

**EXERCICE I – Capture géologique du dioxyde de carbone (4 points)**

**1. Expliquer en quoi cette expérience permet de mettre en évidence le caractère acide de la solution aqueuse de dioxyde de carbone.**

La solution aqueuse de dioxyde de carbone donne une coloration jaune-orange à l'indicateur universel. Ce qui indique que son pH est voisin de 5 donc inférieur à 7, cette solution est acide.

**2. Indiquer, en justifiant, si l'espèce chimique  $H_2CO_3$  est un acide ou une base de Brönsted.**

$H_2CO_3$  appartient au couple acide/base  $H_2CO_3(aq) / HCO_3^-(aq)$ . Il s'agit donc d'un acide capable de céder un proton  $H^+$  pour former sa base conjuguée  $HCO_3^-(aq)$ .

**3. Montrer que la solution S présente une concentration en quantité de matière apportée d'acide carbonique  $H_2CO_3$  (aq) de valeur  $C_S = 0,88 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .**

1800 g d'eau contient 70 g de  $CO_2$ .

$$n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{M_{CO_2}}$$

$$n_{CO_2} = \frac{70}{44} = 1,59 \text{ mol de } CO_2.$$

D'après l'équation  $CO_2(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow H_2CO_3(aq)$ , la consommation de 1 mol de  $CO_2$  conduit à la formation de 1 mol de  $H_2CO_3$ .

Ainsi dans 1800 g d'eau, il y a 1,59 mol de  $H_2CO_3(aq)$ .

On calcule le volume occupé par 1800 g d'eau.

$$\rho(H_2O) = \frac{m}{V} \text{ donc } V = \frac{m}{\rho(H_2O)}$$

$$V = \frac{1800}{1000} = 1,800 \text{ L}$$

$$C_S = \frac{n(H_2CO_3)}{V}$$

$$C_S = \frac{1,59}{1,800} = 0,883 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

<b>4. Réaction chimique</b>	$H_2CO_3(aq) + H_2O(\ell) \rightarrow$		$HCO_3^-(aq) +$	$H_3O^+(aq)$
État initial	$C_S$	Solvant	0	négligeable
État final : équilibre chimique	$C_S - x_{\text{éq}}$	Solvant	$x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$

$$5. K_{A1} = \frac{\frac{[HCO_3^-(aq)]_{\text{éq}}}{c^0} \cdot \frac{[H_3O^+(aq)]_{\text{éq}}}{c^0}}{\frac{[H_2CO_3(aq)]_{\text{éq}}}{c^0}} = \frac{\left(\frac{x_{\text{éq}}}{c^0}\right)^2}{\frac{C_S - x_{\text{éq}}}{c^0}} = \left(\frac{x_{\text{éq}}}{c^0}\right)^2 \cdot \frac{c^0}{C_S - x_{\text{éq}}} = \frac{x_{\text{éq}}^2}{c^{02}} \cdot \frac{c^0}{C_S - x_{\text{éq}}}$$

$$K_{A1} = \frac{x_{\text{éq}}^2}{c^0} \cdot \frac{1}{C_S - x_{\text{éq}}}$$

$$x_{\text{éq}}^2 = K_{A1} \cdot (c^0 \cdot (C_S - x_{\text{éq}})) = K_{A1} \cdot (c^0 \cdot C_S - c^0 \cdot x_{\text{éq}})$$

$$x_{\text{éq}}^2 = K_{A1} \cdot c^0 \cdot C_S - K_{A1} \cdot c^0 \cdot x_{\text{éq}}$$

$$x_{\text{éq}}^2 + K_{A1} \cdot c^0 \cdot x_{\text{éq}} - K_{A1} \cdot c^0 \cdot C_S = 0$$

$$a \cdot x_{\text{éq}}^2 + b \cdot x_{\text{éq}} + c = 0$$

ainsi  $a = 1$ ,  $b = K_{A1} \cdot c^0$  et  $c = -K_{A1} \cdot c^0 \cdot C_S$

**La résolution numérique de cette équation de degré 2 conduit à deux solutions :**

**$x_{\text{éq}1} = 0,000591$  et  $x_{\text{éq}2} = -0,000592$ .**

**6. En déduire la composition de la solution S à l'équilibre, puis calculer la valeur du pH de la solution S<sub>0</sub> à l'équilibre chimique. Commenter.**

