

# La place des océans dans les sciences de l'environnement

Par **Françoise GAILL**

Directeure de recherche émérite au CNRS

L'article identifie l'océan comme un environnement majeur, encore sous-évalué dans le champ des sciences de l'environnement. Nous retracerons ici l'émergence d'une « communauté océan » depuis le Grenelle de la Mer jusqu'à la mise en place du Conseil national de la mer et des littoraux (CNML). Nous nous interrogerons sur l'évolution du terme « océan », sur son usage, au pluriel ou au singulier, et sur sa perception en tant qu'objet physique, en tant qu'environnement ou en tant qu'écosystème et biosphère. L'analyse des interactions océan-climat sera présentée dans cet article comme un des enjeux majeurs actuels avant de considérer la validité de la spécificité du milieu marin et ses implications scientifiques. Pour étudier ce milieu naturel, le développement d'infrastructures dédiées est nécessaire : le nouveau concept d'expéditions légères (telle celle de la goélette Tara Océans) fait évoluer le paysage de l'exploration maritime. Se pose également la question de ce qui est spécifique au milieu marin. Un autre enjeu de l'océan est le formidable potentiel qu'il représente du point de vue énergétique, des ressources minérales et des biotechnologies. Enfin, nous resituerons l'océan en tant que bien commun faisant l'objet d'une attention particulière aussi bien aux niveaux national (loi Leroy) et européen (bon état écologique et économie bleue) qu'au niveau international (avec la question de la gouvernance de la haute mer, actuellement en débat à l'ONU).

Les sciences de l'environnement sont récentes : leur reconnaissance institutionnelle date de moins d'une dizaine d'années. Il s'agit d'un champ scientifique regroupant un ensemble de disciplines et d'approches variées autour de l'environnement. Ce champ scientifique a été institué par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche lors de la création de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi), en 2010. Cette alliance vise aujourd'hui à coordonner les recherches françaises pour réussir la transition écologique et relever les grands défis sociétaux [1]. Treize thématiques sont identifiées pour relever ceux-ci, dont une seule sur la mer, ce qui permet d'emblée de situer l'importance relative des recherches réalisées dans le domaine marin.

D'ailleurs l'océan constitue-t-il vraiment un environnement ?

Oui, au sens où l'on qualifie un espace au travers de ses propres caractéristiques qui permettent de le définir comme une entité singulière. L'océan borde les continents. Or « ce qui entoure », « ce qui limite » est un des sens étymologiques du terme « environnement » [2]. Cette étendue liquide se différencie bien des parties continentales, qu'elle borde au niveau des littoraux, pour ce que nous en voyons. Ces dernières ne sont d'ailleurs que la

partie émergée de l'iceberg, car cette rencontre terre/mer se prolonge jusqu'au plus profond de l'océan, l'océan se situant en réalité au-dessus du plancher océanique qui est la véritable interface terre/mer, même si ce que nous entendons généralement par « couple terre-mer » désigne des zones fortement anthropisées, comme les littoraux.

## Du Grenelle de la Mer au programme de la mer d'AllEnvi

Dès 2008, avec le Grenelle de la Mer [3], l'État a souhaité mettre l'océan et les thématiques maritimes au cœur des politiques publiques après la tenue du Grenelle de l'Environnement. Ce Grenelle de la Mer a été un événement majeur en France. En effet, il a donné naissance à une communauté « mer et océan ». Celle-ci regroupait l'ensemble des acteurs de la mer, qu'il s'agisse de pêcheurs, d'ONG, de quelques scientifiques, d'entrepreneurs de la mer ou de gestionnaires de politiques publiques ou d'élus.

En dépit de confrontations internes et de fortes dissensions, un espace commun était alors identifié autour d'un environnement à explorer, d'écosystèmes à protéger et de ressources à partager, qu'elles soient énergétiques, minérales ou vivantes. De tels événements marquent une génération et fondent une communauté d'intérêts parta-

gés par des ensembles humains qui auparavant étaient dispersés. Ils génèrent également de nouvelles attentes et ambitions, dont celle de la prise en compte de ce nouvel environnement dans les affaires de la nation, y compris dans celles relatives à la connaissance. Les institutions de recherche n'ont pas participé en tant que telles à ce Grenelle, mais celui-ci a donné naissance à 18 comités opérationnels (dans les domaines identifiés au cours du Grenelle), dont celui de la Recherche et de l'Innovation [3] dans lequel les scientifiques étaient parties prenantes.

