

# Les pressions qui s'exercent sur l'océan : perspectives scientifiques

Douglas Wallace\*

Symposium sur  
l'environnement au tribunal :  
Protection de l'environnement marin

Les 13 et 14 octobre 2016  
Université Dalhousie



Canadian Institute of Resources Law  
Institut canadien du droit des ressources



**UNIVERSITY OF CALGARY**  
FACULTY OF LAW

This project was undertaken with the financial support of:  
Ce projet a été réalisé avec l'appui financier de :



Environment and  
Climate Change Canada

Environnement et  
Changement climatique



**DALHOUSIE**  
UNIVERSITY

SCHULICH SCHOOL OF LAW



**DALHOUSIE**  
UNIVERSITY

MARINE &  
ENVIRONMENTAL  
LAW INSTITUTE

\*Chaire d'excellence en recherche du Canada en océanographie et technologie, Département d'océanographie, Université Dalhousie, C.P. 15000, Halifax (Nouvelle-Écosse), Canada, B3H 4R2 ([Douglas.Wallace@dal.ca](mailto:Douglas.Wallace@dal.ca))

L'Institut canadien du droit des ressources favorise l'accessibilité, la diffusion et l'échange des renseignements publics. Vous pouvez copier, diffuser, afficher, télécharger et utiliser librement ce document aux conditions suivantes :

- (1) Il faut en mentionner la source.
- (2) Il est interdit de le modifier.
- (3) Il ne faut pas en faire un usage commercial sans le consentement écrit préalable de l'Institut.

Tous droits réservés © 2016

## INTRODUCTION

Sa fluidité et sa connectivité, qui signifient qu'il y a habituellement séparation géographique entre la cause et l'effet (p. ex., sources/causes et dommages/répercussions), constituent un aspect clé de l'océan. Les répercussions et les conséquences juridiques et judiciaires de cette connectivité présentent, sur le plan conceptuel, des traits communs avec celles de domaines comme la pollution atmosphérique à longue distance, les ressources en eau et l'utilisation et la contamination des eaux souterraines. L'étude de ces enjeux peut être complexe et prend souvent du temps, à cause notamment de questions de compétence, mais aussi de la difficulté scientifique que pose l'attribution (c.-à-d. l'établissement de liens de cause à effet). Étant donné que les recours qu'offre la loi à la suite des conflits et des dommages associés à l'environnement marin sont complexes et qu'il faut du temps pour les mettre en place, il vaut la peine d'ouvrir une fenêtre sur l'avenir et de jeter un regard en arrière sur le passé récent pour dégager des tendances afin de prévoir les enjeux qui pourraient avoir des répercussions sur l'élaboration, l'application ou l'interprétation futures de la loi. De telles analyses tendanciennes ou projections sont généralement effectuées par les milieux scientifiques dans l'isolement et aboutissent parfois à la production subséquente de « Résumés à l'intention des décideurs » ou d'autres documents d'orientation à l'intention des non-scientifiques. Dans la présente communication, je suis cette démarche pour présenter un aperçu de changements à grande échelle de l'environnement marin, en cours et à venir, qui sont à mon avis de plus en plus les causes ou les forces motrices (forçage) de dommages et de conflits à l'échelon local et régional qui finissent par aboutir devant les tribunaux.

Même si j'ai suivi la démarche « isolée » conventionnelle pour la présente communication, il devient à mon avis nécessaire de relier plus efficacement et régulièrement les milieux de la loi, de son application et des sciences dans le contexte d'un processus conjoint pour imaginer l'avenir de l'océan. Il en découlerait idéalement des politiques et des démarches juridiques qui conviendraient mieux aux contextes modifiés de l'océan de demain. L'établissement de telles visions concertées reconnaîtrait toutefois aussi que le contrôle et la réglementation des activités humaines jouent un rôle de plus en plus important dans la détermination de l'état futur de l'environnement marin.

