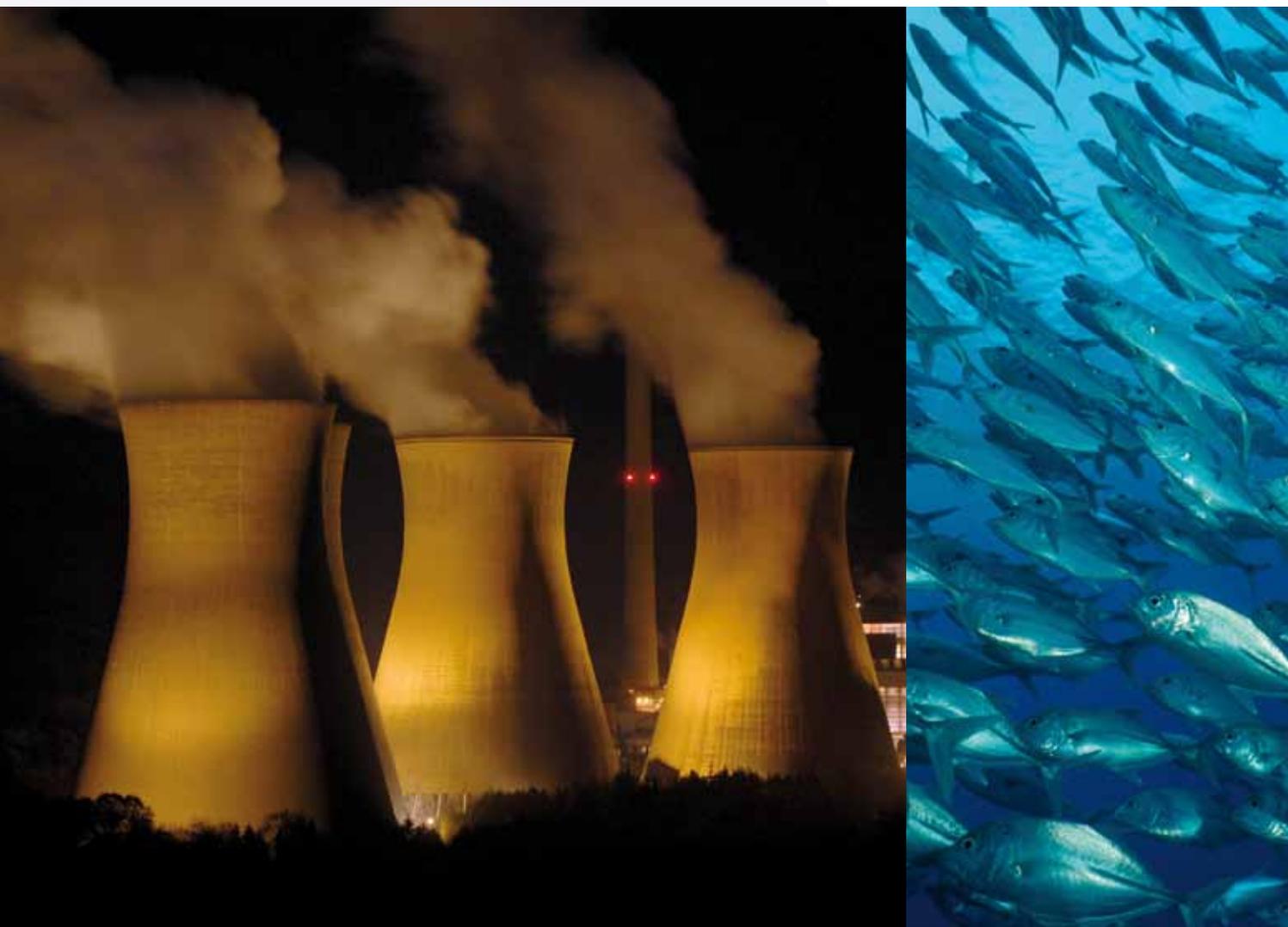


ACIDIFICATION DES OCÉANS



Résumé à l'intention des décideurs du 2e Symposium sur « l'Océan dans un monde avec un taux élevé de CO₂ »

