Analyse de la salinité de l'eau d'un delta

Bac S 2018 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

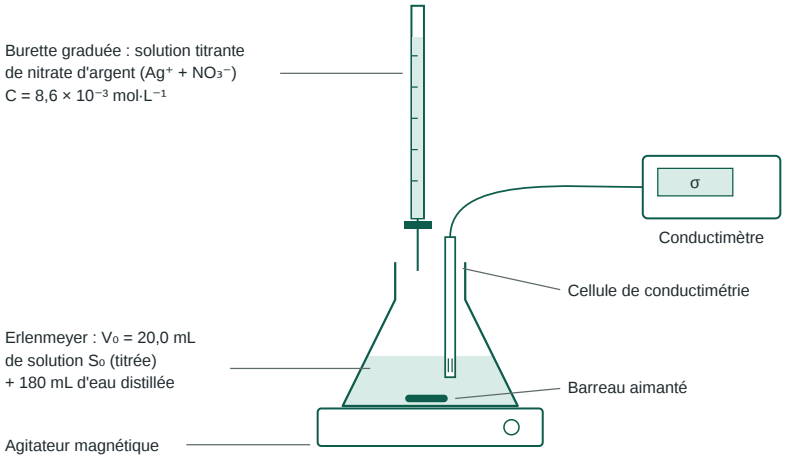
1 Faire un schéma légendé du dispositif expérimental permettant de réaliser le titrage.

Le schéma comporte : la burette graduée contenant la solution titrante de nitrate d'argent, l'erlenmeyer contenant la solution titrée ($V_0 = 20{,}0$ mL de S_0 et 180 mL d'eau distillée), l'agitateur magnétique avec son barreau aimanté, la cellule de conductimétrie plongée dans la solution et reliée au conductimètre.

Schéma légendé ci-contre : burette (solution titrante), erlenmeyer (solution titrée), agitation, cellule reliée au conductimètre.

PIÈGE
Oublier la cellule et le conductimètre, ou ne pas dire quelle solution se trouve dans la burette et laquelle dans l'erlenmeyer : une légende incomplète fait perdre les points.

COMPRENDRE
En pratique, un bécher est plus commode qu'un erlenmeyer : son ouverture large laisse passer à la fois la cellule et la pointe de la burette.



1 · Montage du titrage suivi par conductimétrie

2 Expliquer le fait que la conductivité de la solution S_0 avant le titrage n'est pas nulle.

La solution S_0 est de l'eau de mer diluée : elle contient déjà des ions dissous, surtout Na^+ et Cl^-. Ces ions sont des porteurs de charge mobiles, donc la solution conduit le courant électrique.

Avant tout ajout, S_0 contient des ions : sa conductivité n'est pas nulle.

COMPRENDRE
Diluer diminue les concentrations, donc la conductivité, sans jamais l'annuler : les ions restent présents.

3 Indiquer qualitativement comment évoluent les quantités de matière des ions Ag^+, NO_3^-, Cl^- et Na^+ dans l'erlenmeyer avant et après l'équivalence, puis expliquer l'allure de la courbe (variation de volume négligée).

Données utiles $\lambda(Ag^+) = 6{,}1 \times 10^{-3}$; $\lambda(Cl^-) = 7{,}6 \times 10^{-3}$; $\lambda(NO_3^-) = 7{,}1 \times 10^{-3}$; $\lambda(Na^+) = 5{,}0 \times 10^{-3}$ S · m² · mol^{-1}

Avant l'équivalence, Ag^+ est le réactif limitant : chaque ion versé est aussitôt consommé par $Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl$.

- $n(Ag^+)$ reste nulle ;
- $n(Cl^-)$ diminue ;
- $n(NO_3^-)$ augmente (ion spectateur apporté par la burette) ;
- $n(Na^+)$ reste constante (ion spectateur déjà présent).

Après l'équivalence, il n'y a plus d'ions chlorure : la réaction s'arrête.

- $n(Cl^-)$ est nulle ;
- $n(Ag^+)$ et $n(NO_3^-)$ augmentent ;
- $n(Na^+)$ reste constante.

Le volume étant considéré comme constant, chaque concentration varie comme la quantité de matière correspondante. D'après la loi de Kohlrausch, $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$.

Avant l'équivalence, chaque ion Cl^- disparu est remplacé par un ion NO_3^-. Comme $\lambda(NO_3^-) < \lambda(Cl^-)$, la conductivité diminue, lentement car les deux valeurs sont proches.

Après l'équivalence, les ions Ag^+ et NO_3^- s'accumulent sans être consommés : la conductivité augmente nettement.

La courbe est formée de deux portions de droite : σ décroît faiblement avant l'équivalence, puis croît fortement après ; la rupture de pente repère l'équivalence.

