



Les services écosystémiques de l'océan profond

Le concept de services écosystémiques (SE) intègre les fonctions écologiques et les valeurs économiques des écosystèmes qui contribuent au bien-être humain. Cette approche déjà utilisée pour la gestion des eaux côtières, l'est encore peu pour l'océan profond, alors qu'il représente 97 % du volume des océans. Les SE de l'océan profond englobent des services d'approvisionnement comme les pêcheries ou des agents industriels, des services de régulation comme le stockage du carbone, et des services culturels tels que l'inspiration artistique. Mais la pression sur l'océan profond s'accroît sous la forme d'activités anthropiques directes et indirectes qui s'y développent. Cette synergie des impacts est largement inconnue et le vide juridique de certaines parties de l'océan demande la plus grande précaution.

INTRODUCTION

Les services écosystémiques (SE) sont généralement définis comme les contributions au bien-être humain fournies par les écosystèmes (MEA, 2005; TEEB, 2010; Haines-Young and Potschin, 2013). Ce concept intègre les processus écologiques et les valeurs économiques pour expliquer comment la santé des écosystèmes impacte la sphère socio-économique mondiale. Les SE peuvent être évalués monétairement pour favoriser la prise de décision, et être intégrés dans des outils de gestion, comme la planification spatiale marine ou le management basé sur les écosystèmes (Jobstvogt *et al.*, 2014). Des approches écosystémiques ont déjà été utilisées pour la gestion des eaux terrestres ou superficielles (e.g., Seidl *et al.*, 2016; Gunderson *et al.*, 2016), mais très peu ont été appliquées à l'océan profond. Les services écosystémiques dans l'océan profond sont illustrés dans la figure 1. Ils correspondent aux catégories déjà définies pour les autres écosystèmes: l'approvisionnement (ressources issues des écosystèmes), la régulation des processus naturels, les services culturels (bénéfices immatériels).

Les services d'approvisionnement des eaux profondes comprennent les pêcheries, l'usage de molécules pharmaceutiques, d'agents industriels, et de biomatériaux (Leary, 2004; Mahon *et al.*, 2015). Les services de régulation englobent l'adaptation et l'atténuation au réchauffement climatique, les contrôles biologiques, l'absorption des déchets (Armstrong *et al.*, 2012; Thurber *et al.*, 2014). Les services culturels attachés à l'océan profond, sont des supports éducatifs, des aspects esthétiques et une source d'inspiration pour les arts; ces bénéfices culturels intègrent aussi la valeur donnée à une ressource existante, ou sa protection pour les générations présentes et futures.

De nombreuses fonctions naturelles (comme la productivité primaire ou le cycle des nutriments) contribuent directement ou indirectement à ces services, et doivent aussi être gardées à l'esprit pour continuer à bénéficier des SE en eaux profondes. Par exemple, la régénération des nutriments est une fonction qui soutient la pêche (Armstrong *et al.*, 2012; Thurber *et al.*, 2014), et qui advient surtout dans les régions où il y a des remontées d'eau profonde importantes (e.g., courants

de bord est des continents et en Antarctique) ou locales (e.g., tourbillons à proximité des monts sous-marins). Ces nutriments alimentent la photosynthèse, qui à son tour soutient des pêcheries importantes comme les sardines ou les anchois.

L'augmentation des activités anthropiques dans l'océan profond a créé un besoin urgent d'évaluation des impacts sur la santé des écosystèmes. Les émissions de CO₂ d'origine anthropique, absorbées par l'océan, ont produit un réchauffement, une désoxygénation et une acidification des eaux qui amplifient les impacts des activités humaines sur les habitats profonds (telles que la pêche, les forages gaziers et pétroliers ou les résidus miniers). Il est important de considérer ces effets cumulatifs dans les eaux profondes, et comment les SE en seront affectés, afin de les gérer au mieux.

LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES PROFONDS DANS LA RÉGULATION DU CLIMAT

L'océan, par des procédés physiques, chimiques et biologiques, a absorbé environ un tiers du CO₂ émis dans l'atmosphère depuis le milieu du xx^e siècle (IPCC, 2014). L'océan profond devient donc un réservoir de chaleur majeur, et joue un rôle dans le ralentissement du changement climatique (IPCC, 2014; Thurber et al., 2014). Cette séquestration du carbone par l'océan profond deviendra encore plus cruciale à mesure que les émissions de CO₂ vont continuer de s'accroître, mais les effets liés à cette absorption vont modifier le milieu: réchauffement, désoxygénation, acidification,

modification des nutriments, sous-saturation en carbonate de calcium... Ces effets cumulatifs pourront poser des problèmes aux activités qui prennent place en eaux profondes. Les études futures devront évaluer les effets cumulatifs complexes de ces modifications sur la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes et les services écosystémiques de l'océan profond.

La séquestration du carbone par l'océan profond s'appuie sur une pompe biologique efficace (i.e., le transfert du carbone, produit biologiquement, et transporté physiquement de la surface vers l'océan profond). L'enfouissement du carbone, issu de l'océan de surface, dans les sédiments du fond des océans contribue à la régulation du climat, parce qu'il soustrait ce carbone à l'atmosphère pour des milliers à des millions d'années (Xiao et al., 2010).

De plus, ce carbone est une source importante de nourriture pour de nombreux organismes qui subviennent aux besoins des poissons de l'océan profond. Comment le changement climatique global affecte la pompe biologique, et par conséquent l'export et la séquestration du carbone dans l'océan profond, reste un sujet majeur des recherches en cours (voir Turner, 2015). Des observations à long terme montrent que les phénomènes vont varier en fonction de la région considérée (Levin and Le Bris, 2015).

Les gaz à effet de serre, comme le méthane (CH₄) et le CO₂, pénètrent naturellement dans l'océan par les structures géologiques du plancher océanique, telles que les cheminées hydrothermales ou les suintements de méthane. Cependant, la fixation biologique du CH₄ et du CO₂ par des micro- et des

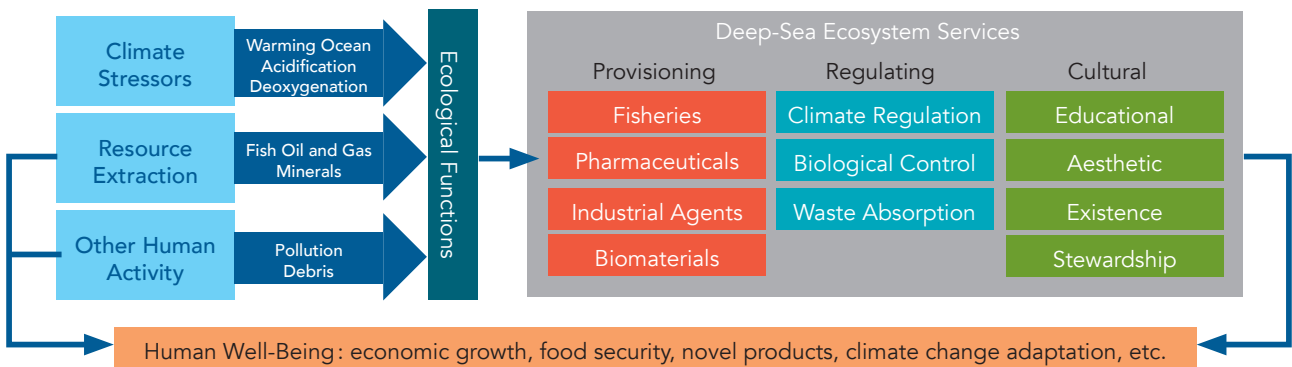


Fig.1 — La relation entre les facteurs de stress climatique d'origine anthropique, les services écosystémiques de l'océan profond et le bien-être humain. © J. T. Le et K. N. Sato.



macro-organismes dans ces écosystèmes profonds empêche ces gaz de pénétrer dans la colonne d'eau. Ce filtre biologique de CH₄ et de CO₂ sur le fond de mer est un autre service de régulation qui bénéficie indirectement aux espèces commerciales (Thurber *et al.*, 2014).

