

Environnement



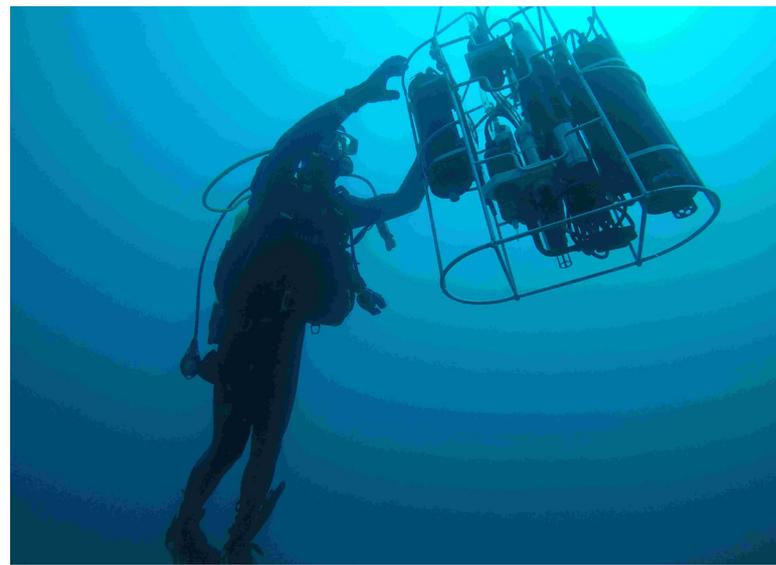
Utilisation des techniques nucléaires et isotopiques pour évaluer l'acidification des océans et les effets des changements climatiques

RÉSUMÉ

- Les facteurs qui influent sur le climat sont complexes. Les océans stockent environ un quart du dioxyde de carbone (CO_2) résultant des activités humaines et contribuent donc dans une large mesure à l'atténuation des effets des changements climatiques.
- La hausse des émissions de carbone et des températures perturbe les processus océaniques et pourrait avoir de lourdes conséquences pour les écosystèmes marins, le climat mondial, la protection du littoral et les industries côtières, comme la pêche et le tourisme.
- Pour comprendre et anticiper les changements climatiques possibles, il est important de connaître les processus à l'œuvre dans le cycle mondial du carbone.
- L'augmentation des niveaux de CO_2 dans l'atmosphère entraîne le réchauffement de la planète et donc l'augmentation de la température des océans, mais aussi leur acidification, parfois considérée comme « l'autre problème posé par le CO_2 ».
- L'AIEA aide ses États Membres à utiliser les radio-isotopes pour comprendre le cycle du carbone des océans et les effets possibles de l'acidification des océans sur l'environnement marin et les services écosystémiques indispensables.

INTRODUCTION : LIEN ENTRE LES OCÉANS ET LE CLIMAT

Le cycle global du carbone décrit les flux de carbone entre les différents compartiments environnementaux (atmosphère, océan, biosphère terrestre et sédiments). Ce carbone peut, par exemple, entrer dans la constitution de dioxyde de carbone (CO_2) ou de méthane (CH_4), deux très importants



Des chercheurs de l'AIEA mesurent des paramètres, tels que la température et la salinité de l'eau de mer, pour mieux comprendre le cycle du carbone à l'échelle mondiale et les facteurs qui peuvent le perturber.

(Photo : Roberto Cassi/AIEA)

gaz à effet de serre. Il est essentiel de quantifier précisément les changements d'état du carbone et les stocks de cet élément pour pouvoir élaborer les modèles climatiques servant à prédire les effets des changements climatiques.

Les océans absorbent au moins un quart du CO_2 émis dans l'atmosphère par des activités anthropiques, telles que la combustion fossile. Une partie de ce CO_2 retourne dans l'atmosphère et une autre passe des eaux de surface aux eaux océaniques profondes, qui stockent 50 fois plus de carbone que l'atmosphère. Les océans jouent donc un rôle essentiel pour la nature en régulant les émissions atmosphériques de CO_2 .

Une modification des flux vers ces puits océaniques de carbone, comme celle engendrée par les activités humaines, pourrait porter atteinte à la capacité de stockage des océans et avoir des conséquences

dramatiques sur les niveaux de CO₂ atmosphérique. En outre, des océans de plus en plus chauds et acides ne pourraient absorber les mêmes quantités de CO₂, ce qui entraînerait une augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère et accentuerait le réchauffement climatique.

ACIDIFICATION DES OCÉANS

L'absorption de CO₂ par les océans n'est pas sans conséquences sur la vie marine. Elle entraîne l'acidification des océans, modification de la chimie des carbonates océaniques, parfois considérée comme « l'autre problème posé par le CO₂ ». L'acidification des océans est devenue l'un des principaux problèmes mondiaux au cours de la dernière décennie, en raison de ses effets potentiels sur les organismes marins et les cycles biogéochimiques.

