

Exercice 2 (5 points) : capture du dioxyde de carbone (physique-chimie)

Actuellement, un projet étudie la possibilité de dissoudre le dioxyde de carbone gazeux CO_2 (g) produit par des centrales géothermiques dans l'eau de mer et d'injecter la solution obtenue dans les roches basaltiques. Ceci constitue une méthode de piégeage du dioxyde de carbone, afin d'en limiter les rejets dans l'atmosphère.

La figure 6 ci-dessous représente des valeurs de la solubilité du dioxyde de carbone dans une eau salée en fonction de la température. On modélise sommairement la solubilité en reliant les points expérimentaux par des segments.

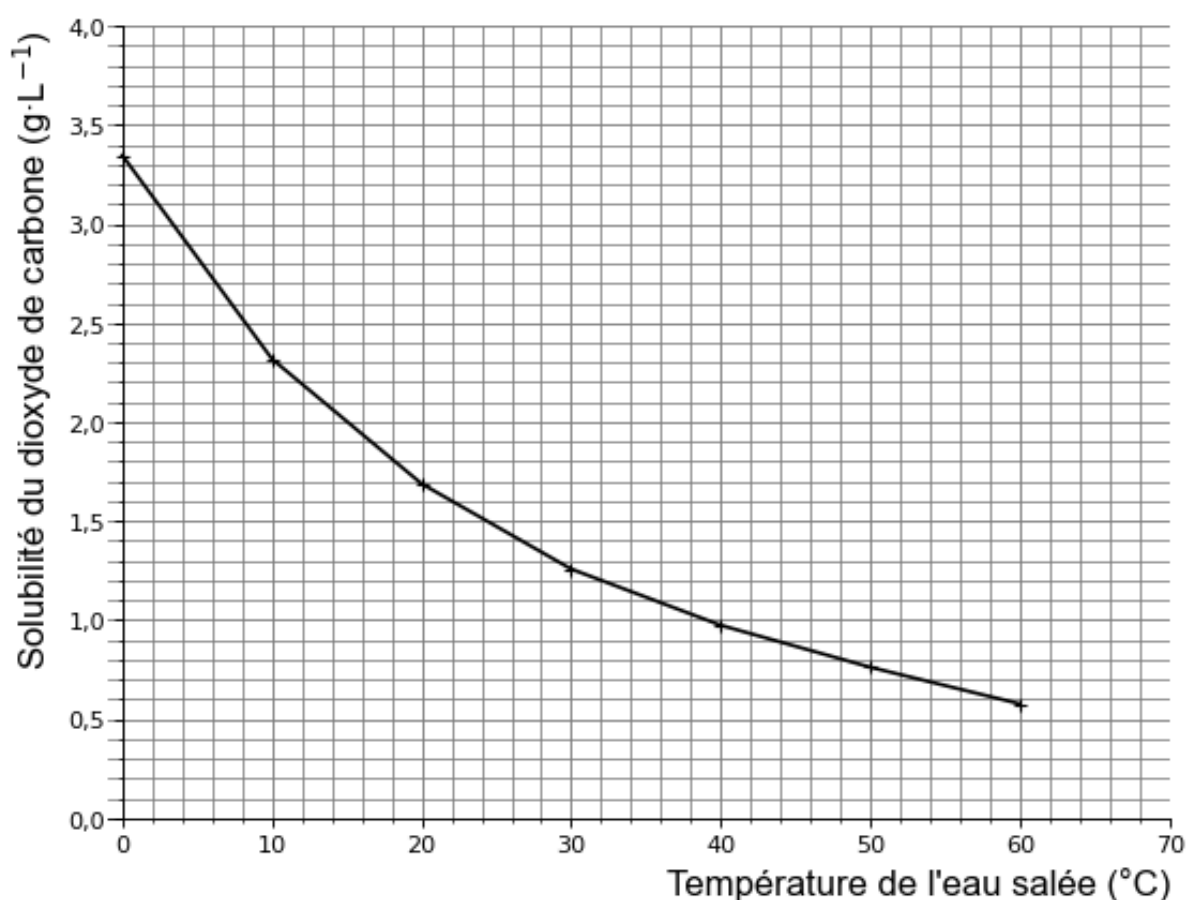


Figure 6 : solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau salée en fonction de la température

D'après valeurs issues du handbook of chemistry and physics.

1. En utilisant la figure 6, déterminer la masse maximale de dioxyde de carbone que l'on peut dissoudre dans un litre d'eau salée à une température de 25°C.
2. À l'aide de la figure 6, indiquer dans quel sens évolue la masse maximale de dioxyde de carbone que l'on peut dissoudre dans un litre d'eau salée lorsque la température augmente.

3. En déduire la conséquence du réchauffement climatique sur l'efficacité de cette méthode de piégeage.

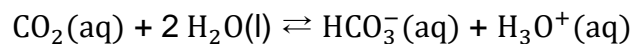
Le dioxyde de carbone gazeux $\text{CO}_2(\text{g})$, que l'on veut piéger, est dissous dans un courant d'eau de mer. Le dioxyde de carbone dissous dans l'eau sera noté $\text{CO}_2(\text{aq})$.

La solution aqueuse contenant le dioxyde de carbone dissous $\text{CO}_2(\text{aq})$ est injectée dans des roches basaltiques. Le pH de cette solution aqueuse sera pris égal à 3,5. Le dioxyde de carbone dissous $\text{CO}_2(\text{aq})$ réagit alors avec l'eau formant des ions hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$. Ces derniers réagissent ensuite avec des cations métalliques pour former des minéraux solides, piégeant ainsi le dioxyde de carbone.

Données :

- couple acide-base $\text{CO}_2(\text{aq})/\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ de $\text{p}K_a = 6,35$ à $25\text{ }^\circ\text{C}$.
- couples acide-base de l'eau $\text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{HO}^-(\text{aq})$ et $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- masse molaire du dioxyde de carbone CO_2 : $M = 44,0\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

4. Montrer que l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre le dioxyde de carbone dissous $\text{CO}_2(\text{aq})$ et l'eau s'écrit :



5. Donner l'expression de la constante d'acidité K_a du couple $\text{CO}_2(\text{aq})/\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ en fonction des différentes concentrations en quantité de matière.

On admet que dans la solution contenant le dioxyde de carbone dissous $\text{CO}_2(\text{aq})$, $[\text{HCO}_3^-(\text{aq})] = [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]$.

6. À l'aide de la relation précédente, montrer que la concentration C en dioxyde de carbone $\text{CO}_2(\text{aq})$ dans cette solution peut s'écrire sous la forme : $C = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]^2}{K_a}$.

7. Vérifier que la valeur de la concentration C en dioxyde de carbone $\text{CO}_2(\text{aq})$ dans cette solution est égale à $0,22\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

8. Montrer que la quantité de matière présente dans 1,00 tonne de dioxyde de carbone gazeux $\text{CO}_2(\text{g})$ est égale à $2,27 \times 10^4\text{ mol}$.

9. À l'aide des questions 7 et 8, déterminer le volume d'eau salée nécessaire pour préparer la solution permettant de stocker 1,00 tonne de dioxyde de carbone gazeux. Le volume de la solution est assimilé à ce volume d'eau salée.

D'après l'INSEE, un Français a émis, en moyenne en 2022, une masse $m = 5,80$ tonnes de dioxyde de carbone gazeux $\text{CO}_2(\text{g})$.

10. Estimer le volume d'eau salée nécessaire au piégeage de la masse m de dioxyde de carbone gazeux $\text{CO}_2(\text{g})$ émise par un Français en 2022. Commenter cette valeur.