LES ACTIVITÉS HUMAINES DIRECTES DANS L'OCÉAN PROFOND

Aux impacts liés au réchauffement climatique, il faut rajouter les activités humaines qui augmentent (Thurber *et al.*, 2014). L'océan profond est riche de ressources naturelles et leur extraction peut être dommageable pour ses nombreux habitats hétérogènes. Par exemple, la demande de poissons augmentant (FAO, 2014), les pêcheries gagnent en profondeur dans la colonne d'eau et vers le fond (Watson and Morato, 2013). Le chalutage perturbe et enlève des structures physiques et des sédiments du fond marin, ce qui peut mener à une diminution des populations de poissons commerciaux, et d'autres espèces associées au fond de mer (Buhl-Mortensen *et al.*, 2015). En outre, les espèces pêchées dans l'océan profond mettront plus de temps à se reconstituer, car beaucoup d'entre elles ont des durées de vie plus longues que les espèces d'eau de surface (Norse *et al.*, 2012).

D'autres activités extractives existent, notamment le pétrole, le gaz, et potentiellement les minéraux. Les exploitations et forages de pétrole et de gaz gagnent les eaux profondes, augmentant le risque de pollution comme des fuites de pétrole (comme le Deepwater Horizon; Merrie *et al.*, 2014). La régulation de l'exploitation commerciale minière en eaux profondes est en cours de développement (ISA, 2015). Plusieurs dépôts minéraux d'intérêt ont été trouvés sur les cheminées hydrothermales, sur les monts sous-marins et dans les plaines abyssales. Tous accueillent différentes communautés biologiques qui peuvent contribuer à leur manière aux SE. La perturbation de ces écosystèmes via les impacts humains directs comme les activités minières, le chalutage, et d'autres activités extractives (telles

que les forages pétroliers et gaziers) vont probablement troubler la fonction régulatrice de l'océan profond, provoquant un fort risque d'une perte aiguë de ces services sur le long terme.

SYNERGIE DES IMPACTS POTENTIELS (RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET ACTIVITÉS ANTHROPIQUES)

L'impact de la cumulation des facteurs de stress climatique multiples et des activités extractives, peut mener à des effets additifs, antagonistes, ou synergétiques sur les SE (Crain *et al.*, 2008). Les fonctions et processus écosystémiques de l'océan profond ne sont pas bien connus, de même que leurs interactions et dynamiques. Cela rend difficile la prévision de l'évolution des SE face aux impacts humains directs et indirects. Cela pourrait permettre d'invoquer le principe de précaution (Déclaration de Rio, 1992), et de mettre en lumière le besoin de nouvelles approches pour mieux comprendre l'océan profond et les bénéfices qu'il procure.

Le réchauffement des eaux profondes influencera non seulement le service de régulation que l'océan profond fournit en tant que puits thermique, mais aussi fortement les écosystèmes et leur biodiversité, compte tenu de la stabilité actuelle de cet environnement froid. Par exemple, le réchauffement en Amérique du Sud a induit un éventail de déplacements vers les pôles dont des crabes. L'arrivée de ces prédateurs vers l'Antarctique risque d'affecter des communautés qui évoluaient depuis des millions d'années sans eux (Smith *et al.*, 2012). La combinaison réchauffement – acidification – désoxygénation, triple assaut de facteurs stressants, va réduire la compatibilité des habitats avec les organismes calcifiants constructeurs de récifs, comme les coraux d'eau froide (Gruber, 2011; Lunden *et al.*, 2014). La biodiversité joue également un rôle fonctionnel clé dans la plupart des autres SE (Palumbi *et al.*, 2009; Science for Environment Policy, 2015), même si leur relation est encore mal comprise (Balvanera *et al.*, 2014). Comme ces impacts s'accroissent, les communautés biologiques des eaux profondes seront de plus en plus vulnérables.



DÉFIS JURIDICTIONNELS DANS LA MISE EN ŒUVRE DES SE EN EAUX PROFONDES

Il y a plusieurs défis dans l'opérationnalisation de l'approche écosystémique de l'océan profond, notamment ; comment les fonctions se convertissent en services écosystémiques, le potentiel de recouvrement et l'échelle de temps, et la valorisation économique des SE. Ces défis sont liés au manque de connaissance et de données (Le *et al.*, submitted). D'autres défis, tels que les aspects juridiques et leurs applications, sont des lacunes à prendre en compte dans le cadre réglementaire en cours de développement.