PARRAINS DU SYMPOSIUM

Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO

Programme international sur la géosphère et la biosphère

Laboratoires de l'environnement marin de l'Agence internationale de l'énergie atomique

Comité scientifique de la recherche océanique

SYMPOSIUM SUR L'OCÉAN DANS UN MONDE AVEC UN TAUX ÉLEVÉ DE CO₂

Le 2e symposium sur l'océan dans un monde avec un taux élevé de CO₂ s'est tenu du 6 au 9 octobre 2008 au Musée océanographique de Monaco, sous le haut patronage de son Altesse sérénissime le Prince Albert II. La réunion a rassemblé 220 scientifiques de 32 pays chargés d'évaluer les connaissances sur l'impact de l'acidification des océans sur la chimie et les écosystèmes marins et d'en étudier les dimensions socioéconomiques et politiques.

Le présent document résume les nouvelles conclusions de la recherche présentées lors du Symposium. La synthèse des résultats publiés dans un rapport scientifique intitulé Research Priorities for Ocean Acidification (Priorités de la recherche sur l'acidification de l'océan) (2009) est disponible à l'adresse suivante : www.ocean-acidification.net (en anglais seulement).

Contexte

L'océan absorbe environ 25 % du CO₂ émis chaque année dans l'atmosphère par les activités humaines, réduisant fortement l'impact de ce gaz à effet de serre sur le climat.

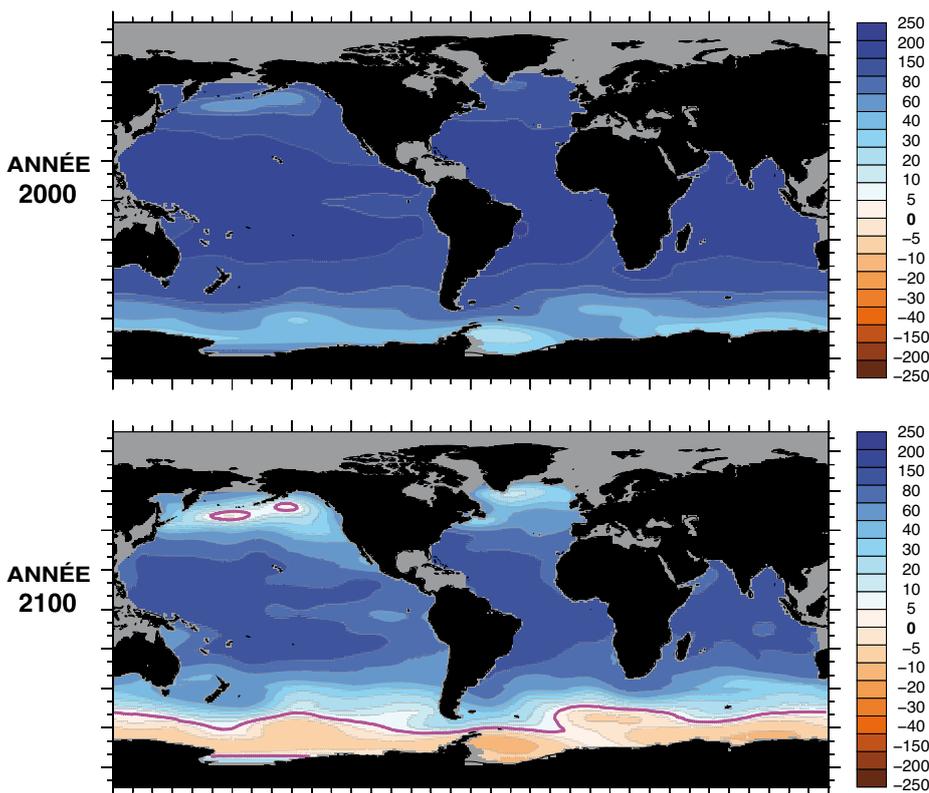
De l'acide carbonique est produit lorsque le CO₂ se dissout dans l'eau de mer. Ce phénomène, appelé acidification de l'océan, rend l'eau de mer corrosive pour les coquilles et les squelettes de nombreux organismes marins. Il perturbe aussi la reproduction et la physiologie de certains d'entre eux.

