

> La France est quant à elle peu présente dans cette zone, car dépourvue de bateau dédié. Elle est en revanche bien armée pour le subantarctique, à l'écart des glaces. On peut citer les installations aux Kerguelen, à Crozet... ainsi que les nombreuses expéditions du *Marion Dufresne*. Nous disposons également de bases en Antarctique où des scientifiques invités peuvent faire de la glaciologie, de l'ornithologie...

En dehors de l'Antarctique, la flotte océanographique française (la FOF), entretenue et mise à la disposition de la communauté scientifique par l'Ifremer est fantastique, et puis le *Nautilus* est un sous-marin exceptionnel. Peu de pays ont de tels engins qui descendent aussi profond (jusqu'à 6000 mètres). Certains voudraient l'arrêter. Je crois que c'est une erreur.

Quelle est la place de *Tara* dans ce dispositif ?

Bruno David : Il s'agit d'une initiative privée qui arme un bateau beaucoup plus modeste. On ne peut pas comparer l'*Atalante*, qui met en œuvre le *Nautilus*, de 85 mètres de longueur, avec une goélette de 20 mètres. Les moyens engagés ne sont pas les mêmes. Ceci étant dit, les résultats scientifiques de *Tara* sont remarquables. Il n'y a pas concurrence, mais complémentarité.

Un de leurs faits d'armes est la découverte d'environ 1,5 million d'espèces lors de leur circumnavigation. On sait que ce sont des espèces différentes, mais on ne les a pas encore décrites. La grande surprise est qu'il y a énormément d'eucaryotes unicellulaires, qui sont certes microscopiques, mais assez complexes, à l'image des paramecies en domaine continental.

Avant, on avait décrit 300000 espèces océaniques. Et *Tara* en dévoile cinq fois plus, de totalement inconnues ! Première conclusion, on ne sait absolument pas comment fonctionne l'océan en termes de chaînes alimentaires ! *Tara* a révélé notre ignorance.

Au Muséum, vous vous préoccupez également de la biodiversité marine ?

Bruno David : Oui. Dans le cadre de *La Planète revisitée*, nous organisons des expéditions importantes qui balaisent à la fois la partie continentale et la partie marine de certains endroits de la planète de façon à avoir une vision complète du continuum terre-mer. Nous explorons du sommet d'une montagne jusqu'à 1000 mètres de profondeur et tentons de dresser un inventaire global de la biodiversité.

Cette approche exhaustive, en lien direct avec les missions du Muséum de collection et d'archivage, aide à construire un référentiel, un T_0 d'un système pour un endroit donné particulièrement sensible ou intéressant. L'exploration du nord de la Nouvelle-Calédonie est en cours, celle de la Corse va bientôt démarrer, et il y eut le Mozambique, la Papouasie, la Guyane, et la première, l'île Espiritu Santo du Vanuatu...

Abordons maintenant les menaces qui pèsent sur les océans. L'une d'elles est l'exploitation des ressources minières. Qu'en pensez-vous ?

Bruno David : On trouve au fond des océans, en différents endroits, des ressources assez rares comme du palladium, du cadmium, des sulfures... tout ce qui sert à faire des téléphones portables. La tentation est donc grande d'aller les chercher. Ce serait dramatique, particulièrement aux niveaux des monts sous-marins et des

comme celui de Humboldt le long de l'Amérique du Sud, des remontées d'eau froide (les *upwellings*) dont profitent les poissons et donc les pêcheries, des courants chauds comme le Gulf Stream qui baigne les côtes européennes et rend le climat tempéré de ce côté-ci de l'Atlantique.

Un grand tapis roulant, ramifié, parcourt ainsi tous les océans : une goutte d'eau met environ 1000 ans à en faire le tour. C'est dire l'inertie du système ! Un retour à l'équilibre après une perturbation nécessiterait des siècles. Et l'on n'est pas sûr de retrouver la situation d'avant le bouleversement.

Le système actuel est-il menacé ?

