiers à la montée du niveau de la mer. Quant au courant circumpolaire, il n'empêche pas plus les microplastiques d'atteindre l'océan Austral que les vents n'interdisent à la pollution atmosphérique mondiale d'imprégner la glace. Nul doute que

l'Antarctique sera l'objet de toutes les attentions du GIEC dans son «Rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique», qui sera présenté à Monaco en septembre 2019.

UN RÉGIME DE GESTION AVANT-GARDISTE

Heureusement, à l'isolement physique a succédé un régime de protection internationale original et ambitieux, à tel point que la préservation de l'Antarctique et de l'océan Austral est l'un des grands succès de la diplomatie multilatérale depuis le milieu du XX^e siècle. Avec le traité sur l'Antarctique de 1959 et surtout le Protocole de Madrid ratifié en 1998, l'Antarctique est un continent «dédié à la paix et à la science», protégé de toute exploitation économique. Qu'en est-il de l'océan qui baigne l'Antarctique?

De fait, l'océan Austral abrite une vie marine, d'une étonnante richesse. Sa diversité repose en particulier sur une grande productivité planctonique et sur le krill qui nourrit la plupart des prédateurs. Cette faune singulière adaptée à des conditions extrêmes a déjà révélé des propriétés exceptionnelles: l'antigel naturel des légines (des poissons), substances anticancéreuses produites par des espèces benthiques... C'est l'océan Austral qui permet la survie des quelques espèces terrestres, dont les célèbres manchots empereurs. Et le changement climatique, lorsqu'il éloigne la nourriture marine des colonies, met à mal la reproduction des manchots.

Pourtant, cette vie marine ne bénéficie pas du même degré de protection que le continent, et l'exploitation de l'océan Austral reste possible. Aujourd'hui essentiellement tournée vers le krill >

- > et la légine australe, la pêche est encadrée depuis 1982 par la Convention sur la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR). Avec 25 membres (24 États et l'Union européenne) et 11 États adhérents, cette Convention rassemble tous les pays intéressés par la pêche ou la recherche scientifique dans l'océan Austral. Cas unique au monde, elle combine les objectifs de protection de l'environnement et de gestion des ressources, qui sont d'ordinaire menés par des organes distincts. Cette singularité permet une approche cohérente de la zone, tout en posant la question des priorités, entre exploitation et conservation.

La CCAMLR a consacré l'essentiel de ses 20 premières années à la gestion de la pêche. En s'appuyant sur un comité scientifique, elle a placé la science et la coopération internationale au cœur de la gestion des ressources naturelles et s'est donné des fondements remarquables : une approche écosystémique qui va au-delà de la gestion des stocks d'espèces commerciales, ainsi que le principe de précaution. On aurait pu espérer que ce dispositif, né du contexte géopolitique exceptionnel de l'Antarctique, serve de laboratoire pour une gestion responsable et durable de l'océan et essaime peu à peu. Pourtant, ces principes instaurés pour l'Océan austral n'ont pu franchir le courant circumpolaire, alors qu'à travers le monde la surexploitation et l'épuisement des ressources marines sont toujours la règle.

LE LONG CHEMIN VERS LES AIRES MARINES PROTÉGÉES

Depuis le début du siècle, la dégradation généralisée de l'océan, que l'on a longtemps cru inépuisable et inaltérable, est de mieux en mieux reconnue et un élan a vu le jour en faveur de la création d'aires marines protégées, ou AMP (*voir Des aires protégées ou désert marin ? par H. Le Meur, page 68*). Conçues à l'origine pour répondre à des enjeux locaux, notamment la surexploitation, on leur demande aujourd'hui de contribuer à la résilience des écosystèmes marins face au changement climatique mondial. En l'absence relative de perturbations d'origine anthropique, ces AMP sont également des observatoires précieux des effets du changement climatique.

L'attention se porte aujourd'hui sur la protection des dernières grandes étendues de nature à peu près préservée, ainsi que sur la haute mer. Après une décennie d'hésitations, les Nations unies ont réfléchi à un instrument permettant de mieux encadrer la mer au-delà des juridictions nationales. Certaines ONG invitent déjà à voir plus loin et à bannir totalement l'exploitation de ces espaces. Elles pointent du doigt la contradiction qu'il y a à consommer autant d'énergie – et souvent de subventions – pour poursuivre aussi loin les poissons, alors que la protection de la haute mer peut contribuer à régénérer des zones côtières plus proches des ports de pêche.

