

Problème

On dispose de 60 g de carapaces de crevettes. Cette masse de carapaces est-elle suffisante pour ramener 40 mL de la solution S_1 aux normes environnementales françaises de pollution des eaux en cuivre ?

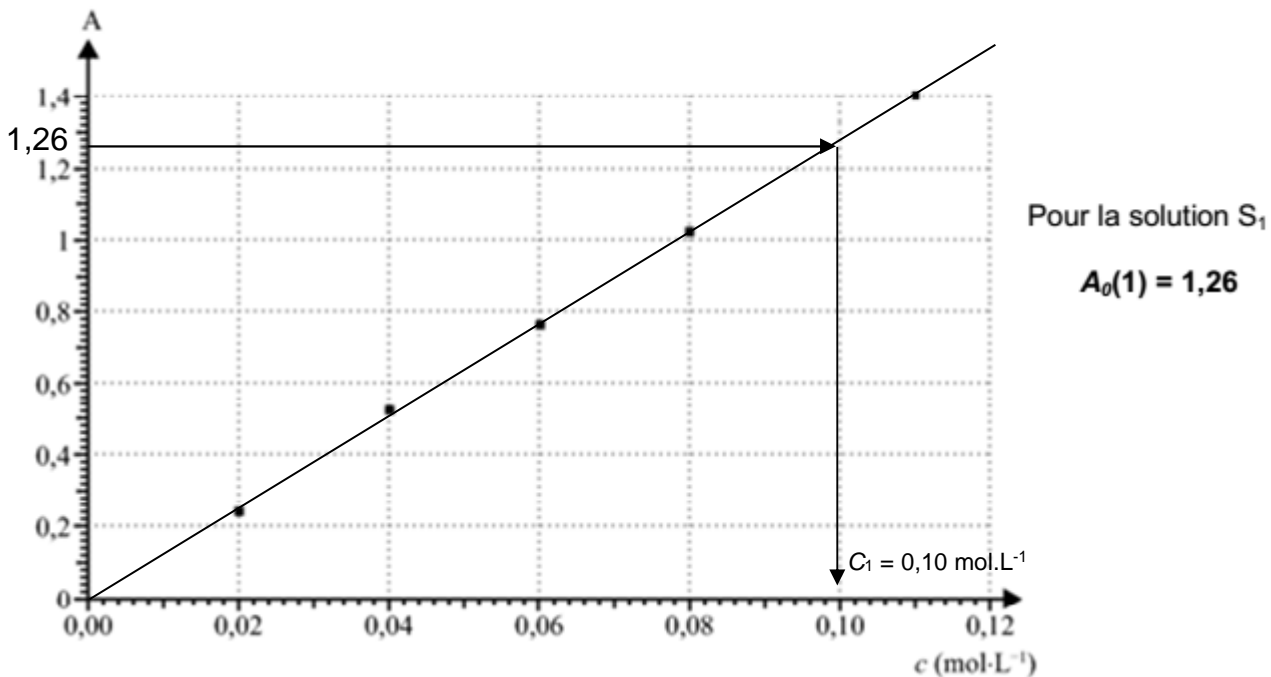
Si non, quelle est la masse minimale de carapaces de crevettes nécessaires pour éliminer le cuivre de la solution ?

Détermination de la concentration massique en ions cuivre(II) dans la solution S_1 avant traitement :

Le document 1 montre qu'une solution de sulfate de cuivre(II) absorbe fortement une lumière de longueur d'onde λ proche de 800 nm.

Le document 2 montre, si l'on relie les points, que la courbe représentative de $A = f(C)$ est une droite passant par l'origine. On retrouve la loi de Beer-Lambert : $A = k.C$.

Document 2 : évolution de l'absorbance à 800 nm de solutions aqueuses de sulfate de cuivre II en fonction de la concentration molaire en sulfate de cuivre II



Par lecture graphique, on trouve $C_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

Comme la concentration massique t est égale à $C.M$, on trouve $t_0 = C_0.M_{Cu}$

$t_0 = 0,10 \times 63,5 = 6,4 \text{ g.L}^{-1}$ en ions cuivre(II) avant dépollution.

Détermination de la masse de chitosane disponible :

D'après le document 4, à l'aide de 100 g de carapaces de crevettes on peut obtenir 4 g de chitosane.

