



DÉPOLLUTION DES EAUX

Les métaux lourds tels que le cuivre, le cobalt ou le nickel peuvent se retrouver dans les eaux usées. Leur présence est dangereuse pour l'homme ; ils sont toxiques à faible concentration et s'accumulent dans l'organisme. On cherche des procédés permettant de dépolluer les eaux en métaux lourds.

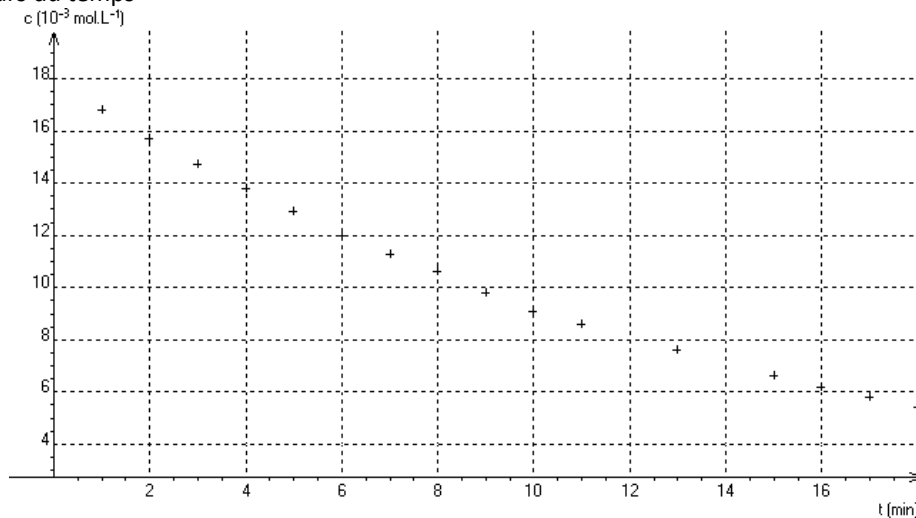
Une piste prometteuse utilise le chitosane, molécule synthétisée à partir de la chitine elle-même extraite des carapaces de crustacés (crevette, crabe, homard...). Le chitosane s'associe aux ions métalliques pour former une nouvelle espèce chimique insoluble dans le milieu, que l'on isole par filtration.

Étude cinétique de la complexation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ par le chitosane

On souhaite modéliser l'évolution de la concentration des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ au cours du temps lors de leur complexation par le chitosane. Pour cela, à la date $t = 0$ min, on introduit un film de chitosane dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre (II) ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$). La concentration C des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ dans le milieu est déterminée à différentes dates.

1. Définir la vitesse volumique de consommation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

L'évolution temporelle de la concentration C des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ est représentée sur la figure 1 : Évolution de la concentration C en ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ au cours du temps



2. Estimer la valeur de la vitesse volumique de consommation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ à la date $t = 10$ min par une construction graphique sur la figure 1.
3. Décrire l'évolution de la vitesse volumique de consommation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ au cours du temps. Proposer un facteur cinétique à l'origine de cette évolution. Justifier.

On souhaite savoir si l'évolution de la vitesse volumique de consommation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ peut être modélisée par une loi d'ordre 1. Pour cela, on rédige un programme en langage python qui permet de calculer les vitesses volumiques de consommation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ aux différentes dates, puis de représenter l'évolution de cette vitesse en fonction de la concentration en ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

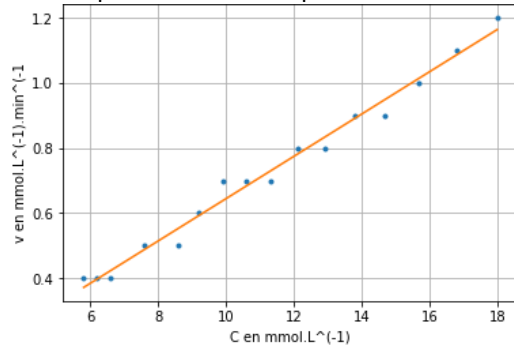


```

10 # Listes des valeurs expérimentales temps en min et concentration C en ions Cu2+(aq) en mmol.L-1
11 t=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,15,16,17,18]
12 C=[18.0,16.8,15.7,14.7,13.8,12.9,12.1,11.3,10.6,9.9,9.2,8.6,7.6,6.6,6.2,5.8,5.4]
13
14 v=[]
15 t2=[]
16 i=0
17 while i<len(t)-1 :
18     t2.append(t[i])
19     v.append(-(C[i+1]-C[i])/(t[i+1]-t[i]))
20     i=i+1
    
```

Figure 2 : Extrait du programme rédigé en langage python.

Une partie du programme non reproduite ci-dessus permet de modéliser les résultats obtenus par une fonction affine.



l'équation de la droite affine modélisant le nuage de points est :
 $v = 0.065 C - 0.005$

Figure 3. Évolution de la vitesse volumique de consommation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ en fonction de la concentration C en $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ et sa modélisation par une fonction affine.

