

TP 10

DURETÉ D'UNE EAU - EFFICACITÉ D'UNE CARTOUCHE DE FILTRATION

CONTEXTE DU SUJET

L'eau du robinet est dite « dure » si elle est riche en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . Une eau trop « dure » favorise notamment l'entartrage, c'est à dire la formation de dépôt de calcaire $\text{CaCO}_3(\text{s})$.

Pour améliorer le goût de l'eau du robinet et limiter la formation de calcaire, il convient de diminuer la concentration en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} dans l'eau. Une carafe filtrante peut être utilisée à cet effet.

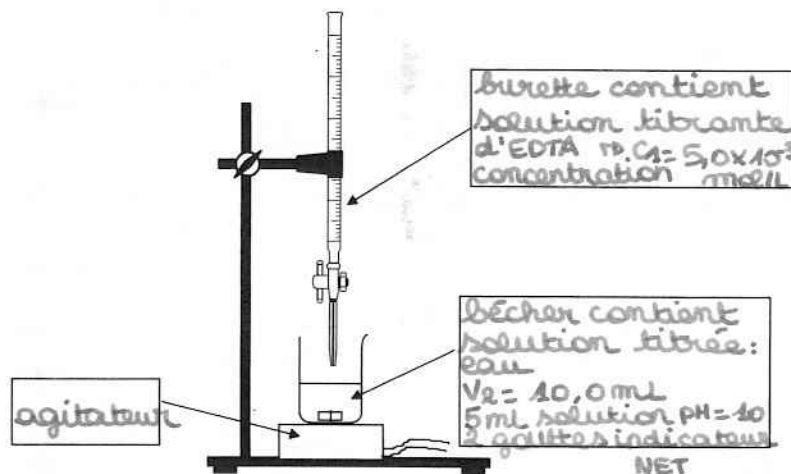
On dispose d'une carafe dont la cartouche est utilisée depuis un mois, on cherche à savoir si elle est encore efficace.

Objectif

Déterminer la concentration en ions calcium et magnésium de différentes eaux mises à disposition : Combrès, Evian, eau du robinet, eau du robinet filtrée pour ensuite en déduire leur caractère plus ou moins dur.

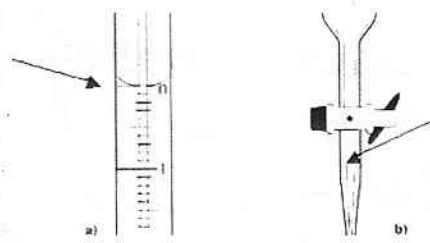
Dispositif

Pour déterminer la concentration des ions, on réalise un dosage colorimétrique à partir du dispositif suivant :



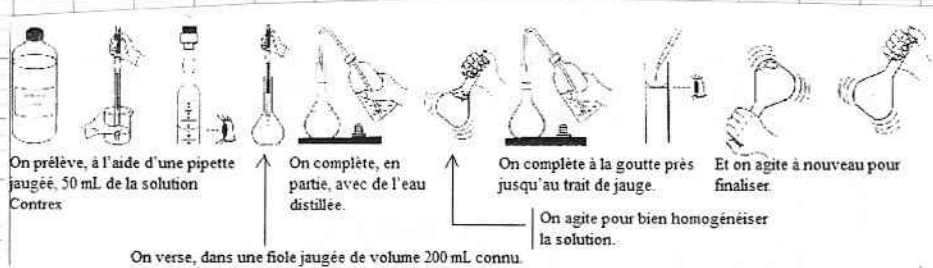
Remarques: Lorsque je remplis la burette, je fais attention:

Le 0 au bas du ménisque



pas de bulle d'air

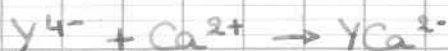
- L'eau de Contrex est une eau de forte concentration en Calcium et Magnésium. Elle ne pourra pas être dosée comme les autres eaux dans les mêmes conditions. Je vais donc au préalable effectuer une dilution de cette eau par un facteur 4 en appliquant le protocole suivant:



- Dans l'eau dont je veux trouver la concentration en ions calcium et magnésium, une coloration rose apparaît après l'ajout des deux gouttes d'indicateur coloré NET.
- Lorsque j'ajoute dans les mêmes conditions 2 gouttes de NET à une eau distillée (qui ne contient pas d'ions), j'observe une couleur bleue.
⇒ L'indicateur coloré NET est un indicateur de présence des ions calcium et magnésium dans une eau.