Ainsi par proportionnalité, on détermine la masse de chitosane contenue dans 60 g de carapaces de crevette :

100 g de carapaces → 4 g de chitosane
60 g de carapaces → m g de chitosane

$$m = \frac{4 \times 60}{100} = 2,4 \text{ g de chitosane disponible.}$$

Rapport A/A_0 pour $m = 2,4$ g de chitosane :

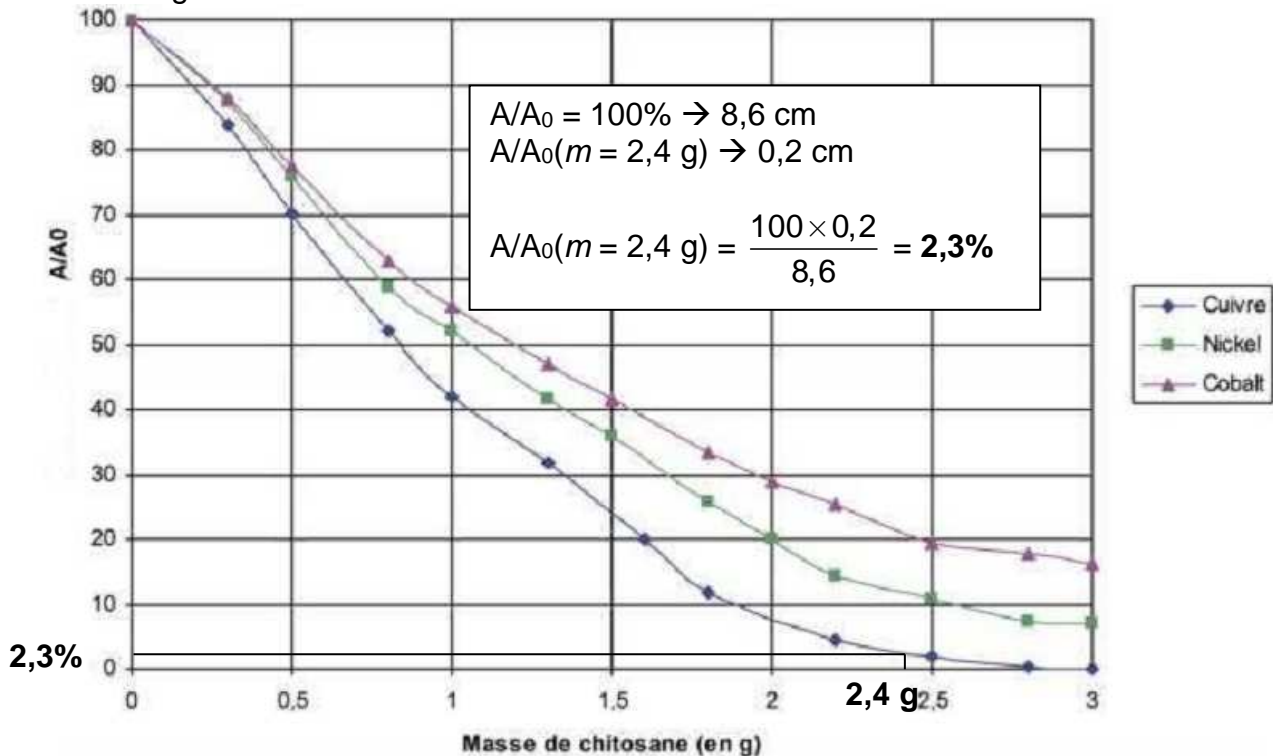
On utilise la courbe $A/A_0 = f(m)$ pour le cuivre (avec les losanges bleus).

La lecture graphique n'est pas du tout facile car A/A_0 est très faible, l'erreur relative de lecture va être élevée.

On détermine l'échelle horizontale :
 $3 \text{ g} \rightarrow 12,7 \text{ cm}$
 $2,4 \text{ g} \rightarrow x \text{ cm}$

$$x = \frac{12,7 \times 2,4}{3,0} = 10,2 \text{ cm}$$

On cherche l'ordonnée du point d'abscisse $m = 2,4$ g, soit l'ordonnée du point d'abscisse situé à 10,2 cm de l'origine.



Détermination de la concentration massique en ions cuivre(II) dans la solution S_1 après traitement :

On vient d'établir que $\frac{A}{A_0} = 2,3\%$, donc $A = \frac{2,3}{100} \cdot A_0 = \frac{2,3}{100} \times 1,26 = 2,9 \times 10^{-2}$

Cette valeur de A est trop petite pour faire une lecture graphique sur la courbe $A = f(C)$ du document 2.

