



A. DÉTERMINATION DE LA DURETÉ D'UNE EAU MINÉRALE

1. Expérience

$$V_{2E} = 15,3 \text{ mL}$$

2. Analyser

- Ce dosage par titrage est qualifié de "titrage complexométrique" car il y a formation d'un ion complexe entre l'ion calcium et l'E.D.T.A. lors de la réaction.
- L'équivalence du titrage est repérée par un changement de couleur du rose au bleu.
- Le titrage a lieu dans une solution tampon de pH = 10 car le N.E.T. libre est bleu pour ce pH. Si l'on avait réalisé le titrage dans une solution plus acide ou plus basique, l'équivalence aurait été difficile à repérer (passage du rose au rouge ou du rose à l'orange).

3. Interpréter et conclure

a. Équation de la réaction support de titrage : $M^{2+}_{(aq)} + Y^{4-}_{(aq)} \rightarrow [MY]^{2-}_{(aq)}$

b. À l'équivalence du dosage, les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques :

$$\frac{n(M^{2+})_{\text{dosée}}}{1} = \frac{n(Y^{4-})_E}{1} \quad \text{soit} \quad C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_{2E} \quad \text{d'où} \quad C_1 = \frac{C_2 \cdot V_{2E}}{V_1} = \frac{1,00 \cdot 10^{-2} \times 15,3 \cdot 10^{-3}}{10,0 \cdot 10^{-3}} = 1,53 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

c. Un degré hydrotimétrique est équivalent à une concentration molaire en ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} égale à $10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

$$\text{L'eau de Contrexéville a donc pour degré hydrotimétrique : } TH = \frac{1,53 \cdot 10^{-2}}{10^{-4}} = 1,53 \cdot 10^2 = 153^\circ f$$

Remarque :

Numériquement, dans les conditions de ce dosage, on obtient le degré hydrotimétrique en multipliant le volume équivalent exprimé en mL par 10 :

$$TH = 153^\circ f = 15,3 \times 10$$

4. Effectuer un contrôle de qualité

a. Selon l'étiquette, l'eau de Contrexéville contient 486 mg.L^{-1} d'ions calcium et 84 mg.L^{-1} d'ions magnésium.

$$C = \frac{t}{M} \quad \text{d'où} \quad [Ca^{2+}] = \frac{486 \cdot 10^{-3}}{40,1} = 1,22 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{et} \quad [Mg^{2+}] = \frac{84 \cdot 10^{-3}}{24,3} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$TH = \frac{1,22 \cdot 10^{-2}}{10^{-4}} + \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{10^{-4}} = 122 + 35 = 157^\circ f \Rightarrow \text{L'eau dosée est très dure car son titre est supérieur à } 35^\circ f.$$

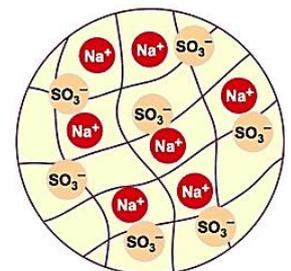
b. Écart relatif : $\left| \frac{157 - 153}{157} \right| \times 100 = 2,5\%$ Il y a très bon accord entre le résultat expérimental et celui de l'étiquette.

B. EFFICACITÉ D'UNE CARAFE FILTRANTE

1. Une eau trop dure peut entartrer certains équipements domestiques (chaudières, lave-linge...) et diminuer l'efficacité des savons et lessives.

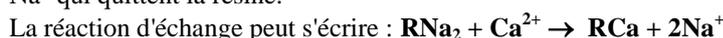
2. • Structure d'une résine échangeuse d'ions :

Une eau dure peut être adoucie par passage par une résine échangeuse d'ions : ce sont de minuscules billes de plastique poreuses d'environ 0,6mm de diamètre. Des groupes ioniques (par exemple, un groupe sulfonate $-SO_3^-$ sur une résine échangeuse de cations) sont fixés aux chaînes de polymères de façon permanente. Ces groupes ne peuvent pas être enlevés ou remplacés : ils font partie de la structure. Pour préserver la neutralité électrique de la résine, chacun de ces groupes ioniques est neutralisé par un contre-ion de charge opposée (ici, le cation sodium Na^+). Ce contre-ion est mobile et peut sortir de la résine ou y entrer. La figure ci-contre représente schématiquement une des billes d'une résine échangeuses de cations. Les lignes grises représentent le squelette polymère de la résine sur lequel sont fixés les groupes sulfonate $-SO_3^-$.



• Adoucissement d'une eau dure :

Pour adoucir l'eau, il suffit de la faire passer l'eau à travers une colonne remplie de cette résine chargée avec des ions sodium Na^+ . Les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} , responsables de la dureté de l'eau, y sont échangés / remplacés par deux ions sodium Na^+ qui quittent la résine.



Cet échange de cations ne peut avoir lieu de façon efficace que parce que la résine échangeuse de cations a une affinité plus grande pour les cations calcium et magnésium que pour le sodium. En termes simples la résine préfère le calcium et le magnésium au sodium. Cet échange ne se produira pas indéfiniment : lorsque tous les sites de la résine sont occupés, la résine est saturée. Il faut alors remplacer la résine ou la régénérer.

• **Régénération d'une résine :**

La résine est régénérée avec des ions sodium (Na^+) fournis par une solution de chlorure de sodium (NaCl , sel commun).

La réaction de régénération est l'inverse de la réaction d'échange : $\text{RCa} + 2\text{Na}^+ \rightarrow \text{RNa}_2 + \text{Ca}^{2+}$

La régénération ne peut se faire que quand la concentration du régénérant est élevée, typiquement 1000 fois plus haute que la concentration dans de l'eau normale. Par exemple, le sel est utilisé dans une saumure à une concentration voisine 100g/L. Vous avez maintenant compris pourquoi vous mettiez du sel dans votre lave-vaisselle : le sel dilué dans de l'eau régénère la résine contenue dans la cartouche d'adoucissement située dans le bas de la machine.

Synthèse réalisée d'après les informations du site : http://dardel.info/IX/index_FR.html

3. Lors de l'échange sur la résine, des cations sodium Na^+ sont libérés à la place des cations calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} augmentant la salinité de l'eau filtrée.

4. **Protocole :**

Pour mettre en évidence la fonction adoucissante d'une carafe filtrante, on réalise le dosage de 10,0mL d'eau de Contrexéville (eau très dure) filtrée par la carafe. Le protocole du dosage est identique au précédent. Un titre hydrotimétrique nettement inférieur à 15 $^{\circ}$ f permettra de conclure que la carafe filtrante a permis d'adoucir l'eau en éliminant les ions calcium et magnésium responsables de la dureté.

Résultat du dosage et exploitation :

volume équivalent : $V_{2E} = 0,7\text{mL}$

degré hydrotimétrique : $\text{TH} = 0,7 \times 10 = 7^{\circ}\text{f} < 15^{\circ}\text{f} \Rightarrow$ l'eau obtenue est douce

On en déduit que la carafe permet effectivement de diminuer la dureté de l'eau.