

ACIDIFICATION DES OCÉANS

Si les rejets de CO_2 d'origine humaine augmentent l'effet de serre, ils participent également à un phénomène plus méconnu et qui met pourtant l'océan en péril. L'équilibre climatique conduit le CO_2 à se répartir, globalement, entre la biomasse, l'atmosphère et l'océan. S'il n'est pas perturbé par des éléments extérieurs, le système est équilibré et l'océan absorbe environ un quart du CO_2 . Le problème des rejets de CO_2 d'origine humaine est qu'ils sont précisément cet élément perturbateur. A cause de l'excédent de CO_2 qu'ils créent, ils déséquilibrent le système et conduisent l'océan à en absorber de plus en plus. Deux conséquences à cela : non seulement ses capacités d'absorption arrivent à leurs limites, mais le surplus de CO_2 modifie son équilibre chimique.

LE CONSTAT

Depuis l'avènement de l'ère industrielle, l'utilisation massive d'énergie fossile (charbon, pétrole, gaz naturel) a conduit l'océan à absorber environ 120 milliards de tonnes de CO_2 , soit, la moitié des émissions d'origine humaine sur cette période. Si l'océan absorbe naturellement du CO_2 et est le siège d'une activité chimique participant à son intégration dans différents cycles, ce surplus a fortement accéléré ces réactions chimiques. Dans l'eau, le CO_2 produit de l'acide carbonique qui libère alors des protons et des bicarbonates. Les protons se combinent ensuite avec des carbonates libres pour produire d'autres bicarbonates.

Le surplus de CO_2 induit donc un plus grand piégeage de protons et un plus grand piégeage de carbonates libres. C'est là que se pose le problème puisque les carbonates sont l'une des briques indispensables à de nombreux organismes marins pour fabriquer squelettes et coquilles calcaires.

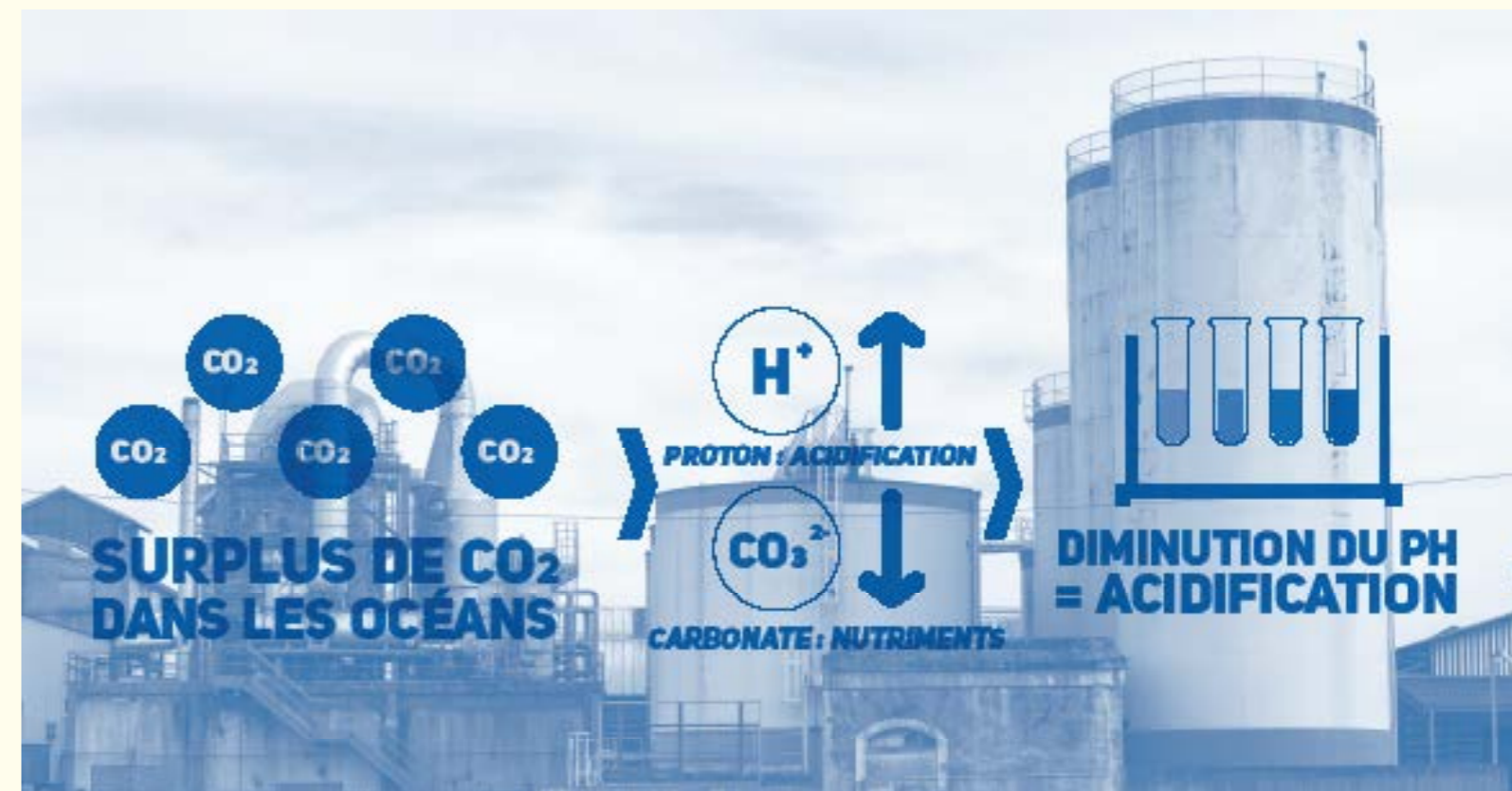
Ce n'est que depuis quelques années que le problème a été soulevé. Si la communauté scientifique a longtemps pensé que l'absorption de CO_2 était sans conséquences, nous savons depuis une quinzaine d'années qu'il n'en est rien. La diminution des carbonates et la multiplication des protons dans l'eau causent une diminution de son pH, c'est-à-dire une