Protocole:

La solution EDTA contient une espèce chimique notée Y^{4-} qui réagit avec les ions calcium et magnésium selon l'équation:



Je vais donc ajouter à la burette le volume juste nécessaire d'EDTA pour faire disparaître tous les ions calcium et magnésium de l'eau étudiée, c'est-à-dire jusqu'à observer un changement de couleur du rose au bleu.

Résultats

eau	contres diluée	evian	robinet	robinet filtré
V_{eq} (mL)	7,8	6,5	6,0	2,5
C_L (mol/L)	$3,9 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$
Dureté (°f)	39	33	30	13

au moment du changement de couleur, on a atteint l'équivalence et donc d'après l'équation de dosage

$$n_{tot} = n_{Y^{4-}}$$

avec n_{tot} = quantité de matière ions Ca^{2+} et Mg^{2+}

$$C \times V = C \times V \rightarrow C_2 \times V_2 = C_1 \times V_{1eq}$$

$$C_2 = \frac{C_1 \times V_{1eq}}{V_2}$$

Pour la combrex diluée :

$$C_2 = \frac{5,0 \times 10^{-3} \times 7,8}{10,0} = 3,9 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Document 1. LA DURETE DE L'EAU

La dureté D de l'eau constitue l'indicateur de la minéralisation d'une eau. Elle est proportionnelle à la teneur en ions calcium et magnésium et s'exprime en « degré français » (°f).

Par définition, une dureté $D = 1,0^\circ\text{f}$ correspond à une concentration totale d'ions calcium et magnésium :

$$C_T = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

D (°f)	0,0 à 7,0	7,0 à 15	15 à 25	25 à 42	supérieur à 42
eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure
	eau assez douce pour être utilisée avec les appareils ménagers		eau trop dure pour être utilisée avec les appareils ménagers		

D'après le document 1, on me donne la correspondance entre °f et concentration mol/L

$$\frac{1^\circ\text{f}}{39^\circ\text{f}} \quad \left| \quad \frac{1,0 \times 10^{-4}}{3,9 \times 10^{-3}} \right.$$

Remarque : Pour la combrex en bouteille, j'ai une dureté de $39 \times 4 = 156^\circ\text{f}$

Conclusion

En comparant les résultats avec les données du tableau numéro 1 :

- L'eau du robinet est qualifiée de dure
- L'eau filtrée est finalement douce donc la filtration a remplis son rôle
- Les eaux minérales sont très dures (combrex)

Document 2. RESINE ECHANGEUSE D'IONS

Lorsque la dureté d'une eau de robinet est supérieure à 30°F, il est conseillé d'installer un appareil anti-calcaire directement après le compteur d'eau.

On peut diminuer la dureté d'une eau à l'aide d'un adoucisseur. Cet appareil comme les cartouches de carafes filtrantes, élimine les ions calcium Ca^{2+} et les ions magnésium Mg^{2+} de l'eau en les fixant sur des résines échangeuses d'ions.



L'eau traverse une bouteille remplie de petites billes poreuses en résine où sont absorbés des ions sodium Na^+ .

Au contact de la résine, l'eau échange des ions calcium contre des ions sodium.

Si on note D_{initiale} la dureté de l'eau avant filtration et D_{finale} la dureté de l'eau après filtration, le taux d'élimination (en %) des ions est égal à $\frac{D_{\text{initiale}} - D_{\text{finale}}}{D_{\text{initiale}}} \times 100$.

La cartouche de filtration fonctionne efficacement si le taux d'élimination des ions est supérieur ou égal à 30 %.

Je peux calculer le taux de filtration de la carafe d'eau en appliquant la formule:

$$\xi = \frac{D(\text{avant}) - D(\text{après})}{D(\text{avant})} \times 100$$

$$= \frac{30 - 13}{30} \times 100 \approx 53\%$$

Or, dessus des 30% = efficace