L'océan Austral est à la convergence de ces réflexions. En l'absence de riverains – puisque l'Antarctique n'appartient à personne – l'océan Austral est exclusivement constitué de haute mer, qui pour être particulièrement éloignée des centres de consommation et difficile d'accès, fait l'objet d'une pêche dynamique du fait de la valeur du krill et de la légine.

Considéré comme le cœur de la régulation du climat mondial par la distribution des courants qui transportent la chaleur, l'océan Austral est aussi en première ligne du changement climatique comme de l'acidification de l'océan.

En mars 2019, à Monaco, le groupe *Antarctica 2020* a appelé la CCAMLR à agir d'urgence et à mettre en œuvre des mesures de conservation efficaces avant qu'il ne soit trop tard, et à protéger d'ici 2020, 7 millions de kilomètres carrés des mers Australes, sous la forme de très grandes AMP. Pour *Antarctica 2020*, la protection de l'Antarctique n'est plus une question de choix, mais de survie.

La CCAMLR est un instrument précurseur qui permet justement à la communauté internationale de créer des AMP en haute mer. Dès 2005, les États parties décident la création d'un réseau d'AMP autour de l'Antarctique. Mais, si la première autour des îles Orcades du sud entre en vigueur dès 2009, le mouvement s'enraye vite et il faudra attendre 2016, après quatre échecs, pour que la mer de Ross amorce le dispositif à une échelle significative. Avec 2 millions de kilomètres carrés, c'est à ce jour la plus grande AMP au monde. À nouveau, la suite est incertaine. Le projet de création de cette AMP hors norme a bénéficié, dès 2010, d'un fort soutien de la Principauté de Monaco et de la Fondation Prince Albert II de Monaco en particulier, s'appuyant sur le développement d'un soutien à la fois public et gouvernemental.

Différents projets sont sur la table, en mer de Weddell, autour de la péninsule ou le long des côtes de l'est de l'Antarctique. Mais l'océan Austral n'a pas échappé à l'essoufflement du multilatéralisme depuis le début du siècle.

Sur le continent, le protocole de Montréal entré en vigueur en 1985 a sans doute épargné l'Antarctique d'une stérilisation aux ultraviolets en favorisant la reconstitution de la couche d'ozone. Mais depuis, du protocole de Kyoto à l'Accord de Paris, les grandes déclarations débouchent sur bien peu d'actions, et l'Antarctique pâtit de ce désengagement mondial. Même aussi loin, donner la priorité à la préservation de la nature ne va pas de soi.

Les considérations environnementales allant croissant, certains pays y voient une limitation inacceptable de leur liberté future. Ils vont jusqu'à retourner l'exigence de baser la décision sur la « meilleure science disponible » pour critiquer les fondements scientifiques des



projets d'AMP. Une bien étrange interprétation du principe de précaution !

La CCAMLR n'est ni la baguette magique tant espérée, ni une structure caduque. L'obligation de consensus qui y prévaut est un rappel qu'en matière de coopération internationale, les États ne sont contraints que par leur propre volonté. On peut s'interroger sur le droit d'un État à paralyser un accord international ; mais c'est un fait avec lequel on doit composer. Tout pays membre ou adhérent à la CCAMLR qui n'accepterait pas librement une contrainte reste libre de s'en retirer et de retrouver sa pleine autonomie – comme les États-Unis avec l'Accord de Paris.

LE PROCESSUS RELANCÉ PAR LA CHINE ?

Les progrès dépendront sans doute du rôle que la Chine entendra jouer à l'avenir. Le pays est un acteur majeur dans la course mondiale aux ressources naturelles, qu'elles soient halieutiques, agricoles ou minières. Mais la Chine fait aussi entendre sa voix dans les instances environnementales. L'organisation de la prochaine conférence des parties de la Convention sur la diversité biologique (CDB), en décembre 2020 à Kunming, sera l'occasion pour la Chine de clarifier ses positions et, espérons-le, devenir un acteur clé de la gestion durable de l'océan.

En mars 2019, Chuanlin Huo, représentant le Ministère de l'environnement de la République populaire de Chine, soulignait à l'occasion de la

**L'Antarctique et l'océan Austral,
si loin et pourtant si convoités.**

10^e édition de la *Monaco Blue Initiative* que son pays s'engageait en faveur de la biodiversité et des AMP. Selon lui, la prochaine réunion de la CBD pourrait être l'opportunité de déclarer un soutien à la création d'AMP en Antarctique.