augmentation de son acidité. Ainsi, en 250 ans, l'acidité de l'océan a augmenté de 30%, son pH passant en moyenne de 8,2 à 8,1. Malheureusement, ce processus se perpétue actuellement à un rythme inédit.

Ainsi, des simulations ont montré que, au rythme actuel d'émission de CO_2 , l'acidité de l'eau en surface pourrait tripler d'ici 2100 (réduction du pH en surface de 0,14 à 0,35, passant ainsi à une valeur de 7,7). Outre ses conséquences sur la biodiversité, ce phénomène réduirait la capacité de l'océan à capter le CO_2 , accélérant son accumulation dans l'atmosphère.

L'un des grands problèmes qui a freiné l'étude de l'acidification est que cette dynamique chimique dépend des contextes (température, circulation océanique, salinité, vitesse du vent, ...). Plus l'eau est froide, par exemple, plus la combinaison du CO_2 avec l'eau est forte. Ce sont donc les hautes latitudes qui sont et seront les plus touchées, c'est-à-dire les régions océaniques extratropicales de l'hémisphère Sud (30°S à 50°S), qui, de par leur étendue, absorbent la majorité du CO_2 produits par l'Homme. Le problème n'en est pas moins global : même avec 15% de la superficie de l'océan mondial, l'Atlantique Nord au bord duquel nous vivons contient 23% du CO_2 d'origine humaine absorbé.

••
Le pH moyen de l'océan diminue. Même si ce pH reste au-dessus de la référence de neutralité qui est à 7, c'est ce qu'on appelle une acidification. Tout comme, lorsque la température de l'air passe de 35°C à 30°C il s'agit d'un refroidissement!
••



LES CONSÉQUENCES

Ces effets prévisibles s'accompagneront donc d'une modification des relations entre les humains et le monde marin

Outre ses conséquences dramatiques sur la capacité d'absorption du CO_2 par l'océan, l'acidification diminue le stock de carbonates libres et pourrait rendre l'océan corrosif.