Ces répercussions sont désormais détectées dans des organismes vivants de plusieurs régions du monde. D'ici à quelques décennies, la chimie des océans tropicaux limitera la croissance des récifs coralliens, tandis que de vastes régions des océans polaires deviendront corrosives pour les organismes marins calcaires. Ces profonds changements auront des incidences sur les réseaux trophiques, la biodiversité et la pêche.

RECOMMANDATIONS

Seule la limitation de la teneur atmosphérique en CO₂ permettra à l'avenir d'éviter des effets néfastes.

Un réseau mondial d'alerte et de prévisions précoces est nécessaire.



Dans quelques décennies, l'acidité des océans polaires devrait, d'après les projections, atteindre un niveau suffisant pour dissoudre certaines coquilles.

Saturation en aragonite calculée en terme de concentration excessive en ions carbonate ($\mu\text{mol kg}^{-1}$). La couleur bleue signale que les eaux de surface sont favorables à la formation de carbonate de calcium et la couleur rouge que les eaux sont corrosives pour les organismes calcifiants. Adapté de l'Article d'Orr et al. (2005) Nature 437, p. 681-686.
Source de la figure : James Orr, Laboratoire de l'environnement marin (LEM-AIEA), Monaco.

L'OCÉAN S'ACIDIFIE RAPIDEMENT

L'acidité de l'océan a augmenté de 30 % depuis le début de la révolution industrielle. Si la concentration en CO_2 atmosphérique continue d'augmenter au rythme actuel, l'océan deviendra corrosif pour les coquillages de nombreux organismes marins d'ici à la fin du siècle. On ne sait pas comment les organismes marins pourront s'adapter, ni s'ils y parviendront.

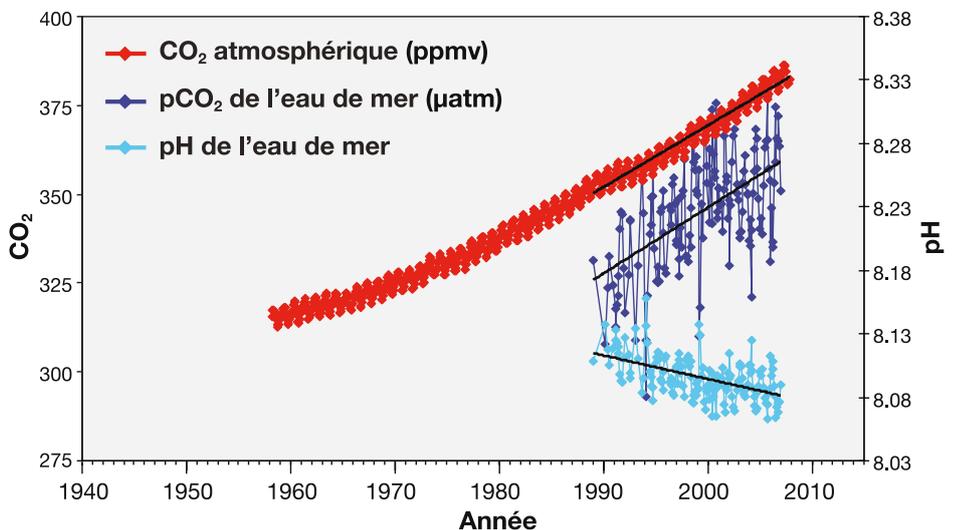
Cette augmentation est 100 fois plus rapide que celle subie par les organismes marins depuis au moins 20 millions d'années. Il y a 65 millions d'années, l'acidification de l'océan a conduit à l'extinction massive des organismes marins calcaires, composante du réseau trophique marin. À cette époque, les récifs coralliens ont disparus et il leur a fallu des millions d'années pour se reconstituer.

L'actuelle acidification anthropique représente un événement rare dans l'histoire géologique de notre planète.