En 2009, le Comité pour la recherche et l'innovation du Grenelle de la Mer a fait plusieurs recommandations, dont trois ont été identifiées comme prioritaires : la mise en place du COMER (COMité national pour la recherche marine maritime et littorale), la demande de la rédaction d'un programme mer à AllEnvi et la création d'une Fondation de la mer.

C'est ainsi qu'en 2010, à la suite du Grenelle de la Mer, le Conseil national de la mer et du littoral (CNML) a été mis en place, ainsi que, dans son sillage, le COMER [3]. Reconfiguré récemment par Madame Ségolène Royal, la ministre de l'Écologie, il devrait remettre prochainement une Stratégie nationale de la mer, dont la rédaction est l'un des objectifs de la navigatrice Catherine Chabaud, qui a été récemment nommée (en 2016) Déléguée à la mer et au littoral.

D'autres initiatives ont été prises, là encore à la suite du Grenelle de la Mer, comme l'installation, en 2011, du Conseil d'orientation de la recherche et de l'innovation pour la construction et les activités navales (CORICAN).

Enfin, une association pour la Fondation de la mer a vu le jour en 2015 [4].

Le programme Mer a été rédigé, en relation avec le COMER, par AllEnvi [1] en réponse à la demande des ministres chargés de la Recherche et de l'Écologie. Il dresse un état des lieux de la recherche française sur les environnements marins et littoraux, de leurs moyens d'étude et des développements technologiques qui s'y rattachent, et identifie les enjeux de connaissance et de politiques publiques correspondants. Ce programme s'est appuyé sur différentes prospectives institutionnelles, dont celles du CNRS [5] et de l'Ifremer [6] : il souligne l'importance stratégique des approches et des infrastructures pour la connaissance et le suivi des milieux marins (observation, modélisation, expérimentation, plateformes satellitaires, navires et engins autonomes, développement de capteurs...).

## L'océan et le climat

Le néologisme « océanographie » a été créé en 1854, en Autriche, à partir du mot « Ozean » [2], auquel a été accolé la terminaison « graphie ». Ce nouveau terme nomme l'étude des océans et des mers de la Terre.

L'océanographie, qui est la discipline instituée s'intéressant aux océans, est multidisciplinaire : elle englobe des branches de la physique, de la chimie, des géosciences et de la biologie associée, mais c'est à la physique qu'elle

doit son cœur de discipline et sa puissance de modélisation des rapports océan/atmosphère. Ce qui au départ a fait la force de l'océanologie, c'est d'ailleurs l'étude de cette interaction océan/atmosphère qui constitue une composante forte des sciences du climat. Cette vision de l'océan s'inscrit aujourd'hui dans l'étude dites des « enveloppes superficielles du système Terre », les distinguant ainsi des profondeurs terrestres [4].

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) [7] vient de décider la rédaction d'un rapport spécial qui sera intitulé « Climat, océan et cryosphère », correspondant à une des priorités de la plateforme Océan Climat créée en 2014 en France [8] pour attirer l'attention des politiques sur le rôle majeur que joue l'océan dans le climat [9]. On oublie en effet trop souvent l'importance de l'océan pour le devenir de la planète et son rôle décisif dans le système climatique. L'océan couvre 70 % de la surface du globe, il absorbe environ 22 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par jour, c'est-à-dire le quart du CO<sub>2</sub> émis chaque année par l'homme dans l'atmosphère. L'océan est à l'origine de la moitié de l'oxygène que nous respirons et stocke 90 % du surplus de chaleur dû à l'effet de serre.