L'océan profond est le plus grand écosystème au monde, comprenant plus de 90 % du volume vivable de la planète (Levin and Le Bris, 2015). Cependant, la majorité de cet espace se situe en dehors des zones économiques exclusives (ZEE) des pays, et doit ainsi être réglementée et gérée à l'international. Un des outils courants de gestion, la planification spatiale marine, pourrait potentiellement utiliser l'évaluation des SE pour délimiter les aires marines protégées (AMP). Par exemple, une valeur seuil de SE pourrait être établie pour les AMP, et modulée en fonction de l'intérêt, grâce à des estimations d'approvisionnement du SE de référence. Toutes les zones fournissant plus que cette valeur se verraient dotées d'une protection spatiale. Le caractère international de nombreuses ressources des eaux profondes rend cela difficile, du fait des vides juridiques ou chevauchement de juridictions, et de la diversité des outils de gestion.

En général, les AMP montrent une résilience et un potentiel de récupération plus élevés après des événements perturbants (Huvenne *et al.*, 2016). Dans les zones au-delà des juridictions nationales, l'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a désigné plusieurs espèces et habitats des eaux profondes comme des Écosystèmes marins vulnérables (EMV, tels les coraux d'eau froide, les cheminées hydrothermales de Reykjanes Ridge, les monts sous-marins dans le Pacifique). En général, une fois identifiés, les EMV sont protégés de toute activité humaine, mais différents managements permettent parfois quelques activités de pêche.

L'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) est l'organe juridique qui gère la juridiction des zones au-delà des juridictions nationales, mais seulement sur le sol et le sous-sol des océans. En plus de reconnaître des EMV, l'AIFM peut mettre en place des protections spatiales appelées zones d'intérêt environnemental particulier (ZIEP ; AIFM, 2011). De larges portions de la Zone de Fracture Clarion-Clipperton, une province qui concentre des nodules polymétalliques, et qui connaît de nombreuses demandes d'exploration minière, ont été désignées comme des ZIEP (Wedding *et al.*, 2013). Enfin, les Nations unies développent un instrument nouveau, la « Biodiversité au-delà des juridictions nationales » (Blasiak and Yagi, 2016).

Les réserves marines dans lesquelles aucune extraction de ressource n'est autorisée, sont efficaces pour accroître l'abondance, la diversité, et la productivité des organismes marins (Lubchenco *et al.*, 2003). De plus, des réseaux de réserves marines sont considérés plus efficaces pour maintenir la connectivité entre les populations marines, les protégeant davantage contre le changement climatique qu'une réserve marine isolée. La distribution spatiale des espèces marines évolue suite aux modifications de température, de concentration en oxygène et en fonction de la présence des carbonates. Il est essentiel que les réseaux de réserves marines considèrent de nouvelles approches prenant en compte l'adaptation des organismes et des humains au changement climatique (Schmitz *et al.*, 2015 ; Jones *et al.*, 2016).

Les AMP sont des outils de gestion importants parce qu'elles protègent des zones fournissant des SE et ont donc une grande utilité pour la société. Incorporer les SE dans les outils de protection spatiale associerait une valeur à l'AMP (c'est-à-dire que la valeur d'une AMP serait égale à celle du SE qu'elle fournit directement ou indirectement). Les valeurs estimées des AMP pourraient donner des informations afin de prendre des décisions concernant leur mise en application (par exemple le niveau d'application, et qui en est responsable). Bien que la valorisation économique soit pour le moment difficile, elle sera davantage gérable et précise à mesure que les connaissances et les données sur les SE de l'océan profond s'accumuleront.