Contexte

La concentration moyenne en CO_2 atmosphérique est actuellement de 385 parties par million (ppm), donc supérieure de 38 % au niveau de 280 ppm de l'ère préindustrielle. Cette hausse est, pour moitié, intervenue au cours des 30 dernières années. Les émissions actuelles de CO_2 sont plus importantes que celles prévues par le scénario le plus pessimiste formulé il y a 10 ans par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Séries temporelles du CO_2 et pH dans l'océan pacifique nord



Source de la figure : Richard A. Feely, Pacific Marine Environmental Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, États-Unis d'Amérique, à l'aide de données atmosphériques provenant de Peter Tans et de données sur l'eau de mer fournies par David Karl. Adapté de Feely (2008) dans Levinson et Lawrimore (dir. publ.), Bull. Am. Meteorol. Soc, 89 (7) : S58.

Les observations recueillies ces 25 dernières années montrent une tendance constante à l'acidification croissante des eaux de surface en raison de l'augmentation du CO_2 atmosphérique.



Crédit photographique: Ulf Riebesell

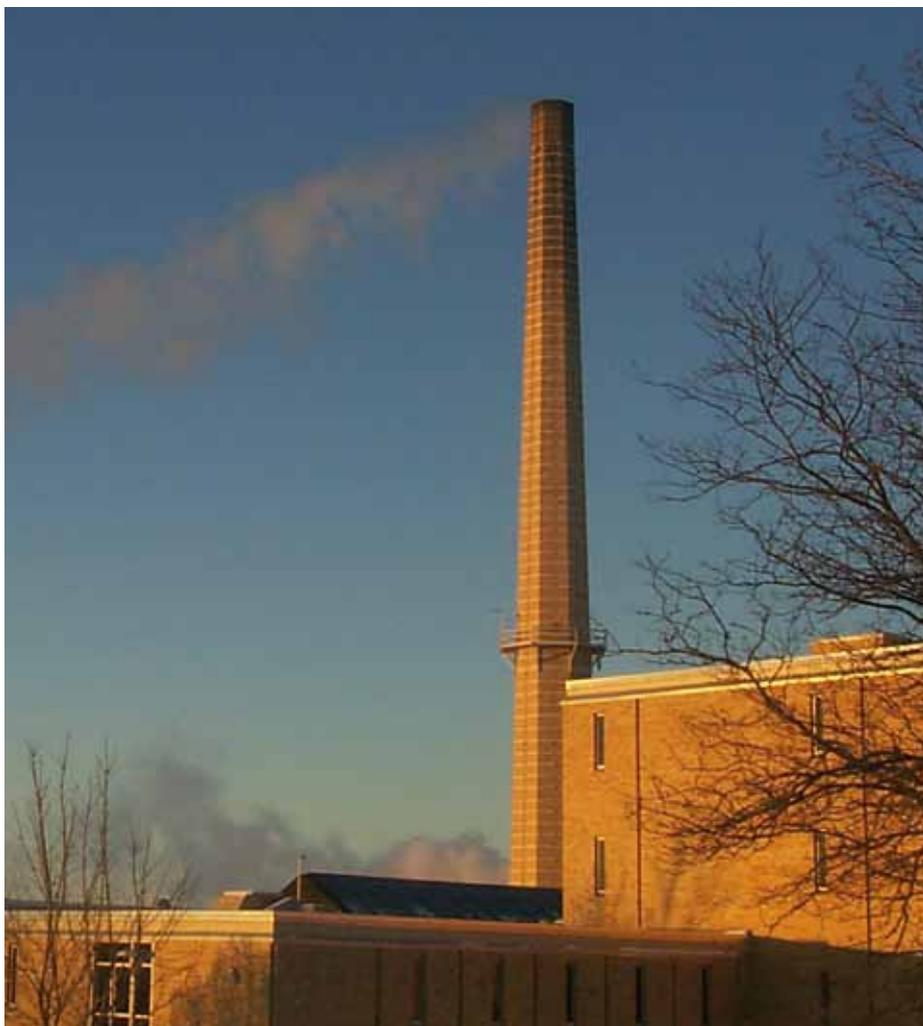
L'ACIDIFICATION DES OCÉANS EST UNE CONSÉQUENCE DIRECTE DES ÉMISSIONS DE CO₂, NON DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Alors que le changement climatique et ses incidences présentent de grandes incertitudes, **les modifications chimiques des océans provoquées par l'augmentation du CO₂ atmosphérique peuvent être mesurées aujourd'hui et seront tout à fait prévisibles à l'avenir.**