Dans le même temps, la déclaration commune des présidents chinois et français indiquait que les deux pays s'engageaient, dans le cadre de l'ONU, à œuvrer en faveur d'un accord international sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine des eaux internationales. Les deux chefs d'État se sont également entendus sur la conservation et l'utilisation durable des ressources biologiques marines de l'Antarctique, y compris sur l'idée d'établir une aire marine protégée en Antarctique.

L'océan Austral est immense, encore préservé, et essentiel à notre planète. Il est grand temps de redécouvrir ce trésor et de bâtir sur près de quatre décennies de coopération internationale et de bonne gestion. Une nouvelle étape décisive est à portée de main : la création d'un réseau ambitieux d'aires marines protégées autour de l'Antarctique. Une telle décision remettrait l'océan Austral au cœur de l'élan mondial pour une gestion durable de l'océan, referait des instances existantes un modèle et marquerait une renaissance de la coopération internationale, qui pourrait s'étendre à la haute mer. Comme le rappellent si souvent les experts du GIEC, l'océan, l'Antarctique et l'atmosphère forment un ensemble vital pour notre planète et pour l'humanité. ■

L'ESSENTIEL

● Face à la chute des stocks de poissons, la création d'aires marines de très haute protection s'impose.

● Elles sont efficaces pour restaurer les écosystèmes, mais les États rechignent néanmoins à les imposer, de peur de mécontenter les populations riveraines..

● Pour résoudre le problème, une piste consiste à ajuster la réglementation en amont avec les pêcheurs, tout en maintenant une zone intégralement protégée.

● Le modèle a fait la preuve de sa pertinence, notamment en Italie, pour le bonheur des pêcheurs eux-mêmes.

L'AUTEURE



HÉLÈNE LE MEUR est journaliste scientifique. Elle s'intéresse en particulier aux relations entre science et société.



Des aires protégées ou désert marin ?

Sanctuariser des aires marines pour préserver la biodiversité marine est une démarche qui se heurte souvent aux impératifs socioéconomiques. Un compromis est possible.

S

urpêche, réchauffement climatique, pollution... les activités humaines dévastent les écosystèmes marins et côtiers. Et tous les voyants sont au rouge. Selon le récent rapport de l'IPBES (la Plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques), 60% des stocks de poissons marins ont été exploités au maximum (selon des critères de pêche durable) et les objectifs fixés en 2010 par la Convention sur la biodiversité risquent fort de ne pas être atteints. Cette convention engageait les 160 États signataires à faire de 10% de leurs eaux territoriales des aires marines protégées d'ici à 2020.

En 2015, seuls 3,7% des mers étaient concernés. On est loin du compte...

«C'est déjà un progrès notable, tempère Joachim Claudet, directeur de recherche au CNRS au laboratoire Criobe, puisqu'il y a 10 ans, on en comptait seulement 0,2% mais il ne faut pas relâcher l'effort.» Pour ce spécialiste des aires marines protégées (AMP), cet engagement est crucial, car ces zones où les activités humaines sont réglementées ont prouvé leur efficacité pour protéger la biodiversité marine. À condition d'adopter le bon type de réglementation.

LA TAILLE COMPTE

Historiquement, ce sont les aires marines protégées dites intégrales qui ont d'abord vu le jour. Dans ces zones, tout prélèvement est totalement interdit. Et le bénéfice écologique est au rendez-vous. «Quand on arrête tout usage extractif, confirme Joachim Claudet, les écosystèmes se restaurent, les poissons grandissent, sont plus nombreux et repeuplent même l'extérieur de la zone. Plus l'aire est vaste, plus elle est efficace.»



À Torre Guaceto, près de Brindisi, dans les Pouilles, l'ouverture d'une aire maritime protégée fait le bonheur des pêcheurs.

LE RETOUR DU SAR...

