

Le rôle potentiel de l'océan dans l'action climatique

A.K. Magnan, R. Billé, L. Bopp, V.I. Chalastani, W.W.L. Cheung, C.M. Duarte, R.D. Gates, J. Hinkel, J.-O. Irisson, E. Mcleod, F. Micheli, J.J. Middelburg, A. Oschlies, H.-O. Pörtner, G.H. Rau, P. Williamson, J.-P. Gattuso

Face à l'insuffisance des efforts mondiaux d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour maintenir le réchauffement global « bien en-dessous de 2 °C » (en 2100, par rapport à la période préindustrielle) et ainsi favoriser l'atteinte des objectifs de développement durable des Nations unies, il est critique, aujourd'hui, de relever l'ambition politique tant en matière d'atténuation que d'adaptation des écosystèmes et des sociétés. Dans cette perspective, ce *Document de propositions* pose la question des opportunités offertes par l'océan pour soutenir l'action climatique internationale. L'océan joue un rôle déterminant dans la minimisation du changement climatique d'origine anthropique (en termes d'absorption de la chaleur atmosphérique et du CO₂), mais au prix de répercussions importantes sur son fonctionnement chimique et physique : réchauffement, acidification, désoxygénation et élévation du niveau de la mer. Cela a bien entendu des implications, déjà détectables, sur les écosystèmes et les services écosystémiques.

À la fois victime et acteur, quel est le potentiel de l'océan et de ses écosystèmes pour limiter les causes du changement climatique et ses conséquences ? Ce *Document de propositions* résume les principales conclusions de l'*Ocean Solutions Initiative*¹, qui a évalué le potentiel de 13 mesures fondées sur l'océan.

¹ Document en libre accès (avec affiliations des auteurs) : Gattuso, J.-P. et al. (2018). Ocean solutions to address climate change and its effects on marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, <http://bit.ly/2MVx4pm>



MESSAGES CLÉS

Un large panel de mesures fondées sur l'océan existe pour limiter le changement climatique et ses impacts sur les écosystèmes marins. Cela suggère que la communauté des océans, des institutions internationales au secteur privé, peut jouer un rôle important à l'échelle globale en matière d'adaptation comme d'atténuation.

Au-delà d'opportunités, chaque mesure présente des limites. Si plusieurs mesures offrent un potentiel élevé pour résoudre le problème à l'échelle mondiale, elles présentent trop d'incertitudes et/ou de risques d'effets collatéraux négatifs pour que l'on recommande leur déploiement à grande échelle. En revanche, la plupart des mesures locales apparaissent « sans regret », mais elles ne répondent pas au défi à l'échelle planétaire.

Appréhender la pertinence de chacune des mesures impose de considérer en même temps plusieurs critères, notamment son efficacité potentielle, sa faisabilité, ses co-bénéfices, ses inconvénients, son rapport coût-efficacité et sa gouvernabilité.

La « solution » réside dans l'association de mesures globales et locales, certaines d'entre elles pouvant être déployées à grande échelle dès à présent. Cela en appelle toutefois à une coopération internationale encadrée.

