

CHAP 03-ACT EXP Dureté de l'eau

Mots clés : Production d'eau potable ; traitement des eaux

Objectifs :

- Effectuer le titrage des ions calcium et magnésium dans une eau de consommation pour déterminer si une eau est potable
- Etudier un système de traitement pour diminuer la dureté de l'eau et tester son efficacité

1. LES EAUX MINERALES

Lorsque les eaux de ruissellement s'infiltrent dans le sol, elles se purifient par filtration des matières en suspension qu'elles peuvent transporter, mais elles s'enrichissent simultanément en sels minéraux par dissolution de certaines des espèces chimiques contenues dans les roches traversées.

Elles peuvent aussi entraîner des substances liées à l'activité humaine (ions nitrate, pesticides).

Selon la nature du terrain dans lequel elles se sont lentement infiltrées, les eaux naturelles ont des compositions très différentes.

Les ions sodium $\text{Na}^+_{(aq)}$, potassium $\text{K}^+_{(aq)}$, magnésium $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$, calcium $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$, chlorure $\text{Cl}^-_{(aq)}$, sulfate $\text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ et hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-_{(aq)}$ sont souvent présents.

2. LA DURETE DE L'EAU

La dureté totale d'une eau –ou titre hydrotimétrique (TH) – correspond à la somme des concentrations en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} présents dans cette eau.

Elle s'exprime en degré hydrotimétrique français (°f).

1 °f est équivalent à une concentration molaire en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} égale à $10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

Les eaux courantes sont caractérisées par des degrés hydrotimétriques français échelonnés entre 0 et 50. Lorsqu'une eau a un degré supérieur à 30, on dit qu'elle est dure. Une forte dureté de l'eau est responsable de la détérioration de la robinetterie, des chauffe-eau etc... et rend difficile l'utilisation et le rinçage des détergents.

Le degré hydrotimétrique n'est pas un critère de potabilité d'une eau. Cependant, idéalement on estime que le TH d'une eau potable doit se situer entre 20 et 30 °f.

Certaines eaux minérales possèdent une forte teneur en ions calcium et magnésium, ce qui est au contraire recherché car ces ions confèrent à l'eau des propriétés diététiques.

La dureté de l'eau en France

Type d'eau	Titre hydrotimétrique
Eau douce	TH < 15 °f
Eau dure	15 < TH < 35 °f
Eau très dure	TH > 35 °f



On se propose de doser la teneur en ions calcium et magnésium dans une eau minérale : l'eau de Contrexéville et de comparer aux indications de l'étiquette.



Masses molaires (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) :

Ca : 40,1

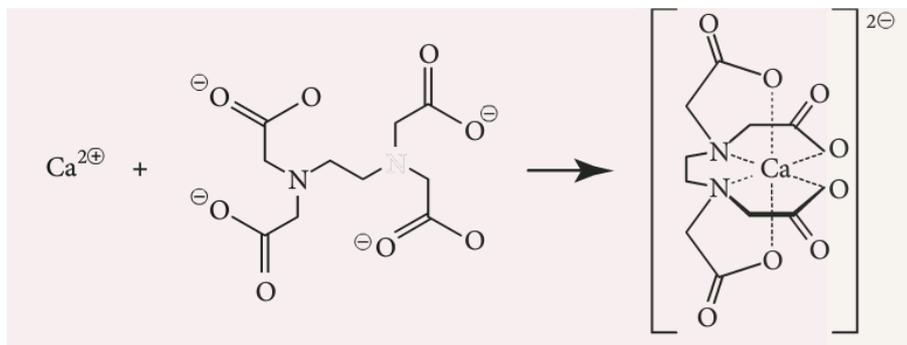
Mg : 24,3



3. PRINCIPE DU DOSAGE

C'est un dosage complexométrique par l'E.D.T.A.

L'E.D.T.A. est une espèce chimique qui peut se lier aux ions calcium ou magnésium pour former un **ion complexe**.



Cette équation a pour écriture simplifiée :

où Y^{4-} représente l'ion **Ethylène Diamine Tétracétate**.

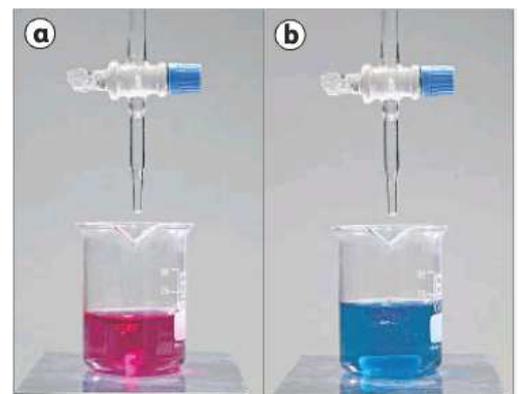
Remarque: il faut effectuer la réaction dans une solution de pH très voisin de 10.

Les ions complexes $[\text{CaY}]^{2-}$ et $[\text{MgY}]^{2-}$ formés lors du titrage sont incolores, tout comme les ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} .

L'équivalence est repérée grâce à un indicateur de fin de réaction, le N.E.T. (Noir d'Eriochrome T).

Avant l'équivalence, le N.E.T. forme avec les ions calcium et magnésium un complexe de couleur rose (doc. a).

Après l'équivalence, et dans une solution tampon de pH=10, le N.E.T. se trouve sous forme libre, de couleur bleue (doc. b).