## LA NATURE DU CHANGEMENT DE L'OCÉAN

Les pressions qui s'exercent sur l'environnement océanique sont fortement catalysées par deux grandes catégories de forces motrices : 1) le forçage anthropique « direct » lié aux changements sociétaux et à des interventions humaines en particulier, y compris la mise au point de technologies, la croissance de la population et la demande croissante de ressources vivantes et non vivantes; 2) le forçage « indirect » associé à l'activité humaine, et en particulier la consommation d'énergie et l'agriculture qui, compte tenu des technologies d'aujourd'hui, ont une incidence sur le climat et les écosystèmes à l'échelle planétaire.

**Forçage anthropique direct :** La population humaine devrait atteindre de 9,6 à 12,3 milliards d'habitants à la fin du siècle en cours et le gros de la croissance se produira en Afrique<sup>1</sup>. La zone

---

<sup>1</sup> Gerland P, Raftery AE, Ševčíková H, Li N, Gu D, Spoorenberg T, et coll. World population stabilization unlikely this century. *Science* 2014; 346: 234–237. doi: 10.1126/science.1257469 PMID: 25301627

côtière de faible élévation (ZCFE; élévation de < 10 m), hébergeait 625 millions de personnes (environ 10 % de la population de la planète) en 2000 même si elle représentait 2,3 % seulement de la superficie terrestre globale<sup>2</sup>. Les projections établies selon divers scénarios indiquent que la population de la ZCFE atteindra de 1 à 1,4 milliard de personnes d'ici à 2060, ce qui représentera environ 12 % de la population mondiale. Le gros de la population côtière se trouve en Asie, mais c'est l'Afrique, et en particulier l'Afrique occidentale, qui connaîtra la croissance la plus spectaculaire. (En guise de comparaison, la population côtière du Canada devrait augmenter modérément pour passer de 1,2 million de personnes en 2000 à quelque 1,6 million en 2060).

Les auteurs d'une récente étude charnière sur la « défaunation marine »<sup>3</sup>, signalent le rayonnement de plus en plus étendu des pressions anthropiques directes qui s'exercent sur l'environnement marin. Ils ont laissé entendre que l'océan commence à ressentir une alternance anthropique de l'habitat analogue à la dégradation de l'habitat terrestre déclenchée par la révolution industrielle. Leur liste d'événements récents inclut la croissance et l'expansion des villes côtières, la remise en état des terres, les progrès de l'exploitation minière des fonds marins, le dragage, l'extraction de pétrole et de gaz, la production d'énergie marémotrice, la croissance du transport maritime et l'évolution de l'exploitation de fermes marines en plus de la croissance de la pêche industrielle et du chalutage de fond en cours depuis un certain temps.

**Forçage indirect :** Des « Profils représentatifs d'évolutions des concentrations » (PREC)<sup>4</sup> qui sont des projections d'évolutions futures des concentrations de gaz à effet de serre et de forçage radiatif jusqu'en 2100 basées sur des scénarios de changements socioéconomiques et technologiques portent sur l'utilisation de l'énergie et les émissions futures de CO<sub>2</sub> qui en découleront. Les quatre PREC (2,6, 4,5, 6 et 8,5) prévoient des concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère d'environ 400, 500, 600 et 950 ppm respectivement d'ici à la fin du siècle. On établit un retour des liens entre ces concentrations et le réchauffement projeté, la montée du niveau de la mer, des changements de la couverture de glace et d'autres phénomènes (voir d'autres détails ci-dessous) projetés au moyen de modèles climatiques<sup>5</sup>.

Ce forçage indirect est d'envergure planétaire et c'est pourquoi les changements locaux et régionaux, les pressions et les effets sur l'environnement marin et sur des collectivités en particulier découlent de plus en plus d'activités lancées et en cours loin dans l'espace et le temps. L'environnement de transport et de chasse des peuples du nord du Canada qui évolue rapidement à cause des changements climatiques et de la réduction de la superficie de la glace marine dans l'Arctique en constituent un exemple flagrant. De même, les dommages causés aux biens par la montée du niveau de la mer ne peuvent être attribués à des personnes, des organisations ou même des pays en particulier : la cause en est d'envergure planétaire et découle de l'activité de la majeure partie de l'humanité.