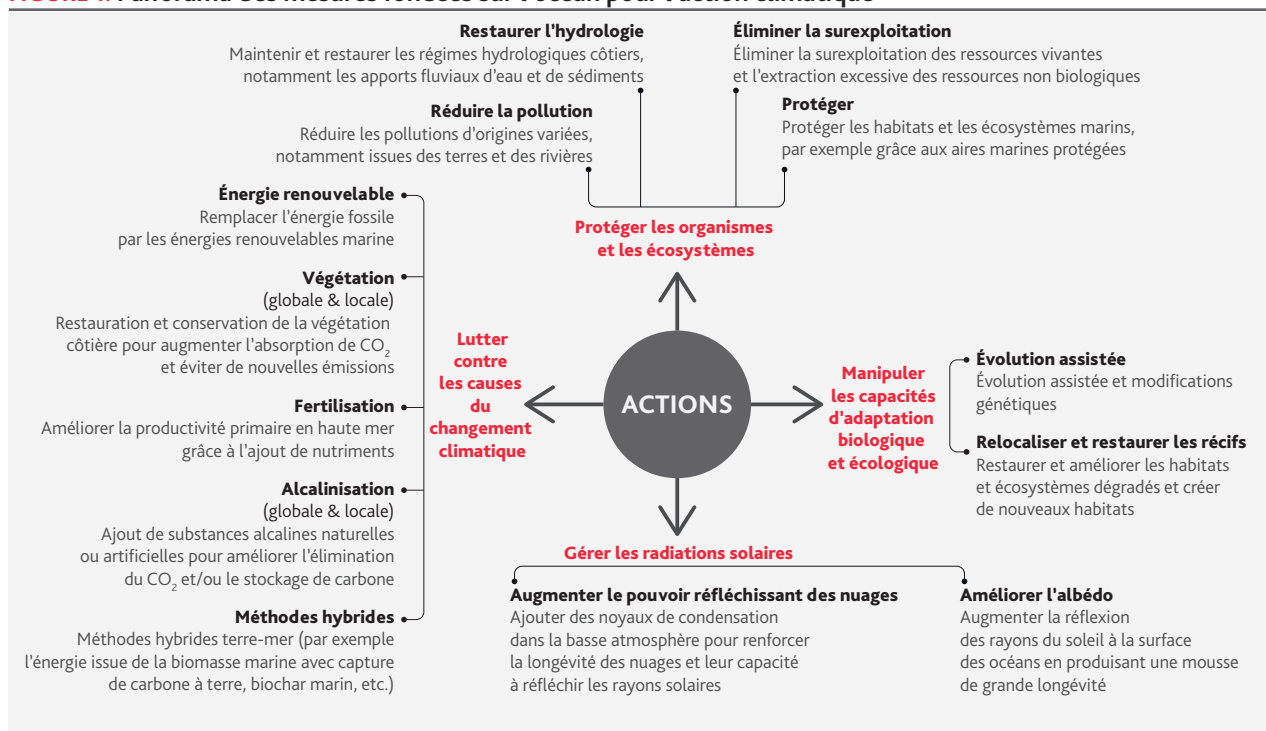
Résumé vidéo : <http://bit.ly/2QcUetB>.

N° 06
OCTOBRE
2018

PROPOSITIONS



FIGURE 1. Panorama des mesures fondées sur l'océan pour l'action climatique



Source: Gattuso *et al.* (2018) – voir note de bas de page 1

L'*Ocean Solutions Initiative*, un groupe de 18 experts internationaux des océans, a évalué le potentiel de 13 mesures fondées sur l'océan, tant à l'échelle globale que locale), pour limiter trois transformations majeures liées au climat (le réchauffement, l'acidification et l'élévation du niveau de la mer) et pour minimiser les impacts négatifs de ces bouleversements sur les écosystèmes marins et côtiers (récifs coralliens, mangroves et marais salants, herbiers marins, plantes et animaux arctiques) et sur les services écosystémiques qui leurs sont associés (pêche et aquaculture des poissons et bivalves, et protection du littoral). Cette évaluation repose sur une analyse de la littérature scientifique la plus récente, et sur 8 critères : l'efficacité potentielle de la mesure (en supposant sa mise en œuvre théorique maximale), sa maturité technologique, le délai nécessaire d'ici à sa pleine mise en œuvre, la durée des bénéfices recherchés, les co-bénéfices, les effets collatéraux négatifs, le rapport coût-efficacité, et la gouvernabilité d'un point de vue international.

QUELLES SONT LES OPTIONS ?

La Figure 1 montre les quatre grands types de mesures² proposées pour réduire l'ampleur et les effets du changement climatique. Les deux premières – appelées ici « mesures globales » – visent à réduire les émissions de GES ou à renforcer leur élimination à long terme de l'atmosphère, en mettant l'accent sur le CO₂, ou encore à limiter les radiations solaires pour « éviter la surchauffe ». Les deux autres types de mesures – ci-après « mesures locales » – ont pour objectif de limiter les impacts locaux du changement climatique, en réduisant soit les perturbations *in situ* de la

chimie et de la physique de l'océan (acidification et réchauffement à l'échelle d'un site, ou l'élévation relative du niveau de la mer), soit la sensibilité des organismes et des écosystèmes à ces perturbations.