LE MANQUE DE CHARISME DES SE DES EAUX PROFONDES

Un autre défi dans la mise en œuvre de l'approche des SE en eaux profondes pour une gestion multifacteurs, est le manque d'intérêt du grand public vis-à-vis de l'océan profond. Les humains sont physiquement et émotionnellement déconnectés de l'environnement des grands fonds, encore davantage qu'avec tout autre SE hors de vue, comme le concept de carbone bleu, qui est la séquestration du carbone par l'océan. La manière la plus efficace de combler ce manque d'intérêt est d'améliorer la compréhension scientifique, et la sensibilisation du public. Il n'a jamais été aussi important d'éveiller les consciences sur les SE des eaux profondes, de promouvoir la transparence et l'imputabilité de leur gestion, et de renforcer leur conservation et la recherche. C'est le rôle de Deep Ocean Stewardship Initiative (DOSI), un regroupement de scientifiques internationaux, d'ingénieurs et de spécialistes en politique, droit, et économie, qui conseillent sur la gestion de l'utilisation des ressources en eaux profondes, et sur les stratégies potentielles pour maintenir l'intégrité des écosystèmes à l'intérieur et au-delà des juridictions nationales (<http://dosi-project.org/>). Des émissions diffusées en direct depuis l'océan profond sur internet par l'Office d'exploration et de recherche sur les océans de l'Administration nationale de l'atmosphère et de l'océan des États-Unis (NOAA), permettent à quiconque disposant d'une connexion internet d'être témoin des processus biologiques et géologiques qui ont lieu dans l'océan profond. Au milieu d'autres chercheurs et explorateurs des eaux profondes, ces organisations soulignent l'importance des approches interdisciplinaires pour mieux comprendre comment l'océan profond fonctionne, et comment les services qu'il fournit seront affectés par les différents scénarios climatiques à venir.

CONCLUSION

L'océan profond est le plus grand écosystème au monde, et accueille une diversité d'habitats qui par leur fonctionnement sont utiles à la société. Ces services écosystémiques peuvent être d'ordre extractif (comme la pêche) ou non extractif (comme la régulation du climat), et pour une gestion environnementale il est essentiel de considérer les deux; d'autant plus compte tenu des multiples facteurs de stress liés au climat et à l'activité humaine. Les émissions de CO₂ augmentant toujours, il devient crucial que la régulation du climat par l'océan profond soit davantage reconnue, afin de continuer à profiter de ce service, et des autres services qu'elle influence, comme ceux liés aux cycles biogéochimiques et aux communautés biologiques (Fig. 1). Bien qu'il y ait encore des défis à relever (tels que réduire l'incertitude scientifique, les vides juridictionnels, ou le manque d'engagement public), le développement de mesures protectives contre les dégradations de l'environnement devrait contribuer à assurer une utilisation environnementale et économique soutenable de l'océan profond et de ses nombreux services écosystémiques.





