The background is an underwater scene with blue water and coral. A large circular graphic with a wavy, textured pattern is centered on the page. The text is overlaid on this graphic.

MONDES MARINS

VOYAGE INSOLITE
AU CŒUR DES OCÉANS

Préface d'Isabelle Autissier



cherche
midi

SOMMAIRE DU DOSSIER DE PRESSE

Communiqué de presse

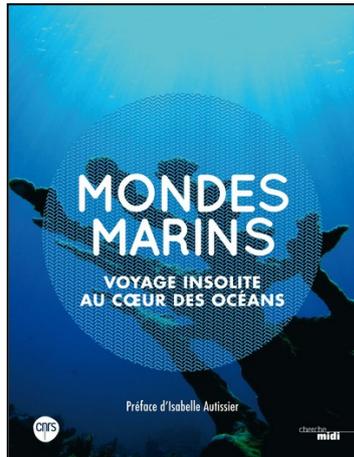
Sommaire du livre

Avant-propos de **Stéphanie Thiébault**, directrice de l'Institut écologie et environnement du CNRS, de **Bruno David**, chargé de mission à l'Institut Écologie et Environnement du CNRS, et de **Françoise Gaill**, comité national de la mer et des littoraux

Préface d'**Isabelle Autissier**, navigatrice

En-têtes de chapitres

Extraits tirés du livre *Mondes marins*



MONDES MARINS

VOYAGE INSOLITE AU CŒUR DES OCÉANS

*Ouvrage collectif sous la direction de Bruno David, Catherine Ozouf-Costaz et Marc Troussellier – Institut écologie et environnement (INEE) du CNRS
Préface d'Isabelle Autissier, navigatrice*

L'ouvrage "Mondes marins : Voyage insolite au cœur des océans" rédigé par des chercheurs issus de laboratoires CNRS ou associés, paraît le 30 janvier 2014 en librairie. Publié par le cherche midi, en partenariat avec le CNRS, ce livre grand public dévoile la richesse des océans à travers les sciences qui les explorent.

Tout l'équilibre de notre planète repose sur les océans, qui recouvrent plus de 70 % de la surface de la Terre. Mais que sait-on vraiment de ce monde des profondeurs ? Si, en quelques années, les connaissances ont progressé, l'environnement marin et les interactions complexes qui régissent son fonctionnement restent mal connus. Sait-on, par exemple, que dans cet immense réservoir de biodiversité, la grande majorité des espèces reste encore à identifier ? Que des organismes microscopiques y jouent des rôles essentiels, comme dans la formation des nuages ? Que les habitants des abysses y ont adopté des modes de vie surprenants leur permettant de tolérer des conditions toxiques, brûlantes ou pauvres en oxygène ?

Évoquer les mondes marins, c'est aussi aborder la diversité des littoraux, qui abritent une multiplicité d'écosystèmes. C'est, enfin, raconter l'histoire de l'humanité, si intimement liée à celle des océans ; humanité qui se doit d'apprendre à les préserver et à en faire un usage raisonné. La recherche, située au carrefour de nombreuses questions écologiques, environnementales et sociales, se fait plus que jamais l'écho de ces enjeux.

Un livre pour tous les amoureux de l'océan !

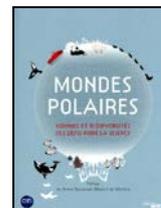
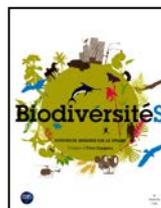
Le lancement de l'ouvrage « Mondes marins : Voyage insolite au cœur des océans » aura lieu le mercredi 29 janvier 2014 à 17h à l' Aquarium Tropical du Palais de la Porte Dorée – Paris 12^{ème}
Inscriptions presse auprès de Solène Perronno (sperronno@cherche-midi.com) et Muriel Ilous (muriel.ilous@cnrs-dir.fr)

Dans la même collection (en partenariat avec le CNRS) : *Biodiversité(s)* (2010), *Mondes polaires* (2012) et *Écologie chimique* (2012).

**184 pages (17x22) – 24,90 €
Mise en vente le 30 janvier 2014**

Contacts presse :

Solène Perronno 01 44 39 24 92 sperronno@cherche-midi.com
Muriel Ilous 01 44 96 43 09 muriel.ilous@cnrs-dir.fr



SOMMAIRE

Avant-propos	8
Préface	10
1. “La mer ! partout la mer ! Des flots, des flots encore”	13
2. Avoir des yeux sous la mer	29
3. Un bestiaire marin insoupçonné	43
4. Les animaux de l’extrême	61
5. Rester connecté : un parcours semé d’embûches et de hasards	77
6. Qui mange qui ? Qui aide qui ?	95
7. Dessiner l’océan : les mathématiques de la mer	109
8 • Changement global : impacts sur les écosystèmes et défis sociétaux ..	125
9. L’homme et la mer : un patrimoine à sauvegarder	147
10. Quel futur pour la mer ?	167
Glossaire	176
Liste des auteurs	180
Pour en savoir plus et crédits photographiques	182
Remerciements	183



Avant-propos

La mer est une partie familière de notre planète. Nous en avons tous une expérience concrète de par nos lieux d'habitation, de loisirs, de ressources alimentaires. Cependant, les mondes marins, dans leur diversité comme dans leur fonctionnement, restent encore secrets. Ceci tient tout autant de leur immensité que de leur difficulté d'accès. Même la précision encore jamais égalée des moyens modernes d'investigation apparaît bien modeste face à la surface et à la profondeur des océans, où règne l'obscurité.