En tant que régulateur thermique [10], l'océan interagit de façon dynamique avec l'atmosphère pour assurer l'équilibre du climat, et ce, sur des temps longs. Plus chaudes au niveau des Tropiques, les eaux de surface remontent vers le Nord pour plonger dans les profondeurs après s'être refroidies (par exemple, dans la Mer de Norvège). Elles descendent alors à entre 2 000 mètres et 4 000 mètres de profondeur dans l'Océan Atlantique, le long du continent américain, avant de rejoindre les eaux profondes de l'Antarctique. Puis elles migrent vers les océans Indien et Pacifique, où elles remontent progressivement vers la surface : le cycle complet de ce transit dure près d'un millénaire ! L'excès de chaleur dû au réchauffement climatique absorbé par l'océan pourrait ralentir ce gigantesque tapis roulant, appelé « circulation thermohaline » [11], ce qui aurait pour effet de freiner en retour la capacité de l'océan à absorber ledit excédent de chaleur.

Qu'advierait-il ainsi de l'évolution du climat, si l'océan n'était pas là pour jouer un rôle de modérateur et jusqu'à quand sera-t-il en mesure d'assurer un tel rôle ? [8]. Il est encore trop tôt pour le dire, mais les résultats scientifiques montrent que l'océan tempère le changement climatique [12], qu'il est un puits de carbone et un accumulateur de chaleur, mais qu'il est, lui aussi, en train de changer. Depuis une trentaine d'années, les eaux de surface se réchauffent en moyenne de 0,2°C par décennie. Certains indices du ralentissement du « tapis roulant » ont déjà été relevés dans l'Atlantique Nord. Mais on manque de données pour démontrer sérieusement l'existence d'un changement dans la circulation océanique elle-même. Selon Thomas Stocker [13], on s'attend à un accroissement de la fréquence et de l'intensité d'événements climatiques extrêmes, comme les tempêtes, les cyclones ou les moussons. Une conséquence du réchauffement des eaux de surface est en tous cas d'ores et déjà palpable : dans l'une des régions de l'océan qui s'est réchauffée le plus rapidement au monde entre 2004 et 2013, le Golfe



Photo © V. Hilaire-Tara expéditions\_ Expédition Tara Océans

La goélette Tara et ses filets Bongos doubles en expédition.

« Mais c'est le programme Tara Océans [16] qui a été le premier à illustrer cette vision de l'océan en s'intéressant d'abord au vivant et à sa biodiversité pour structurer l'expédition éponyme et organiser des coopérations avec des océanographes. »