PIÈGE
Oublier les ions spectateurs. Avant l'équivalence, c'est l'arrivée de NO_3^- qui compense presque la disparition de Cl^- : sans lui, on ne peut pas justifier la faible pente.

COMPRENDRE
Les 180 mL d'eau distillée servent à cela : le volume passe de 200 mL à 220 mL environ, la dilution reste faible et les portions de courbe sont presque rectilignes.

MÉTHODE
Pour chaque ion, se demander s'il est apporté, consommé ou spectateur ; puis comparer les λ des ions qui apparaissent à ceux des ions qui disparaissent pour obtenir le signe de la pente.

4 Citer deux caractéristiques nécessaires pour la réaction support de titrage.

La réaction support d'un titrage doit être **totale** et **rapide**.

COMPRENDRE
Elle doit aussi être unique : le réactif titrant ne réagit qu'avec l'espèce titrée. C'est le sens de l'hypothèse du sujet sur les autres ions de l'eau de mer.

5 Peut-on continuer l'élevage des tilapias dans les eaux de ce delta ?

Données utiles salinité maximale supportée : $5\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $S = 1{,}80 \times C_m$; $M = 35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $C = 8{,}6\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_0 = 20{,}0$ mL ; eau diluée 10 fois ; figure 1

Démarche : déterminer le volume à l'équivalence, en déduire la concentration en ions chlorure de S_0 puis de l'eau du delta, calculer la salinité et la comparer à $5\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Volume à l'équivalence. On trace les deux droites qui passent au plus près des points de chaque portion ; l'abscisse de leur intersection donne $V_E = 10{,}4$ mL.

Concentration de S_0. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : $n(\text{Cl}^-)_{\text{initial}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}}$, soit $C_0\,V_0 = C\,V_E$.

$$C_0 = \frac{C\,V_E}{V_0} = \frac{8{,}6\times10^{-3}\times10{,}4}{20{,}0} = 4{,}5\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Eau du delta. Elle a été diluée 10 fois : $C_{\text{eau}} = 10\,C_0$. Concentration en masse des ions chlorure :

$$C_m = 10\,C_0\,M = 10\times4{,}47\times10^{-3}\times35{,}5 = 1{,}6\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

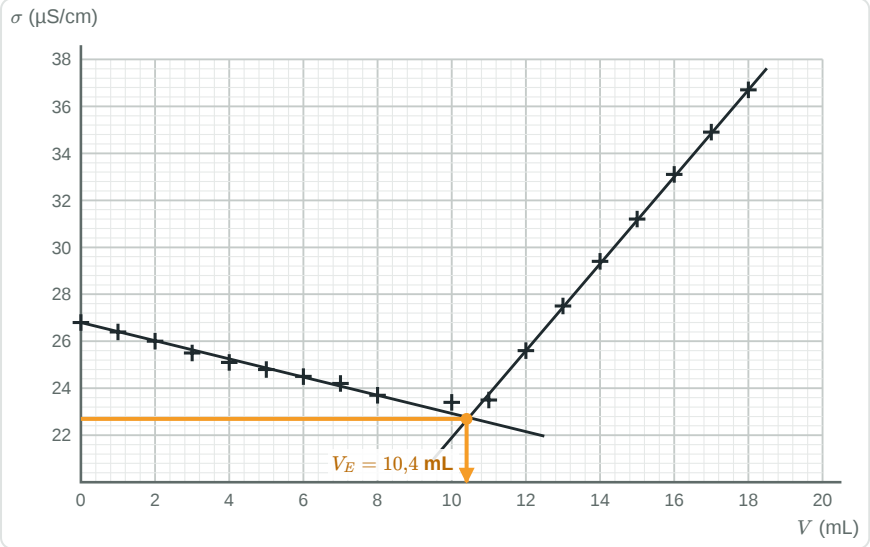
Salinité. $S = 1{,}80\times C_m = 1{,}80\times1{,}59 = 2{,}9\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

$S = 2{,}9\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1} < 5\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: l'élevage des tilapias peut continuer dans ce delta.

PIÈGE
Oublier le facteur 10 de la dilution, ou utiliser 200 mL comme volume titré : l'eau distillée ajoutée ne change pas la quantité d'ions chlorure, le volume à retenir est $V_0 = 20{,}0$ mL.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C, la donnée la moins précise. On garde un chiffre de plus dans les calculs intermédiaires pour ne pas cumuler les arrondis.

COMPRENDRE
Près de l'équivalence, les points s'écartent des droites : on ne s'en sert pas pour les tracer. La « concentration massique » du sujet s'appelle aujourd'hui concentration en masse.



5 · Figure 1 du sujet : les deux droites et la lecture de V_E

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{8.6\times10^{-3}\times10.4}{20.0}$ ≈ 0.004472

$10\times4.472\times10^{-3}\times35.5$ ≈ 1.58756

1.80×1.58756 ≈ 2.857608