EXERCICE III : DÉPOLLUTION DES EAUX (5 points)

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.
On souhaite tester, en laboratoire, les propriétés du chitosane sur trois eaux polluées artificiellement respectivement au cuivre, au nickel et au cobalt.

Voici les étapes du protocole opératoire.

Étape 1 : Préparation des trois solutions
Trois solutions aqueuses d'ions métalliques de volume V_0 = 40,0 mL et de concentration molaire C_0 sont versées dans trois béchers :
- Solution S_1 de sulfate de cuivre II ($Cu^{2+} + SO_4^{2-}$) de couleur bleue ;
- Solution S_2 de sulfate de nickel II ($Ni^{2+} + SO_4^{2-}$) de couleur verte ;
- Solution S_3 de sulfate de cobalt II ($Co^{2+} + SO_4^{2-}$) de couleur rose.

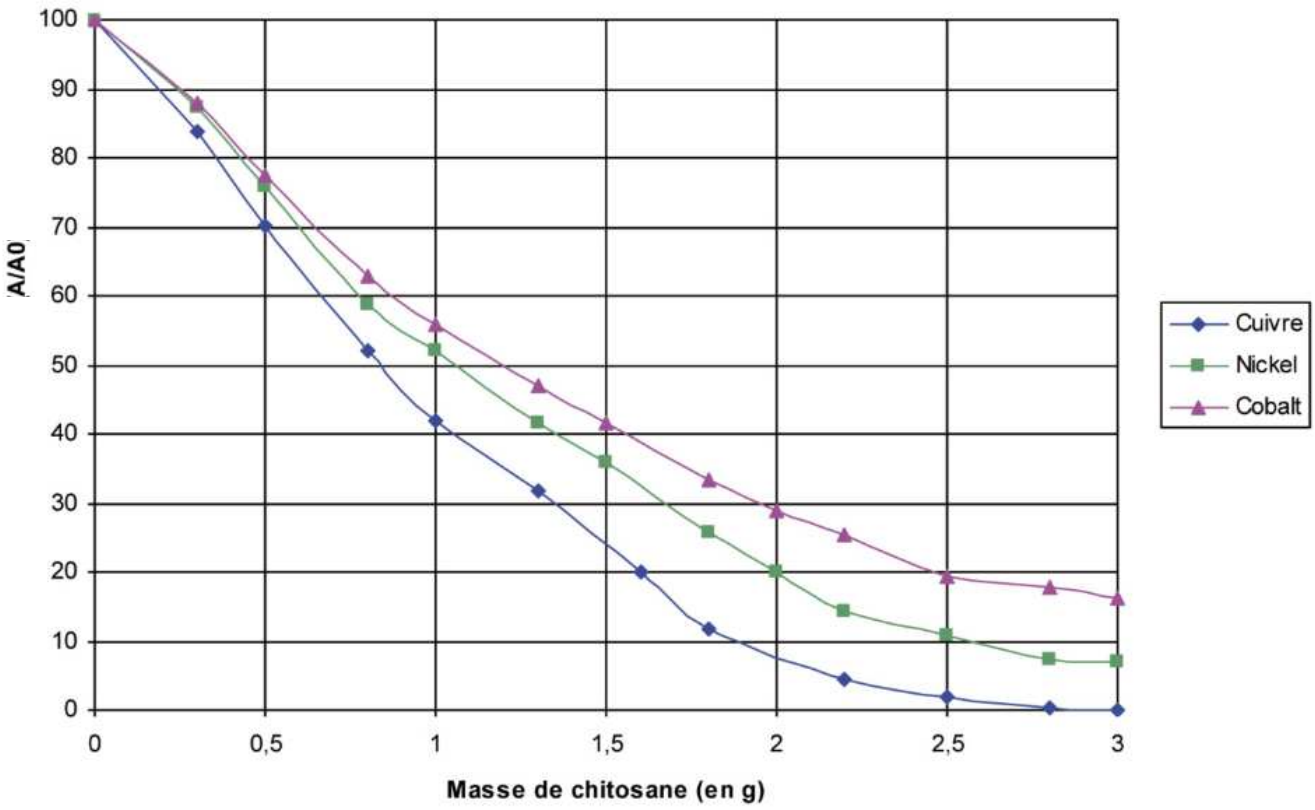
Étape 2 : Analyse spectrale des trois solutions
On mesure à l'aide d'un spectrophotomètre l'absorbance $A_0(1)$, $A_0(2)$ et $A_0(3)$ des solutions S_1, S_2 et S_3.