Bruno David : Difficile de répondre. On a beaucoup entendu parler de la fonte de la calotte groenlandaise qui apporterait beaucoup d'eau douce dans l'Atlantique Nord et qui pourrait stopper le Gulf Stream, synonyme de refroidissement de l'Europe. Quoi

Nous jouons aux apprentis sorciers sur des systèmes gigantesques à inertie considérable

sources hydrothermales, parce qu'on détruirait des écosystèmes extrêmement rares, plus diversifiés qu'on ne le pense. Nous devons nous fixer des limites. L'équivalent serait de ravager les oasis du Sahara !

L'exploitation des nodules polymétalliques est moins dramatique. Elle posera bien sûr des problèmes, notamment de turbidité, mais les nodules s'étalant sur de grandes plaines abyssales assez homogènes, par exemple autour de Clipperton, les conséquences de leur prélèvement seraient moins irréversibles.

Le changement climatique fait également peser plusieurs risques.

Bruno David : L'un d'eux porte sur le régime de courants océaniques et la circulation thermohaline. Les variations de concentration en sel et de température, aidées par la force de Coriolis liée à la rotation de la Terre, mettent en mouvement l'eau. Il en résulte des courants froids

qu'il en soit dans le détail, nous jouons aux apprentis sorciers sur des systèmes gigantesques à inertie considérable.

La fonte des glaces et le réchauffement climatique (par la dilation des océans) sont également les facteurs essentiels de hausse du niveau marin. Si toute la calotte antarctique fondait, la hausse pourrait atteindre plusieurs dizaines de mètres...

Le réchauffement influe aussi sur l'acidification des organismes ?

Bruno David : Effectivement, l'augmentation de la quantité de CO_2 atmosphérique se traduit par celle du CO_2 dissous dans les eaux océaniques. En conséquence, le pH de l'océan est passé de 8,18 à 8,05. C'est assez considérable, car le pH suit une échelle logarithmique. Une telle baisse nuit à un certain nombre d'organismes, notamment ceux ayant besoin à un moment ou un autre de leur existence d'un squelette calcaire.

J'ai étudié par exemple en 2014 l'impact de l'acidification sur les larves d'oursins en Antarctique, en collaboration avec des collègues belges. Les perturbations du métabolisme se traduisent par des changements dans l'allocation des ressources aux différents besoins: respirer, se reproduire... et donc construire un squelette.

L'acidification pose des problèmes de survie à long terme à divers types d'organismes (diatomées, foraminifères...) Précisons néanmoins qu'il y a une importante marge d'erreur, car on ignore tout des capacités d'acclimatation de ces espèces.

Un autre problème, cette fois indépendant du réchauffement, concerne les déplacements de faunes.

Bruno David : On parle ici d'espèces potentiellement invasives, transportées d'un endroit à l'autre par les eaux de ballast des bateaux. L'exemple emblématique est *Asterias amurensis*, une étoile de mer japonaise qui a été «importée» en Australie où elle a retrouvé les conditions tempérées auxquelles elle n'aurait jamais eu accès parce qu'il fallait passer la ceinture tropicale et équatoriale. En quelques années, des millions d'individus se sont développés dans la rade de Melbourne et ont tout détruit, les parcs ostréicoles, mytilicoles...

Les tentatives de les enlever à la main ont échoué. Mary Byrne, une collègue australienne a été sollicitée pour analyser la période de reproduction de cette étoile de mer. L'idée était d'empêcher le transport des larves dans d'autres endroits en interdisant la navigation pendant cette période.

C'est un pis-aller. La bataille est perdue, sauf à espérer une autorégulation sur le long terme, du type de celle qui a sauvé la Méditerranée de l'algue *Caulerpa taxifolia*. Elle est en train de disparaître naturellement, l'arrachage n'y est que pour peu de chose.

Autre danger, la pollution. Que peut-on en dire ?