A Torre Guaceto, en Italie, une pêche trop intensive avait décimé une espèce de poisson très prisée, le sar. Or les sars sont aussi indispensables à l'équilibre de l'écosystème. Ils mangent les oursins qui eux-mêmes mangent les algues dites dressées. Celles-ci sont un peu aux zones tempérées ce que sont les coraux aux zones tropicales : elles abritent quantité de larves, de juvéniles et sont indispensables à bon nombre d'espèces. Elles sont le signe du bon état de santé de l'écosystème. Quand les sars ont disparu, les oursins devenus trop nombreux ont mangé toutes les algues, ne laissant derrière eux qu'un désert de roches nues. Une aire marine protégée intégrale de 22 kilomètres carrés a alors été mise en place entre 2000 et 2005. Petit à petit, les sars y sont devenus plus grands, plus abondants, l'écosystème s'est restauré. Mais la loi obligeait à ouvrir la zone en 2005. D'où l'idée de l'écologue Paolo Guidetti d'impliquer toutes les parties prenantes, et surtout les pêcheurs, dans une démarche co-construite d'ouverture de l'AMP : on y a maintenu une petite zone intégralement protégée, sorte de



Le sar s'en va et le sar revient.

sanctuaire à la fois source pérenne d'œufs et de larves et assurance contre une erreur de gestion. Les pêcheurs engagés dans la cogestion ont accepté d'être transparents sur l'abondance et la taille de leurs prises, données nécessaires à la mesure de l'efficacité de l'AMP. Ils doivent respecter une certaine longueur et taille de mailles de filet et surtout ils ne pêchent dans l'AMP qu'une fois par semaine. Résultat ? Cette seule journée hebdomadaire leur rapporte autant que l'ensemble des autres jours de la semaine de pêche à l'extérieur. De plus, même les zones extérieures en profitent puisque les larves de sar se dispersent sur plus de 100 kilomètres. Les pêcheurs de Torre Guaceto sont désormais les plus grands défenseurs de l'AMP.

Mais une réglementation aussi stricte n'est pas possible partout, surtout là où les populations dépendent de ces ressources marines, comme en Méditerranée. « On sait bien que dans des zones très peuplées, très impactées par les usages, des AMP gigantesques ne seraient pas respectées, admet Joachim Claudet ». De fait, ces sanctuaires ne représentent que 1,4% des mers et océans.

Comment alors protéger les écosystèmes tout en pérennisant les usages ? Pour atteindre les 10% requis, nombre de pays ont développé des AMP moins strictes.

Le problème, c'est que face aux résistances de tous ordres (opérateurs touristiques, pêcheurs, riverains...), les responsables politiques ont tendance à relâcher les réglementations. On a vu ainsi fleurir toute une gamme de niveaux d'autorisation des usages. « Résultat, déplore Joachim Claudet, on a aujourd'hui des AMP qui, *in fine*, n'atteignent pas leurs objectifs écologiques. » Sont-elles

pour autant discréditées ?

Pour le savoir, le chercheur a analysé avec ses collègues toutes les études disponibles sur les AMP partielles, soit 36 aires au total, afin d'identifier les critères indispensables à leur bon fonctionnement. L'idée étant de guider les décideurs dans leur choix.

CONTRAIGNANTE OU SOUPLE ?