Nées dans l'Antiquité, notamment avec Aristote qui décrivit, entre autres, l'appareil masticateur des oursins, les sciences de la mer ne sont véritablement entrées dans l'ère scientifique que grâce à l'aménagement des premiers navires à vocation océanographique et les premières grandes expéditions du XIX^e et du début du XX^e siècle. Ainsi, les bâtiments de la Royal Navy, *Lightning* et *Porcupine*, transformés provisoirement en navires de recherche le temps des étés 1868 à 1870 pour des campagnes dans l'Atlantique nord ; la corvette *Challenger*, allégée de 16 de ses 18 canons, qui réalisa le premier tour du monde dédié à l'océanographie et à la biologie marine (1872-1876, près de 70 000 milles nautiques parcourus), le yacht *Hirondelle* du prince Albert I^{er} de Monaco, le *Pourquoi Pas ?* du commandant Charcot qui explora les mers polaires au nord comme au sud... Plusieurs siècles auparavant, la voie des mers avait rendu possible la découverte de notre planète. Cela grâce à la constitution des premières cartes côtières, puis à l'audace des navigateurs et explorateurs qui, s'étant tournés vers le large, avaient cessé de faire de la mer une frontière infranchissable. L'histoire de l'humanité est intimement liée à la mer.

Depuis quelques décennies, les sciences de la mer connaissent un essor considérable, en intégrant les développements technologiques les plus innovants : submersibles grands fonds, engins télécommandés, capteurs et biocapteurs, dispositifs d'imagerie sous-marine... sans oublier l'arsenal analytique de la chimie, de la génétique ou de la biologie, largement sollicité par les chercheurs. La recherche marine avance à grands pas et ses progrès apportent des découvertes captivantes comme les oasis exubérantes des dorsales océaniques brûlantes, ou celles du fascinant crabe yéti couvert de longs poils blancs, d'un poisson au crâne totalement transparent... Le fond des mers laisse également

entrevoir de fabuleuses ressources, minérales, énergétiques, biologiques, thérapeutiques... et l'influence de l'océan sur le système terrestre, notamment sur la régulation du climat, est aujourd'hui mieux cernée. Ces progrès nous révèlent tout ce qui nous est encore inconnu, le flux même des découvertes étant le témoin de notre ignorance.

Dans les années à venir, les sciences de la mer devront relever un double défi : celui, scientifique, d'aller vers une vision intégrative du « système » océan, associant écologie, biodiversité, océanographie, dans une même démarche et dans une même synthèse ; celui, plus ambitieux encore, de réfléchir à la *blue society* et de répondre aux enjeux de la croissance bleue. Il s'agit de permettre à nos sociétés de pratiquer un usage raisonné des ressources marines, apprenant ainsi à vivre avec la mer.

Cet ouvrage a pour ambition d'illustrer quelques-uns des points remarquables qui constituent les sciences de la mer d'aujourd'hui. Il est le fruit de la réflexion d'une vingtaine de scientifiques du CNRS réunis au sein de l'Institut écologie et environnement. Il s'inscrit ainsi dans le prolongement de la prospective, à vocation exclusivement scientifique, que l'institut vient de consacrer à la mer (juin 2013). Il témoigne enfin de l'importance que revêtent, pour le CNRS, les disciplines qui forment le socle de l'INEE dans la connaissance de l'océan.

Stéphanie Thiébaud
Directrice de l'Institut écologie et environnement du CNRS

Bruno David
Chargé de mission à l'Institut écologie et environnement du CNRS

Françoise Gaill
Comité national de la mer et des littoraux



Préface

La mer est, de loin, la destination préférée des Français. L'émission « Thalassa », consacrée à la mer, est l'une des plus populaires de la télévision française. Le Vendée Globe enthousiasme les foules (1 million de personnes ont assisté au départ de l'édition 2012-2013). La France possède le deuxième territoire maritime du monde... Pourtant, selon les mots d'Éric Tabarly : « La mer, c'est ce que les Français ont dans le dos quand ils sont à la plage. »

Dans une situation économique difficile, il est de plus en plus incompréhensible que notre pays n'exploite pas mieux les atouts dont il dispose à sa porte. Quelques stratégies ont commencé à s'en émouvoir. Le Grenelle de la mer, après celui de l'environnement, a proposé des pistes. Des chantiers se sont ouverts, comme l'objectif de 20 % d'aires marines protégées d'ici 2020 ou le développement des énergies marines. Mais nous sommes encore bien loin du compte. Malgré ces avancées, une politique des pêches confuse continue de favoriser une surexploitation des ressources préjudiciable aux espèces, donc aux pêcheurs. Par ailleurs, l'océan est toujours l'exutoire de multiples déchets dont 80 % proviennent de l'intérieur des terres. Plus généralement, une méconnaissance des réels enjeux, tant du point de vue écologique qu'économique ou géostratégique, se perpétue.