On retient la solution positive  $x_{\text{éq}} = 0,000591 \text{ mol.L}^{-1}$

$$[\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})] = C_S - x_{\text{éq}}$$

$$[\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})] = 0,883 - 0,000591 = 0,883 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\begin{array}{l} 1.59/1.8 \\ 8.833333333E-1 \\ \text{Rep}-0.000591 \\ 8.827423333E-1 \end{array}$$

$$[\text{HCO}_3^-(\text{aq})] = [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = x_{\text{éq}}$$

$$[\text{HCO}_3^-(\text{aq})] = [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})] = 0,000591 \text{ mol.L}^{-1}$$

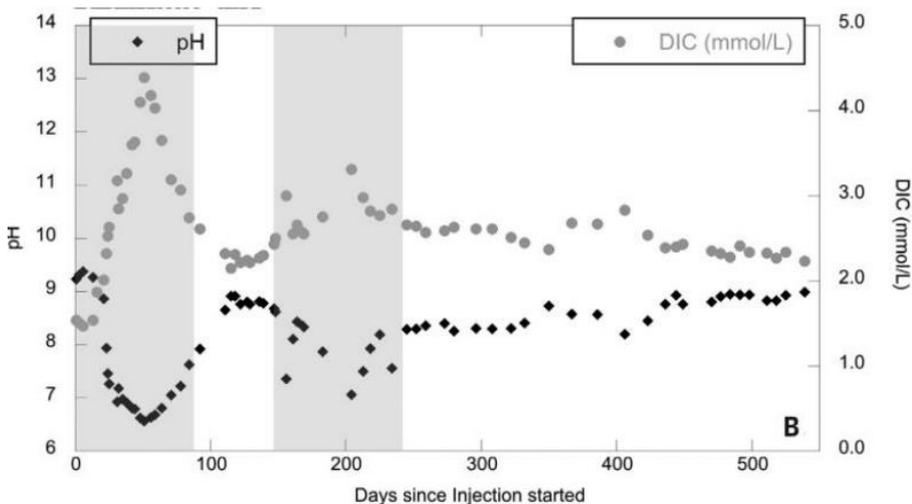
La transformation est non totale.  $\text{H}_2\text{CO}_3$  est très peu consommé en raison d'un équilibre chimique. L'équation devrait être écrite avec une double flèche  $\rightleftharpoons$ .

$$pH = -\log [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]$$

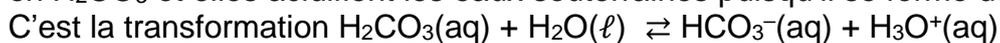
$$pH = -\log (0,000591) = 3,22$$

$pH < pK_{A1}$  l'acide  $\text{H}_2\text{CO}_3$  prédomine en solution.

**7. Expliquer l'évolution des courbes sur les 300 premiers jours de l'expérience.**



Lorsque les injections de  $\text{CO}_2$  ont lieu, elles font augmenter le DIC puisque le  $\text{CO}_2$  se transforme en  $\text{H}_2\text{CO}_3$  et elles acidifient les eaux souterraines puisqu'il se forme des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ .



Après les injections, le DIC diminue et tend vers une valeur constante.

Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  réagissent avec les ions  $\text{CO}_3^{2-}$  formés à partir de  $\text{HCO}_3^-$ . Il se forme du  $\text{MgCO}_3(\text{s})$  et  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  ce qui explique la baisse du DIC.

Et le  $pH$  augmente et tend lui aussi vers une valeur constante proche de  $pH = 9$ .