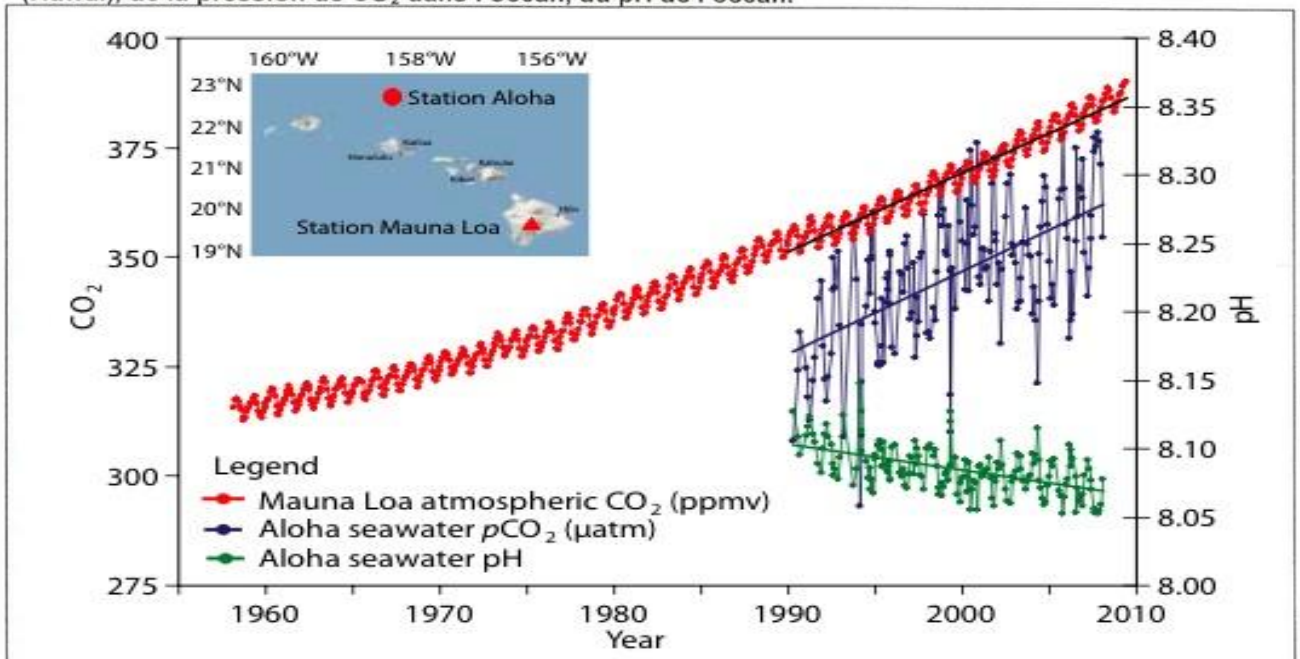
L'acidification des oceans

1. Acidification des océans

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

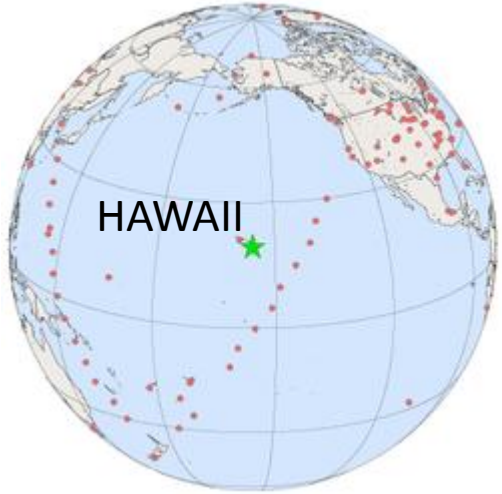
Document 1 - Évolution depuis 1958 de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère à Mauna Loa (Hawaï), de la pression de CO_2 dans l'océan, du pH de l'océan.



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 CO_2 de l'atmosphère et de l'eau de mer, on définit la pression de CO_2 dans l'océan :

$pCO_2 = \frac{[CO_2]}{\beta}$ où β est le coefficient de solubilité du CO_2.



L'augmentation de [CO_2] dans l'atmosphère entraîne une augmentation du CO2 dissout dans l'eau de mer qui semble lié à la diminution du pH de l'eau de l'océan et donc d'une augmentation de son acidité

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.