Notre connaissance des océans vient des travailleurs de la mer, relayée souvent avec talent par le monde culturel. Elle vient également des scientifiques qui explorent pour nous cet univers, nous en révèlent les richesses, les lois et les opportunités. Ce message-là est souvent porté moins fort, parfois dans un langage difficilement accessible au profane. Il est pourtant essentiel. Tout d'abord, pour remettre les choses en perspective, comment ignorer ce milieu qui représente 97 % de l'eau présente sur la planète et 96 % du volume offert à la biosphère, le lieu où la vie peut se développer ? Comment passer à côté du fait que les trois quarts des objets qui nous entourent ont pris le bateau ? Que 60 % de la population mondiale vit à moins de 100 km des côtes ? Ensuite, il faut s'émerveiller, non seulement devant la beauté qui, dit-on, sauvera le monde, mais aussi devant l'étendue et la complexité des espèces marines, leur « ingéniosité » à survivre dans des environnements sans oxygène ou sans lumière, avec des pressions démentielles, des températures glacées ou brûlantes, une extrême pauvreté en nourriture.

Il est indispensable de prendre conscience de cet immense réservoir de vie : les 300 000 espèces connues ne constituent peut-être que 10 % de la biodiversité des océans. Cela signifie des millions de molécules, de processus biochimiques mis au point durant près de 4 milliards d'années pour se nourrir, se reproduire, se déplacer, se fixer ou lutter contre les prédateurs. Une sorte de gigantesque catalogue qui pourrait nous inspirer et nous fournir des solutions d'avenir en termes de nutrition, de pharmacopée et de processus bio-industriels !

En parallèle, il est crucial de prendre conscience des dangers que notre traitement anarchique de la planète fait courir à ce pays de cocagne : 75 % des espèces commerciales de poissons surexploitées ; une acidification qui a augmenté de 30 % depuis 1750, mettant en danger le plancton et donc la vie océanique tout entière ; des particules de plastique disséminées dans tous les océans s'intégrant dangereusement à la chaîne alimentaire, sans parler des pesticides, métaux lourds, perturbateurs endocriniens et nanoparticules dont nous commençons seulement à comprendre le pouvoir de nuisance.

À l'imaginaire populaire voulant que la mer soit si vaste et les poissons si féconds qu'elle demeurera de toute éternité un réservoir de vie et un réceptacle de nos déchets, il faut donc bien opposer la science et la connaissance de ce qui a été, de ce qui est et de ce qui sera, pour le meilleur ou pour le pire. À nous d'en décider.

Churchill disait : « Un pessimiste voit la difficulté dans chaque opportunité, un optimiste voit l'opportunité dans chaque difficulté. » La mobilisation des consciences est indispensable sur la plus large échelle possible. La voix des scientifiques est là pour nous décrire la réalité, l'état de l'art, aider à la prospective et fournir des outils. C'est ensuite à chacun, là où il est, de s'en saisir : État, industriels, collectivités, associations, grand public, pour que nous puissions construire l'avenir sur le réel et non sur le fantasme.

Ce livre s'adresse donc à tous, c'est un premier pas. Si au moins chacun, en le refermant, pouvait considérer l'océan d'un autre œil, il aurait largement atteint son but. Je le souhaite pour les concepteurs de l'ouvrage, mais je le souhaite encore plus pour nous tous, habitants de la planète bleue.

Isabelle Autissier,
navigatrice.

EN-TÊTES DE CHAPITRES

« La mer ! Partout la mer ! Des flots, des flots encore » Victor Hugo

Sur Terre, il n'y a pas moins de 1,4 milliard de milliards de tonnes d'eau ! Et il s'agit en grande majorité d'eau salée, contenue dans les mers et les océans de notre planète. C'est justement dans cet immense réservoir que les premières formes de vie sont apparues, il y a 3,8 milliards d'années, et c'est là que vivent aujourd'hui des centaines de milliers d'espèces de micro-organismes, de mollusques, de poissons, etc. Au fil du temps, au fil de ces millions d'années, les espèces marines se sont adaptées à un milieu de vie salé et sous pression, ont évolué – certaines petites antilopes ayant vécu sur les berges de rivières sont même devenues amphibiens, puis totalement aquatiques – et ont développé parfois des stratégies de vie surprenantes. Bienvenue sous les flots...