De l'acide carbonique est formé lorsque le CO₂ se dissout dans l'eau de mer. C'est cette réaction chimique qui provoque l'acidification des océans et **elle est indépendante du changement climatique.**

La réduction des températures mondiales et de la concentration d'autres gaz à effet de serre ne diminuera pas l'acidification des océans qui n'est pas une question climatique mais **un autre problème lié au CO₂.**

Les négociations visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre doivent tenir compte de l'acidification des océans. Les méthodes de géo-ingénierie visant à combattre le changement climatique en réfléchissant la lumière solaire, par exemple, ne résoudront pas le problème d'acidification des océans.



La réduction des températures mondiales et de la concentration d'autres gaz à effet de serre ne diminuera pas l'acidification de l'océan.

COMMENT LES ÉCOSYSTÈMES MARINS RÉAGISSENT-ILS ?

D'après la plupart des études, la calcification diminue, y compris la formation des coquillages et des squelettes, lorsque l'acidification augmente. Les réactions de calcification des organismes marins varient à différents stades de leur cycle de vie. **À certains stades précoces de leur vie, ces organismes sont particulièrement sensibles à l'acidification.**

Pour les animaux marins, notamment les invertébrés et certains poissons, l'accumulation de CO₂ dans le corps peut également susciter des perturbations de processus autres que la calcification et engendrer des modifications morphologique, de l'état métabolique, de l'activité physique et de la reproduction.

Alors que certains groupes de phytoplancton, comme les coccolithophores peuvent pâtir de l'acidification de l'océan, d'autres, y compris les cyanobactéries qui fixent l'azote, peuvent profiter des teneurs élevées en CO₂. **Leurs impacts sur le phytoplancton et d'autres espèces sensibles peuvent provoquer dans les réseaux trophiques marins des perturbations qui affecteront les pêcheries.**

D'ici au milieu du XXI^e siècle, les taux de calcification des coraux baisseront d'environ un tiers et **leur érosion sera supérieure à leur croissance.** Beaucoup risquent de ne plus être viables.

Des expériences attestent que l'acidification des océans gêne également la calcification des coraux profonds. **D'ici à 2100, 70 % des coraux d'eau froide seront exposés à des eaux corrosives pour leur squelette.** Les écosystèmes coralliens d'eau froide constituent l'habitat, les aires d'alimentation et les zones de reproduction et de croissance de nombreux organismes vivant en eaux profondes, notamment des espèces commerciales de poissons.

Contexte

L'élevage sélectif d'une espèce d'huître montre que la résistance à l'acidification peut être renforcée, **ce qui suggère la possibilité d'un certain degré d'adaptation de la part de certains organismes.** Cependant, la capacité d'adaptation de la plupart des organismes à une acidité croissante est inconnue.

La sévérité de ces impacts dépendra probablement en partie de **l'interaction entre l'acidification et d'autres stress environnementaux tels que l'augmentation de la température de l'océan, la surpêche et les sources de pollution d'origine terrestre.** Chez deux espèces de crabes, l'acidification de l'océan diminue la résistance aux extrêmes thermiques, indiquant une sensibilité accrue au réchauffement ainsi que la possible réduction de la distribution géographique des espèces.

Les environnements où la teneur en CO₂ est naturellement élevée, comme certaines zones côtières subissant l'effet de remontées d'eau froide ou d'apports fluviaux ou encore des zones recevant des apports de CO₂ d'origine volcanique ou hydrothermale, peuvent donner un aperçu des écosystèmes marins de l'avenir. Ces diverses zones ont une faible biodiversité et un grand nombre d'espèces invasives y sont présentes.

D'ici au milieu du XXI^e siècle, de nombreux récifs coralliens risquent de ne plus être viables.