Ce processus comprend un ensemble de modifications de la chimie de l'eau de mer, notamment une diminution du pH (mesure de l'acidité/alcalinité), qui correspond à une augmentation de l'acidité. Ces changements peuvent être mesurés. Les niveaux de pH moyens des océans ont diminué de 0,1 depuis le début de la révolution industrielle, ce qui correspond à une augmentation de 26 % de l'acidité. Cependant, il est difficile d'estimer l'impact total de l'acidification des océans sur la vie marine. Des études montrent que les incidences, tant bénéfiques que néfastes, peuvent être très diverses et que les niveaux de résilience et d'adaptabilité varient suivant les espèces.

En dessous d'un certain niveau de pH et de la concentration de carbonate correspondante, l'eau devient corrosive pour le carbonate de calcium, utilisé par de nombreux organismes pour constituer leur coquille et leur squelette. Certains coraux, ptéropodes (petits escargots de mer), mollusques bivalves (comme les palourdes et les moules) et le phytoplancton calcifiant semblent être particulièrement sensibles aux modifications chimiques de l'eau de mer.

De plus, l'énergie dépensée pour s'adapter à des conditions de plus en plus acides peut réduire celle disponible pour les processus physiologiques, comme la reproduction et la croissance. Les scientifiques des Laboratoires de l'environnement de l'AIEA utilisent des techniques faisant appel aux radio-isotopes pour étudier les incidences de l'acidification des océans et leur interaction avec d'autres facteurs de perturbation, comme l'augmentation des températures due aux changements climatiques ou des facteurs de perturbation locaux, comme les polluants.

COMPRENDRE LES INCIDENCES DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS

Les techniques nucléaires et isotopiques sont très efficaces pour étudier l'acidification des océans et ont largement contribué à l'étude des changements passés de l'acidité des océans et de leurs incidences possibles sur les organismes marins. Par exemple, des isotopes du bore permettent aux scientifiques d'évaluer, à l'aide de coraux et d'organismes fossilisés, quels étaient les niveaux de pH des océans dans le passé, ainsi que de déterminer les événements qui ont contribué à leur acidification et qui pourraient expliquer les extinctions massives et les changements survenus dans les structures des écosystèmes.

Les techniques nucléaires et isotopiques peuvent également servir à étudier les effets de l'acidification des océans sur les organismes marins, comme les coraux. Les récifs coralliens, qui abritent certains des écosystèmes les plus diversifiés de la planète, comptent parmi les écosystèmes les plus menacés au monde, car de nombreux coraux sont très sensibles aux variations de leur environnement.

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA mènent des travaux de recherche avec des isotopes radioactifs, comme le calcium 45, qui peuvent être utilisés comme traceurs pour mesurer les taux de croissance d'organismes calcifiants tels que les coraux, les moules et d'autres mollusques, dont les squelettes et les coquilles sont constitués de calcium. Des traceurs sont également utilisés pour déterminer les effets de l'acidification des océans sur la physiologie des organismes marins, ainsi que les incidences d'un ensemble de facteurs de perturbation, tels que l'acidification des océans, les changements de température et la présence de contaminants.

Conscients des incidences que peut avoir l'acidification des océans sur les environnements et les écosystèmes marins, les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA mènent des recherches en la matière et aident les États Membres à mieux comprendre certaines questions, comme les conséquences économiques de l'acidification des océans sur le secteur de la pêche.

En parallèle de leurs travaux de recherche, les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA à Monaco accueillent le Centre international de coordination sur l'acidification des océans (OA-ICC), qui favorise la collaboration scientifique internationale aux fins de la compréhension, basée sur des données factuelles, des incidences que peut avoir l'acidification des océans



Des participants à un cours organisé en Chine par l'OA-ICC apprennent à effectuer des mesures chimiques du carbonate pour étudier l'acidification des océans.

(Photo : V. Shi/Université de Xiamen, Chine)

sur l'environnement marin et les populations côtières. Les Laboratoires de Monaco ont également vocation à montrer comment les techniques classiques, nucléaires et isotopiques peuvent permettre de comprendre les effets qu'ont les modifications de la composition chimique de l'eau de mer sur les organismes et écosystèmes marins, en conjonction avec d'autres facteurs anthropiques, tels que la surpêche, l'eutrophisation et la pollution.

ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DE STOCKAGE DU CARBONE DE L'OCÉAN AU MOYEN D'APPLICATIONS NUCLÉAIRES

Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA utilisent les radio-isotopes pour étudier la capacité des océans à stocker le carbone et les incidences que peuvent avoir les changements climatiques sur celle-ci.