Avoir des yeux sous la mer

Pour explorer le monde des mers et des océans, fascinant mais quelque peu hostile pour celui qui n'y est pas né, l'homme a dû faire preuve d'imagination. Il a inventé des scaphandres autonomes dans les années 1940, puis des engins submersibles sous-marins de plus en plus perfectionnés et maniables. Le sous-marin Nautil, capable de descendre jusqu'à 6 000 m de profondeur avec trois personnes à bord durant huit heures, et dont la Chine vient d'acquérir un exemplaire, a encore de beaux jours devant lui, tandis que les États-Unis viennent de construire le successeur du mythique Alvin. Autres avancées technologiques majeures pour la recherche et l'exploration des océans : les robots télécommandés qui remplacent de plus en plus les hommes et les sondes miniaturisées qui permettent d'équiper les animaux et de suivre leurs moindres faits et gestes... Aujourd'hui, des milliers d'yeux sont tournés vers la mer.

Un bestiaire marin insoupçonné

Y-a-t-il réellement plus d'espèces sur les continents que dans les océans ? La question fait débat... Plusieurs certitudes existent néanmoins. La première est que les espèces marines représentent 15 % de l'ensemble des espèces vivantes recensées à ce jour sur la planète et décrites par la science. La seconde est que plus de 90 % des organismes marins – qu'il s'agisse d'animaux, de plantes ou de champignons – restent encore à découvrir et à répertorier. Sans compter les bactéries et les virus. Autrement dit, des pans entiers de la diversité des espèces marines sont à explorer. Et pour les aider dans cette vaste mission d'inventaire marin, les scientifiques disposent, en plus des méthodes classiques qui restent indispensables, de nouveaux outils moléculaires particulièrement efficaces.

Les animaux de l'extrême

Des branchies pour respirer, une grande résistance à la salinité, des vessies natatoires qui jouent le rôle de ballast pour descendre et remonter des profondeurs... Quoi de plus normal dans le milieu marin ? Mais certaines espèces ont élu domicile dans des habitats insolites et parfois même extrêmes. Par exemple, des archées prolifèrent à des températures de plus de 120 °C dans les parois des fumeurs noirs tandis que certaines espèces de morues ont pris leurs quartiers dans les eaux glaciales des régions polaires grâce à d'efficaces protéines antigèle. Ces espèces « extrémophiles ne manquent pas de susciter la curiosité des scientifiques qui sont à la recherche d'espèces modèles pour comprendre l'évolution de la vie marine et les capacités d'adaptation de ces espèces à toute une gamme d'environnements.

Rester connecté : un parcours semé d'embûches et de hasards

Rester connecté avec ses semblables est essentiel pour assurer la pérennité et l'évolution des populations. Et, pour se déplacer, les organismes marins disposent de nombreuses stratégies, même quand les adultes sont immobiles ! Fixés à un rocher, ces derniers s'en remettent ainsi à leur progéniture en envoyant leurs œufs, larves ou spores à la conquête des océans. Mais voyager au sein de l'océan pour rejoindre ses congénères n'est pas si simple. En s'aventurant en dehors de leur territoire, les individus les plus téméraires peuvent se heurter à des obstacles invisibles ou inattendus, comme des courants marins ou de brusques changements de température, et doivent faire face à de nombreux prédateurs. Rester connecté dans le monde marin est souvent une grande aventure, placée sous le signe de la chance. Seul un petit nombre arrivera au bout du chemin...

Qui mange qui ? Qui aide qui ?

Il y a les poissons-clowns, les micro-algues phosphorescentes, les requins marteaux ou encore les baleines blanches... Sous la surface des océans, des milliers d'espèces marines, de quelques microns à plusieurs dizaines de mètres, vivent et cohabitent dans un joyeux désordre. Un désordre apparent seulement. Car chacun a sa place, ses ennemis et aussi ses alliés. Les scientifiques tentent ainsi de comprendre les interactions qui se jouent entre les organismes marins et comment la compétition ou la symbiose peuvent être sources d'innovations évolutives. Les coraux peuvent ainsi vivre dans des milieux extrêmement pauvres en éléments nutritifs en s'associant à des algues photosynthétiques, tandis que les vers tubicoles arrivent à s'acclimater aux sources hydrothermales en hébergeant des bactéries friandes de soufre.

Dessiner l'océan : les mathématiques de la mer

Si deux plongeurs avaient pour mission d'explorer l'ensemble des récifs coralliens de la planète et de recenser les quelque 6 000 espèces de poissons qui y vivent, il leur faudrait l'équivalent de quatre-vingt-six années de plongée ! Dès lors, on comprend l'importance de la modélisation océanique. Basés sur quelques données de terrain et des variables environnementales bien choisies, les modèles mathématiques permettent, en effet, d'inférer une vision globale des écosystèmes, à l'échelle de la planète mais aussi à travers le temps. Ces modèles sont devenus essentiels pour comprendre les processus qui ont généré la diversité des écosystèmes, établir des politiques de conservation ou anticiper les effets des changements globaux. Évaluer, par exemple, la disponibilité des stocks de poissons dans les prochaines décennies à l'échelle planétaire sous les contraintes conjuguées des pressions humaines et climatiques relève désormais d'un objectif réaliste grâce aux mathématiques de la mer.