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 :

$$CO_2\,(g) \rightleftharpoons CO_2\,(aq)$$

Plus $[CO_2]$ est important dans l'atmosphère plus $[CO_2]$dissout dans l'océan sera grande.

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 :

$$CO_2\,(aq) + 2\,H_2O\,(\ell) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + HCO_3^-\,(aq) \quad \text{(Réaction 1)}$$

$$HCO_3^-\,(aq) + H_2O\,(\ell) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + CO_3^{2-}\,(aq) \quad \text{(Réaction 2)}$$

Une partie du CO2 dissout dans l'eau se transforme en HCO_3^- ou CO_3^{2-} En formant des ions H_3O^+

Donc si $[CO_2]$dissout augmente, alors $[H_3O^+]$ augmente et donc pH diminue

Car $pH = -\log([H_3O^+])$ ou $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

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 $[H_3O^+]$ d'environ 30 %.

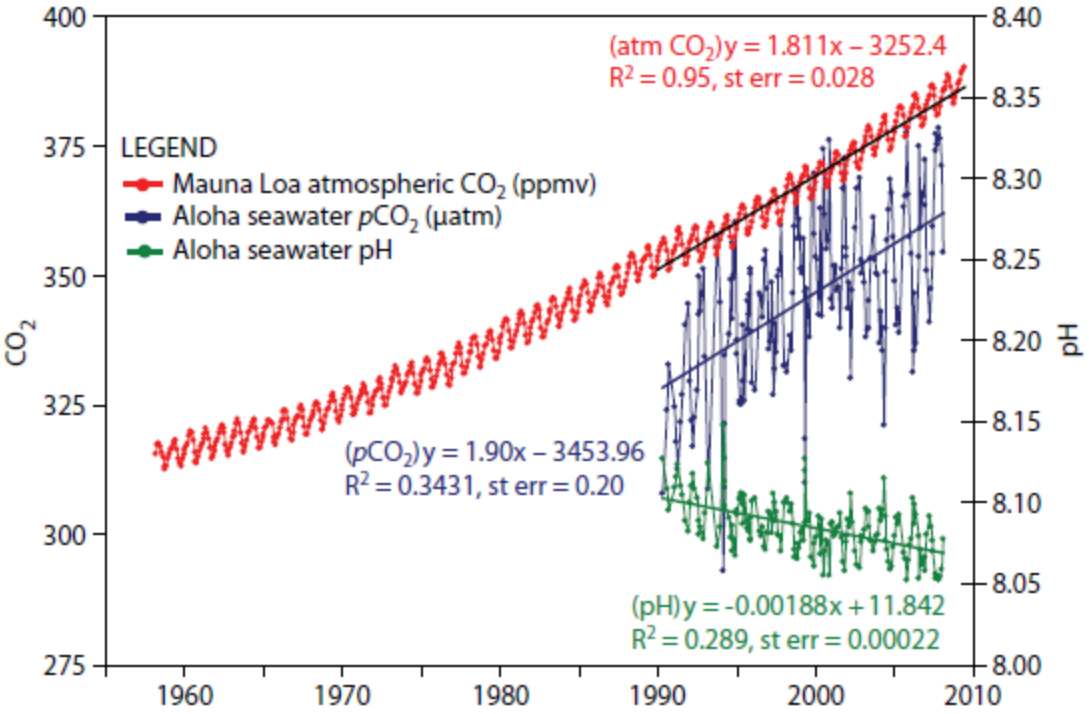
Si pH = 8.1→ $[H_3O^+] = 10^{-8.1} = 7.94 \times 10^{-9}$ mol/L

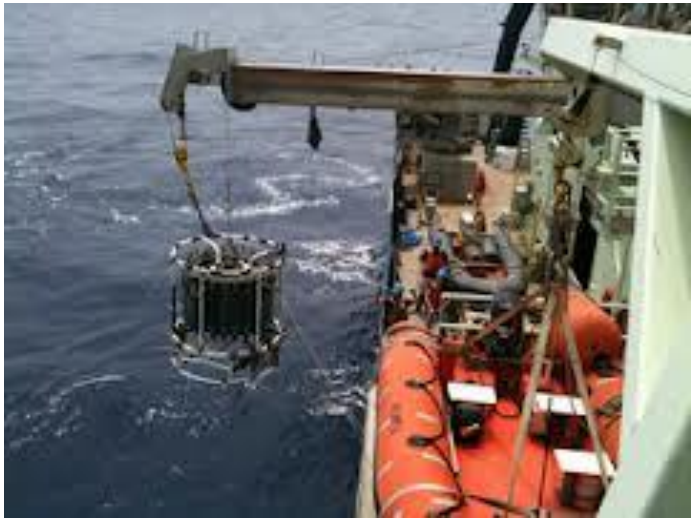
Si pH = 8.0→ $[H_3O^+] = 10^{-8} = 10 \times 10^{-9}$ mol/L