Procédons par un calcul :

$$A_0(1) = k \cdot C_0$$

$$A = k \cdot C$$

$$\text{donc } k = \frac{A_0(1)}{C_0} = \frac{A}{C} \text{ alors } C = \frac{A \cdot C_0}{A_0(1)}$$

$$C = \frac{\frac{2,3}{100} \times 1,26 \times 0,10}{1,26} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Soit en concentration massique : $t = C \cdot M_{\text{Cu}}$

$$t = 2,3 \times 10^{-3} \times 63,5 = 0,15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Comparaison avec les normes environnementales françaises :

Le document 3 nous indique que la concentration massique des rejets en ions cuivre(II) doit être inférieure à $0,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Notre résultat est largement supérieur à cette norme.

L'imprécision de lecture du rapport A/A_0 ne peut pas être la cause d'un tel écart.

La solution S_1 ne peut pas être rejetée dans la nature même après traitement par le chitosane.

Suite du problème

Si non, quelle est la masse minimale de carapaces de crevettes nécessaires pour éliminer le cuivre de la solution ?

La concentration massique doit passer de $t_0 = 6,35 \text{ g.L}^{-1}$ à $t = 0,5 \text{ mg.L}^{-1} = 5 \times 10^{-4} \text{ g.L}^{-1}$.

$$\text{Ainsi } \frac{t}{t_0} = \frac{5 \times 10^{-4}}{6,35} = 7,9 \times 10^{-5} = 7,9 \times 10^{-3} \text{ \%}.$$

Autant dire que $\frac{t}{t_0} = 0$, ce qui revient à $\frac{A}{A_0} = 0$.

Sur la courbe $A/A_0 = f(C)$, on voit que c'est le cas pour une masse de chitosane de 3 g.

On utilise le protocole de synthèse du chitosane présenté dans le document 4.

Ainsi par proportionnalité, on détermine la masse de carapaces contenant 3 g de chitosane :

100 g de carapaces \rightarrow 4 g de chitosane

m_C g de carapaces \rightarrow 3 g de chitosane

$$m_C = \frac{3 \times 100}{4} = 75 \text{ g de carapaces de crevettes nécessaires.}$$

La lecture graphique de la masse de chitosane a été réalisée approximativement. Il est en effet

possible que $\frac{A}{A_0} = 0$ pour une masse légèrement inférieure à 3 g. Dès lors la masse de 75 g de

carapaces de crevettes permet avec certitude d'éliminer totalement les ions cuivre(II) de la solution

S₁.

Exercice III (spécialité) : Des crevettes pour dépolluer ? (5 points)

La grille permet d'apprécier, selon quatre niveaux, les compétences développées par le candidat pour traiter l'exercice. Cette appréciation se fonde sur des indicateurs de réussite constitués des connaissances, capacités ou attitudes dont doit faire preuve le candidat.

Niveau A : Les indicateurs choisis apparaissent dans leur (quasi) totalité.

Niveau B : Les indicateurs choisis apparaissent partiellement.

Niveau C : Les indicateurs choisis apparaissent de manière insuffisante.

Niveau D : Les indicateurs choisis ne sont pas présents.

Le regard porté sur la grille de compétences de manière globale aboutit, en fonction de la position des croix, à produire une note évaluant la production du candidat.

Quelques repères pour convertir la grille en note chiffrée :

Que des A ou des B : 5 à 4 points

Majorité de A et de B : 4 à 3 points

Majorité de B et de C : 3 à 2 points

Majorité de C et de D : 2 à 1 points

Que des C ou des D : 1 à 0,5 points

Que des D : 0 point

Pour le barème de l'évaluation par compétences, il nous semble que les compétences analyser et réaliser doivent être mises en valeur dans le barème. Nous proposons donc :

S'approprier : coefficient 2

Analyser : coefficient 3

Réaliser : coefficient 4

Valider : coefficient 2

Corrigé de l'exercice III (spécialité) : Des crevettes pour dépolluer ? (5 points)