---

<sup>2</sup> Neumann B, Vafeidis AT, Zimmermann J, Nicholls RJ (2015) Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment. PLoS ONE 10(3):e0118571. doi:10.1371/journal.pone.0118571

<sup>3</sup> McCauley DJ, Pinsky ML, Palumbi SR, Estes JA, Joyce FH, Warner RR Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. Science 2015; 347: doi: 10.1126/science.1255641

<sup>4</sup> vanVuren et coll.

<sup>5</sup> Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat; <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>

De tels changements de l'océan liés au climat comprennent des changements physiques comme le réchauffement de l'océan, la montée du niveau de la mer, les changements de la superficie de la glace marine et de la répartition des icebergs et, peut-être, des changements de la fréquence et de l'intensité des tempêtes et de la circulation océanique à grande échelle. Ces changements physiques ont à leur tour des répercussions sur les phénomènes chimiques et biologiques qui modifient les écosystèmes marins. Sans compter que de tels changements découlent finalement de changements du forçage radiatif, il y a toutefois d'autres forces de changement à l'échelon planétaire qui sont associées aux changements de la composition chimique de l'atmosphère. L'absorption par l'océan de CO<sub>2</sub> d'origine anthropique et la baisse connexe du pH de l'eau, qui ont un effet indésirable sur certaines espèces marines ou sur des stades de la vie d'organismes aquatiques, en particulier, préoccupent énormément. Ce phénomène « d'acidification de l'océan »<sup>6</sup> pourrait avoir des répercussions sur les coraux et d'autres organismes à coque de carbonate, y compris des espèces d'une valeur commerciale comme l'huître, ainsi que sur des chaînes alimentaires marines connexes. Les changements planétaires du cycle de l'azote, et en particulier le transport atmosphérique sur de longues distances d'azote biodisponible fixe provenant de surfaces terrestres vers des « déserts » océaniques éloignés en manque de nutriments peuvent maintenant, comme on le reconnaît aussi, avoir une incidence à grande échelle<sup>7</sup> sur des écosystèmes marins, en plus des répercussions locales plus aiguës de l'eutrophisation côtière.

## LA CONFLUENCE DU CHANGEMENT ET DU RISQUE MARIN SIMULTANÉS

Les deux catégories de forçage (direct et indirect) agissent simultanément et à l'échelon planétaire, et c'est pourquoi les deux catégories et leur confluence ont une incidence sur la relation globale entre l'être humain et l'océan et sur l'exposition de l'être humain au risque d'origine marine.

D'une part, les avancées technologiques et la croissance rapide de la population et de l'économie dans la zone côtière modifient pour l'être humain les façons d'utiliser l'environnement marin et les interactions entre celui-ci et l'être humain. Ces utilisations en pleine évolution peuvent causer des conflits, en particulier lorsqu'on lance de nouvelles utilisations à proximité d'usages traditionnels ou historiques. Les exemples nombreux et variés comprennent l'évolution de l'aquaculture, l'augmentation de l'utilisation d'espaces océaniques pour le tourisme ou la production d'énergies renouvelables, la mise en valeur encore plus profonde et planétaire des ressources pétrolières et gazières en mer, la croissance des mégacités côtières, la construction de navires plus gros et des ports nécessaires, etc. Outre ces utilisations nouvelles et avancées, les tendances de l'utilisation établies depuis plus longtemps changent elles aussi. Par exemple, la surexploitation de la pêche de capture dans des eaux adjacentes aux pays industrialisés, conjuguée à la mise au point de technologies, a entraîné un virage planétaire massif sur la pression exercée par les pêches vers les eaux environnantes de pays moins industrialisés, comme ceux de l'Afrique<sup>8</sup>, par exemple. Les effets et les conflits découlant des utilisations changeantes

<sup>6</sup> PIGB, COI, CSRO (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO<sub>2</sub> World. Programme international de la géosphère et de la biosphère, Stockholm, Suède.