Crédit photographique: Armin Form

QUELLE SERA L'INCIDENCE DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS SUR LES SOCIÉTÉS ET LES ÉCONOMIES ?

L'acidification des océans peut, par le biais du réseau trophique marin, entraîner une réaction en chaîne qui affectera les pêcheries commerciales et l'aquaculture des crustacés et mollusques, d'une valeur de plusieurs milliards de dollars, ainsi que menacer **la sécurité alimentaire de millions de personnes parmi les plus pauvres de la planète**. Les larves de poissons, de crustacés et de mollusques risquent d'être particulièrement vulnérables.

L'acidification des océans peut rendre la plupart des régions océaniques inhospitalières pour les récifs coralliens, affectant **le tourisme, la sécurité alimentaire, la protection du littoral et la biodiversité**. Les récifs coralliens risquent d'être particulièrement touchés en raison de l'effet conjugué du blanchissement des coraux dû à une hausse de la température et de l'acidification des océans.

La capacité de l'océan d'absorber le CO₂ en provenance de l'atmosphère est amoindrie par l'acidification des océans, ce qui rendra plus difficile la stabilisation des concentrations de CO₂ atmosphérique.

Le coût de la stabilisation du CO₂ atmosphérique à un niveau qui évitera la plupart des effets néfastes est inférieur à celui de l'inaction et cette stabilisation est possible grâce aux techniques qui peuvent être déployées aujourd'hui et dans un proche avenir.

Contexte

Lorsque les petits organismes océaniques meurent, leurs coquilles tombent au fond de l'océan, emprisonnant pour longtemps le carbone. Cela fait partie de la pompe à carbone océanique et les coquilles plus légères transfèrent moins de carbone en haute mer. Le coût des services écosystémiques fournis par la pompe à carbone océanique peut être estimé à partir des prix actuellement pratiqués sur les marchés des crédits carbone. Le prix du carbone sur le marché variant de 20 à 200 dollars la tonne, l'absorption de CO₂ par l'océan représente une subvention annuelle de 40 à 400 milliards de dollars pour l'économie mondiale, soit 0,1 à 1 % du produit mondial brut. **La baisse d'efficacité prévue de la pompe à carbone océanique pourrait représenter une perte annuelle de plusieurs milliards de dollars.**

Il est possible que les négociations internationales visant à maintenir les niveaux de **CO₂ atmosphériques en dessous de 550, voire de 450 ppm, ne parviennent pas à empêcher une grande partie des océans polaires de devenir corrosive** pour les coquilles d'espèces marines clés. Même à ces niveaux de CO₂, d'après les projections, la croissance nette des récifs coralliens dans les zones tropicales risque de ne pas suivre leur rythme d'érosion .



Crédit photographique: Arne Körtzinger

L'acidification des océans risque de menacer la sécurité alimentaire de millions de personnes, parmi les plus pauvres dans le monde.

LA RECHERCHE SUR L'ACIDIFICATION DES OCÉANS EN EST À SES DÉBUTS

L'acidification des océans est un domaine d'étude relativement nouveau puisque **62 % des travaux de recherche sur le sujet ont été publiés depuis 2004.**

Même si nous comprenons mieux les conséquences d'une concentration élevée en CO₂ sur un large éventail d'organismes marins, nous sommes toujours dans **l'incapacité de faire des projections utiles de ces impacts** sur les écosystèmes marins et les pêcheries dans leur ensemble ou d'identifier des seuils au-delà desquels les écosystèmes marins risquent de ne pas pouvoir se régénérer.

Il existe dans le monde **relativement peu de sites où aient été faites des mesures sur plusieurs décennies des variables chimiques et biologiques nécessaires pour servir de référence à l'évaluation en temps voulu des impacts de l'acidification des océans.** Un réseau mondial d'alerte rapide et de prévision coordonné par les États est nécessaire à la recherche, à la gestion et à la vérification des mesures de stabilisation.