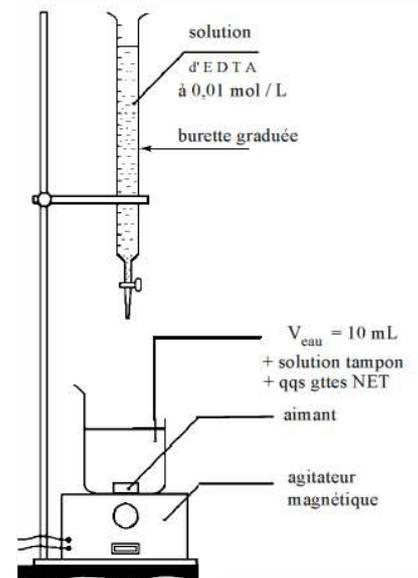
▲ Couleurs de la solution avant (a) puis après (b) l'équivalence.

4. MODE OPERATOIRE

- Prélever précisément $V_{EAU} = 10,0 \text{ mL}$ de « Contrex » et les introduire dans un bécher.
- Ajouter environ 10mL de solution tampon ammoniacal (pH = 10) et quelques gouttes de N.E.T.
- Doser par une solution d'E.D.T.A. de concentration $C_{EDTA} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

Remarque: Il est prudent de rincer la verrerie avant toute utilisation. La burette est rincée à l'aide de la solution d'EDTA. Le bécher est rincé à l'eau distillée. Les pipettes sont toujours rincées avec les solutions que l'on va prélever.

- Faire un dosage rapide suivi d'un dosage précis. Relever le volume équivalent V_{EQ} (dosage précis) lors du virage de la solution du rose au bleu.



5. EXPLOITATION DES RESULTATS

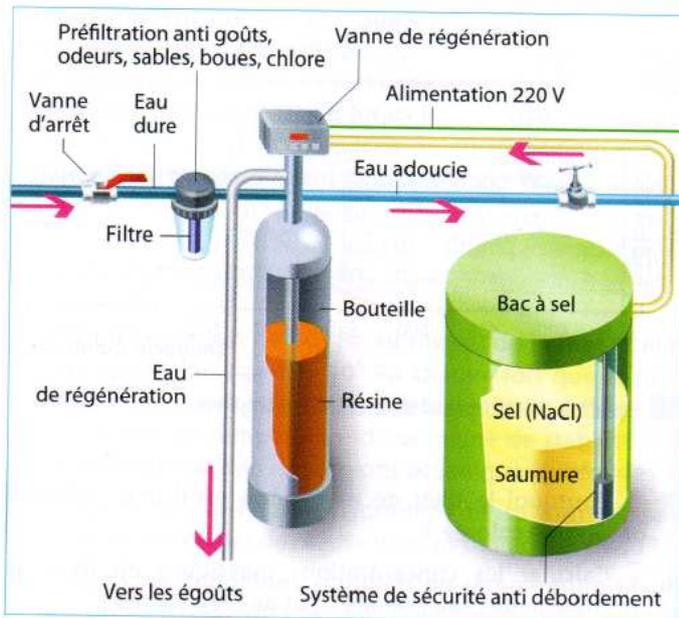
- Sachant qu'à l'équivalence : $C \times V_{EAU} = C_{EDTA} \times V_{EQ}$ où $C = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$, Déterminer la concentration C en ions calcium et magnésium de l'échantillon d'eau prélevé.
- En déduire la dureté totale de l'eau de Contrexéville.
- A partir des valeurs de l'étiquette, vérifier que le titre hydrotimétrique de l'eau de Contrexéville est voisin de 150 °f.
- Evaluer la précision de votre dosage en comparant la valeur trouvée (expérimentalement) avec la valeur attendue (étiquette).

6. COMMENT REDUIRE LA DURETE DE L'EAU

Il est possible de diminuer la dureté d'une eau à l'aide d'un adoucisseur. Cet appareil [dot, 4], comme les cartouches de carafes filtrantes [doc. 5], fonctionne sur le principe des échanges d'ions : l'eau dure traverse une bouteille remplie de petites billes poreuses en résine où sont adsorbés des ions sodium Na^+ .

Au contact de la résine, l'eau échange des ions calcium contre des ions sodium. Les ions calcium sont adsorbés par les résines.

Pour être conforme à la réglementation, le TH d'une eau de consommation doit être supérieur ou égal à 15 °f et la concentration en ions sodium doit être inférieure à 150 mg. L^{-1} .



4 Principe d'un adoucisseur d'eau.



5 Une cartouche de carafe filtrante contient une résine échangeuse d'ions.

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des molécules se fixent sur les surfaces solides des adsorbants par des interactions de type van der Waals.

Questions :

- Quel est le nombre d'ions sodium libérés par la résine pour un ion calcium absorbé ?
 - Quel est le rôle du bac à sel dans un adoucisseur ? Quelle est l'opération équivalente à réaliser lorsqu'on utilise une carafe filtrante ?
 - Dans quels cas l'utilisation d'une eau adoucie enrichie en ions sodium n'est-elle pas recommandée d'un point de vue sanitaire ?
- **Proposer un protocole expérimental pour réduire la dureté de l'eau de Contrex à l'aide d'une carafe filtrante.**
- **Mettre en œuvre le protocole et réaliser une analyse de contrôle afin de s'assurer de l'efficacité du traitement.**