Spécialité : Dessalement de l'eau de mer

Bac S 2016 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Déterminer, parmi les quatre valeurs proposées, celle qui est égale à la concentration molaire moyenne en ions chlorure dans l'eau de mer.

Données utiles salinité $s = 35{,}6\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (chlorure de sodium seul) ; $M(\text{Na}) = 23{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $\rho = 1027\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

On raisonne sur $m_{\text{mer}} = 1{,}000$ kg d'eau de mer, qui contient $m = 35{,}6$ g de chlorure de sodium.

Quantité de matière, avec $M(\text{NaCl}) = 23{,}0 + 35{,}5 = 58{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$:

$$n = \frac{m}{M(\text{NaCl})} = \frac{35{,}6}{58{,}5} = 0{,}609\ \text{mol}.$$

Volume occupé par ce kilogramme, avec $\rho = 1027\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3} = 1{,}027\ \text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$:

$$V = \frac{m_{\text{mer}}}{\rho} = \frac{1{,}000}{1{,}027} = 0{,}9737\ \text{L}.$$

La dissolution $\text{NaCl(s)} \longrightarrow \text{Na}^+\text{(aq)} + \text{Cl}^-\text{(aq)}$ libère un ion chlorure par NaCl dissous, donc :

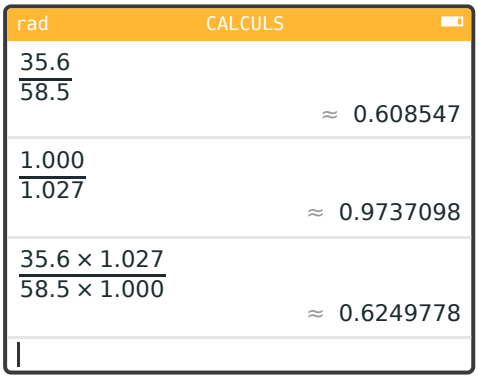
$$[\text{Cl}^-] = \frac{n}{V} = \frac{m\,\rho}{M(\text{NaCl})\,m_{\text{mer}}} = \frac{35{,}6 \times 1{,}027}{58{,}5 \times 1{,}000}$$

$[\text{Cl}^-] = 0{,}625\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: c'est la troisième valeur proposée.

PIÈGE
Confondre un kilogramme et un litre d'eau de mer conduit à $0{,}609\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, valeur proposée exprès. Un kilogramme d'eau de mer occupe moins d'un litre.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme la salinité et les masses molaires. La salinité est une masse de sel par kilogramme de solution, pas par litre : la masse volumique fait le lien.

À LA CALCULATRICE



2 Expliquer en quoi la technique de dessalement de l'eau de mer par osmose inverse est génératrice de saumures.

L'eau de mer est placée dans le compartiment de la solution la plus concentrée, sur laquelle on exerce une pression.

Sous l'effet de cette pression, l'eau traverse la membrane semi-perméable vers le compartiment le moins concentré : on y recueille l'eau dessalée. Les ions, eux, ne franchissent pas la membrane.

Dans le compartiment sous pression, la quantité de matière n d'ions dissous reste donc la même alors que le volume V de solution diminue : la concentration $c = \frac{n}{V}$ augmente.

Il reste, du côté de l'eau de mer, une solution de plus en plus concentrée en ions, surtout Na^+ et Cl^- : c'est la saumure, qu'il faut ensuite évacuer.

COMPRENDRE
L'osmose ne figure plus au programme actuel de spécialité. Tout ce qu'il faut savoir est dans le document : la membrane laisse passer l'eau, pas les ions, et la pression impose le sens du passage.

MÉTHODE
Pour expliquer une variation de concentration, dire séparément ce que devient la quantité de matière de soluté et ce que devient le volume, puis conclure avec $c = n/V$.

3 On mélange 1,0 L de saumure, analysée par titrage conductimétrique, avec 200 L d'eau de mer avant rejet. Ce rejet présente-t-il un danger pour les écosystèmes marins ?