Augmentation : $\Delta [H_3O^+] = (10-7.94) \times 10^{-9} = 2.06 \times 10^{-9}$ mol/L

$$\frac{\Delta [H_3O^+]}{H_3O^+} = \frac{2.06 \times 10^{-9}}{7.94 \times 10^{-9}} = 0.26 = 26\%$$

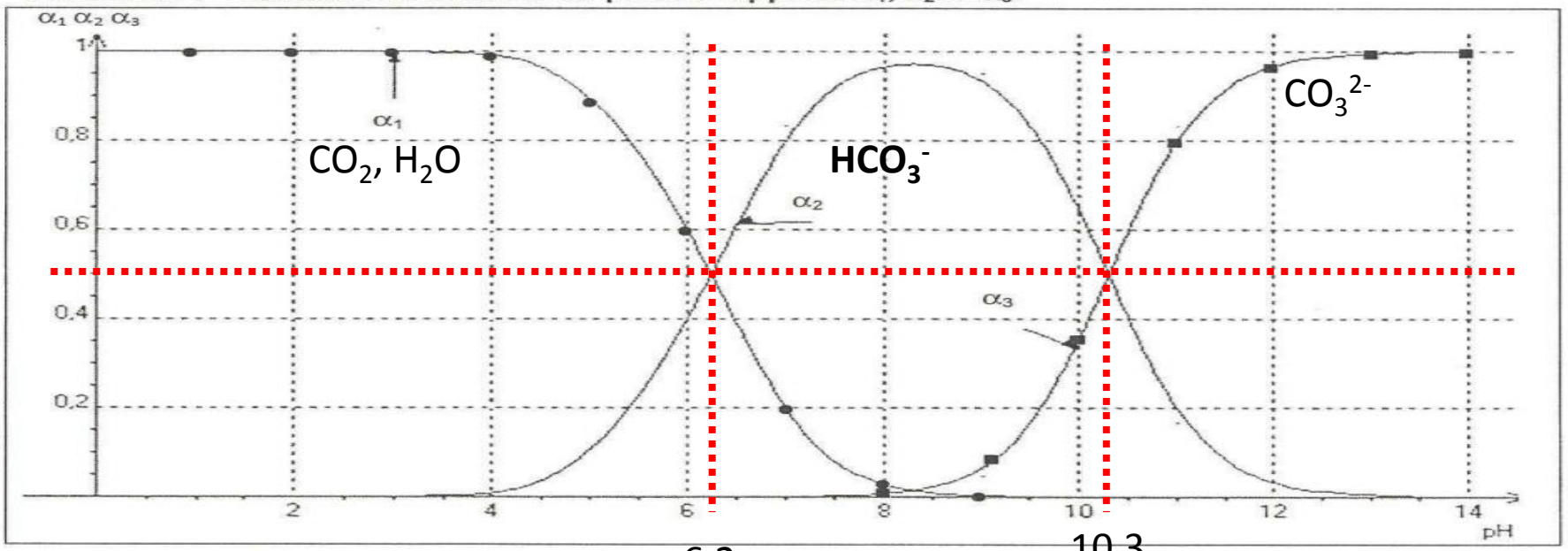
donc environ 30%





2. Le carbone dans les océans 2.1. Déduire de ce diagramme les valeurs de pK_{a1} et pK_{a2}.

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



6.2 10.3

$CO_2\,(aq) + 2\,H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + HCO_3^-\,(aq)$ (Réaction 1) →pKa1 Couple (CO_2, H_2O/ **HCO_3^-**)

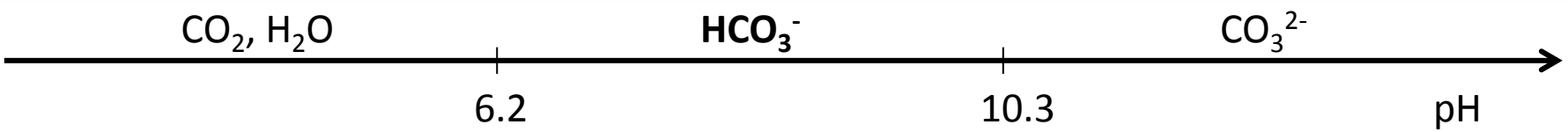
$HCO_3^-(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + CO_3^{2-}\,(aq)$ (Réaction 2) →pKa2 Couple (**HCO_3^-** /CO_3^{2-})

