

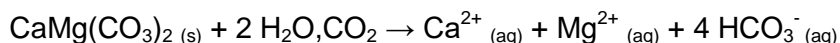
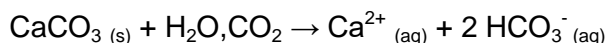
Adoucissement de l'eau

DOC1 : Origine de la dureté d'une eau

► La **dureté totale** d'une eau ou **titre hydrotimétrique TH** est liée à la quantité d'ions calcium Ca^{2+} et d'ions magnésium Mg^{2+} qu'elle contient.

► La légère acidité de l'eau de pluie due à la dissolution du dioxyde de carbone dans l'atmosphère entraîne la lente érosion de certaines roches carbonatées.

La calcite $CaCO_3$ et la dolomite $CaMg(CO_3)_2$, par exemple, se dissolvent dans l'eau en participant aux réactions suivantes :



Ainsi la dureté d'une eau dépend de la nature géologique des terrains qu'elle a traversés : un sol crayeux ou calcaire donnera « une eau dure » (*Nord, Bassin Parisien*), alors qu'un sol granitique donnera plutôt une « eau douce » (*Bretagne, Vosges*).

1. Evaluation de la dureté d'une eau

DOC2 : La dureté d'une eau

► La **dureté totale** d'une eau ou **titre hydrotimétrique TH** est liée à la quantité d'ions calcium Ca^{2+} et d'ions magnésium Mg^{2+} qu'elle contient. Elle s'exprime en degré hydrométrique français °f

Eau douce	Eau dure	Eau très dure
TH < 15°f	15°f < TH < 35°f	TH > 35°f

► Le titre hydrotimétrique de 1°f signifie que la concentration en ions calcium et magnésium vaut 10^{-4} mol.L⁻¹ : $TH(°f) = 10^4 \times ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$

►►► Mise en évidence de la présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+}

- Dans 2 tubes à essai, verser :

tube (1) : une solution contenant des ions Ca^{2+}

tube (2) : une solution contenant des ions Mg^{2+}

- Verser dans chacun des tubes une solution d'oxalate d'ammonium

→ Qu'observe-t-on ?

.....

.....

.....

.....

.....

- Dans 3 tubes à essai, verser :
tube (1) : un peu d'eau minérale (Hépar ou Courmayer)
tube (2) : un peu d'eau du robinet
tube (3) : un peu d'eau de source
- Verser dans chacun des tubes une solution d'oxalate d'ammonium

→ Qu'observe-t-on ? Que peut-on en conclure ?

.....

.....

.....

.....

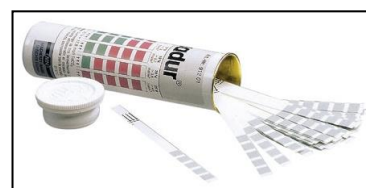
.....

.....

.....

►►► Evaluation rapide de la dureté

- A l'aide de bandelettes, déterminer la dureté de l'eau du robinet, de l'eau minérale et de l'eau de source.



.....

.....

.....

.....

.....

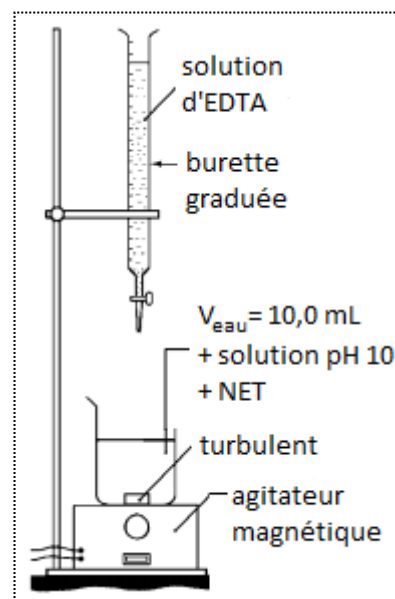
►►► Dosage de la dureté d'une eau

Afin de calculer le titre hydrotimétrique d'une eau minérale (*Contrex, Vittel, Hépar, Courmayer*) ou d'une eau du robinet (*filtrée ou non*), on réalise le dosage des ions Mg^{2+} et Ca^{2+} présents dans l'eau à l'aide d'une solution d'EDTA et d'un indicateur coloré : du noir ériochrome (NET)