RÉFÉRENCES

- ARMSTRONG C.W., FOLEY N.S., TINCH R. and VAN DEN HOVE S., 2012 – *Services from the Deep: Steps Towards Valuation of Deep Sea Goods and Services*. *Ecosyst. Serv.* 2, 2 – 13. doi: 10.1016/j.ecoser.2012.07.001.
- BALVANERA P., SIDDIQUE I., DEE L., PAQUETTE A., ISBELL F., GONZALEZ A., BYRNES J., O'CONNOR M.I., HUNGATE B.A. and GRIFFIN J.N., 2014 – *Linking Biodiversity and Ecosystem Services: Current Uncertainties and the Necessary Next Steps*. *Bioscience.* 64, 49-57. doi: 10.1093/biosci/bit003.
- BLASIAK R. and YAGI N., 2016 – *Shaping an International Agreement on Marine Biodiversity Beyond Areas of National Jurisdiction: Lessons From High Seas Fisheries*. *Marine Policy.* 71, 210-216. Doi: 10.1016/j.marpol.2016.06.004.
- BUHL-MOTENSEN L., ELLINGSEN K.E., BUHL-MORTENSEN P., SKAAR K.L. and GONZALEZ-MIRELES G., 2015 – *Trawling Disturbance on Megabenthos and Sediment in the Barents Sea: Chronic Effects On Density, Diversity, And Composition*. *ICES J. Mar. Sci.* doi: 10.1093/icesjms/fsv200.
- CRAIN C. M., KROEKER K. and HALPERN B.S., 2008 – *Interactive and Cumulative Effects of Multiple Human Stressors in Marine Systems*. *Ecol. Lett.* 11, 1304-1315.
- FAO, 2014 – *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- GRUBER N., 2011 – *Warming Up, Turning Sour, Losing Breath: Ocean Biogeochemistry under Global Change*. *Phil. Trans. Roy. Soc. A.*, 369 (1943), 1980-1996. doi: 10.1098/rsta.2011.0003.
- GUNDERSON L.H., COSNES B. and GARMESTANI A.S., 2016 – *Adaptive Governance of Riverine and Wetland Ecosystem Goods and Services*. *J. Env. Man.* DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.05.024.
- HAINES-YOUNG R. and POTSCHIN M., 2013 – *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012*. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.
- HUVENNE V.A.I., BETT B.J., MASSON D.G., LE BAS T.P. and WHEELER A.J., 2016 – *Effectiveness of a Deep-Sea Cold-Water Coral Marine Protected Area, Following Eight Years Of Fisheries Closure*. *Biol. Cons.* 200, 60-69.
- International Seabed Authority, 2011 – *Environmental Management Plan for the Clarion-Clipperton Zone*. IBSA/17/LTC/7. Kingston, Jamaica.
- International Seabed Authority, 2015 – *Developing a Regulatory Framework for Mineral Exploitation in the Area*. International Seabed Authority, Kingston, Jamaica.
- IPCC, 2014 – *Climate Change 2014: Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.), IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- JOBSTVOGT N., HANLEY N., HYNES S., KENTER J. and WITTE U., 2014 – *Twenty Thousand Sterling under The Sea: Estimating the Value of Protecting Deep-Sea Biodiversity*. *Ecol. Econ.* 97, 10 – 19. doi: 10.1016/j.ecolecon.2013.10.019.
- JONES K.R., WATSON J.E., POSSINGHAM H.P. and KLEIN C.J., 2016 – *Incorporating Climate Change into Spatial Conservation Prioritisation: A Review*. *Biol. Cons.*, 194, 121-130.
- LE J.T., LEVIN L.A. and CARSON R.C., 2016 – *Incorporating Ecosystem Services into Environmental Management of Deep-Seabed Mining*. *Deep Sea Res. II.* doi: 10.1016/j.dsr2.2016.08.007.
- LEARY D.K., 2004 – *Bioprospecting and the Genetic Resources of Hydrothermal Vents on the High Seas: What is the Existing Legal Position, Where are we Heading and What are our Options?* *Macquarie Journal of International and Comparative Environmental Law.* 137.
- LEVIN L.A. and LE BRIS N., 2015 – *Deep Oceans under Climate Change*. *Science* 350: 766-768.
- LUBCHENCO J., PALUMBI S.R., GAINES S.D. and ANDELMAN S., 2003 – *Plugging a Hole in the Ocean: the Emerging Science of Marine Reserves*. *Ecol. App.*, 13 (1), S3-S7.
- LUNDEN J.J., MCNICHOLL C.G., SEARS C.R., MORRISON C.L. and CORDES E.E., 2014 – *Acute Survivorship of the Deep-Sea Coral *Lophelia Pertusa* from the Gulf of Mexico under Acidification, Warming, and Deoxygenation*. *Front. Mar. Sci.*, 1, 78. doi: 10.3389/fmars.2014.00078.