$pH = pK_a + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$ ➡ Si pH = pKa alors log([A-]/[HA]) = 0 donc [A-]/[HA] =1 Donc [A-]=[HA]

couple 1 : $[CO_2]=[$**HCO_3^-**$]$ ➡ $\alpha_1 = \frac{[CO_2]}{C_T} = \alpha_2 = \frac{[HCO_3^-]}{C_T}$ = 50% = 0.5 ➡ pKa1 = 6.2

couple 1 : $[CO_3^{2-}]=[$**HCO_3^-**$]$ ➡ $\alpha_3 = \frac{[CO_3^{2-}]}{C_T} = \alpha_2 = \frac{[HCO_3^-]}{C_T}$ = 50% = 0.5 ➡ pKa2 = 10.3

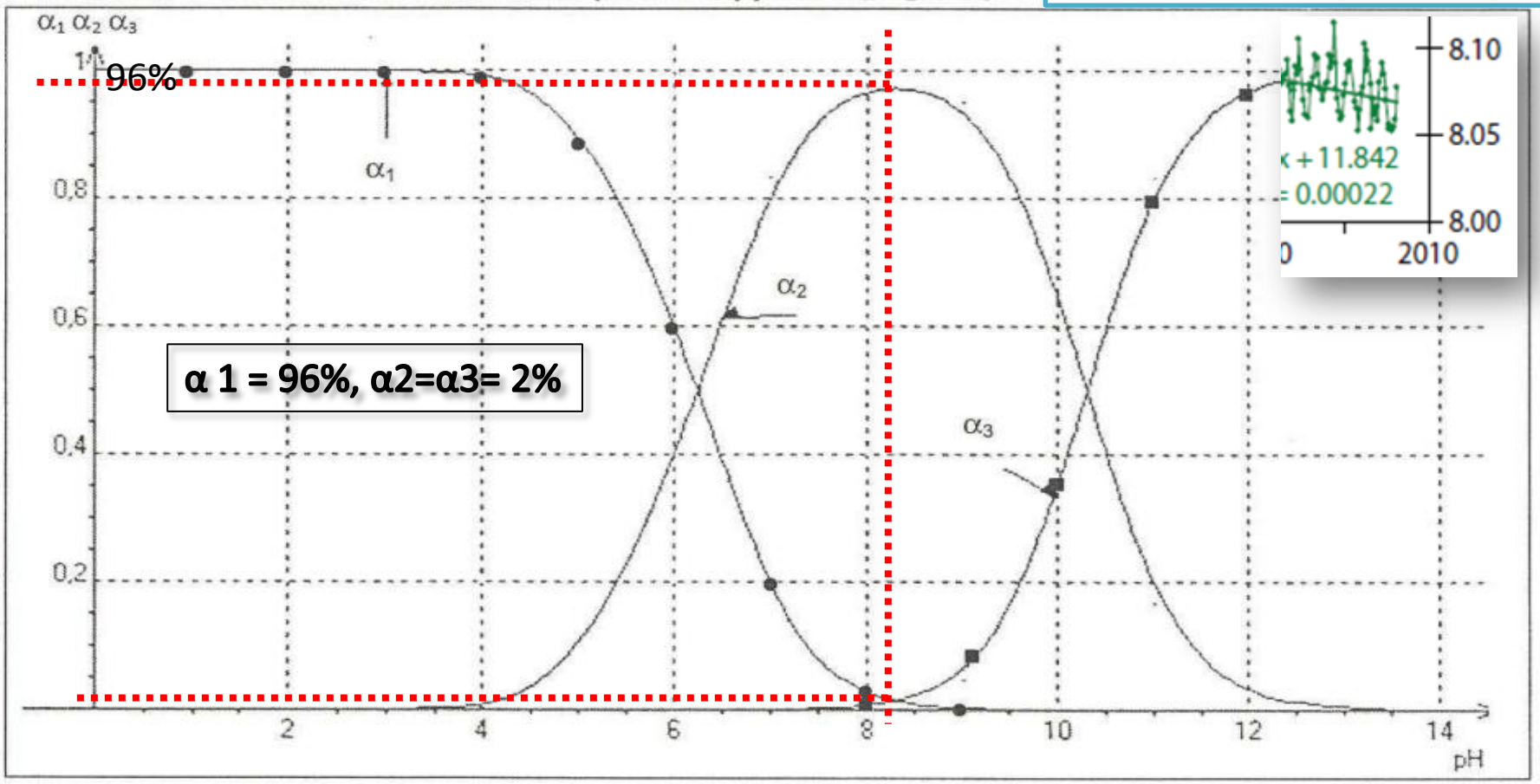
2.2. Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces $CO_2(aq)$, $HCO_3^-(aq)$ et $CO_3^{2-}(aq)$.



