

TP : SPé.

Dureté de l'eau.

La dureté D d'une eau est liée à la quantité d'ions calcium et d'ions magnésium qu'elle contient. Elle s'exprime en degré hydrotimétrique français ($^{\circ}\text{TH}$) : $D(^{\circ}\text{TH}) = 10 \times ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])$ avec les concentrations en mmol.L^{-1}

Les eaux courantes ont une dureté comprise entre 0°TH et 50°TH . Une lessive est moins efficace dans une eau dure ($D > 30^{\circ}\text{TH}$) à cause de la formation de précipité entre des constituants de la lessive et les ions calcium et magnésium. Par conséquent, plus l'eau est dure, plus il faut ajouter une grande quantité de lessive pour avoir la même efficacité de lavage.

Comment mesurer la dureté d'une eau ?

Principe du dosage

L'ion calcium (ou magnésium) donne avec l'EDTA (noté Y^{4-}) un ion complexe incolore, très stable noté $[\text{CaY}]^{2-}$ (ou bien $[\text{MgY}]^{2-}$ dans le cas de l'ion Mg^{2+}).

Compte tenu de l'absence de teinte des ions calcium (magnésium) et de l'ion complexe formé, le repérage de l'équivalence nécessite l'utilisation d'un indicateur coloré : le noir ériochrome T.

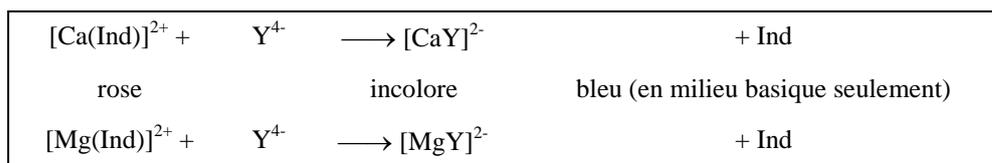
En l'absence d'ion Y^{4-} , le noir ériochrome T (noté Ind) forme avec l'ion calcium (magnésium) un complexe coloré rose $[\text{Ca}(\text{Ind})]^{2+}$.

Le principe du dosage est le suivant :

On introduit une prise d'essai de volume connu d'eau à titrer dans une solution dont le pH est voisin de 9 ; on ajoute alors très peu de NET. Le mélange prend une teinte rose en raison de la formation des complexes $[\text{Ca}(\text{Ind})]^{2+}$ et $[\text{Mg}(\text{Ind})]^{2+}$.

On ajoute ensuite progressivement la solution titrante d'EDTA au mélange, à l'aide d'une burette graduée. Il y a formation des complexes incolores $[\text{CaY}]^{2-}$ et $[\text{MgY}]^{2-}$.

À l'équivalence, lorsque tous les ions calcium et magnésium ont été consommés, l'EDTA réagit avec les complexes $[\text{Ca}(\text{Ind})]^{2+}$ et $[\text{Mg}(\text{Ind})]^{2+}$ selon les réactions d'équation :



Mode opératoire

Dans un erlenmeyer, introduire, avec une éprouvette graduée 20 mL de solution de tampon de $\text{pH} = 9$, puis avec une pipette jaugée 10,0 mL d'eau minérale de Contrexéville et enfin une dizaine de gouttes de la solution alcoolique de Noir d'Eriochrome T

Remplir la burette avec une solution d'E.D.T.A de concentration $C = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$. Faire le zéro.

Tout en agitant constamment, ajouter la solution d'EDTA à $0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ jusqu'à virage de la solution. À ce moment-là, la solution sera violette.

Refaire un dosage précis. Noter au tableau le volume versé à l'équivalence V_E .

Exploitation

Données : $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Ca}) = 40,1 \text{ g.mol}^{-1}$.

Représenter le schéma annoté du montage expérimental utilisé pour le dosage (on précisera le matériel utilisé et la nature des solutions titrante et titrée, concentrations et volume connus).

Pour V_E , on prendra la moyenne des résultats obtenus par tous les binômes.

Ecrire les équations de la réaction de dosage pour les ions calcium Ca^{2+} d'une part et les ions magnésium Mg^{2+} d'autre part.

Quelle relation existe-t-il à l'équivalence entre la quantité de matière de Y^{4+} introduite et la somme des quantités initiales d'ions Ca^{2+} et Mg^{2+} ?

En déduire la somme C_T des concentrations en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dans l'eau.

Utiliser les concentrations massiques en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} précisées sur l'étiquette pour vérifier la valeur C_T obtenue expérimentalement.

Déterminer la dureté de l'eau minérale. Conclure.

Calculer pour l'eau, la dureté D en degré Français et son incertitude relative sachant que :

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta C_2}{C_2} + \frac{\Delta V_E}{V_E} + \frac{\Delta V_1}{V_1}$$

Utiliser la précision indiquée sur la verrerie ou considérer qu'elle est précise à 0,5% près.

Conclure quant à la conformité de l'eau vis-à-vis des normes fixées par la législation française.

Comment réduire la dureté d'une eau ?

Les carafes filtrantes du commerce contiennent une cartouche composée de charbon actif, d'une résine échangeuse d'ions et de nanoparticules d'argent.

Deux questions peuvent se poser :

Comment mettre en évidence la fonction adoucissante d'une carafe filtrante ?

Comment régénérer une cartouche filtrante usagée ?



Imaginer des pistes

Rechercher sur Internet le rôle des différents constituants de la cartouche.

Quels sont les ions qui peuvent être retenus par la cartouche filtrante ?

Choisir une méthode

En utilisant le matériel ci-contre, proposer deux protocoles expérimentaux permettant de répondre aux deux questions.

Matériel:

- une carafe filtrante;
- matériel classique de titrage;
- solution du titrage précédent;
- solution saturée en chlorure de sodium.

TP : SPé.

Dureté de l'eau.

Matériel.

Verreries.

- 1 erlenmeyer
- 1 éprouvette graduée
- 1 pipette jaugée de 20 mL
- 1 propipette
- 1 pipette pasteur
- 1 Barreau aimanté
- 1 agitateur magnétique
- 1 burette graduée
- 3 béchers (100mL)

Solutions.

- Une solution Tampon pH=9 (40 mL par groupe)
- Eau Hepar
- Qq gouttes de NET (fraîchement préparé)
- Une solution EDTA (50mL par binôme) fraîchement préparé.
- Eau distillée