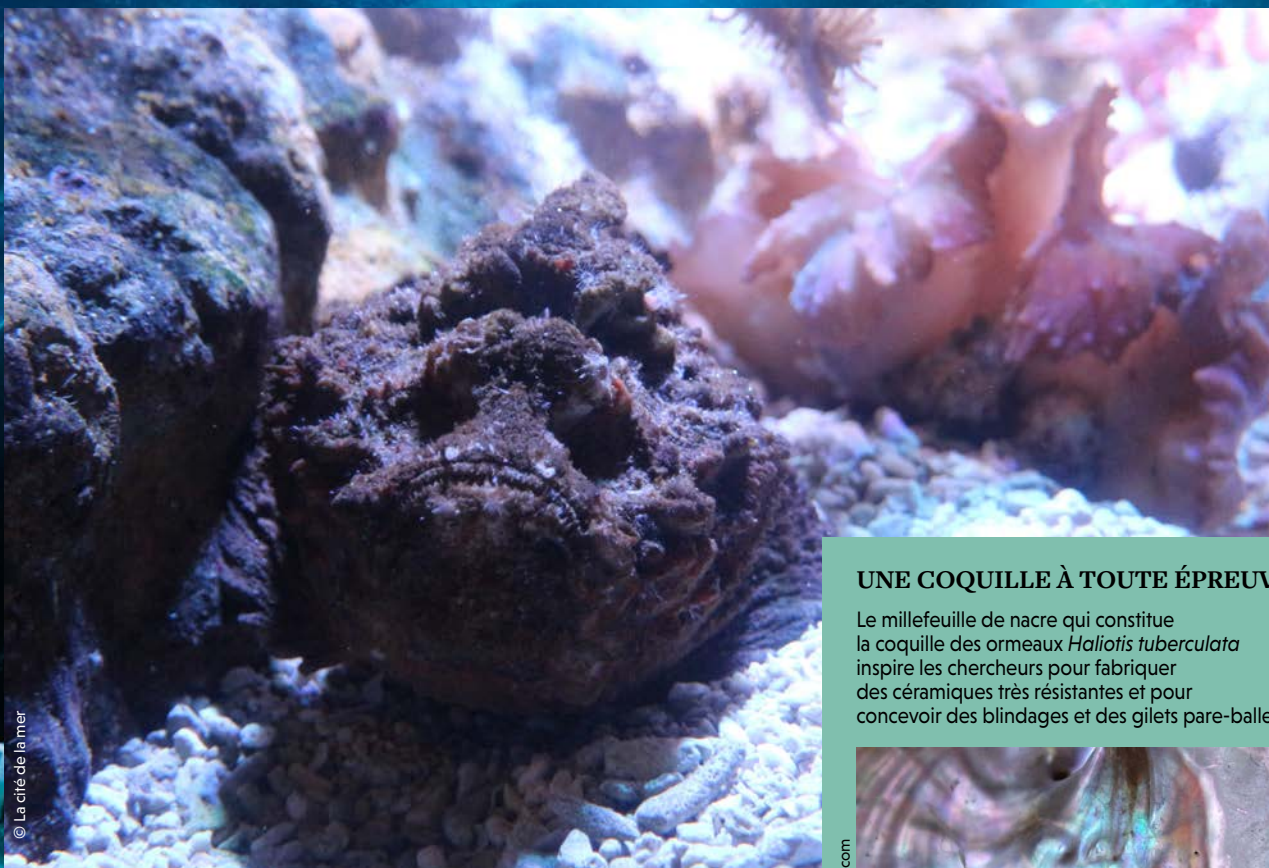
Selon leurs conclusions, deux stratégies sont possibles : adopter des réglementations de pêche soit très contraignantes qui minimisent les impacts, soit plus souples, mais couplées à l'existence d'une zone protégée intégrale, qui garantisse la bonne santé de tout l'écosystème environnant. Joachim Claudet est formel : « Sans cela, on épuise la ressource sans jamais restaurer les écosystèmes ! »

Autres leçons de cette étude, plus une AMP est protégée longtemps, plus elle est efficace. De même, plus le budget et l'équipe qui lui sont consacrés pour la gestion sont conséquents, plus les bénéfices sont importants. Cela peut paraître trivial, mais encore fallait-il le démontrer.

Joachim Claudet confirme que plus le niveau d'implication de toutes les parties prenantes en amont – en particulier des pêcheurs – est fort, plus les bénéfices écologiques sont importants (voir l'encadré ci-contre). Les autres objectifs qui en découlent, sociaux, économiques ou culturels sont aussi majorés. À l'inverse, sans bénéfice écologique aucun des autres ne peut exister. Pas de doute, les aires marines protégées, bien gérées, sont l'outil de choix pour restaurer la biodiversité de manière durable. ■

La mer, un coffre aux trésors

Dans son nouveau parcours « L'Océan du futur », la Cité de la mer, à Cherbourg, rend hommage à la planète bleue. Y sont notamment montrées toutes les solutions apportées à l'humanité par les espèces vivant dans l'océan : médecine, nourriture, nouveaux matériaux...



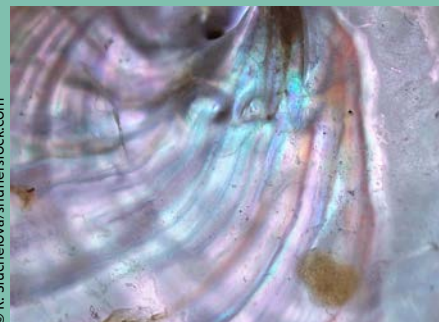
© La cité de la mer

UN CŒUR DE PIERRE

Le poisson pierre *Synanceia verrucosa* est difficilement détectable au milieu des roches. Il est en plus doté de 13 épines dorsales qui libèrent un venin redoutable pouvant entraîner jusqu'à la mort des victimes par paralysie des muscles cardiaques. Des biologistes cherchent à stabiliser la molécule active pour l'utiliser en cardiologie.