<sup>7</sup> Kim I-N, Lee K, Gruber N, Karl DM, Bullister JL, Yang S, Kim T-W. Increasing anthropogenic nitrogen in the North Pacific Ocean. *Science* 2014. 346: 1102-1106. DOI: 10.1126/science.1258396

<sup>8</sup> Worm B, Hilborn R, Baum JK, Branch TA, Collie JS, Costello C, Fogarty MJ, Fulton EA, Hutchings JA, Jennings S, Jensen OP, Lotze HK, Mace PM, McClanahan TR, Minto C, Palumbi SR, Parma AM, Ricard D, Rosenberg AA, Watson

de l'océan sont habituellement d'envergure nationale, régionale ou locale, mais les tendances du changement sont maintenant planétaires. Cette évolution sous-entend qu'il faut échanger au sujet de façons de minimiser les conflits ou les dommages et de gérer la réaction au changement à l'échelon planétaire.

Par ailleurs, principalement à cause de l'utilisation d'énergies fossiles, mais aussi à cause d'autres industries d'envergure mondiale comme l'agriculture, l'environnement planétaire même change, ce qui inclut des changements de plus en plus rapides dans l'océan et autour de celui-ci. L'enjeu en l'occurrence est souvent lié aux changements climatiques et à leurs conséquences directes comme la montée du niveau de la mer ou les réductions spectaculaires du couvert de glaces marines dans l'Arctique. L'évolution de l'utilisation que les humains font de l'océan se produit dans le contexte de ces changements environnementaux rapides et à grande échelle. Suivent des exemples de ces changements en cours et projetés et la majeure partie de l'information provient du GIEC<sup>9</sup>.

**Réchauffement :** La moyenne globale des températures de surface a augmenté de 0,85 °C depuis 1850. L'augmentation n'a pas été uniforme dans l'espace et dans quelques régions océaniques (y compris le nord-ouest de l'Atlantique), il n'y a en aucun réchauffement à long terme important. Le réchauffement atteint de grandes profondeurs (<2 000 m). Des modèles prévoient qu'à la fin du siècle en cours, les températures de surface planétaires auront augmenté d'au moins 1,5 °C par rapport à 1850 dans le cas de tous les PREC sauf le PREC 2,6 et de >2 °C dans celui des PREC 6,0 et 8,5.

**Montée du niveau de la mer :** Depuis un siècle, le niveau de la mer planétaire a grimpé de 0,19 m et l'a fait plus rapidement qu'au cours des deux millénaires précédents. L'expansion thermique, la fonte de la glace de glacier et de vastes superficies de calotte glacière ont contribué à peu près également à cette augmentation. Les projections de la montée future dépendent du PREC et suscitent toujours la controverse. Le taux de la montée du niveau de la mer et même les signes de cette montée ne sont pas uniformes et varient particulièrement au Canada à cause de différences de la réaction à la perte de glace terrestre depuis la dernière période glaciaire. Les estimations planétaires de la montée relative du niveau de la mer s'établissent à 0,42 m et 0,85 m pour les PREC 4,5 et 8,5 respectivement<sup>10</sup> et les projections relatives au littoral canadien varient de <0 à 0,7 m (PREC 4,5) selon l'endroit.

**Changements de la couverture de glace :** La superficie annuelle moyenne de glace de mer dans l'Arctique a dégingolé de façon spectaculaire entre 1979 et 2012 pour atteindre un taux de 3,5 à 4,1 % par décennie. La superficie d'été a diminué de 9,4 à 13,6 % par décennie. Les réductions estivales projetées d'ici à la fin du siècle en cours varient de 43 % (PREC 2,6) à 94 % (PREC

---

R, Zeller D. 2009. Rebuilding Global Fisheries. Science Vol. 325, numéro 5940, pages 578-585 DOI:

10.1126/science.1173146

<sup>9</sup> GIEC, 2013 : Summary for Policymakers. Dans : Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley (dir.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, É.-U.

<sup>10</sup> Carson M, Köhl A, Stammer D, Slangen ABA, Katsman CA, van de Wal RSW, Church J, et White N. 2016. Coastal sea level changes: Observed and projected during the 20th and 21st century. Climatic Change, 134:269–281 (2016): DOI 10.1007/s10584-015-1520-1

8,5) et de 8 % à 34 % dans le cas du PREC 8,5 l'hiver. C'est pourquoi seul le scénario le plus extrême sur les changements climatiques prévoit qu'il n'y aura pas de glace dans l'Arctique l'été.