Bruno David : Jusqu'à présent, elle était plutôt synonyme de marées noires. Gardons d'ailleurs en tête que les tristes expériences en Bretagne de l'*Amoco Cadiz*, du *Torrey Canyon*... ont montré que l'écosystème retrouve son état initial en seulement 10 ans. Bien sûr, le bilan est catastrophique, et nous avons tous en tête les images d'oiseaux mazoutés. Mais l'écosystème est très résilient et est capable de se reconstituer rapidement si on lui en laisse la possibilité. On l'a encore constaté récemment avec la fuite de la plateforme *Deepwater Horizon*, dans le

golfe du Mexique, où les bactéries ont dégradé le pétrole à un rythme que l'on attendait plus lent.

Aujourd'hui, la pollution par le plastique est désormais l'objet de toutes les attentions, parce qu'on se rend compte qu'il y en a partout. Les quantités de plastique rejetées en mer sont énormes. Ce matériau s'accumule, se décompose en microparticules et n'épargne aucune zone, des plages jusqu'aux grands fonds. Ainsi, en Écosse, la population de fulmars a diminué de 30%, car ces oiseaux ingèrent des microbilles de styrène (on parle de «larmes de sirènes») qu'ils prennent pour de la nourriture.

Ces plastiques sont devenus un problème majeur. Leur production devrait ralentir drastiquement, mais on n'en prend pas le chemin, en tout cas à l'échelle mondiale. C'est aberrant que les sacs en papier ne soient pas plus répandus, mais ils font face à une inertie des habitudes. Le plas-

On peut toutefois remarquer une forme de prise de conscience récente sur la nécessité de réagir. Les réflexions issues de la Conférence intergouvernementale sur la biodiversité marine (BBNJ) à laquelle le Muséum participait vont dans ce sens. Dans ce système de type onusien, avec les contraintes que cela implique, on essaie de définir des modes de régulation à l'échelle mondiale.

L'IPBES (la plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques), qui a récemment rendu son rapport sur l'état de la biodiversité (elle indique notamment que les humains ont modifié significativement 66% du milieu marin), fonctionne sur le même modèle. C'est une sorte de Giec de la biodiversité, sachant que celle-ci est autrement plus complexe à appréhender que le climat. La biodiversité globale ne peut être approchée que comme l'agrégation de situations locales. On peut la comparer à

L'écosystème marin est très résilient et est capable de se reconstituer rapidement

tique devrait être réservé aux usages pour lesquels il n'est pas remplaçable.

Que pensez-vous des mesures prises pour lutter contre ces menaces ?

Bruno David : Prenons le cas de la haute mer. Elle constitue un bien commun de l'humanité et n'appartient à personne. Il y a bien des règles internationales pour l'exploiter, mais aucune n'est contraignante. Or la haute mer est désormais très convoitée pour les ressources que l'on a ailleurs épuisées, comme les poissons, les minerais... Nous aurions besoin de nouveaux traités prévoyant de vraies pénalités et devrions imposer un moratoire complet sur l'exploitation des grands fonds.

Mais commençons par chez nous. Faisons en sorte que le Rhône arrête de déverser des plastiques dans la Méditerranée, même si le Nil continue. Je ne vais pas jeter mon ticket de métro sous prétexte qu'il y en a déjà plein sur le sol!

un tableau impressionniste, presque pointilliste composé de multiples touches. De près, on ne voit que des petites taches bleues, jaunes, rouges... La vision d'ensemble ne se révèle qu'en prenant du recul.

L'étendue de ce qu'il reste à faire est considérable, tant l'ampleur des dégâts est grande. Je me souviens par exemple d'une expérience marquante avec les océans. C'était en 1999. J'étais en plongée dans le *Nautille* au large d'une partie désertique du Pérou. Quasiment aucune rivière ne se déversait dans le Pacifique à cet endroit. Loin au large, à 2500 mètres de profondeur, j'étais émerveillé par ce que je voyais, des suintements hydrothermaux froids, un poulpe bleu, des oursins, des amoncellements de crabes rouges... et puis, soudain, un seau en plastique beige avec une corde attachée. Tout est dit. ■

PROPOS RECUEILLIS PAR LOÏC MANGIN