Spécialité : Un élevage de corail

Bac S 2017 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Schématiser et légender le montage utilisé par le technicien du laboratoire, en précisant les solutions. Indiquer, en justifiant, le changement de couleur observé à l'équivalence.

Le montage est celui d'un titrage colorimétrique (schéma ci-dessous) : la solution d'E.D.T.A. est dans la burette, l'eau du bassin dans l'erlenmeyer avec la solution tampon et l'indicateur.

Avant l'équivalence, il reste des ions Ca^{2+} dans l'erlenmeyer : le noir ériochrome T colore le mélange en rose.

À l'équivalence, tous les ions Ca^{2+} ont réagi avec les ions Y^{4-} versés : en l'absence d'ions calcium, l'indicateur est bleu.

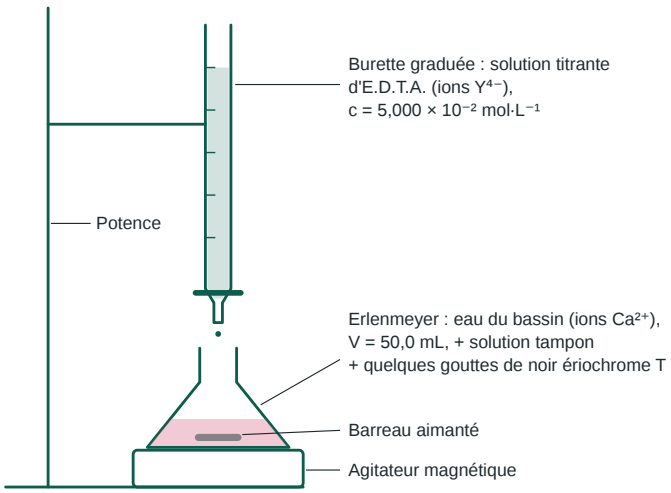
À l'équivalence, la solution passe du **rose au bleu**.

PIÈGE

Inverser les deux solutions. La solution titrante, de concentration connue, va dans la burette ; l'échantillon prélevé avec précision va dans l'erlenmeyer.

COMPRENDRE

Les trois ions de la réaction sont incolores : sans indicateur, rien ne signalerait l'équivalence. Le titrage par l'E.D.T.A. (complexation) relevait de l'ancienne spécialité ; il n'est plus au programme actuel, le titrage colorimétrique si.



1 · Montage du titrage colorimétrique des ions calcium

2 En comparant la notice du test et le protocole du laboratoire, identifier les « réactif 1 », « réactif 2 » et « réactif 3 ». Puis **Problème** : rédiger le rapport du technicien (conformité de l'eau du bassin, préconisations pour une croissance optimale des coraux), démarche et calculs à l'appui.

Données utiles $V_{eau} = (50{,}0 \pm 0{,}1)$ mL ; $c = (5{,}000 \pm 0{,}005) \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = (9{,}1 \pm 0{,}2)$ mL ; $M(\text{Ca}) = 40{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; bassin de 2000 L ; solution commerciale : densité 1,07, 30,0 % de calcium en masse ; au plus 10 mg par litre et par jour.

Au laboratoire, on ajoute à l'eau une solution tampon, l'indicateur, puis l'E.D.T.A. La notice suit le même ordre :

- **réactif 1** (quelques gouttes, aucune couleur) : la solution tampon ;
- **réactif 2** (poudre, coloration rose) : le noir ériochrome T, rose en présence des ions Ca^{2+} ;
- **réactif 3** (goutte à goutte jusqu'au bleu) : la solution titrante d'E.D.T.A.

Problème. Rapport au responsable de l'élevage.

Conformité. La teneur en calcium de l'eau du bassin est $t_{eau} = (364 \pm 8)\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, soit entre 356 et 372 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. La valeur mesurée est inférieure au minimum de 370 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ et l'intervalle est presque entièrement sous ce seuil : la conformité n'est pas assurée. Dans tous les cas, la teneur est loin de l'optimum de 420 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Préconisations. Verser 58 mL de solution commerciale de chlorure de calcium chaque jour pendant 6 jours (349 mL au total, jamais plus de 62 mL par jour), en répartissant l'ajout dans le bassin, puis contrôler la teneur par un nouveau dosage.

Démarche et calculs.

Teneur de l'eau. À l'équivalence, les réactifs sont en proportions stœchiométriques : $n(\text{Ca}^{2+}) = n(\text{Y}^{4-})$, soit $c_{eau}\,V_{eau} = c\,V_E$.

$$c_{eau} = \frac{c\,V_E}{V_{eau}} = \frac{5{,}000 \times 10^{-2} \times 9{,}1}{50{,}0} = 9{,}1 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$t_{eau} = c_{eau}\,M(\text{Ca}) = 9{,}1 \times 10^{-3} \times 40{,}0 = 0{,}364\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} = 364\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

Incertitude. $\dfrac{U(c_{eau})}{c_{eau}} = \sqrt{\left(\dfrac{0{,}1}{50{,}0}\right)^2 + \left(\dfrac{0{,}2}{9{,}1}\right)^2 + \left(\dfrac{0{,}005}{5{,}000}\right)^2} = 0{,}022$

La masse molaire n'ajoute pas d'incertitude : $U(t_{eau}) = 0{,}022 \times 364 = 8\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Le test du commerce donne $18 \times 20 = 360\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, valeur compatible avec cet intervalle.

Masse de calcium à apporter. $m = (420 - 364) \times 2000 = 1{,}12 \times 10^5\ \text{mg} = 112\ \text{g}$

Solution commerciale. Un litre a une masse de $1{,}07 \times 1000 = 1{,}07 \times 10^3$ g et contient $0{,}300 \times 1{,}07 \times 10^3 = 321$ g de calcium : $t_{com} = 321\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Volume total : $V = \dfrac{m}{t_{com}} = \dfrac{112}{321} = 0{,}349\ \text{L} = 349\ \text{mL}$

Limite quotidienne. Au plus $10 \times 2000 = 2{,}0 \times 10^4\ \text{mg} = 20$ g de calcium par jour, soit $\dfrac{20}{321} = 0{,}062\ \text{L} = 62$ mL de solution.

Il faut remonter de 56 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ à raison de 10 par jour au plus : 6 jours au minimum, d'où $\dfrac{349}{6} = 58$ mL par jour.

PIÈGE
Verser les 349 mL en une fois : la teneur monterait de 56 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ en un jour. Arrondir 62,3 mL à 63 mL ferait aussi dépasser la limite : un maximum s'arrondit par défaut.

COMPRENDRE
Une incertitude s'écrit avec un seul chiffre significatif et le résultat s'arrête au même rang : (364 ± 8). Sans elle, V_E à deux chiffres donnerait seulement $3{,}6 \times 10^2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, trop grossier pour se comparer à 370.

MÉTHODE
Résolution de problème : annoncer d'abord la conclusion demandée (ici le rapport), puis enchaîner des étapes titrées, chacune avec relation littérale, application numérique et unité. Un calcul inachevé mais clair rapporte des points.

$t_{eau} = (364 \pm 8)\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: conformité non assurée ; ajouter 349 mL de solution commerciale en 6 jours, soit 58 mL par jour.

À LA CALCULATRICE

