

::TS :: DEVOIR :: durée 1h :: calculatrice autorisée :: L'ACIDIFICATION DES OcéANS

Moules et huîtres menacées par l'acidification des océans

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions anthropiques (1) de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère ont fortement augmenté...

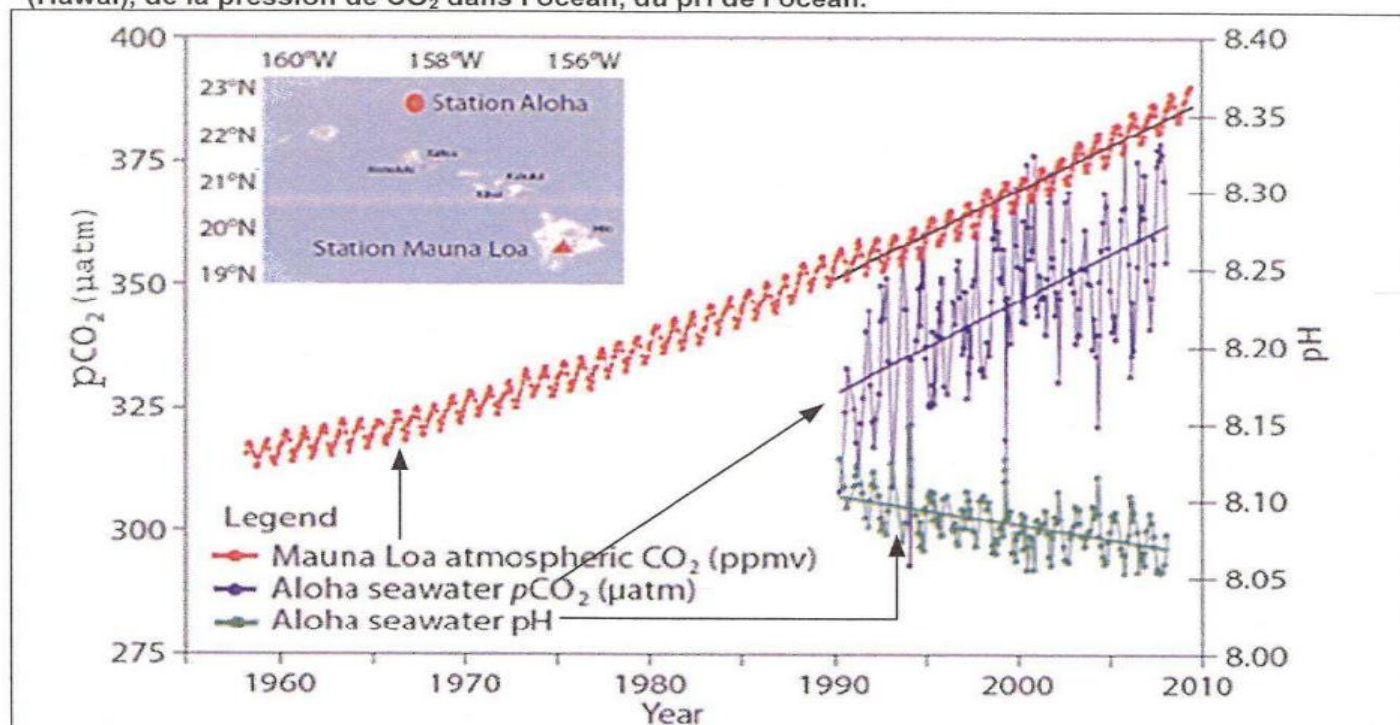
Frédéric Gazeau, chercheur à l'Institut Néerlandais d'Écologie, et ses collègues dont Jean-Pierre Gattuso, directeur de recherche au laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-mer (CNRS/Université Pierre et Marie Curie) ont examiné la réponse des huîtres et des moules cultivées en Europe à l'acidification des océans.