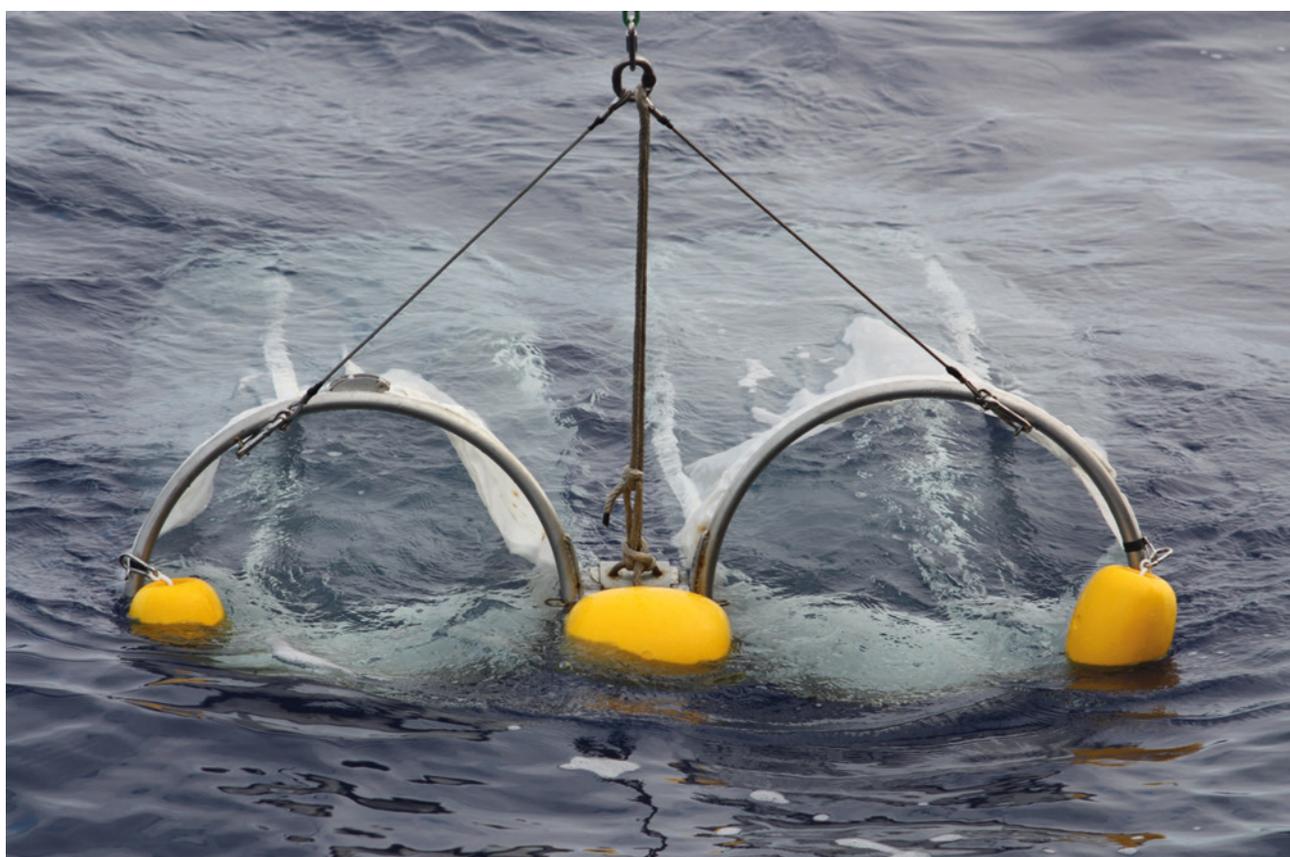


Photo © S. Bollet-Tara expéditions\_ Expédition Tara Océans

Filets Bongos servant à la collecte d'échantillons planctoniques.

du Maine (qui se situe sur la côte Est de l'Amérique du Nord), le stock de morue a brusquement décliné au cours de cette même période.

Le réchauffement de l'atmosphère entraîne mécaniquement celui des eaux salées. En effet, l'océan se dilate, et donc le niveau de la mer s'élève, et ce d'autant plus vite que la fonte des glaces s'accélère. Prendre l'océan en compte dans le système climatique est désormais une des priorités du GIEC, qui avait défriché cette question dans son 5ème rapport, attirant l'attention sur cet environnement majeur dans le système climatique. Les modèles envisageaient, il y a encore peu, une hausse minimale du niveau des mers d'un quart de mètre dès la fin du siècle, avec un maximum de 80 centimètres. Et les dernières publications montrent que si l'on tient compte de la fonte des glaciers de zones non prises en compte initialement dans les modèles du GIEC (pour différentes raisons) comme le Groenland et l'Antarctique [14], l'élévation du niveau des mers pourrait atteindre près de 2 mètres à la fin du XXIe siècle. On en voit d'emblée les conséquences catastrophiques pour les populations humaines et leur environnement : érosion, affaissements, submersion partielle (voire disparition totale) de certaines îles. Et les estimations actuelles indiquent que la moitié des espèces marines abritées dans les récifs coralliens pourraient avoir disparu à l'horizon 2050 [8]. On comprend donc aisément l'inquiétude des États insulaires et leur attachement à voir les océans pris en considération dans les questions climatiques.

## L'océan et la biosphère

Il est une vision de l'océan qui décentre l'objet visé non plus vers sa partie physique mais vers le vivant, faisant de l'océan un environnement particulier de l'ensemble « biosphère ».

Le *World Ocean Assessment* publié par les Nations Unies en 2015 [15] (mais trop souvent passé inaperçu) a identifié cet aspect. Mais c'est le programme Tara Océans [16] qui a été le premier à illustrer cette vision de l'océan en s'intéressant d'abord au vivant et à sa biodiversité pour structurer l'expédition éponyme et organiser des coopérations avec des océanographes. Tara Océans est le premier programme de recherche d'envergure *in natura* à avoir envisagé l'océan tel que l'on peut le voir en tant qu'environnement ou qu'écosystème, car l'écosystème étudié est présenté dans *Océanomics* [17] comme le plus grand des écosystèmes planétaires.