Données utiles effets sur la posidonie dès $37{,}4\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$; saumure diluée 500 fois (solution S) ; $V_1 = 10{,}00$ mL ; $C_2 = 2{,}00\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $[\text{Cl}^-]_{\text{mer}} = 0{,}625\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q1)

Démarche. On calcule la concentration en ions chlorure du mélange rejeté et on la compare à celle d'une eau de salinité $37{,}4\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Seuil de danger. Même calcul qu'à la question 1 : $c_{\text{seuil}} = \dfrac{37{,}4\times1{,}027}{58{,}5} = 0{,}657\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Volume à l'équivalence. La courbe $\sigma = f(V_2)$ présente deux portions rectilignes. On trace les deux droites qui les modélisent : leur point d'intersection repère l'équivalence. On lit $V_{2E} = 11{,}0$ mL.

Concentration de la saumure. À l'équivalence, les réactifs de $\text{Cl}^-\,(\text{aq}) + \text{Ag}^+\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl}\,(\text{s})$ ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : $n(\text{Cl}^-)_{\text{initial}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}}$, soit $C_S\,V_1 = C_2\,V_{2E}$.

$$C_S = \frac{C_2\,V_{2E}}{V_1} = \frac{2{,}00\times10^{-3}\times11{,}0}{10{,}00} = 2{,}2\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

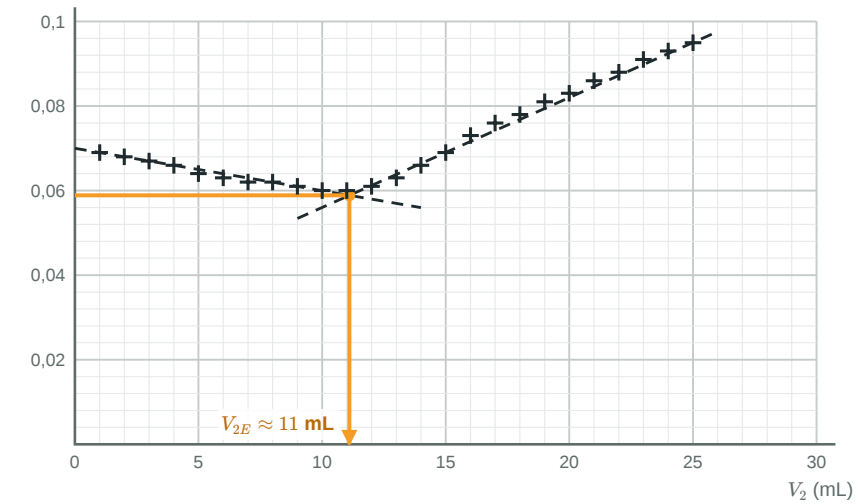
La saumure a été diluée 500 fois : $C = 500\,C_S = 1{,}1\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Concentration du mélange. Les quantités de matière d'ions chlorure s'ajoutent, les volumes aussi ($V = 1{,}0$ L de saumure, $V_{\text{mer}} = 200$ L) :

$$C_{\text{rejet}} = \frac{C\,V + [\text{Cl}^-]_{\text{mer}}\,V_{\text{mer}}}{V + V_{\text{mer}}} = \frac{1{,}1\times1{,}0 + 0{,}625\times200}{1{,}0+200} = 0{,}627\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Conclusion. $C_{\text{rejet}} < c_{\text{seuil}}$: le mélange est à peine plus salé que l'eau de mer naturelle.

$C_{\text{rejet}} = 0{,}627\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} < 0{,}657\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: avec cette dilution, le rejet ne présente pas de danger pour les écosystèmes marins.



3 · Courbe du sujet : les deux droites tracées se coupent à l'équivalence

PIÈGE
Oublier le facteur 500 : le titrage donne la concentration de la solution S, pas celle de la saumure. L'eau distillée ajoutée pour immerger la sonde ne change pas la quantité d'ions chlorure titrée.

COMPRENDRE
Avant l'équivalence, chaque ion Cl^- consommé est remplacé par un ion NO_3^- un peu moins conducteur : σ baisse légèrement. Après, les ions Ag^+ et NO_3^- s'accumulent : σ augmente nettement.

MÉTHODE
Les points proches de l'équivalence s'écartent des droites : on trace chaque droite sur les points qui en sont éloignés, puis on lit l'abscisse de l'intersection. Comparer ensuite deux grandeurs de même nature et de même unité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{37.4 \times 1.027}{58.5} \approx 0.6565778$$

$$\frac{2.00 \times 10^{-3} \times 11.0}{10.00} \approx 0.0022$$

$$500 \times 2.2 \times 10^{-3} \approx 1.1$$

$$\frac{1.1 \times 1.0 + 0.625 \times 200}{1.0 + 200} \approx 0.6273632$$