**Acidification de l'océan :** Les changements projetés du pH de la surface de l'océan d'ici à la fin du siècle dépendent beaucoup du volume de CO<sub>2</sub> émis et varient de 0,06 (PREC 2,6) à environ 0,31 dans le cas du PREC 8,5.

## **VALEUR DE L'OCÉAN ET RISQUE MARIN CHANGEANT**

La convergence ou confluence de ces deux catégories de forçage signifie que la nature et l'ampleur des risques marins changent. Ces risques visent la vie humaine et la qualité de vie, les écosystèmes marins, ainsi que les biens et l'activité économique dans les océans et autour de ceux-ci.

Les activités, les industries et les services écosystémiques liés aux océans ont un poids économique considérable. Le PIB planétaire de « l'économie océanique » a été évalué à 2,5 billions de dollars US par année, ce qui équivaut à la 7<sup>e</sup> économie nationale en importance<sup>11</sup>. Cette estimation n'incluait pas le PIB associé à l'énergie fossile en mer et à d'autres utilisations du sous-sol marin.

Dans certains cas, des dangers fondamentalement nouveaux qui n'existaient pas auparavant modifient le risque marin. La catastrophe radiologique de Fukushima<sup>12</sup> a été causée par un danger qui n'existait pas plusieurs décennies plus tôt. La catastrophe de la plateforme Deepwater Horizon<sup>13</sup> en est un autre exemple. C'est plus souvent la fréquence ou l'ampleur du danger qui existent depuis longtemps qui changent, comme la montée du niveau de la mer ou les inondations côtières. Le changement de la vulnérabilité aux dangers attribuable, par exemple, à l'utilisation changeante de la zone riveraine contribue beaucoup à modifier le risque.

Ce phénomène planétaire de changement majeur continu se déroule dans le contexte de différences juridiques qui surgissent à l'égard d'activités océaniques et des risques et dommages connexes.

## **ENJEUX ÉMERGENTS POUR L'OCÉAN**

Il convient de mentionner spécifiquement certains enjeux émergents fondamentalement nouveaux, dont chacun pourrait transformer radicalement la façon d'utiliser l'océan.

**Géoingénierie :** Il est de plus en plus question de la manipulation intentionnelle à grande échelle des phénomènes planétaires comme stratégie possible d'atténuation des changements climatiques

---

<sup>11</sup> Hoegh-Guldberg, O. et coll. 2015. Reviving the Ocean Economy: the case for action - 2015. WWF International, Gland, Suisse, Genève, 60 pages.

<sup>12</sup> Agence internationale de l'énergie atomique. 2015. L'accident de Fukushima Daiichi. 1<sup>re</sup> éd. Vienne, Autriche : Agence internationale de l'énergie atomique, 2015. STI/PUB/1710; (ISBN:978-92-0-107015-9); 1 254 pages.; 311 figures.

<sup>13</sup> National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling. Deep Water: The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling. Report to the President. Janvier 2011

dangereux. On envisage deux démarches principales<sup>14</sup> : réduire les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et modifier le forçage radiatif. On a proposé des plans d'utilisation sur terre, dans l'atmosphère, l'espace et l'océan. Les programmes axés sur l'océan<sup>15</sup> visent avant tout l'élimination du CO<sub>2</sub> et prévoient la fertilisation des océans, la modification d'alcalinité des océans et la manipulation délibérée des remontées et des plongées. L'efficacité de ces mesures a été remise en question<sup>16</sup> et même compte tenu des estimations optimistes de l'efficacité de la séquestration du carbone, le potentiel d'absorption du CO<sub>2</sub> par la fertilisation des océans est limité comparativement aux émissions futures. Néanmoins, l'idée consistant à ajouter de faibles quantités de nutriments « limitants » (p. ex., fer) dans des zones où il y a surplus d'autres nutriments essentiels afin de déclencher l'absorption de CO<sub>2</sub> par les phytoplanctons suscite toujours de l'intérêt. Il est probable que cet intérêt réside en partie dans la possibilité connexe de manipuler des proliférations de plancton afin d'augmenter les stocks de poisson. Par exemple, la Haida Salmon Restoration Corporation a lancé un programme controversé de fertilisation par le fer à 200 miles nautiques à l'ouest de Haida Gwaii en 2012, en partie pour séquestrer du CO<sub>2</sub>, mais principalement pour étudier une hypothèse selon laquelle il y aurait un lien entre le dépôt de fer « naturel » provenant de cendres volcaniques et le recrutement du saumon du Pacifique. On a procédé (sans autorisation préalable) à la fertilisation en déposant plus de 100 tonnes de sulfate de fer et d'oxyde de fer et Environnement Canada a enquêté sur le projet.