Les résultats, publiés dans la revue *Geophysical Research Letters*, sont sans appel : ils montrent pour la première fois que ces mollusques seront directement affectés par le bouleversement en cours de la composition chimique de l'eau de mer. Au delà de leur intérêt commercial, les moules et les huîtres rendent des services écologiques très importants : elles créent par exemple des habitats permettant l'installation d'autres espèces, contrôlent en grande partie les flux de matière et d'énergie et sont d'importantes proies pour les oiseaux au sein des écosystèmes qui les abritent. Un déclin de ces espèces aurait donc des conséquences graves sur la biodiversité des écosystèmes côtiers et sur les services qu'elles rendent aux populations humaines.

Dans cet exercice on s'intéresse :

- dans les parties 1 et 2, au processus dit « d'acidification de l'océan » et à ses conséquences sur les organismes calcificateurs comme les coraux et les mollusques qui fabriquent un squelette ou une coquille calcaire ;

Document 1 - Évolution depuis 1958 de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère à Mauna Loa (Hawaï), de la pression de CO₂ dans l'océan, du pH de l'océan.



La courbe représentant la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère exprimée en ppmv (partie par million par volume) n'est qu'une indication de l'évolution de cette concentration sans souci d'échelle.

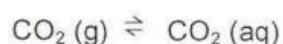
Afin de comparer le contenu en CO₂ de l'atmosphère et de l'eau de mer, on définit la pression de CO₂ dans l'océan :

$$p\text{CO}_2 = \frac{[\text{CO}_2]}{\beta} \text{ où } \beta \text{ est le coefficient de solubilité du CO}_2.$$

Document 2 - Loi de Henry

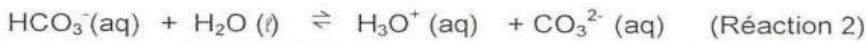
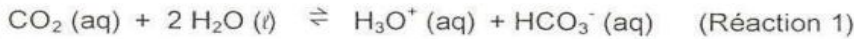
La dissolution d'un gaz dans l'eau obéit à la loi de Henry selon laquelle à température constante, la concentration C du gaz dissous est proportionnelle à la pression partielle p qu'exerce ce gaz au-dessus du liquide.

À chaque instant un pourcentage constant des molécules du gaz dissous dans la phase liquide repasse à l'état gazeux et s'échappe du liquide mais dans le même temps le même pourcentage des molécules de ce gaz passe en solution. Lorsque les deux flux se compensent, l'équilibre de saturation est atteint, soit pour le dioxyde de carbone :