Étape 3 : Solubilisation du chitosane
On ajoute une même masse m de chitosane solide dans les trois béchers.
On agite pendant trente minutes.

Étape 4 : Filtration
On filtre les trois solutions et on récupère les filtrats d'aspect limpide.

Étape 5 : Nouvelle analyse spectrale
On mesure l'absorbance $A(1)$, $A(2)$ et $A(3)$ des filtrats dans la gamme de longueurs d'onde 400 - 900 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 aux tracés des graphes 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

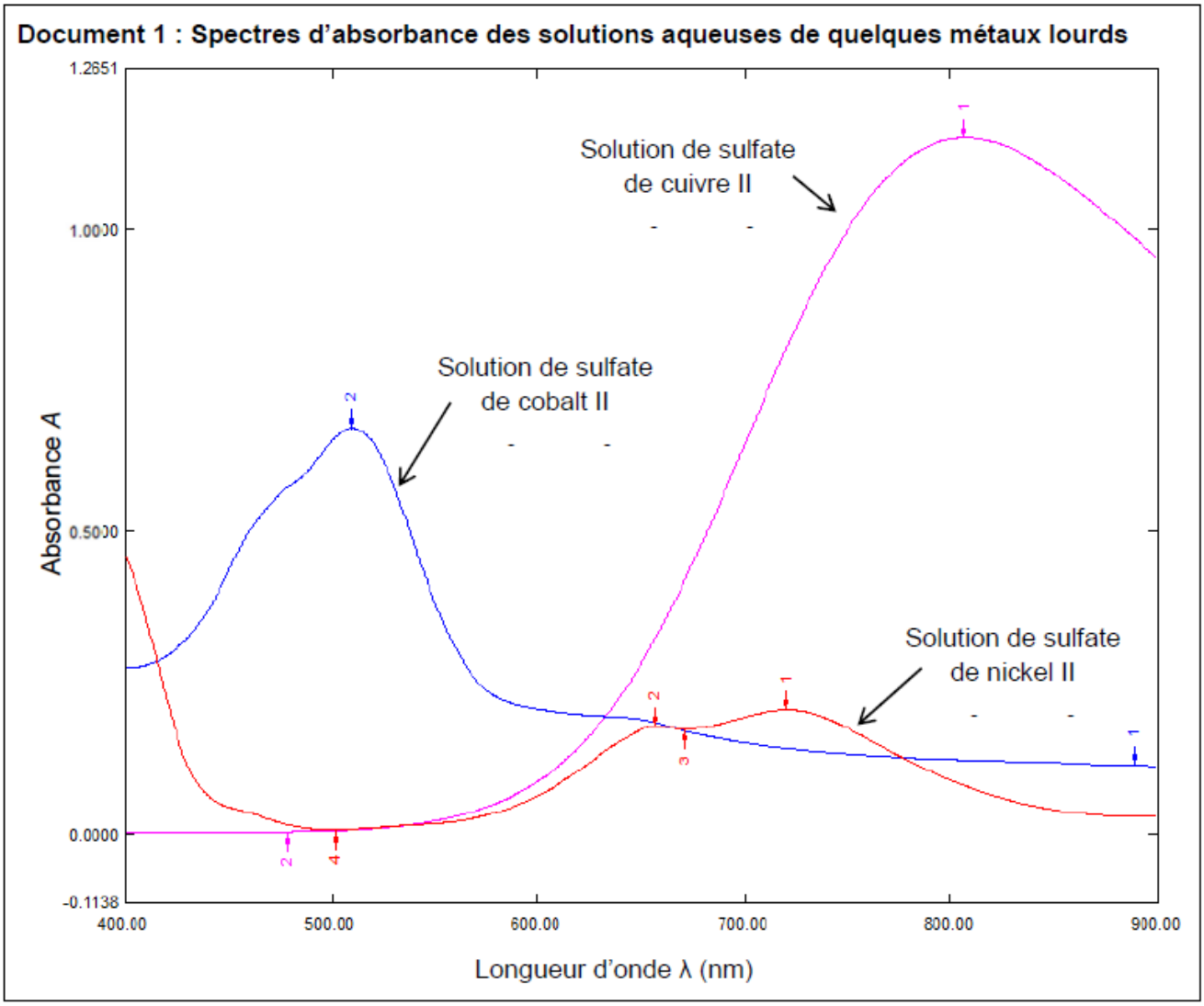
Problème

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 ?

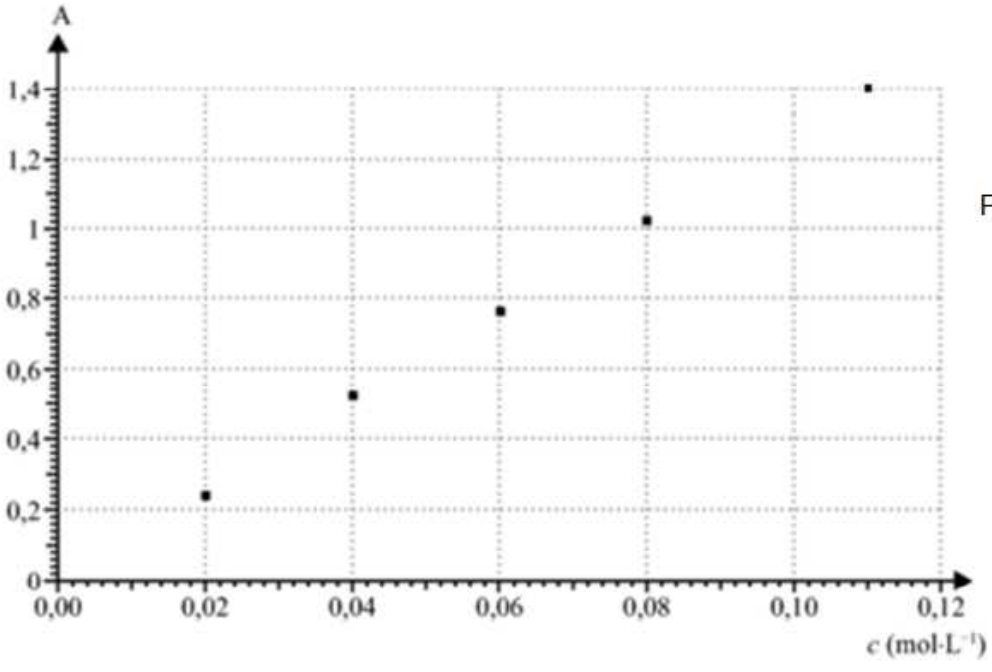
Données *:* masses molaires $M(Co) = 58,9$ g.mol^{-1} ; $M(Cu) = 63,5$ g.mol^{-1} ; $M(Ni) = 58,7$ g.mol^{-1}

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme. Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat.

