

L'acidification des océans

Auteurs : Jean-Pierre Gattuso

CNRS-UPMC, Directeur de recherche CNRS, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-Mer

Lina Hansson

Project Officer, Environment Laboratories, International Atomic Energy Agency, Monaco

Chaque jour, nos océans absorbent un quart du dioxyde de carbone (CO₂) produit par l'homme. Le résultat ? Une *acidification des océans* – qui n'est pas sans conséquences pour certaines espèces de plantes et animaux marins.

Qu'est-ce que l'acidification des océans ?

La plupart d'entre nous ont entendu parler du changement climatique et du réchauffement de la planète, dus à l'effet de serre. On sait aussi que ce sont les activités de l'homme, et notamment nos rejets de gaz carbonique (CO₂) provenant par exemple de nos voitures et industries, qui sont en cause. Mais l'*acidification des océans* reste méconnue. Ce n'est pas très surprenant car cela ne fait que quelques années que son ampleur et ses conséquences ont été découvertes. Pourtant, là aussi, c'est le CO₂ le responsable. En fait, l'acidification des océans est parfois appelée « l'autre problème du CO₂ ».

La chimie

La totalité du CO₂ que nous produisons tous les jours ne reste pas dans l'atmosphère. Environ un quart du CO₂ émis est absorbé par nos océans. Sans les océans, la quantité de CO₂ dans l'atmosphère, et donc le réchauffement, seraient encore plus importants. On a donc de la chance d'avoir des mers et des océans !

Les chercheurs ont longtemps pensé que cette absorption du CO₂ serait sans conséquence importante pour les océans et pour les organismes qui y vivent. Mais ils se sont rendu compte, il y a une quinzaine d'années, que la dissolution du CO₂ dans l'eau de mer entraîne des changements chimiques : une diminution du pH (mesure de l'acidité d'un liquide) et de la quantité d'ions carbonates (CO₃²⁻) qui sont l'une des briques nécessaires aux plantes et animaux marins pour fabriquer leurs squelettes, coquilles et autres structures calcaires.

L'acidité et l'échelle de pH

Vous connaissez certainement déjà des aliments acides, par exemple le citron ou le vinaigre. Il se trouve que le CO₂ est un gaz acide. Il est présent dans toute boisson gazeuse ; les petites bulles dans le soda sont des bulles de CO₂. Lorsque le CO₂ est absorbé dans l'eau de mer, il se dissout et provoque une acidification. Attention, cela ne va pas dire que les océans deviendront acides (nous allons toujours pouvoir nous baigner !), mais la chimie des océans change un petit peu (on va vers une acidité plus importante).

L'acidité d'un liquide est déterminée par sa concentration en ions H⁺ (protons). Ce n'est pas très pratique de parler de la concentration en protons car les valeurs sont très faibles. Pour simplifier, on utilise l'échelle de pH, qui va de 0 à 14. Plus le pH est faible, plus l'acidité du liquide est importante. On dit qu'un liquide à pH 7 est *neutre*, celui avec un pH inférieur à 7 *acide*, et celui avec un pH supérieur *basique*. Cette échelle de mesure est un peu particulière, comme l'échelle de Richter utilisée pour mesurer les tremblements de terre : un liquide de pH 6 est 10 fois plus acide qu'un liquide de pH 7, 100 fois plus acide qu'un liquide de pH 8 et 1 000 fois plus acide qu'un liquide de pH 9 !

Le nom

Pourquoi ce phénomène s'appelle-t-il l'acidification des océans ? puisque les océans ne deviendront jamais acides ? L'acidification fait référence à un processus : la diminution du pH (augmentation des ions H⁺ et de l'acidité). Le mot « acidification » fait référence à l'abaissement du pH de n'importe quel point de départ



vers tout point final sur l'échelle de pH. On peut comparer cette terminologie avec celle que l'on utilise pour la température : si la température de l'air passe de -20 °C à -10 °C , il fait toujours froid, mais nous parlons de « réchauffement ».

Un peu d'histoire

L'acidité des océans a augmenté de 30 % en 250 ans (baisse de pH de 8,2 à 8,1), soit depuis le début du développement industriel. Des simulations ont montré que, au rythme des émissions actuelles, l'acidité des eaux de surface de l'océan pourrait tripler d'ici la fin du siècle. Cette absorption du CO_2 se produit à une vitesse 100 fois plus rapide que ce qui s'est produit naturellement au cours des 300 derniers millions d'années !

Impacts sur les organismes marins

Lorsque le CO_2 se dissout dans l'eau de mer, cela entraîne donc une augmentation de protons (ions H^+) mais aussi la diminution de certaines molécules, les ions carbonates (CO_3^{2-}), nécessaires à de nombreux organismes marins pour fabriquer leur squelette ou coquille calcaire (coraux, moules, huîtres...). Ces plantes et animaux auront donc de plus en plus mal à fabriquer ces structures calcaires. Leurs squelettes et coquilles sont aussi menacés de dissolution. En effet, au-dessus d'un certain seuil d'acidité, l'eau de mer devient corrosive vis-à-vis du calcaire, la matière dont les squelettes et coquilles sont fabriqués.