4. Expliquer, en s'appuyant sur l'extrait de programme proposé, pourquoi le calcul des vitesses volumiques de consommation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ aux différentes dates, réalisé par ce programme, est une valeur approchée.
5. Indiquer si la complexation des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ peut être modélisée par une loi d'ordre 1. Justifier.



Une méthode efficace ?

On souhaite tester, en laboratoire, les propriétés du chitosane sur une eau polluée artificiellement au cuivre.

Voici les étapes du protocole opératoire.

- **Étape 1 : Préparation de la solution**

Une solution aqueuse de sulfate de cuivre II ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$) de couleur bleue de volume $V_0 = 40,0$ mL est versée dans un bécher.

- **Étape 2 : Analyse spectrale des trois solutions**

On mesure à l'aide d'un spectrophotomètre l'absorbance $A_0(1)$ de la solution S_1 .

- **Étape 3 : Solubilisation du chitosane**

On ajoute une même masse m de chitosane solide dans le bécher. On agite pendant trente minutes.

- **Étape 4 : Filtration**

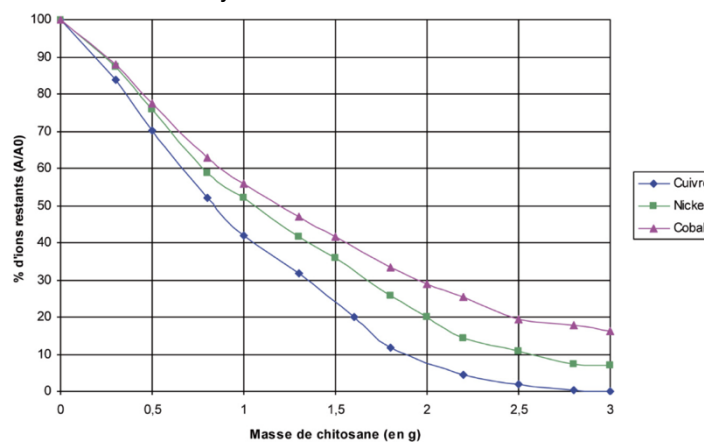
On filtre la solution et on récupère le filtrat d'aspect limpide.

- **Étape 5 : Nouvelle analyse spectrale**

On mesure l'absorbance $A(1)$ du filtrat à la longueur d'onde 635 nm.

L'étude est réalisée pour 40,0 mL de solution aqueuse à la même concentration molaire C_0 et différentes masses m de chitosane solide.

Les résultats obtenus sont exploités et conduisent au tracé du graphe représentant l'évolution du rapport A/A_0 (exprimé en pourcentage) en fonction de la masse de chitosane ajoutée.



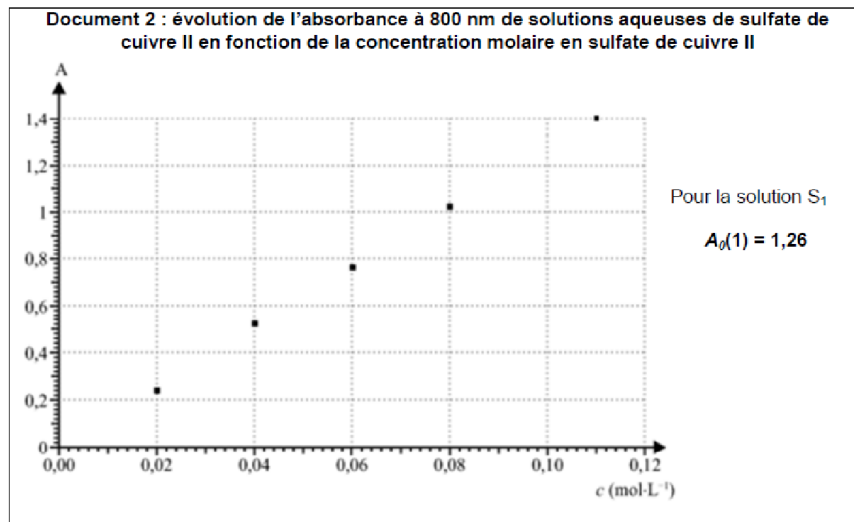
D'après le Bup PC n°940, janvier 2012

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 ?

Données : masses molaires $M(\text{Co}) = 58,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



Document 3 : Normes de rejet d'effluents chargés en métaux lourds

métal	Fe	Cu	Ni	Zn	Cd	Pb	Al	Sn	Cr	Hg	Normes
Conc (mg/l)	5	2	5	5	0.2	1	5	2	3	0.05	CEE
	5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	5	2	0.5	0.05	France
	2	2	3	5	1	1	2	-	2	0.1	Belgique
	3	0.5	0.5	1	0.2	0.5	3	1	0.5	-	Allemagne
	1	1	2	2	1	1	10	-	2	0.1	Suisse