Changement global : impacts sur les écosystèmes et défis sociétaux

À l'ère de l'Anthropocène, les écosystèmes marins sont soumis à de nombreuses pressions, à ce que l'on appelle le « changement global : au changement climatique, bien sûr, mais aussi à la surexploitation des ressources marines, aux pollutions chimiques ou encore à l'introduction d'espèces invasives. Mais comment les écosystèmes répondent-ils à ces perturbations ? Comment les espèces s'adaptent-elles et réagissent-elles face aux modifications profondes de leur environnement ? Jusqu'ici, étonnamment bien. Mais il en faudrait peu pour que le fragile équilibre établi se brise, que le seuil de tolérance des espèces soit franchi... Aujourd'hui, la recherche s'intensifie et sollicite la société – qui fait partie intégrante de la biosphère – pour assurer le bon fonctionnement des écosystèmes marins, maintenir leur biodiversité.

L'homme et la mer : un patrimoine à sauvegarder

Le récit de l'aventure humaine est inséparable de l'histoire des interactions tumultueuses que l'homme entretient avec la mer. Du vaisseau *Argo* de la Toison d'or au sous-marin chinois *Jialong*, du *Nautilus* à l'expédition Tara, des flibustiers aux pirates des temps modernes, l'océan continue de fasciner et de susciter de vives convoitises. Au rythme de la découverte de ses trésors cachés et de la mondialisation des échanges, l'océan est le théâtre de revendications de souveraineté et de conflits exacerbés d'accès et d'usages. Entre logique de prédation et de partage concerté de l'espace et des ressources présentes et à venir, les relations de l'homme et du milieu marin sont un enjeu géostratégique majeur du XXI^e siècle.

Quel futur pour la mer ?

La destinée de l'odyssée humaine est intrinsèquement liée à celle de l'océan. Quelles auraient été les aventures d'Ulysse sans la Méditerranée ? Le roman de Pierre Loti sans les terre-neuvas ? La vie des pêcheurs *imraguens* de Mauritanie sans les dauphins ? Et le professeur Aronnax sans le capitaine Nemo ? Sans oublier Moby Dick, Flipper le dauphin, le capitaine Haddock et ses célèbres jurons... Fruits de l'union de l'imaginaire et du réel, tous ces récits, épopées et paysages aux couleurs de l'océan ont façonné l'histoire des hommes. L'océan s'ancre dans la mémoire et l'avenir de l'humanité. Alors, n'est-il pas du devoir de l'homme de contribuer à la conservation de ce patrimoine pour les générations présentes et futures ?



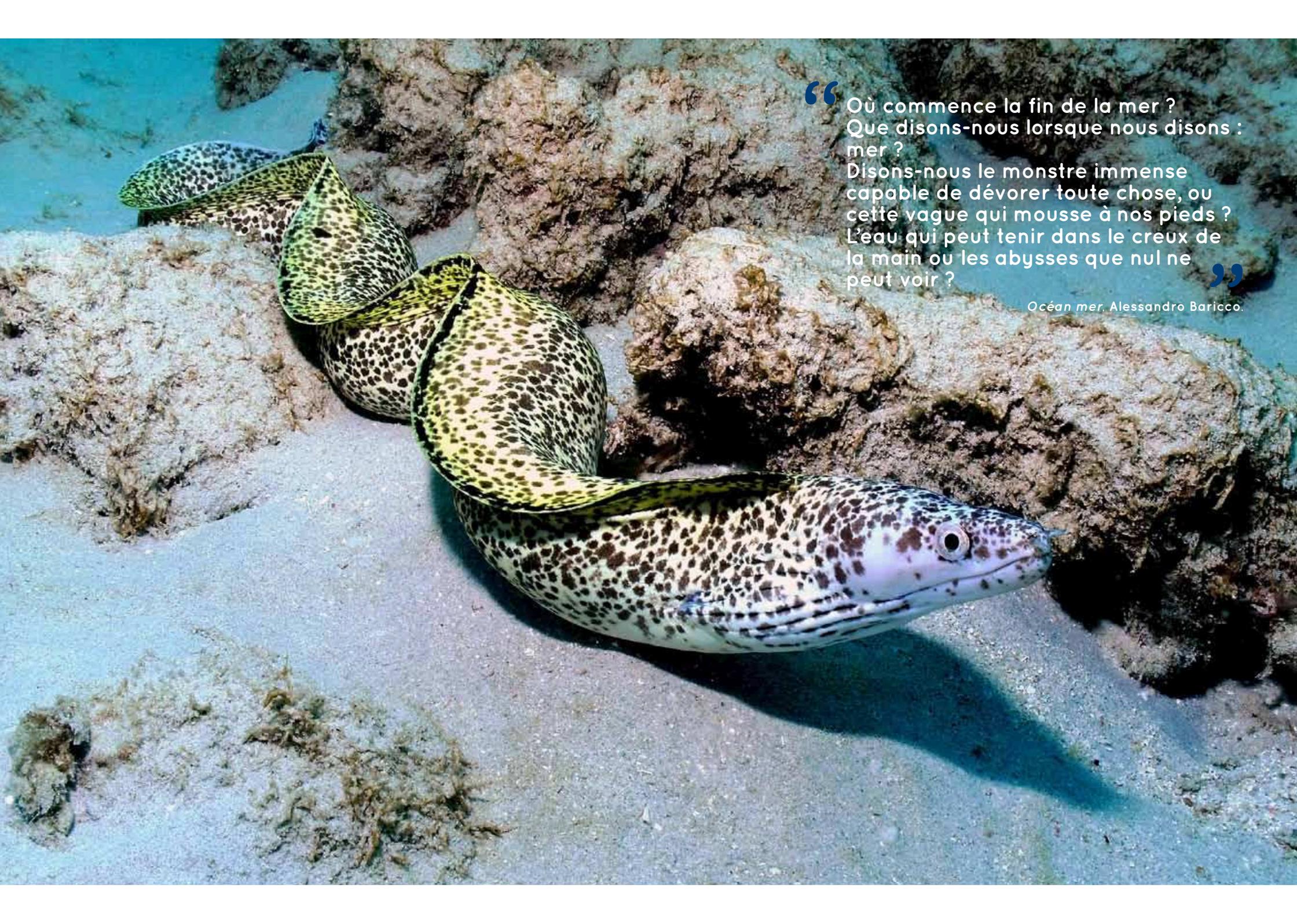
Damiers du Cap surfant sur une vague de l'océan Austral (Antarctique).