		Critère de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
Evaluation par compétences	Compétences évaluées	Critère de réussite correspondant au niveau A				
	S'approprier	<p>Comprendre la situation (Question 1) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoir précisé que l'absorbance A des solutions diminue - avoir précisé que la concentration en ions métalliques diminue - avoir fait le lien entre l'absorbance A et la concentration en ions métalliques - avoir déterminé que l'action sur le cuivre est plus efficace que sur les autres métaux <p>Restituer et réinvestir ses connaissances :</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoir donné le nom de la loi de Beer-Lambert - avoir énoncé la loi de Beer-Lambert sous une forme littéraire (l'absorbance A et la concentration C sont proportionnelles) ou sous une forme mathématique ($A = k \times C$) - avoir énoncé et utilisé une relation entre la concentration massique et la concentration molaire, à savoir $C_{\text{massique}} = C_{\text{molaire}} \times M$, avec M la masse molaire <p>Extraire les données de l'énoncé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoir utilisé le bon spectre d'absorbance pour déterminer la longueur d'onde du dosage par étalonnage de la solution de cuivre II - avoir utilisé la bonne valeur pour la masse de carapaces de crevettes (60g) - avoir utilisé le document 4 (100 g de carapaces de crevettes permettent de produire 4 g de chitosane) - avoir utilisé la bonne valeur de la concentration massique initiale $C_0(1) = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ en ions cuivre II dans la solution S_1 - avoir utilisé la bonne valeur pour la norme des ions cuivre en France 				
	Analyser	<p>Étapes du problème :</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoir énoncé les différentes étapes pour réaliser le problème (exemple : a/Détermination de la masse de chitosane disponible, b/ Détermination de la concentration massique initiale $C_0(1)_{\text{massique}}$ en ions cuivre, c/ Détermination de la concentration massique $C(1)_{\text{massique}}$ en ions cuivre après traitement par le chitosane, d/Comparaison et conclusion) - avoir réalisé les différentes étapes (même si elles ne sont pas réussies) <p>Problème : a/Détermination de la masse de chitosane disponible</p> <p>Problème : b/ Détermination de la concentration massique initiale $C_0(1)_{\text{massique}}$ en ions cuivre</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoir donné le raisonnement pour résoudre ces étapes, en particulier la formule utilisée (même si non réussies) <p>Problème : c/ Détermination de la concentration massique $C(1)_{\text{massique}}$ en ions cuivre après traitement</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoir donné le raisonnement pour résoudre cette étape (même si elle n'est pas réussie) - avoir utilisé la loi de Beer-Lambert pour faire le lien entre $A(1) / A_0(1)$ et $C(1) / C_0(1)$ - avoir fait un raisonnement explicite et littéral pour trouver la relation $A(1) / A_0(1) = C(1) / C_0(1)$ - avoir donné la relation littérale $C(1) = \frac{A(1)}{A_0(1)} \times C_0(1)$ 				

<p>Réaliser</p>	<p>Dosage par étalonnage (Question 2) : - avoir donné la bonne longueur d'onde pour le dosage de la solution de cuivre - avoir déterminé la concentration molaire en ions cuivre II dans la solution S₁ en explicitant le raisonnement ou le calcul</p> <p>Problème : a/Détermination de la masse de chitosane disponible - avoir posé le calcul et déterminé la masse de chitosane obtenue à partir de 60 g de carapaces de crevettes - avoir donné le résultat avec la bonne unité</p> <p>Problème : b/ Détermination de la concentration massique initiale C₀(1)_{massique} en ions cuivre - avoir posé et réussi le calcul - avoir donné le résultat avec la bonne unité</p> <p>Problème : c/ Détermination de la concentration massique C(1)_{massique} en ions cuivre après traitement - avoir correctement utilisé la courbe $A/A_0 = f(m_{\text{chitosane}})$ (lecture graphique) - avoir obtenu la bonne valeur pour $A(1)/A_0(1)$ - avoir justifié le placement de $m = 2,4$ g sur l'axe des abscisses par des considérations d'échelle - avoir posé le calcul numérique de $C(1) = \frac{A(1)}{A_0(1)} \times C_0(1)$ avec les bonnes valeurs - avoir réussi le calcul de la concentration massique C(1) - avoir présenté le résultat avec la bonne valeur</p> <p>Problème : Détermination de la masse minimale de carapaces de crevettes - avoir lu sur le graphique la bonne valeur pour la masse de chitosane (pour $A(1) = 0$) - avoir explicité le raisonnement permettant de trouver cette valeur par lecture graphique - avoir posé le calcul permettant de déterminer la masse de carapaces de crevettes - avoir réussi le calcul de la masse de carapaces de crevettes</p>				
<p>Valider</p>	<p>Problème : d/Comparaison et conclusion - avoir comparé les bonnes valeurs - avoir donné un ordre de grandeur quantitatif pour cette comparaison - avoir donné une réponse cohérente avec les valeurs trouvées</p> <p>Problème : masse minimale de carapaces de crevettes - avoir répondu à la question par une phrase en ayant bien précisé l'unité pour la masse</p>				
<p>Communiquer</p>					
	<p>Note (en point entier)</p>			<p>/ 5</p>	