Lutter contre les causes du changement climatique renvoie à la réduction des concentrations de GES dans l'atmosphère et comprend cinq mesures « globales » fondées sur l'océan. (1) Les énergies **renouvelables** marines renvoient à la production d'énergie électrique à partir du vent (éoliennes offshore) ou de l'océan lui-même (marées, houles, courants, stratification thermique). (2) La restauration et la conservation de la **végétation** côtière renforcent certains écosystèmes (principalement les marais salants, les mangroves et les herbiers marins) et évitent les émissions induites par leur dégradation. La **végétation** – tout comme l'**alcalinisation** (voir plus bas) – est évaluée à la fois dans une perspective globale et locale car elle peut être déployée, respectivement, soit en tant que composante d'une stratégie globale d'atténuation, soit pour réduire la sensibilité des écosystèmes et des services marins à l'élévation relative du niveau de la mer et à l'acidification des océans. (3) La **fertilisation** consiste à ajouter du fer soluble dans les eaux de surface afin d'augmenter artificiellement la production primaire et, par conséquent, l'absorption de carbone par le phytoplancton. (4) L'**alcalinisation** est l'ajout de substances alcalines dérivées de minéraux terrestres, de sources de produits chimiques de synthèse ou encore de produits de la mer disponibles localement (par exemple des coquillages morts), qui consomment du CO₂ et/ou neutralisent l'acidité. (5) Les **méthodes hybrides** terre-mer incluent l'utilisation de l'océan et de ses sédiments pour stocker la biomasse, le CO₂ ou l'alcalinité provenant de sources terrestres (par exemple le stockage en mer du CO₂ provenant de la bioénergie terrestre ou la capture directe du CO₂ dans l'air), ainsi que des techniques telles que l'utilisation de plantes marines comme combustibles pour l'énergie issue de la biomasse avec captage et stockage du carbone à terre.

² Pour une description détaillée des 13 mesures considérées dans l'étude, voir : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2018.00337/full#supplementary-material>

La gestion du rayonnement solaire (ou méthode de réflexion solaire) vise à renforcer le pouvoir réfléchissant de l'atmosphère ou de la surface océanique afin d'augmenter la quantité d'énergie solaire renvoyée vers l'espace. Elle comprend deux mesures principales. (6) L'**augmentation du pouvoir réfléchissant des nuages** à partir de la vaporisation, à grande échelle, d'eau de mer dans la basse atmosphère. (7) L'**amélioration de l'albédo** de l'océan consiste à tapisser la surface de ce dernier de microbulles ou de mousses à longue durée de vie.

La protection des organismes et des écosystèmes comprend quatre mesures. (8) La **réduction de la pollution** cherche à diminuer les rejets de substances anthropiques nuisibles afin de limiter à la fois l'hypoxie (c'est-à-dire le manque d'oxygène) et l'acidification des océans dans les eaux côtières locales. Elle permet aussi d'atténuer la sensibilité des organismes et des écosystèmes marins aux modifications climatiques. (9) La **restauration de l'hydrologie** fait référence à la restauration des régimes hydrologiques pour maintenir la qualité des conditions hydrologiques côtières (notamment par l'apport d'eau et de sédiments par les marées et les cours d'eau), et ce afin de minimiser les impacts liés au climat. (10) L'**élimination de la surexploitation** vise à garantir l'utilisation durable des ressources biologiques afin de préserver les espèces et le fonctionnement naturel des écosystèmes ; ainsi que des ressources non biologiques (par exemple le sable ou les minéraux) afin d'éviter des dégâts écologiques irréversibles. (11) La **protection** correspond à la conservation des habitats et des écosystèmes, principalement grâce aux aires marines protégées (AMP), pour soutenir la résilience et l'adaptation naturelles des écosystèmes.

La manipulation des capacités d'adaptation biologique et écologique comprend deux mesures. (12) L'**évolution assistée** implique la modification génétique d'organismes et la redistribution dans l'espace d'organismes présentant une tolérance accrue au stress. (13) La **relocalisation et la restauration des récifs** impliquent la restauration des récifs coralliens et récifs d'huîtres dégradés³, ainsi que la création de nouveaux habitats abritant des espèces plus résilientes.

CES OPTIONS SONT-ELLES TECHNIQUEMENT RÉALISABLES ?

La faisabilité technique tient compte ici de la maturité technologique actuelle des mesures et du délai nécessaire pour une efficacité potentielle optimale. Les mesures globales présentent généralement une faisabilité technique inférieure à celle des mesures locales. C'est le cas pour la *fertilisation*, l'*augmentation du pouvoir réfléchissant des nuages*, l'*alcalinisation*, l'*amélioration de l'albédo* et les *méthodes hybrides*, mais il existe des exceptions. Les énergies *renouvelables* et la *végétation* (au niveau global) présentent une forte faisabilité technique, tandis que celle de la mesure locale d'*évolution assistée* est faible. Les options présentant la meilleure faisabilité technique sont la *protection*, la *restauration de l'hydrologie*, l'*élimination de la surexploitation*, la *réduction de la pollution* et la *relocalisation et restauration des récifs*.