L'océan est ainsi diversement apprécié par les divers acteurs concernés. Enveloppe fluide du système Terre (si l'on se place du point de vue de l'océanographe), environnement incluant un écosystème planétaire (comme le plancton) pour Tara Océans ou, plus récemment, et plus simplement, « écosystème », puisque le préambule de la Convention de Paris de décembre 2015 (COP 21) mentionne, pour la première fois et de manière explicite, l'existence de l'océan en le considérant non pas comme un environnement, mais comme un écosystème. Et l'océan y est d'ailleurs plutôt identifié comme étant un ensemble

d'écosystèmes puisqu'il parle d'océans au pluriel (quand les Nations Unies définissent l'« Océan » comme le système englobant la diversité des milieux océaniques. Le passage mentionnant l'océan dans la Convention de Paris est le suivant : « *Notant qu'il importe de veiller à l'intégrité de tous les écosystèmes, y compris les océans, et à la protection de la biodiversité, reconnue par certaines cultures comme la Terre nourricière, et notant l'importance pour certaines de la notion de "justice climatique", dans l'action menée face aux changements climatiques ...* ».

L'Océan, cet ensemble d'océans spécifiques, serait alors le plus grand écosystème planétaire.

Mais les questions scientifiques qui se posent en milieu marin ou en milieu terrestre sont-elles si différentes ?

*A priori*, il n'y a aucune raison, du point de vue disciplinaire, à ce qu'il y ait une spécificité des sciences de la mer, si ce n'est la spécificité des approches en elles-mêmes. En effet, l'océan est plus difficile d'accès que l'espace continental et des infrastructures dédiées à son étude se sont fait jour au cours de l'histoire des sciences [18]. Les marins ont eu besoin de navires océanographiques ou de stations marines, et plus récemment se sont développées des instrumentations sous-marines (sous-marins, drones ou *gliders*) et des approches satellitaires.

Il existe également de nouvelles infrastructures, comme les Observatoires Génomiques (GO, pour *Genomics Observatories*) [19]. Ces dispositifs ont pour objectif de quantifier les interactions biotiques d'un écosystème et d'élaborer des modèles de la biodiversité pour prédire la qualité et la distribution des services écosystémiques. Ils sont répartis sur l'ensemble de la planète et beaucoup d'entre eux sont marins (Criobe en Polynésie, Roscoff et Banyuls...). Organisés en réseau, ils représentent le « pouls de la planète », avec pour objectif de promouvoir un développement soutenable grâce à une meilleure compréhension des interactions entre l'homme et son environnement. Des données génétiques sont reliées aux données biophysiques et socio-économiques, qui permettent d'observer le flux de la variation génétique dans les écosystèmes humains et naturels et d'intégrer ces informations dans des modèles prédictifs.

## Quelques questions ouvertes

Mais, en fait, les caractéristiques de l'espace-temps de l'environnement marin peuvent être considérées comme spécifiques, de par les caractéristiques physiques du milieu et de par ses dimensions au regard de l'échelle du vivant, en termes de continuité spatiale et de dynamique temporelle. La vie est certes apparue dans les océans. Mais c'est après sa sortie des eaux que sa diversification a explosé à une époque relativement récente [18]. Les dimensions spatiales de l'océan sont gigantesques à l'échelle du vivant et de l'évolution de la biosphère et de la dynamique de ce milieu, ainsi que du point de vue de son importance dans le fonctionnement du système Terre. Elles le sont également du point de vue de leur faible anthropisation à l'échelle planétaire et de leur statut de patrimoine commun de l'humanité [20].

Cette biosphère marine est un ensemble de communautés juxtaposées, dont on ignore encore le fonctionnement et la nature des interactions. 250 000 espèces marines sont identifiées, ce qui est bien peu par rapport au nombre des espèces continentales [18]. Mais y a-t-il de bonnes raisons de penser que le nombre des espèces marines serait inférieur à celui des espèces des écosystèmes terrestres ?