- MAHONE B.P., BHATT A., VULLA D., SUPURAN C.T. and MCKENNA R., 2015 – *Exploration of Anionic Inhibition of the α -Carbonic Anhydrase from Thiomicrospira Crunogena XCL-2 Gammaproteobacterium: a Potential Bio-Catalytic Agent for Industrial CO₂ Removal*. Chem. Eng. Sci. 138, 575-580. doi: 10.1016/j.ces.2015.07.030.
- MERRIE A., DUNN D.C., METIAN M., BOUSTANY A.M., TAKEI Y., ELFERINK A.O., OTA Y., CHRISTENSEN V., HALPIN P.N. and ÖSTERBLOM H., 2014 – *An ocean of surprises – Trends in Human Use, Unexpected Dynamics and Governance Challenges in Areas Beyond National Jurisdiction*. Glob. Environ. Chang. 27, 19 – 31. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.012.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005 – *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC.
- NORSE E.A., BROOKE S., CHEUNG W.W.L., CLARK M.R., EKELAND I., FROESE R., GJERDE K.M., HAEDRICH R.L., HEPPELL S.S., MORATO T., MORGAN L.E., PAULY D., SUMAILA R. and WATSON R., 2012 – *Sustainability of Deep- Sea Fisheries*. Marine Policy. 36, 307-320.
- PALUMBI S.R., SANDIFER P.A., ALLAN J.D., BECK M.W., FAUTIN, D.G., FOGARTY M.J., HALPERN B.S., INCZE L.S., LEONG J.A., NORSE E., STACHOWICZ J.J. and WALL D.H., 2009 – *Managing for Ocean Biodiversity to Sustain Marine Ecosystem Services*. Front. Ecol. Environ. 7, 204 – 211. doi: 10.1890/070135.
- RAMIREZ-LLODRA E., TYLER P.A., BAKER M.C., BERGSTAD O.A., CLARK M.R., ESCOBAR E., LEVIN L.A., MENOT L., ROWDEN A.A., SMITH C.R. and VAN DOVER C.L., 2011 – *Man and the Last Great Wilderness: Human Impact on the Deep Sea*. PLoS One, e22588. doi: 10.1371/journal.pone.0022588.
- Rio Declaration on Environment and Development, 1992 – Principle 15.
- SCHMITZ O.J., LAWLER J.J., BEIER P., GROVES C., KNIGHT G., BOYCE JR D.A., BULLUCK J., JOHNSTON K.M., KLEIN M.L., MULLER K. and PIERCE D.J., 2015 – *Conserving Biodiversity: Practical Guidance about Climate Change Adaptation Approaches in Support of Land-Use Planning*. Nat. Areas J., 35 (1), 190-203.
- Science for Environment Policy, 2015 – *Ecosystem Services and the Environment*. In-depth Report 11 produced for the European Commission, DG Environment for the Science Communication Unit, UWE, Bristol. Available at: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>.
- SEIDL R., SPIES T.A., PETERSON D.L., STEPHENS S.L. and HICKE J.A., 2016 – *Searching for Resilience: Addressing the Impacts of Changing Disturbance Regimes on Forest Ecosystem Services*. J. Appl. Ecol. 53, 120-129. doi: 10.1111/1365-2664.12511.
- SMITH C.R., GRANGE L.J., HONIG D.L., NAUDTS L., HUBER B., GUIDI L. and DOMACK E. 2011 – *A Large Population of King Crabs in Palmer Deep on the West Antarctic Peninsula Shelf and Potential Invasive Impacts*. Proc. Roy. Soc. B, rspb20111496. doi: 10.1098/rspb.2011.1496.
- TEEB, 2010 – *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A Synthesis of the Approach*. Conclusions and Recommendations of TEEB.
- THURBER A.R., SWEETMAN A.K., NARAYANASWAMY B.E., JONES D.O.B., INGELS J. and HANSMAN R.L., 2014 – *Ecosystem Function and Services Provided by the Deep Sea*. Biogeosciences Discuss. 11, 3941-3963. doi: 10.5194/bgd-11-3941-2014.
- TURNER J.T., 2015 – *Zooplankton Fecal Pellets, Marine Snow, Phytodetritus and the Ocean's Biological Pump*. Prog. Oceanog., 130, 205-248.
- WATSON R.A. and MORATO T., 2013 – *Fishing Down the Deep: Accounting for Within-Species Changes in Depth of Fishing*. Fisheries Research. 140, 63-65.
- WEDDING L.M., FRIEDLANDER A.M., KITTINGER J.N., WATLING L., GAINES S.D., BENNETT M., HARDY S.M. and SMITH C.R., 2013 – *From Principles to Practice: a Spatial Approach to Systematic Conservation Planning in the Deep Sea*. Proc. Biol. Sci. 280, 20131684. doi: 10.1098/rspb.2013.1684.
- XIAO N., HERNDL G.J., HANSELL D.A., BENNER R., KATTNER G., WILHELM S.W., KIRCHMAN D.L., WEINBAUER M.G., LUO T., CHEN F. and AZAM F., 2010 – *Microbial Production of Recalcitrant Dissolved Organic Matter: Long-Term Carbon Storage in the Global Ocean*. Nature Reviews. 8, 593-599.