UNE COQUILLE À TOUTE ÉPREUVE

Le millefeuille de nacre qui constitue la coquille des ormeaux *Haliotis tuberculata* inspire les chercheurs pour fabriquer des céramiques très résistantes et pour concevoir des blindages et des gilets pare-balles.



© K. Stuchelova/shutterstock.com

© F. Bassenayousse / La cité de la mer

DU POULPE AU ROBOT

Dépourvus de squelette, les tentacules du poulpe sont des modèles de souplesse. Des ingénieurs ont mis au point un prototype de bras robotique inspiré de ces tentacules qui aide les chirurgiens à atteindre des zones du corps humain difficiles d'accès. En 2017, une équipe de Harvard a également mis au point un robot-pieuvre entièrement mou.



© La cité de la mer

UN CORAIL À DOUBLE EFFET

Le corail des récifs est utilisé en chirurgie, notamment dentaire, pour favoriser la reconstruction osseuse. Les coraux produisent également des substances qui inspirent les laboratoires pharmaceutiques, comme la palytoxine utilisée contre le cancer.



© Rich Carey/shutterstock.com



© O'Hishappy/shutterstock.com

DANS LA PEAU D'UN REQUIN

La peau de requin est hérissée de denticules très durs qui créent une fine couche d'eau statique autour du corps de l'animal (c'est l'effet Riblet) et facilitent sa glisse. Des combinaisons de natation ont copié cette structure qui intéresse aussi les industries aéronautique et navale. La structure de la peau de requin est également un modèle pour la conception de revêtements antibactériens.



LARVES RÉVÉLATRICES

Synergie mer et littoral (SMEL), un syndicat de professionnels de la mer de la Manche, détermine la qualité de l'eau de mer en observant la morphologie des larves d'oursins qui y évoluent.



LA COLLE DE MOULE

La moule s'arrime aux rochers grâce à des filaments, le byssus. Nommé « soie marine » ou « soie des rois » il était utilisé pour tisser des vêtements de luxe. Aujourd'hui, ses propriétés adhésives et sa résistance intéressent les industriels.

PAR LE SANG BLEU!

La limule est dotée d'un sang bleu qui coagule instantanément autour de certaines bactéries. On l'utilise dans l'industrie pharmaceutique pour stériliser le matériel biomédical. Ainsi, chaque année, environ 500 000 limules sont ramassées aux États-Unis.



LA GUERRE DES ÉTOILES

Certaines étoiles de mer produisent une substance, la roscovifine, dont les propriétés anti-inflammatoires et antibactériennes sont testées chez des malades atteints de mucoviscidose afin d'améliorer leurs capacités respiratoires.

LES BIENFAITS DU CRABE

Les guerriers chinois se soignaient à l'aide de baumes fabriqués à partir de carapaces de crabe. Aujourd'hui, on utilise le chitosane qu'elles contiennent dans des pansements afin de favoriser la cicatrisation.