Sur Terre, il n'y a pas moins de 1,4 milliard de milliards de tonnes d'eau ! Et il s'agit en grande majorité d'eau salée, contenue dans les mers et les océans de notre planète. C'est justement dans cet immense réservoir que les premières formes de vie sont apparues, il y a 3,8 milliards d'années, et c'est là que vivent aujourd'hui des centaines de milliers d'espèces de micro-organismes, de mollusques, de poissons, etc. Au fil du temps, au fil de ces millions d'années, les espèces marines se sont adaptées à un milieu de vie salé et sous pression, ont évolué - certaines petites antilopes ayant vécu sur les berges de rivières sont même devenues amphibiens, puis totalement aquatiques - et ont développé parfois des stratégies de vie surprenantes. Bienvenue sous les flots...



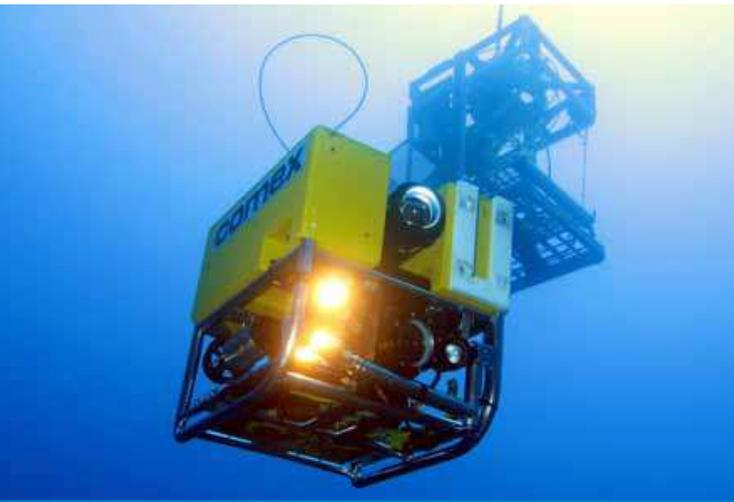
1.
“LA MER !
PARTOUT LA MER !
DES FLOTS, DES FLOTS
ENCORE”

Victor Hugo



“ Où commence la fin de la mer ?
Que disons-nous lorsque nous disons :
mer ?
Disons-nous le monstre immense
capable de dévorer toute chose, ou
cette vague qui mousse à nos pieds ?
L'eau qui peut tenir dans le creux de
la main ou les abysses que nul ne
peut voir ? ”

Océan mer. Alessandro Baricco.



Minirobot Super Achille de la Comex équipé de caméras et d'un bras de manipulation.



Mesures *in situ* à 2 500 m de profondeur sur des vers *Riftia pachyptila* qui tirent leur énergie de composés chimiques dissous tels le sulfure d'hydrogène présent dans les fluides hydrothermaux.



Le sous-marin français *Nautilie* et son navire support *Aialante*. Le *Nautilie* peut descendre jusqu'à 6 000 mètres en embarquant deux navigateurs et un scientifique qui peut ainsi réaliser observations, prélèvements et expériences sur des sites profonds.