Qu'en est-il de la connectivité en milieu marin et des échanges entre espèces ? Est-elle du même ordre que celle que l'écologie chimique met actuellement au jour dans les écosystèmes terrestres [21] ?

Qu'en est-il des échanges génétiques, des processus symbiotiques, des ensembles biogéographiques, des chemins évolutifs ?

Si ces questions sont abordées en ce qui concerne les écosystèmes littoraux, peu de choses sont connues sur ceux de la haute mer (à l'exception de l'écosystème planctonique exploré par Tara Océans).

On pense, par exemple, aux écosystèmes profonds qui se sont développés autour des dorsales océaniques en utilisant non pas la photosynthèse, mais la chimiosynthèse, dont on ignore encore l'universalité du phénomène à l'échelle des systèmes océaniques [22].

Il en va tout autant de l'espace gigantesque de bio-prospection qui reste à explorer, qu'il s'agisse des ressources génétiques potentielles ou des biotechnologies marines qui pourront être développées.

## Le monde marin dans les sciences de l'environnement

Malgré son importance en termes de surface planétaire occupée (puisqu'il représente près des deux tiers de la surface de la Terre et qu'il est le premier volume de biosphère), on voit que l'océan est mineur dans le périmètre d'AllEnvi, qui « fédère, programme et coordonne la recherche environnementale française pour relever les grands défis sociétaux » [1]. Et l'on voit, par la même occasion, que l'enjeu « mer » n'apparaît pas comme aussi déterminant que peuvent l'être d'autres grands défis sociétaux, comme l'alimentation, l'eau, le climat et la préservation des territoires.

En juillet 2009, le Grenelle de la Mer insistait sur « l'abysmal besoin de connaissances ». Cette affirmation reste d'actualité, tandis que se font jour des impératifs internationaux, européens et nationaux relatifs au milieu océanique. L'objectif de l'Union européenne de restaurer et de maintenir un bon état écologique des eaux marines à l'horizon 2020 [23] est ainsi indissociable de l'obtention de données scientifiques et du développement de nouvelles approches [24]. Qu'il s'agisse de l'évaluation de l'état écologique des eaux ou de celle de l'impact environnemental des activités humaines, de la définition d'un bon état écologique, ou bien encore de la définition des objectifs et indicateurs associés et de l'application de programmes de surveillance et de mesure, l'ensemble

des recherches actuelles attestent de la vitalité du domaine considéré.

Et depuis la COP 21, quelque chose a changé, en France, dans la manière d'aborder l'océan, notamment avec le vote de la loi Leroy sur l'économie bleue [25] et l'apparition du mot « mer » dans l'intitulé du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. La décennie en cours marque également une période de prise de décisions importantes au sein du système des Nations Unies et de processus régionaux concernant la gouvernance de l'Océan avec, notamment, à court terme, les négociations pour la définition d'un instrument international de gouvernance de la biodiversité en haute mer (BBNJ) [26]. La notion de bien commun est convoquée, comme celle de patrimoine commun de l'humanité [20].

Le milieu marin est en quelque sorte, pour les sciences de l'environnement, ce que la mer est à la société actuelle, à savoir une inconnue, un territoire ignoré, un continent à découvrir. Mais en dehors de l'exploration elle-même, ce que peut apporter ce milieu aux sciences de l'environnement, c'est une manière de repenser ce domaine, non seulement d'en explorer des espaces inconnus, mais aussi d'en enrichir les problématiques. Car cet environnement sous-évalué du point de vue de la biodiversité et non encore anthropisé (sinon à sa périphérie) peut être source de références pour des questionnements liés à l'évolution ou ayant trait aux processus d'adaptation, aux fonctionnements écosystémiques ou aux structurations des communautés.

Si ces modèles d'une grande diversité restent à explorer, la définition des caractéristiques d'un grand nombre d'écosystèmes, de leurs habitats, de leurs interactions et de leur dynamique est l'un des enjeux majeurs de l'étude du vivant actuel. Et qu'il s'agisse des solutions fondées sur la nature impliquant la mise en place d'aires marines protégées ou d'enjeux économiques basés sur la richesse potentielle des énergies marines, des ressources minérales [27] ou des biotechnologies marines (sans oublier toutes les techniques liées aux sciences de l'ingénieur), il est évident que le fait de disposer d'un espace naturel non encore exploré (et donc non exploité) représente une promesse d'avenir formidable.