Outre les questions de légalité et d'efficacité, les stratégies de fertilisation pourraient avoir des conséquences inattendues : par exemple, elles peuvent entraîner un risque de croissance d'algues toxiques. L'ajout d'un nutriment limitant à un endroit peut empêcher d'utiliser par la suite d'autres nutriments excédentaires « en aval », et « dérober » ainsi aux écosystèmes en aval.

**Exploitation minière en mer.** L'exploitation minière dans les grandes profondeurs océaniques suscite davantage d'intérêt depuis peu, car l'Autorité internationale des fonds marins a accordé 27 contrats d'exploration de minéraux dans les grands fonds océaniques portant sur les nodules de ferromanganèse, les croûtes et des gisements massifs de sulfures<sup>17</sup>. Deux gouvernements nationaux ont accordé des permis d'exploitation minière portant sur des sulfures massifs à l'intérieur de leur zone économique. Par ailleurs, l'exploitation minière en eau peu profonde a été limitée à cause de préoccupations environnementales. La flambée d'intérêt indique néanmoins qu'à mesure qu'on surmontera les obstacles technologiques à l'exploitation minière en mer et si les prix des denrées deviennent attrayants, l'exploitation minière dans les grandes profondeurs océaniques pourrait prendre rapidement de l'expansion.

**Aquaculture en mer :** Les systèmes aquatiques (océan et eau douce) fournissent actuellement environ 2 % de l'approvisionnement alimentaire, même si la productivité biologique des océans

---

<sup>14</sup> Shepherd JG. Geoen지니어ing the climate: an overview and update. *Phil. Trans. R. Soc. A* (2012) 370, 4166–4175 doi:10.1098/rsta.2012.0186

<sup>15</sup> Zhang Z, Moore JC, Huisingh D, Zhao Y. 2015. Review of geoen지니어ing approaches to mitigating climate change, *J. Cleaner Production*. 108: 893-907. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.09.076

<sup>16</sup> Wallace, DWR, Law, CS, Boyd, PW, Collos, Y, Croot, P, Denman, K, Lam, PJ, Riebesell, U, Takeda, S, Williamson, P, 2010. *Ocean Fertilization: a Scientific Summary for Policy Makers*. IOC/UNESCO, Paris (IOC/BRO/2010/2), 18 pages.

<sup>17</sup> Petersen S, Krätschell A, Hannington MD. 2016. The Current State of Global Activities Related to Deep-sea Mineral Exploration and Mining. FR TG 08. EAGE/DGG Workshop on Deep Mineral Exploration, 18 mars 2016, Münster, Allemagne.



et des terres est à peu près équivalente<sup>18</sup>. Par ailleurs, les systèmes aquatiques fournissent déjà plus du tiers de la viande animale consommée par les humains et environ 12 % du total des protéines animales. L'importance de l'aquaculture correspond déjà à la production de la pêche de capture et l'on croit en général que l'aquaculture marine<sup>19</sup> devra prendre une expansion massive pour nourrir la population future de la terre. Il est probable que cela aggraverait les conflits avec d'autres utilisations de l'océan lorsque l'espace suscitera de la concurrence et à cause des incidences environnementales. La possibilité de repousser l'aquaculture de végétaux, de mollusques et de poissons plus loin en mer est considérée comme probable à cause de la disponibilité de l'espace et la possibilité accrue de diffusion de déchets<sup>20</sup>. Des facteurs tant technologiques que réglementaires limitent actuellement cette expansion et l'on remet en question la possibilité pour l'aquaculture en mer d'apporter une contribution importante à la production d'aliments dans le monde, mais on peut toutefois s'attendre à une croissance rapide lorsque la technologie s'améliorera.