³ La restauration et la protection d'autres habitats côtiers (herbiers, mangroves et marais salants) sont abordées dans la mesure *Végétation*.

Outre la faisabilité technique en elle-même, les connaissances et l'expérience pratique associées à ces différentes mesures varient considérablement. Si certaines mesures en sont à un stade très précoce ou expérimental, d'autres ont déjà été mises en œuvre et perfectionnées, parfois depuis des décennies (*énergies renouvelables*, *végétation*, *élimination de la surexploitation*, *protection*).

SONT-ELLES EFFICACES POUR LUTTER CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET RÉDUIRE LES CONSÉQUENCES SUR LE MILIEU MARIN ?

Les mesures globales (par exemple les énergies *renouvelables*, la *fertilisation*, l'*alcalinisation*, ou l'*augmentation du pouvoir réfléchissant des nuages*) présentent l'efficacité potentielle la plus élevée pour réduire les changements liés au climat à l'échelle mondiale. La *réduction de la pollution*, l'*élimination de la surexploitation*, l'*évolution assistée*, la *relocalisation et restauration des récifs* sont, sans surprise, particulièrement adaptées pour réduire localement les impacts. Certaines mesures locales sont toutefois également efficaces pour ralentir l'acidification des océans *in situ* (par exemple la *réduction de la pollution* et l'*alcalinisation*) et l'élévation relative du niveau de la mer (par exemple la *végétation*, la *protection*, la *restauration de l'hydrologie*, la *relocalisation et restauration des récifs*).

Du point de vue des écosystèmes et des services écosystémiques, les solutions qui ciblent le réchauffement et l'acidification des océans sont plus pertinentes pour réduire les impacts sur les récifs coralliens et le milieu arctique, tandis que les mangroves et les marais salants bénéficieraient davantage de mesures plus efficaces pour réduire les impacts de l'élévation du niveau de la mer. Parce qu'elles minimisent aussi les facteurs non-climatiques, l'*élimination de la surexploitation*, la *restauration de l'hydrologie*, la *réduction de la pollution*, la *végétation* et la *protection* sont les mesures locales les plus efficaces pour maintenir des conditions saines pour la protection du littoral, la pêche et l'aquaculture de poissons et de bivalves.

Toutes les mesures comportent toutefois des limites. Par exemple, l'*amélioration de l'albédo* présente une grande efficacité potentielle pour limiter le réchauffement de l'océan, mais son effet ne dure que tant que l'albédo reste élevé (entre plusieurs jours et plusieurs mois pour les mousses d'océan), c'est-à-dire tant que les efforts de mise en œuvre sont assurés. De plus, comme les méthodes de gestion du rayonnement solaire en général, l'*amélioration de l'albédo* n'a pas d'effet atténuateur sur l'acidification des océans car il ne fait pas diminuer les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère. La *végétation* offre un autre exemple : même avec un stockage très élevé de carbone et une prévention des émissions nettes, cette mesure est limitée du fait de la superficie mondiale restreinte des habitats potentiellement végétalisés (et même si certaines initiatives étendent artificiellement cette zone, par exemple en utilisant l'aquaculture d'algues marines). À l'échelle locale également, l'espace disponible pour les habitats potentiellement végétalisés est limité en raison de l'urbanisation littorale (bâtiments, infrastructures, activités). Toutefois, contrairement à l'*alcalinisation*, les effets de la *végétation* peuvent en théorie être presque permanents tant que la biomasse végétale est maintenue ou augmentée malgré les pressions naturelles et anthropiques.

QUELS SONT LES INCERTITUDES ET LES POSSIBLES EFFETS COLLATÉRAUX ?

Plusieurs mesures présentent une grande part d'incertitude, essentiellement du fait d'un manque de tests et de déploiement à grande échelle, ainsi que de l'absence de littérature scientifique décrivant réussites et échecs. C'est particulièrement vrai pour les mesures globales (à l'exception des énergies renouvelables), pour lesquelles il est donc prématuré de recommander un déploiement à grande échelle. En revanche, plusieurs mesures locales sont des options « sans regret » offrant de nombreuses retombées positives et peu à pas d'inconvénients. Elles ne suffisent toutefois pas relever le défi global.