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

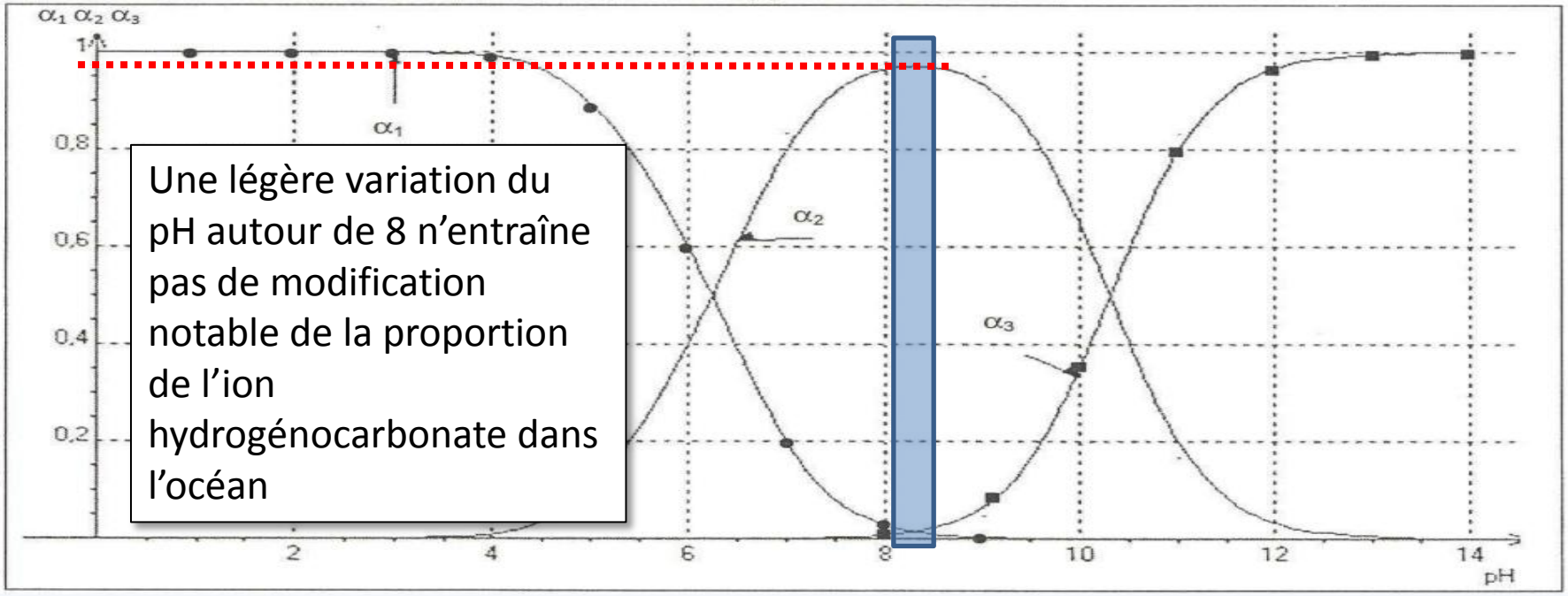
2010 : Océan : 8.05<pH<8.1

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



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

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



Une légère variation du pH autour de 8 n'entraîne pas de modification notable de la proportion de l'ion hydrogénocarbonate dans l'océan

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.

En présence d'un excès de dioxyde de carbone, le carbonate de calcium $CaCO_3(s)$ se dissout selon l'équation : $CaCO_3\,(s) + CO_2\,(aq) + H_2O\,(\ell) \rightleftharpoons Ca^{2+}\,(aq) + 2\,HCO_3^-\,(aq)$

La coquille des organismes marins a donc tendance à se dissoudre et à se transformer en

HCO_3^- aq