## RÉSUMÉ ET RÉPERCUSSIONS POUR L'AVENIR

Au tournant du siècle, Jeremy Jackson, des milieux marins réputé, a publié un article fondamental<sup>21</sup> où il résumait l'histoire des perturbations des écosystèmes marins causées par l'homme (c.-à-d. pressions). Il est révélateur de relire cet article une quinzaine d'années plus tard. À l'époque, les perturbations étaient dominées par la pêche, ce qui a constitué aussi la première pression majeure exercée par l'humanité sur l'océan qui remonte au début de l'Holocène. Ont suivi, plus ou moins dans l'ordre, les pressions découlant de la pollution côtière, la destruction mécanique de l'habitat associé aux structures côtières, l'introduction d'espèces envahissantes associée au transport maritime et, plus récemment, les changements climatiques. Compte tenu de la situation actuelle, il est possible d'ajouter à la liste de Jackson des menaces émergentes et éventuelles, l'aquaculture côtière, l'extraction de ressources en eau profonde, des navires plus rapides et plus gros, l'acidification des océans et les changements planétaires de l'approvisionnement en nutriments, sans oublier le potentiel qu'offrent l'aquaculture en mer et même des interventions directes dans des phénomènes planétaires par la géoingénierie.

Comme on en a parlé ci-dessus, les pressions qui s'exercent sur nos océans sont multiples (mettant en cause des changements sociétaux et environnementaux simultanés), et évoluent rapidement (et accélèrent) et sont d'envergure planétaire, ce qui constitue une caractéristique clé de notre époque. La nature du changement pose des défis énormes aux scientifiques, aux stratèges et aux responsables de la réglementation de l'utilisation de l'environnement marin. À cause de la rapidité et de l'ampleur possible des conséquences du changement, en particulier, les politiques doivent de plus en plus reposer sur des projections décrivant à quoi les océans sont susceptibles de ressembler à l'avenir et comment ils devraient se comporter.

---

<sup>18</sup> Olsen Y. 2015. How can mariculture better help feed humanity? *Front. Mar. Sci.* 2:46.doi: 10.3389/fmars.2015.00046

<sup>19</sup> Duarte CM, Holmer M, Olsen Y, Soto D, Marbà N, Guiu J, Black K, Karakassis I. 2009. Will the Oceans Help Feed Humanity? *BioScience* 59 (11): 967-976. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.8>

<sup>20</sup> Edwards P. 2015. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*. 447, 2–14

<sup>21</sup> Jackson JB1, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, Hughes TP, Kidwell S, Lange CB, Lenihan HS, Pandolfi JM, Peterson CH, Steneck RS, Tegner MJ, Warner RR. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*.293(5530):629-37.

Ces projections représentent un défi scientifique de premier plan, et pour le relever, il faut finalement compter sur des modèles tenant compte des interactions complexes et non linéaires, des seuils et même des points de basculement qui existent dans le système de la terre et les océans. Ces interactions comprennent celles des êtres humains, de leurs technologies et de leurs politiques. C'est pourquoi les modèles doivent représenter des phénomènes en évolution et le comportement d'une planète entière et de sa population humaine (qui est manifestement non reproduite) et inclure la représentation du phénomène agissant à l'échelon planétaire et de forçages qui, souvent, n'ont pas de correspondance historique. C'est pourquoi l'établissement de projections de l'état futur des océans basées sur des données scientifiques pose un « grand défi » pour la méthode scientifique. Duarte<sup>22</sup> a analysé ce grand défi et a discuté de façons possibles de le relever et, particulièrement, de « valider » ou de tester des projections relatives à l'état futur des océans. Il a toutefois signalé aussi l'importance pour les scientifiques, les stratèges et les gestionnaires de collaborer de près afin de créer la capacité de gérer les problèmes océaniques de façon adaptative « dans le contexte desquels on aborde les incertitudes et les inconnus en suivant une approche d'apprentissage par la pratique ».

---

<sup>22</sup> Duarte CM. 2014. Global change and the future ocean: a grand challenge for marine sciences. *Frontiers in Marine Science*. Volume 1, Article 63.4015–4036. doi:10.3389/fmars.2014.0006