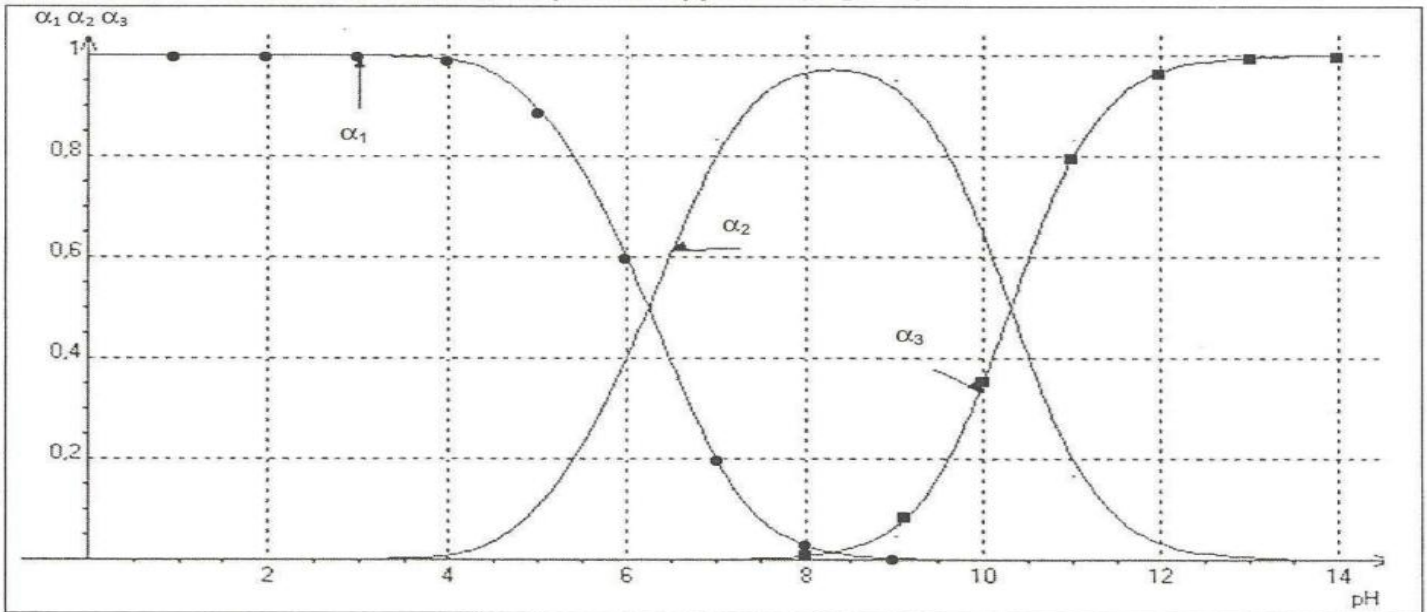


Document 3 - Réactions d'équilibre des espèces carbonées

Dans les eaux de surface de l'océan, le carbone se présente sous trois formes minérales dissoutes en équilibre chimique selon les réactions ci-dessous :

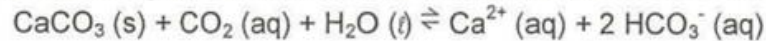


Document 4 - Variation en fonction du pH des rapports α_1 , α_2 et α_3 .



Document 5 - Réaction de dissolution du carbonate de calcium.

En présence d'un excès de dioxyde de carbone, le carbonate de calcium $\text{CaCO}_3(\text{s})$ se dissout selon l'équation :



1. Acidification des océans

1.1. Que peut-on déduire des courbes du document 1 ?

1.2. Aujourd'hui, les océans ont un pH voisin de 8,1 soit 0,1 unité plus faible qu'au moment de la révolution industrielle.

1.2.1. À partir des documents 2 et 3, montrer qu'une augmentation de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère conduit à une diminution du pH dans l'eau.

1.2.2. Montrer qu'une diminution de 0,1 unité pH au voisinage de 8,1 représente une augmentation de la concentration en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ d'environ 30 %.

2. Le carbone dans les océans

Le carbone est principalement présent dans les océans sous trois formes qui coexistent : l'ion carbonate $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$, l'ion hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ et l'acide carbonique $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$. Ce dernier étant instable en solution aqueuse, s'écrit $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$.

On note K_a la constante d'acidité associée au couple acide / base noté HA / A^- . On peut montrer que $\text{pH} = \text{p}K_a + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}\right)$. Soient K_{a1} et K_{a2} les constantes d'acidité des couples associés aux espèces carbonées des réactions 1 et 2 du document 3. On pose $C_T = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$.

Le diagramme du document 4 représente les variations en fonction du pH des rapports :

$$\alpha_1 = \frac{[\text{CO}_2]}{C_T}, \quad \alpha_2 = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{C_T}, \quad \alpha_3 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{C_T}$$

2.1. Déduire de ce diagramme les valeurs de $\text{p}K_{a1}$ et $\text{p}K_{a2}$.

2.2. Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces $\text{CO}_2(\text{aq})$, $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ et $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.

2.3. Évaluer α_1 , α_2 et α_3 dans les océans.

2.4. La variation de pH observée a-t-elle modifié de manière notable la valeur de α_2 ?

2.5. Quelle est la conséquence de l'augmentation du dioxyde de carbone dissous pour les organismes marins qui ont une coquille à base de carbonate de calcium ? Justifier à l'aide d'un des documents.