De nombreux organismes marins utilisent le carbonate de calcium pour élaborer les squelettes ou coquilles sur la forme de calcite (chez les coccolites, les oursins, étoiles de mers ou encore de nombreux crustacés) ou d'aragonite (coraux notamment). La concentration de calcium et de carbonate dans l'eau conditionne le degré de saturation de l'eau de mer en carbonate ; en-dessous du seuil de saturation, l'eau de mer est dite sous-saturée en carbonate de cal-

cium et au-dessus de ce seuil, elle est sursaturée. Cette sursaturation constitue un terrain favorable pour la formation des coquilles et squelettes. Entre ces deux extrêmes se situe l'horizon de saturation en carbonates. Or, à mesure que le pH décroît, le taux de saturation en carbonates diminue : l'acidification provoque donc une remontée de cet horizon de saturation. Ce que cela signifie? Les lieux de mobilisation de carbonate par les organismes marins vont se réduire, allant même jusqu'à disparaître par endroits : les simulations prévoient par exemple que pour l'aragonite, l'horizon de saturation atteindra la surface de l'océan austral en 2100, contre 730m actuellement. Or, sans accès aux carbonates, pas de coquilles ni de squelettes !

Notons aussi que les simulations prévoient que les eaux superficielles subtropicales demeureront sursaturées en aragonite et calcite (quoique moins qu'aujourd'hui), à des degrés moindres cependant dans les zones d'upwelling riches en phytoplanctons. Le phytoplancton est un sujet tout particulier. Il est en effet responsable de la moitié de la production autotrophe (production de matière organique à partir de matière inorganique, comme le CO_2 par exemple) des océans. A ce titre, il se trouve à la base de 99% de la matière organique utilisée dans la chaîne ali-

mentaire marine. Or, sur la base des connaissances actuelles, il semble que si l'évolution des concentrations de CO_2 envisagée d'ici 2100 ne devrait pas affecter cette fonction dans les eaux superficielles, il n'en ira pas de même pour les autres facteurs tels que la température de l'eau, les courants ou la salinité. Il y aura donc très probablement une redistribution

un environnement présentant des caractéristiques physico-chimiques optimales. C'est d'ailleurs ce qui explique que certains grands prédateurs marins font des détours importants à l'abord des estuaires où le brassage avec de l'eau douce ne leur convient pas. Le surplus de CO_2 dans l'océan ne devrait pas affecter directement les poissons, les

de la taille de ces zones et donc sur un accroissement de la lutte pour l'espace et une raréfaction de certaines espèces. Corollaire de ces modifications, il s'agira également d'une redistribution des zones de pêche, mais également d'aquaculture.

Seule ou en combinaison avec d'autres éléments de l'écosystème marin touchés par le changement climatique, l'acidification est ainsi à la base de bouleversements profonds à venir dans cet écosystème, affectant les processus physico-chimiques et biogéochimiques et donc la chaîne alimentaire dans son ensemble, autant en volume qu'en répartition. Ces effets, plus ou moins prévisibles, s'accompagneront donc d'une modification des relations entre les humains et le monde marin : ils transformeront notamment la pêche et l'aquaculture, mais également l'économie et l'organisation de nos sociétés qui demeurent largement dépendantes de ces productions, notamment pour leurs apports en protéines...



La pêche et l'aquaculture, mais également toute une économie et des sociétés très largement dépendante de ces productions seront affectés

de la répartition des populations marines.

Plus délicat à appréhender, le métabolisme des invertébrés marins et des poissons s'appuie sur une organisation cellulaire dans un liquide assurant le transport de diverses substances. Bien entendu, la recherche de conditions sanitaires optimales les poussent à rechercher les meilleures conditions, notamment

mollusques, les céphalopodes et les crabes par exemple. En revanche, les organismes calcifiés, de fait de leur coquille, devraient migrer vers des environnements favorables, ce qui devrait ainsi affecter les bivalves (moules, coques, huîtres,...) ou encore les échinodermes (oursins).

Ainsi, l'acidification devrait avoir un impact sur les zones fréquentées par les espèces, sur une réduction