Document 1 : Spectres d'absorbance des solutions aqueuses de quelques métaux lourds



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



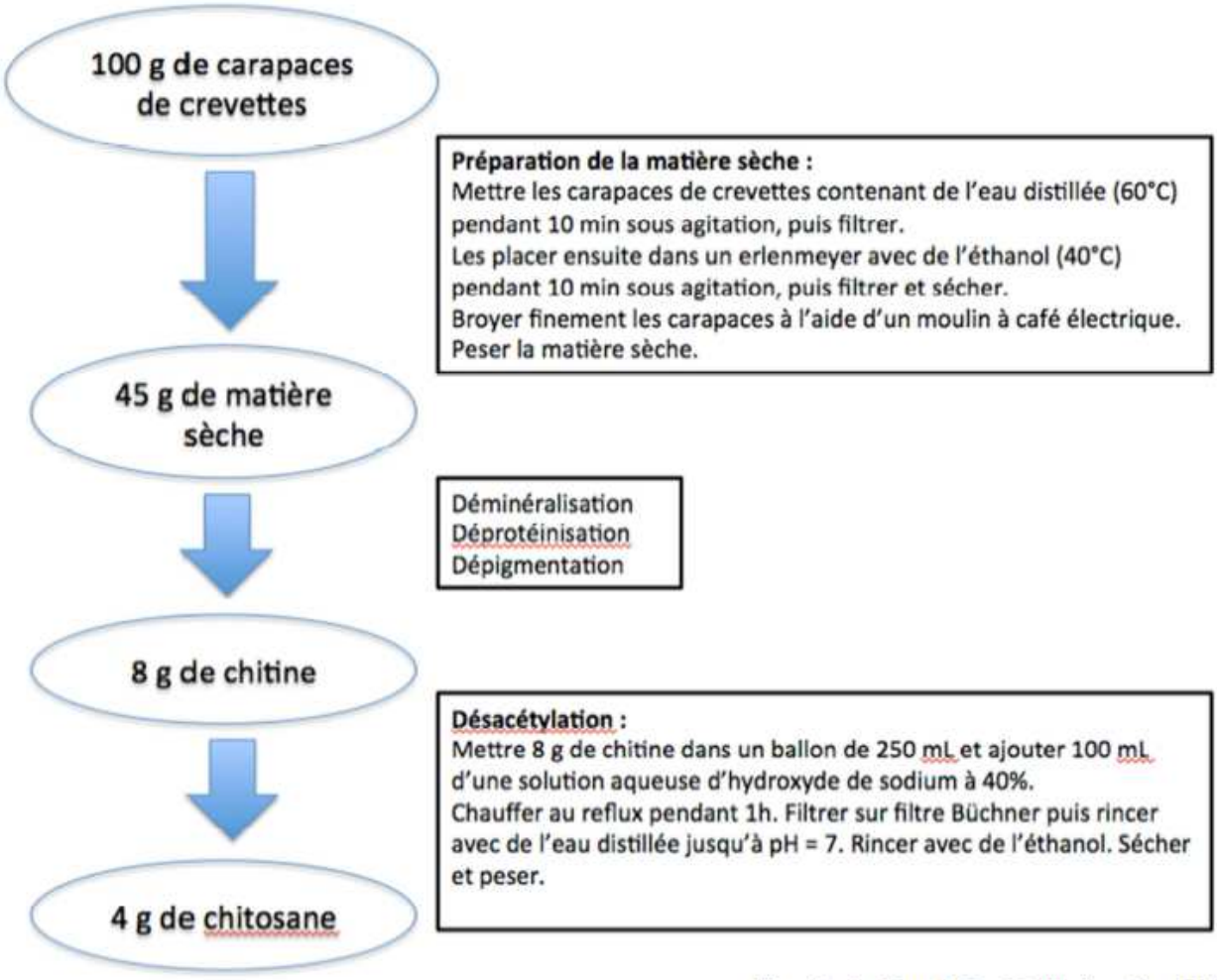
Pour la solution S_1

$A_0(1) = 1{,}26$

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

Document 4 : Synthèse du chitosane



d'après le Bup PC n°940, janvier 2012