Exercice III : Dosage colorimétrique de l'aluminium (4 points)

L'aluminium est reconnu pour ses effets néfastes à haute dose sur le système nerveux. Les cellules du cerveau des patients atteints d'Alzheimer contiennent de 10 à 30 fois plus d'aluminium que la normale. L'institut de la Veille sanitaire a réalisé en 2003 une étude poussée qui montre le manque de données suffisantes pour confirmer ou infirmer les conséquences de l'aluminium sur la santé. Les études ont porté surtout sur la qualité des eaux utilisées pour la boisson, mais pas sur les effets des emballages en aluminium.

D'après un article de Wikipédia

Les normes actuelles tolèrent une concentration maximale en aluminium de 7,4 µmol.L^{-1} pour l'eau potable. Le but de cet exercice est d'exploiter une analyse par spectrophotométrie afin de s'assurer qu'un échantillon d'eau vérifie ce critère.

1. Préparation de la solution S_0

On prépare 1,00 L d'une solution mère de concentration 8,15 mmol.L^{-1} en élément aluminium à partir de chlorure d'aluminium hexahydraté $AlCl_3$, $6H_2O$ solide (il libère des ions aluminium III Al^{3+} lors de sa dissolution en solution aqueuse). On prélève un volume qui est dilué 100 fois afin d'obtenir 100,0 mL d'une solution qui sera appelée par la suite S_0.

1.1. Retrouver qu'il faut peser 1,97 g de chlorure d'aluminium hexahydraté de masse molaire M = 241,5 g.mol^{-1} pour préparer un litre de solution à une concentration de 8,15 mmol.L^{-1} en élément aluminium.

1.2. Quel est le volume de solution mère à prélever pour préparer la solution S_0 ?

2. Préparations de la gamme d'étalon

On fait réagir les ions aluminium III, contenus dans une solution incolore, avec un colorant appelé aluminon présent en large excès. Une nouvelle espèce chimique colorée est ainsi obtenue par une transformation chimique supposée totale.
Sept solutions sont préparées de la façon suivante : il faut placer dans une fiole jaugée de 50,0 mL, 5 mL d'une solution d'aluminon, 20 mL d'une solution tampon permettant de maintenir le pH à 4,8, un certain volume de solution S_0 précisé dans le tableau placé à la suite de l'exercice et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après homogénéisation et un temps d'attente de 15 minutes, les échantillons sont analysés au spectrophotomètre.

2.1. Donner un critère qui permet de choisir la longueur d'onde du spectrophotomètre.
L'absorbance est par la suite mesurée à 525 nm.

2.2. Quelle est la verrerie, parmi la liste suivante, qui permet de prélever un volume de 5 mL, sans recherche de précision ?
Bécher de 100 mL, éprouvette graduée de 10 mL, pipette jaugée de 5 mL, pipette graduée de 10 mL.

2.3. Quel est le rôle de la solution S_1 qui apparaît dans cette série de mesures ?

Solution	Volume de S_0 (mL)	Concentration molaire en élément aluminium (mmol.L^{-1}).	Absorbance mesurée
S_1	0	0	0
S_2	1,0	$0{,}16\times10^{-2}$	0,012
S_3	3,0	$0{,}48\times10^{-2}$	0,037
S_4	6,0		0,072
S_5	12,0	$2{,}0\times10^{-2}$	0,15
S_6	15,0	$2{,}4\times10^{-2}$	0,19
S_7	20,0	$3{,}3\times10^{-2}$	0,25

2.4. Calculer la concentration molaire en élément aluminium de la solution S_4.

3. Dosage de la teneur en aluminium de l'échantillon

3.1. Tracer le graphe représentant l'absorbance en fonction de la concentration molaire en élément aluminium. On prendra pour échelle : 1 cm pour 0,02 valeur d'absorbance et 1 cm pour $0{,}2\times10^{-2}$ mmol.L^{-1}.

3.2. Quelle est la relation mathématique entre l'absorbance A et la concentration molaire C ?

3.3. En déduire la relation numérique entre A et C et préciser l'unité de la valeur numérique trouvée.

3.4. L'absorbance d'un échantillon d'eau donne une valeur de 0,12. En déduire la concentration molaire en élément aluminium pour cette eau. Cette eau respecte-t-elle le critère de potabilité pour l'élément aluminium ?

3.5. Est-il possible d'analyser, avec cette technique, des échantillons d'eau ayant une concentration molaire en élément aluminium environ 10 fois supérieure à celle de la solution S_7 ? Que faut-il faire ?