## Bibliographie

- [1] <http://www.Allenvi.fr>
- [2] Pour la définition des termes « environnement » et « océan », voir : <https://fr.wikipedia.org>
- [3] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Le-Grenelle-Mer-de-2009-a-2012-.html>
- [4] <http://www.fondationdelamer.org>
- [5] <http://www.cnrs.fr/inee/> et <http://www.insu.cnrs.fr/>
- [6] <http://www.ifremer.fr>
- [7] [https://ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_french.shtml](https://ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml)
- [8] <http://www.ocean-climate.org/>

- [9] [http://www.liberation.fr/terre/2015/06/04/cop-21-on-a-oublie-d-inviter-l-ocean\\_1323052](http://www.liberation.fr/terre/2015/06/04/cop-21-on-a-oublie-d-inviter-l-ocean_1323052)
- [10] SPEICH (S.), REVERDIN (G.), MERCIER (H.) & JEANDEL (C.), *L'océan réservoir de chaleur*, fiches scientifiques, Plateforme Océan Climat, 2015, pp. 8-13.
- [11] MOSSERI (R.) & JEANDEL (C.) (Eds), *Le Climat à découvert*, CNRS Éditions, 2013.
- [12] GAILL (F.), « Océan et climat : un inséparable couple », *Marine et Océans*, n°249, 2015, 22 p.
- [13] STOCKER (T.F.), "The silent services of the world ocean", *Science*, n°350, 2015, pp. 764-765.
- [14] DE CONTO (R.M.) & POLLARD (D.), "Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise", *Nature*, n°531, 2016, pp. 587-591.
- [15] <http://www.worldoceanassessment.org/>
- [16] <http://oceans.taraexpeditions.org/>
- [17] Oceanomics : <http://www.oceanomics.eu/>
- [18] DAVID (B.), OZOUF (C.), TROUSSELIER (M.) & al., *Mondes marins : voyage insolite au cœur des océans*, CNRS Éditions et Cherche Midi, 2013, 182 p.
- [19] JOLY (D.), FAURE (D.) & SALAMITO (S.), *L'empreinte du vivant*, CNRS Éditions et Cherche Midi, 2015.
- [20] LAMY (P.), « Le Bien commun, nouveau paradigme de la gouvernance des océans », *Revue Maritime*, n°505, 2015, pp. 40-47.
- [21] HOSSAERT McKEY (M.) & BAGNÈRES-URBANY (A.G.), *Écologie chimique : le langage de la nature*, CNRS Éditions et Cherche Midi, 2012, 192 p.
- [22] LEVIN (L.) & LE BRIS (N.), "The deep ocean under climate change", *Science*, n°350, 2015, pp. 766-768.
- [23] GAILL (F.), « Quel devenir pour l'océan et ses littoraux », in *Quelles solutions face au changement climatique ?*, LAVILLE (B.), THIEBAULT (S.) & EUZEN (A.) (eds), CNRS Éditions, 2015, pp. 148-154.
- [24] MOULINIER (H.), « La Stratégie maritime de la France et ses perspectives », in *Annales des Mines, Responsabilité et environnement*, n°70, avril 2013, pp. 81-87.
- [25] [http://www.assemblee-nationale.fr/14/dossiers/economie\\_bleue.asp](http://www.assemblee-nationale.fr/14/dossiers/economie_bleue.asp)
- [26] <http://www.un.org/depts/los/biodiversity/prepcom.htm>
- [27] DYMENT (J.), LALLIER (F.), LE BRIS (N.), ROUXEL (O.), SARRADIN (P.-M.), LAMARE (S.), COUMERT (C.), MORINEAUX (M.) & TOUROLLE (J.) (coord.), « Les impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes. Expertise scientifique collective », rapport, CNRS, Ifremer, 2014, 930 p. : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Expertise-scientifique-collective,38968.html>