Deux mécanismes permettent aux océans de piéger le carbone : la pompe de solubilité et la pompe biologique.

Dans le premier cas, le CO_2 de l'atmosphère pénètre profondément dans les océans sous l'effet de processus physiques et chimiques, notamment des échanges gazeux, la dissolution et la circulation océanique. Dans le deuxième cas, au cours de la photosynthèse, le CO_2 est absorbé dans les eaux de surface par le phytoplancton, plantes marines microscopiques en bas de la chaîne alimentaire océanique. Celles-ci transforment ensuite le CO_2 en carbone organique particulaire et dissous (molécules carbonées habituellement produites par les êtres vivants). Une part minime de ce carbone va dans les eaux profondes, où il est recyclé en carbone inorganique et stocké, et donc isolé de l'atmosphère.

Si la pompe biologique à carbone à l'œuvre dans les océans venait à s'arrêter, les niveaux de CO_2 atmosphérique pourraient dépasser de 200 à 400 parties par million (ppm) les niveaux actuels, de 400 ppm, atteints pour la première fois en 2015.

Les flux de carbone en direction des eaux océaniques profondes peuvent être mesurés directement en recueillant des particules qu'ils transportent (organismes microscopiques vivants ou morts,



Un scientifique des Laboratoires de l'environnement de l'AIEA prélève des échantillons d'eau de mer pour étudier le rôle des microbes dans le cycle du carbone océanique.

(Photo : R. Hansman/AIEA)

matières fécales) grâce à des pièges à sédiments, et indirectement à l'aide des radio-isotopes naturels du thorium et du polonium.

La vitesse de désintégration de ces radio-isotopes étant connue, ces derniers peuvent servir d'« horloges » pour déterminer la vitesse à laquelle les particules contenant du carbone descendent vers les fonds marins. Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA étudient le devenir du carbone en utilisant des radio-isotopes pour analyser les processus microbiens à l'œuvre dans les eaux océaniques profondes. Des microbes sont responsables de la transformation de la matière organique des particules qui descendent vers les fonds marins en carbone inorganique. Il est possible d'utiliser des radiocarbone naturels et des traceurs marqués à l'aide de radio-isotopes pour mesurer les processus microbiens intervenant dans le cycle du carbone dans les eaux océaniques profondes.

L'utilisation de tels radio-isotopes dans divers contextes océaniques permet de quantifier les flux de carbone qui descendent vers les grands fonds de

différents écosystèmes et d'évaluer leur sensibilité aux changements climatiques. Les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA participent à des missions de recherche dans le monde entier en vue de recueillir des échantillons devant servir à mesurer les flux de particules, notamment dans l'océan Arctique, zone particulièrement sensible au réchauffement des océans, et dans les zones d'oxygène minimum, comme celles situées au large des côtes du Pérou et de la Mauritanie. D'après les prévisions concernant les changements climatiques, de telles zones devraient s'étendre à l'avenir.

Il est important de comprendre le processus de recyclage du carbone et les facteurs influant sur celui-ci, afin d'évaluer la capacité des eaux océaniques profondes à stocker le carbone et les incidences que peuvent avoir sur celle-ci les changements du climat et de l'environnement marin.

DOMAINES DANS LESQUELS LES ÉTATS MEMBRES POURRAIENT BÉNÉFICIER DE L'ASSISTANCE DE L'AIEA

1. Examen des possibilités d'utiliser la science et la technologie nucléaires pour mieux comprendre les changements climatiques, l'acidification des océans et leurs conséquences sur la vie marine et les industries côtières.
2. Participation aux activités de recherche en collaboration de l'OA-ICC, qui appuie une coopération internationale efficace en matière de lutte contre les conséquences possibles de l'acidification des océans sur l'environnement marin.
3. Collaboration avec les Laboratoires de l'environnement de l'AIEA pour renforcer les capacités et la formation en matière d'atténuation des effets de l'acidification des océans à l'aide des technologies nucléaires.

Les Synthèses de l'AIEA sont élaborées par le Bureau de l'information et de la communication
Rédaction : Aabha Dixit • Conception et mise en page : Ritu Kenn

Pour de plus amples informations sur l'AIEA et les travaux qu'elle mène, rendez-vous sur le site www.iaea.org

ou suivez-nous sur    

Vous pouvez également consulter sa publication phare, *le Bulletin de l'AIEA*, à l'adresse suivante : www.iaea.org/bulletin

Centre international de Vienne, B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)
Courriel : info@iaea.org • Téléphone : (+43 1) 2600-0 • Fax : (+43 1) 2600-7