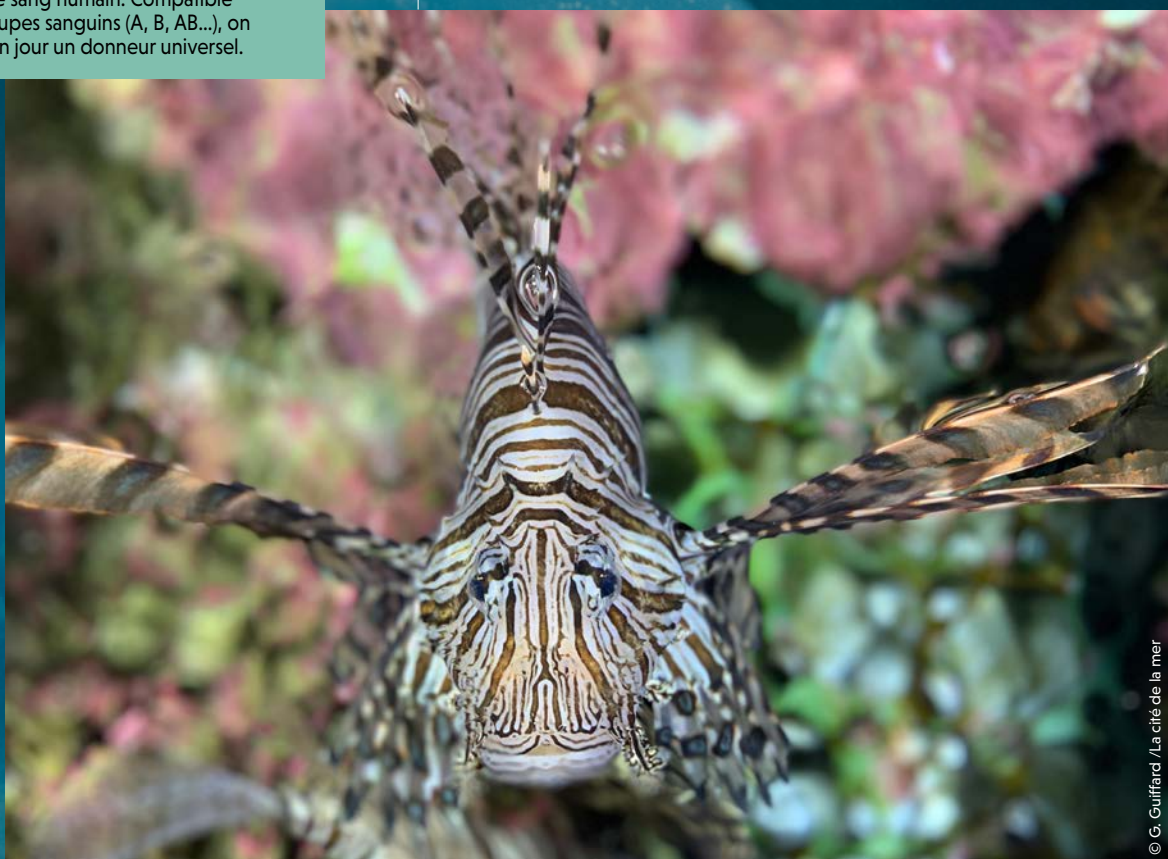


UN DERNIER VER

Le ver arénicole, qui s'enfouit dans le sable des plages, a un sang qui stocke 50 fois plus d'oxygène que le sang humain. Compatible avec tous les groupes sanguins (A, B, AB...), on espère en faire un jour un donneur universel.

UN POISSON VOLE À NOTRE SECOURS

La rascasse volante *Pterois volitans* déploie ses ailes hérissées d'aiguillons venimeux. Ils contiennent des molécules qui détruisent de nombreuses espèces de bactéries et sont à ce titre étudiées par l'unité Biologie des organismes et écosystèmes aquatiques (CNRS) en partenariat avec la Cité de la mer.



Au chevet des tortues marines

Pourquoi, malgré la sympathie que nous avons pour les tortues marines, nous ne leur portons pas la considération qu'elles méritent ? À l'avenir, quelle place pourrons-nous leur laisser ?



© Rich Carey/shutterstock.com

La tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) est l'une des espèces de tortues de mer les plus menacées d'extinction.

L'ESSENTIEL

● Les tortues marines sont apparues il y a 110 millions d'années et vivent à la croisée des mondes de l'eau et de la terre.

● En conquérant les mers, en investissant les littoraux, en dégradant l'environnement, les humains ont bouleversé cet équilibre, mettant en danger les populations de tortues.

● Des mesures de protection sont prises depuis quelques années, mais l'équilibre reste fragile compte tenu des nombreuses pressions que nous faisons subir au milieu marin.

● Leur sauvegarde est entre nos mains et dépend de notre acceptation à laisser une place à la nature sur notre planète.

L'AUTEUR



ROBERT CALCAGNO est directeur général de l'Institut océanographique, Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco.

D

éjà en 1998! Cette année-là, le journal télévisé d'Antenne 2 consacre un reportage à la mort d'une tortue luth venue de Guyane et échouée sur la plage près de Royan. L'autopsie, en direct, révèle que le reptile a succombé à une

obstruction du tube digestif par des matières plastiques, probablement confondues avec des méduses. Le journaliste de conclure: «Quelques grammes de plastique jetés à la mer et c'est une tortue de 300 kilogrammes qui est menacée de mort.» 20 ans plus tard, la situation ne s'est pas améliorée, elle a empiré.

Parmi les sept espèces actuelles de tortues marines (réparties en 2 familles et 6 genres) qui peuplent les océans du monde à l'exception de l'océan Arctique, six sont vulnérables ou menacées. Deux d'entre elles (la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata* et la tortue de Kemp >