Contexte

La plupart des études sur les organismes marins ont uniquement examiné les réponses d'espèces données à un seul facteur environnemental, comme l'augmentation de l'acidité, du CO₂ ou de la température. Il faut élaborer des méthodes permettant d'examiner la réaction d'ensemble de l'écosystème à de multiples facteurs environnementaux en faisant appel à des scénarios des conditions environnementales attendues dans les prochaines décennies.

Des études à long terme et des expériences sélectives d'élevage sont nécessaires pour comprendre les modes d'adaptation et d'évolution. Il sera important d'identifier les gènes impliqués dans la calcification et dans l'équilibre acide-base et des moyens de mesurer l'expression de ces gènes pour comprendre l'adaptabilité des organismes marins aux variations de l'acidité.

L'acidification à l'échelle mondiale laisse à penser que les possibilités d'atténuation sont probablement très limitées, surtout à court terme. Il faut réaliser des recherches pour comprendre si l'ajout de substances alcalines dans l'océan pourrait remédier à l'acidification dans certaines zones, dans quelle mesure les effets de l'acidification peuvent être compensés en réduisant d'autres stress environnementaux comme l'eutrophisation et la gestion optimale des écosystèmes marins pour lutter contre ces phénomènes et d'autres menaces associées.

Les groupes d'utilisateurs chargés d'orienter la recherche devraient comprendre des experts de la formulation des politiques s'intéressant aux secteurs pertinents de l'environnement, de l'industrie et de la conservation.

62 % des travaux de recherche sur l'acidification des océans ont été publiés depuis 2004.



Crédit photographique: Ulf Riebesell

ORGANISMES DE PARRAINAGE DU SYMPOSIUM

Le Comité scientifique non gouvernemental **de la recherche océanique** (www.scor-int.org) a été créé par le Conseil international des unions scientifiques en 1957 en vue de promouvoir la coopération internationale dans tous les domaines de l'océanologie.



La Commission océanographique intergouvernementale (<http://ioc-unesco.org>) a été créée par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) en 1960, pour fournir aux États membres des Nations Unies un mécanisme essentiel de coopération mondiale pour l'étude de l'océan.



Le Programme international sur la géosphère et la biosphère (www.igbp.net) est un programme international de recherche scientifique qui étudie les interactions entre les processus biologiques, chimiques et physiques et les systèmes humains afin d'élaborer et de dispenser les connaissances nécessaires pour répondre aux changements planétaires.



Le Laboratoire de l'environnement marin (LEM) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (www.naweb.iaea.org/naml) favorise les efforts inter-institutions des Nations Unies pour protéger les mers et mène des recherches sur l'acidification de l'océan en associant des isotopes lors de manipulations expérimentales et en utilisant des modèles numériques afin de mieux comprendre et prévoir comment l'acidification peut altérer les ressources marines au XXI^e siècle. www.ocean-acidification.net



SOUTIEN FINANCIER ET EN NATURE

Les parrains scientifiques et les comités d'organisation du symposium tiennent à remercier les organisations et les organismes de financement ci-après de leur soutien financier et en nature :

L'U.S. National Science Foundation (États-Unis d'Amérique)

La Fondation Prince Albert II de Monaco

Le Comité scientifique de la recherche océanique

La Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO

L'Agence internationale de l'énergie atomique

Le Programme international sur la géosphère et la biosphère

Le Musée océanographique de Monaco

Le Centre scientifique de Monaco

Le Conseil international pour l'exploration de la mer

L'Organisation des sciences de la mer pour le Pacifique Nord



Crédit photographique : Clara Natoli

Directeurs de publication : Maria Hood, Wendy Broadgate, Ed Urban et Owen Gaffney.
Présentation : Hilarie Cutler, Secrétariat du PIGB.

Des exemplaires sont disponibles à l'adresse suivante : www.ocean-acidification.net.
Pour obtenir des exemplaires imprimés envoyer un courriel à l'adresse suivante : comms@igbp.kva.se
Ou téléphoner au numéro suivant : +46 8 16 64 48

Une synthèse des résultats indiqués ici figure dans le Rapport scientifique d'Orr et al. (2009) *Research Priorities for Ocean Acidification* disponible à l'adresse suivante : www.ocean-acidification.net.