Spécialité : Dépollution des eaux

Bac S 2015 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

P On dispose de 60 g de carapaces de crevettes. Est-ce suffisant pour ramener 40 mL de la solution S_1 aux normes françaises de rejet en cuivre ? Sinon, quelle masse minimale de carapaces faut-il pour éliminer le cuivre de la solution ? Porter un regard critique sur le résultat.

Données utiles $A_0(1) = 1{,}26$ à 800 nm (doc. 2) ; norme française pour le cuivre : $0{,}5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (doc. 3) ; 100 g de carapaces donnent 4 g de chitosane (doc. 4) ; $M(\text{Cu}) = 63{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Démarche. On cherche la concentration en masse des ions Cu^{2+} dans le filtrat obtenu avec le chitosane tiré de 60 g de carapaces, puis on la compare à la norme.

1. Concentration initiale de S_1. D'après le document 1, le sulfate de cuivre absorbe fortement vers 800 nm, longueur d'onde retenue pour le document 2. Les points du document 2 sont alignés avec l'origine : l'absorbance est proportionnelle à la concentration, $A = k \times C$ (loi de Beer-Lambert). La droite passe par le point $(0{,}11\ ;\ 1{,}40)$:

$$k = \frac{1{,}40}{0{,}11} = 12{,}7\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \qquad C_0 = \frac{A_0(1)}{k} = \frac{1{,}26}{12{,}7} = 0{,}10\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration en masse : $t_0 = C_0 \times M(\text{Cu}) = 0{,}10 \times 63{,}5 \approx 6{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

2. Masse de chitosane disponible. Le document 4 indique 4 g de chitosane pour 100 g de carapaces. Par proportionnalité :

$$m = \frac{4 \times 60}{100} = 2{,}4\ \text{g}$$

3. Concentration après traitement. Sur la courbe du cuivre, pour $m = 2{,}4$ g, on lit $\dfrac{A}{A_0} \approx 3\ \%$ (figure). Le filtrat est limpide et la mesure se fait à la même longueur d'onde : la loi de Beer-Lambert donne $\dfrac{C}{C_0} = \dfrac{A}{A_0}$, donc

$$t = 0{,}03 \times t_0 = 0{,}03 \times 6{,}35 \approx 0{,}2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1} = 2 \times 10^2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

4. Comparaison à la norme. $2 \times 10^2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ est environ 400 fois supérieur à $0{,}5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. La lecture de 3 % est peu précise (entre 2 % et 4 %), mais aucune erreur de lecture ne peut expliquer un tel écart : **60 g de carapaces ne suffisent pas**.

5. Masse minimale de carapaces. Pour respecter la norme, il faut

$$\frac{A}{A_0} = \frac{t_{\text{norme}}}{t_0} = \frac{0{,}5 \times 10^{-3}}{6{,}35} = 8 \times 10^{-5}\ \text{soit}\ 0{,}008\ \%$$

À l'échelle du graphique, ce rapport se confond avec zéro. La courbe du cuivre atteint 0 % pour 3 g de chitosane (à 2,8 g, il reste encore environ 0,5 %). Masse de carapaces correspondante :

$$m_c = \frac{3 \times 100}{4} = 75\ \text{g}$$

6. Regard critique.

- Le graphique ne permet pas de distinguer 0,008 % de 0 %, et l'absorbance correspondante ($A \approx 10^{-4}$) n'est pas mesurable avec un spectrophotomètre de lycée. On peut affirmer qu'il faut au moins 75 g, pas que la norme est réellement atteinte : il faudrait une méthode d'analyse plus sensible.

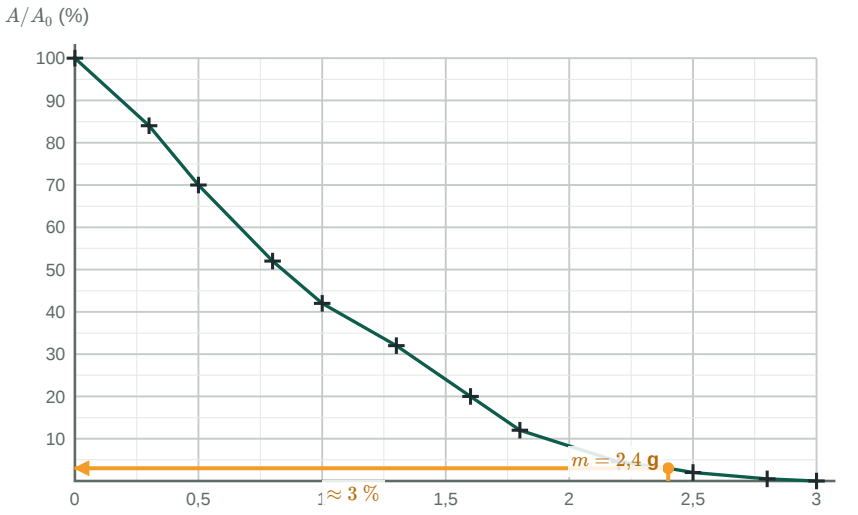
PIÈGE
Comparer des grandeurs qui n'ont pas la même unité : la norme est en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, le calcul sort en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Autre erreur : juger « 3 % » négligeable sans le convertir en concentration.

COMPRENDRE
La lecture du rapport (3 %) n'a qu'un chiffre significatif : t aussi. Le rapport A/A_0 est aussi la fraction du cuivre restée en solution : le volume de 40 mL ne sert donc pas au calcul.

MÉTHODE
Résolution de problème : écrire la grandeur à comparer (ici une concentration en masse et une norme), relier les documents un à un, conclure par une phrase chiffrée, puis discuter la précision des lectures graphiques.

- Le résultat ne vaut que pour 40 mL d'une solution à $0{,}10\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, soit près de 13 000 fois la norme : une eau usée réelle est beaucoup moins concentrée.
- Le rendement de 4 g pour 100 g est celui d'une seule synthèse ; il peut varier d'un lot de carapaces à l'autre.

60 g de carapaces (2,4 g de chitosane) ne suffisent pas : il reste environ $0{,}2\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ de cuivre pour une norme de $0{,}5\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Il faut au moins 75 g de carapaces (3 g de chitosane).



P · Courbe du cuivre (graphique du sujet) : lecture de A/A_0 pour 2,4 g de chitosane

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1.40}{0.11} \approx 12.72727$

$\frac{1.26}{12.7} \approx 0.0992126$

$0.10 \times 63.5 \approx 6.35$

$\frac{4 \times 60}{100} \approx 2.4$

$0.03 \times 6.35 \approx 0.1905$

$\frac{0.5 \times 10^{-3}}{6.35} \approx 7.874016 \times 10^{-5}$

$\frac{3 \times 100}{4} \approx 75$