Une autre préoccupation concerne le fait que toutes les mesures présentent des risques d'effets collatéraux négatifs qui pourraient être très élevés. De tels effets collatéraux sont en partie inconnus en raison de la complexité de la dynamique des océans (notamment l'interface océan/atmosphère) et des écosystèmes de la haute mer et du littoral. Par exemple, si l'*alcalinisation* à grande échelle présente une forte efficacité potentielle pour réduire l'acidification des océans à l'échelle mondiale, elle s'accompagne de conséquences lourdes sur l'environnement – impacts de l'exploitation minière ou de la production de grandes quantités de substances alcalines, distribuées à l'échelle mondiale – et sur les organismes vivants – impacts des oligo-éléments ou contaminants potentiellement présents dans le matériau ajouté.

LA SOCIÉTÉ MONDIALE EST-ELLE EN MESURE DE LES METTRE EN ŒUVRE ?

Les résultats soulignent le besoin de combiner à la fois des solutions globales et locales, supposant dès lors d'impliquer de très nombreuses parties prenantes, et donc une coopération internationale efficace. Sont particulièrement visées les communautés organisées autour des conventions des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et sur la diversité biologique (CDB).

La gouvernabilité mondiale (c'est-à-dire dans une perspective internationale) tient compte de la capacité de la communauté

internationale à mettre en œuvre des mesures fondées sur l'océan, à gérer les conflits connexes et à tirer parti des avantages à diverses échelles. L'évaluation se fonde ici sur le principe selon lequel la gouvernabilité mondiale d'une mesure est facilitée par son efficacité et le caractère prévisible de ses effets, la présence d'avantages nets au niveau national, les retombées positives attendues et l'absence d'inconvénients, l'existence d'institutions efficaces et une volonté partagée par les acteurs concernés.

Sans surprise, la gouvernabilité mondiale est particulièrement élevée pour la *protection*, la *végétation* (globale et locale) et la *relocalisation et restauration des récifs*. Elle est en revanche estimée faible pour les mesures mobilisant les techniques de *géo-ingénierie* (*augmentation du pouvoir réfléchissant des nuages* et *amélioration de l'albédo*), en particulier parce que leur mise en œuvre soulève des problèmes classiques en matière de coopération internationale, telle la réticence des pays à assumer unilatéralement des coûts supplémentaires susceptibles de réduire leur compétitivité économique. Les énergies renouvelables occupent une fois de plus une position intermédiaire : leur rentabilité grandissante par rapport aux énergies fossiles incite à leur mise en œuvre au niveau national (même si elles sont parfois difficilement acceptées au niveau local).

Même si les mesures globales fondées sur l'océan et qui visent à réduire les émissions de GES, à éliminer le CO₂ atmosphérique ou à accroître la réflexion du soleil sont plus efficaces pour traiter le problème climatique à l'échelle planétaire, leur mise en œuvre pose des difficultés non seulement en termes technologiques et parfois économiques, mais aussi en termes de gouvernance et d'éthique. En revanche, la plupart des mesures locales qui visent à réduire les changements liés au climat au niveau local et/ou la sensibilité des organismes et des écosystèmes présentent plusieurs retombées positives et peu à pas d'inconvénients. Elles n'offrent cependant pas de solution pour traiter des problèmes à l'échelle globale. Toute solution fondée sur l'océan doit donc s'appuyer sur une combinaison de mesures globales et locales, dont certaines peuvent être mises en application ou intensifiées dès aujourd'hui.

AFFILIATION DES AUTEURS

Les affiliations sont disponibles sur <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2018.00337/full> et sur <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/propositions/le-role-potentiel-de-locean-dans-laction-climatique>

Magnan, A.K. *et al.* (2018). Le rôle potentiel de l'océan dans l'action climatique. Iddri, *Propositions* N°06/18.

Ce travail est un produit de l'Ocean Solutions Initiative (http://www.obs-vlfr.fr/~gattuso/tosi_products.php). L'initiative a été coordonnée par le CNRS, l'Iddri et Sorbonne Université et a reçu le soutien de l'Association monégasque sur l'acidification des océans (AMAO), de la Fondation Prince Albert II de Monaco, de la Fondation Veolia, du Centre de coordination internationale sur l'acidification des océans de l'AIEA et du Fonds français pour l'environnement mondial. Il a également bénéficié

d'une aide financière de l'État français au titre du programme « Investissements d'avenir », géré par l'Agence nationale de la recherche (ANR-10-LABX-01).

CONTACT

alexandre.magnan@iddri.org

Institut du développement durable
et des relations internationales
41, rue du Four – 75006 Paris – France

www.iddri.org
[@IDDRI_ThinkTank](https://twitter.com/IDDRI_ThinkTank)