Les chercheurs ont étudié, en laboratoire, la fabrication de ces structures calcaires chez certains organismes. Les organismes ont été soumis à des conditions d'acidification prévues pour le futur. Des effets néfastes ont été constatés chez certaines espèces, par exemple chez les ptéropodes et les algues calcaires (voir photos 1 et 2).



Photo 1. Ce petit escargot de mer (le ptéropode *Limacina helicina*) joue un rôle important dans la chaîne alimentaire et le fonctionnement de l'écosystème marin arctique (© Steeve Comeau, LOV-CNRS-UPMC).



Photo 2. Algue calcaire méditerranéenne, qui est affectée négativement par l'acidification des océans
(© David Luquet, OOV-CNRS-UPMC).

Quel pourrait être l'impact de l'acidification des océans sur l'homme ?

L'acidification des océans peut avoir des effets directs sur les organismes que nous consommons, par exemple les moules et les huîtres, qui fabriquent des coquilles calcaires. Mais même des effets néfastes sur le zooplancton, comme ceux observés sur les ptéropodes, pourraient avoir des conséquences pour l'homme. Dans l'océan, tout est connecté. Beaucoup d'organismes dépendent, par exemple, du plancton ou des coraux comme source de nourriture ou d'habitat. Ainsi, l'acidification pourrait avoir des conséquences sur les réseaux alimentaires et la biodiversité de certains écosystèmes. Par exemple, le petit ptéropode est mangé par le saumon dans le Pacifique nord et l'océan Arctique. Nous aimons manger du saumon. Même les hommes peuvent alors être touchés par ce problème. Il est donc important de protéger nos océans en diminuant nos émissions de CO₂.

Que peut-on faire pour limiter l'acidification des océans ?

Les organismes marins ne verront les effets du CO₂ que nous émettons aujourd'hui que dans plusieurs années. Il n'est pas possible d'arrêter complètement l'acidification des océans qui se poursuivra, quoi qu'il arrive. Des modèles montrent que la chimie de l'eau de mer restera altérée pendant des centaines d'années, mais nous pouvons tous faire quelque chose pour contribuer à la limiter et limiter ainsi ses impacts. Des techniques de géo-ingénierie plus ou moins réalistes ou désirables ont été proposées pour limiter l'acidification (par exemple l'ajout de composés basiques dans les océans pour contrer l'acidification et augmenter le pH). Cependant la seule solution éprouvée, efficace et sans risque est de s'attaquer à la cause, c'est-à-dire le CO₂. La réduction de son rejet peut se faire à plusieurs niveaux, notamment à travers des discussions entre politiciens aux échelles nationale et internationale, visant à utiliser des énergies renouvelables plutôt que les carburants fossiles. Mais chacun d'entre nous peut contribuer. Nous pouvons penser à limiter nos émissions, par exemple en prenant le train plutôt que la voiture et en économisant de l'électricité, et on peut parler de ce problème autour de nous et ainsi apprendre ce qu'il faut faire à nos

proches et nos amis.

L'acidification des océans et la Principauté de Monaco

La Principauté de Monaco est particulièrement active dans le domaine de l'acidification depuis l'engagement fort du Prince Albert II qui est à l'origine de la « Déclaration de Monaco », signée en 2008 par 155 scientifiques de 26 pays.

- La Fondation Prince Albert II de Monaco (<http://www.fpa2.com>) a soutenu plusieurs projets de recherche sur l'acidification des océans. Elle soutient également les activités de vulgarisation vers les jeunes, le grand public et les décideurs.
- Le Musée océanographique de Monaco (<http://www.oceano.mc>) accueille des manifestations importantes, comme le congrès de 2008 sur l'acidification des océans ou les workshops « Impacts économiques de l'acidification des océans ». Il a également vulgarisé cette thématique lors d'expositions temporaires.
- Le Centre scientifique de Monaco (<http://www.centrescientifique.mc>) réalise depuis 20 ans des recherches de pointe sur l'impact de l'acidification des océans sur les coraux tropicaux. Depuis 2010, en collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie atomique, il organise tous les deux ans un workshop sur les impacts économiques de l'acidification des océans.
- Le laboratoire marin de l'Agence internationale de l'énergie atomique conduit des recherches sur l'impact de l'acidification des océans sur les espèces commerciales. Il a lancé en 2012 un Centre de coordination international sur l'acidification des océans (<http://www.iaea.org/nael/page.php?page=2260>).

Pour en savoir plus

[1] Laboratoire virtuel : http://i2i.stanford.edu/AcidOcean/AcidOcean_Fr.htm

[2] Animation sur l'acidification faite par des élèves anglais et traduit par des élèves d'une école monégasque :

<http://www.youtube.com/watch?v=KqtxGZKItS8>

[3] Animation projet BNP Paribas eFOCE :

<http://www.youtube.com/watch?v=QhgQ4unMVUM>

[4] Animation « Hermie the hermit crab » :

<http://www.youtube.com/watch?v=RnqJMinH5yM>, Great Barrier Reef Marine Park Authority