LES SOUS-MARINS DE GRANDE PROFONDEUR, SOURCES DE DÉCOUVERTES INATTENDUES

Une sphère de métal équipée d'un hublot de quartz accrochée au bout d'un câble, voilà le dispositif qui a permis pour la première fois au naturaliste américain William Beebe de plonger à 923 m et de décrire *in situ* les propriétés bioluminescentes, l'activité et l'abondance des poissons de grands fonds, restés inaccessibles par les méthodes classiques de l'océanographie biologique profonde de type filet ou drague. Nous sommes alors en 1934. La bathysphère à l'origine de ce record mesure 1,45 m de diamètre et ses deux occupants n'ont d'autre choix que d'y entrer la tête la première. Une fois immergés, deux hublots de 20 cm de diamètre leur permettent de voir les fonds marins éclairés par deux gros projecteurs. Et la sphère est guidée depuis la surface grâce aux indications téléphoniques du pilote. Le FNRS 2, premier véritable sous-marin

profond équipé de batteries, de ballasts et d'un propulseur, a été testé en 1948 au large de Dakar par Auguste Piccard, attirant la curiosité des scientifiques bien au-delà du cercle des biologistes marins. Auguste Piccard entreprend par la suite la construction d'un nouveau bathyscaphe, le *Trieste*, qui sera transformé par l'US Navy. Le 23 janvier 1960, ce nouvel engin permettra à l'Américain Don Walsh et à Jacques Piccard (le fils d'Auguste) d'atteindre le fond de la fosse des Mariannes au large des Philippines en cinq heures de descente, soit 10 916 m de profondeur. Un record toujours d'actualité, puisqu'il n'a été dépassé, mais de très peu, qu'en 2012 par James Cameron, le réalisateur de *Titanic* : il a atteint 10 994 m grâce à un prototype unique de sa fabrication et est devenu ainsi le troisième homme à atteindre ces profondeurs !

Plus modestement, c'est grâce à ce type d'engins que les canyons sous-marins ont été explorés au début des années 1960, et aussi que les premiers récifs de coraux profonds et leurs biocénoses ont été inventoriés et décrits dans leur milieu naturel. La découverte des sources hydrothermales en 1976 a bien sûr marqué un cap en révélant des écosystèmes inconnus, déconnectés de la photosynthèse. Cette découverte fortuite – il s'agissait au départ de vérifier les échanges de chaleur entre la croûte océanique et l'océan – illustre l'importance de cette « vision sous-marine ». Si les technologies ont beaucoup évolué depuis les explorations pionnières, les principes de base des submersibles de grands fonds « habités » utilisés pour la recherche n'ont fondamentalement pas changé : une sphère de titane ou

d'acier, ou même en acrylique pour des profondeurs de moins de 1 000 m, qui protège les occupants de la pression extérieure. Celle-ci se multiplie par 10 tous les 100 m, soit 600 fois pour les sous-marins conçus pour plonger jusqu'à 6 000 m. Les plus utilisés – l'*Alvin* opéré par la Woods Hole Oceanographic Institution qui vient de laisser la place à l'*Alvin II*, le *Nautilie* d'Iframer et le *Shinkai* du JAMSTEC (Japan Agency for Marine Earth Science and Technology) – sont des outils à vocation principalement scientifique. Les enjeux sont grands, compte tenu du rythme des découvertes en géologie et en écologie, et de l'intérêt croissant pour les ressources profondes qui guident le développement de nouveaux sous-marins (Chine, États-Unis, Inde).

LES RÉCIFS CORALLIENS, VÉRITABLES FORÊTS TROPICALES SOUS-MARINES

Les récifs coralliens sont des « points chauds », des « hotspots » de biodiversité, tant par le nombre d'espèces que par la variété des formes, des couleurs, et bien sûr des taxons. À ce titre, on les compare bien souvent aux forêts tropicales humides que l'on trouve en Asie, en Afrique ou en Amazonie. Ce qui caractérise également les récifs coralliens, c'est leur aspect fragmenté : petits ensembles parfois proches géographiquement, comme dans le cas de la Grande Barrière australienne, ou parfois bien plus isolés, comme dans les îles du Pacifique. Alors qu'ils ne couvrent que 0,15 % de la superficie des océans, les récifs de corail rassemblent 25 % de la biodiversité des mers. Une comparaison simple permet de comprendre ces chiffres : tout se passe comme si, en moyenne, sur 1 km² de récifs coralliens, on trouvait autant de biodiversité macroscopique que dans toute la France métropolitaine ! On comprend alors pourquoi ces récifs font l'objet de recherches intenses. Ces recherches, dans le domaine de l'écologie, tentent principalement de comprendre la dynamique, le maintien et le renouvellement

de cette biodiversité dans un écosystème riche et fragmenté comme on n'en trouve pas vraiment ailleurs. L'autre originalité du récif corallien tient à la nature même de sa construction, à savoir une construction vivante fabriquée par le corail. Les coraux dans les récifs sont dominés par les coraux hermatypiques, qui hébergent une algue unicellulaire, la zooxanthelle. C'est cette symbiose qui leur donne toute l'énergie pour construire des kilomètres de récifs vivants. On compte environ 1 000 espèces de coraux hermatypiques, que l'on trouve presque exclusivement dans la zone tropicale car elles ont besoin d'une eau à plus de 26 °C pour un bon développement. Dans ce domaine, se focalisent à présent beaucoup de recherches dont les objectifs sont de mieux comprendre le développement du corail et de sa calcification dans un contexte de changement climatique (et notamment d'acidification des océans) et de stress anthropique... Ces recherches montrent déjà des régressions significatives des récifs.



Les récifs coralliens en Polynésie. Ici l'atoll de d'Anua Nurarao et, ci-dessous, l'atoll Tetiaroa.



Gorgone sur un récif corallien en Nouvelle-Calédonie. La gorgone est une colonie de petits animaux dont la forme évoque une plante.



Le poisson « hache d'argent », *Argyropelecus aculeatus* (3 à 5 cm) est commun dans la partie subtropicale de l'océan Indien. Il effectue des migrations verticales dans les abysses entre 100 m et 800 m de profondeur. Ses yeux de grande taille sont adaptés à l'obscurité. Il possède des organes bioluminescents (photophores) ventraux.

Des branchies pour respirer, une grande résistance à la salinité, des vessies natatoires qui jouent le rôle de ballast pour descendre et remonter des profondeurs... Quoi de plus normal dans le milieu marin ? Mais certaines espèces ont élu domicile dans des habitats insolites et parfois même extrêmes. Par exemple, des archées prolifèrent à des températures de plus de 120 °C dans les parois des fumeurs noirs tandis que certaines espèces de morues ont pris leurs quartiers dans les eaux glaciales des régions polaires grâce à d'efficaces protéines antigel. Ces espèces « extrémophiles » ne manquent pas de susciter la curiosité des scientifiques qui sont à la recherche d'espèces modèles pour comprendre l'évolution de la vie marine et les capacités d'adaptation de ces espèces à toute une gamme d'environnements.

4. LES ANIMAUX DE L'EXTRÊME



FOCUS

recherche

LES MERS ET LES OCÉANS ONT-ILS UN PRIX ?

Quelle est la valeur des mers et des océans ? Si l'on considère les milieux marins, qui couvrent la planète aux deux tiers et sont essentiels au fonctionnement et à la régulation de la biosphère, alors la réponse est évidente : la valeur des mers et océans est incommensurable, ou alors infinie. Si l'on considère, à présent, les hommes et leurs attitudes, alors la réponse est différente : les mers et océans sont considérés comme n'ayant aucune valeur, ou une valeur très faible, tant ils semblent ne s'intéresser à ces milieux que du point de vue des loisirs ou des bénéfices économiques à en tirer.

On observe bien ici un paradoxe. L'environnement marin s'apparente pour l'homme à un capital naturel, constitué

d'éléments divers dont il tire bénéfice et que l'on qualifie de services écosystémiques (l'exemple le plus immédiat est celui du poisson fourni par la mer et dont l'homme se nourrit). Pourtant, l'homme paraît ne pas faire attention à ce capital, en le laissant se dégrader alors qu'il constitue son cadre de vie.

Plusieurs pistes sont avancées pour expliquer cette situation. Les économistes mettent en avant le fait que l'essentiel des services écosystémiques fournis par les océans n'est pas de nature marchande (plages pour se baigner, observation du paysage marin, fonction de régulation du climat, etc.). Ils contribuent indéniablement au bien-être humain, mais ils demeurent invisibles dans un système

La contemplation d'un tel paysage marin a incontestablement une valeur esthétique, mais dans un monde gouverné par l'économie, ce paysage a-t-il un prix ?

d'économie de marché dont le fonctionnement est gouverné par des variables particulières que sont les prix, les profits ou, le cas échéant, les pertes. De ce fait, leur dégradation n'a pas ou peu d'incidences financières directes sur les activités humaines qui en sont à l'origine. Et ces dernières ne sont pas orientées par un signal « prix » qui pourrait conduire à en modifier la trajectoire dans le sens d'une meilleure prise en compte de l'environnement.

Pour sortir de cette impasse, de nombreux économistes jugent utile de valoriser ces services écosystémiques fournis par les milieux marins, c'est-à-dire de proposer, en unités monétaires, une mesure du bien-être humain associé. Exprimer ainsi

un prix pour la biodiversité marine est selon eux un moyen de rendre visibles ces services écosystémiques, de mettre en perspective, dans les processus de décision, le risque de leur dégradation avec d'autres enjeux liés au développement économique, et d'alerter ainsi sur l'impératif de conserver les mers et océans dans un bon état. Cet exercice est cependant délicat à mettre en œuvre, tant sur le plan éthique que technique, et saurait difficilement être suffisant pour induire les changements de comportements nécessaires. Pour ces raisons, d'autres indicateurs que le prix de la nature sont également indispensables pour l'adoption d'usages durables, comme les écolabels ou les normes environnementales, par exemple.