Remarques : on prendra une solution d'EDTA à la concentration

- $C_{EDTA} = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$, pour doser les eaux minérales (*Contrex, Vittel...*)
- $C_{EDTA} = 0,0025 \text{ mol.L}^{-1}$, pour doser l'eau du robinet (*filtrée ou non*)

- Remplir la burette graduée avec la solution EDTA
- Avec une pipette jaugée, prélever $V_{\text{eau}} = 10,0 \text{ mL}$ de l'eau à doser ; verser l'eau dans un erlenmeyer.
- A l'aide d'une éprouvette, introduire **20 mL** d'une solution tampon de pH = 10, dans l'erlenmeyer.
- Ajouter quelques gouttes de NET dans l'erlenmeyer et le turbulent.
- Placer l'erlenmeyer sous la burette graduée et verser progressivement la solution d'EDTA dans l'erlenmeyer.
- Verser la solution d'EDTA, jusqu'au changement de couleur du NET (il doit passer d'une couleur rose violacée à une couleur bleue)



→ Noter le volume V_{EDTA} , versé au changement de couleur du NET.

Pour l'eau minérale choisie : $V_{EDTA} = \dots\dots\dots$

Pour l'eau du robinet : $V_{EDTA} = \dots\dots\dots$

► Lorsque le NET change de couleur, on peut montrer que la somme des concentrations des ions

calcium et magnésium se calcule par la formule
$$[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] = \frac{C_{EDTA} \times V_{EDTA}}{V_{eau}}$$

D'après la définition du titre hydrotimétrique, on a la relation $TH(°f) = 10^4 \times ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$

$$\Rightarrow TH(°f) = 10^4 \times \frac{C_{EDTA} \times V_{EDTA}}{V_{eau}}$$

→ Calculer le titre hydrotimétrique TH de l'eau dosée

Pour l'eau minérale choisie : **TH** = $\dots\dots\dots$

Pour l'eau du robinet : **TH** = $\dots\dots\dots$

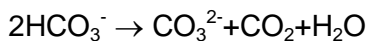
2. Inconvénients d'une eau dure

DOC3 : Inconvénients d'une eau trop dure

► L'eau dure n'a pas d'effets nocifs sur la santé. Cependant, une eau trop dure peut présenter des inconvénients d'utilisation.

Notamment, une eau trop dure provoque l'entartrage des circuits d'eau chaude.

Dans une eau chaude, les ions hydrogencarbonate de l'eau se transforment en ions carbonate



Les ions carbonate CO_3^{2-} s'unissent aux ions calcium Ca^{2+} de l'eau dure pour donner le carbonate de calcium $CaCO_3$: $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$

Le carbonate de calcium, dénommé également tartre ou calcaire, se dépose dans les chaudières et les tuyauteries.

Il adhère aux parois lorsque la température est supérieure à 70°C, et empêche ensuite une bonne transmission de la chaleur.

Un dépôt de calcaire de 1 mm sur les résistances ou les échangeurs (machine à laver, chauffe-eau, chauffage) provoque une surconsommation d'énergie d'environ 15%.



DOC4 : Inconvénients d'une eau trop douce

► Une eau trop douce présente aussi des inconvénients : contrairement à ce que l'expression "eau douce" peut suggérer, elle devient agressive et peut entraîner des phénomènes de corrosion sur les métaux favorisant la formation de fuites. Or les bactéries se développent préférentiellement aux points de fuite et de corrosion. En outre, la corrosion augmente la concentration en cuivre, étain ou plomb de l'eau, (suivant le matériau dont sont faites les conduites), toutes substances nocives à la consommation. Une eau trop douce est donc une eau qui contribue à la dégradation de la qualité de l'eau dans les canalisations.

► Ainsi, l'utilisation permanente d'eau distillée ou déminéralisée (débarassée du calcaire et du magnésium) dans des fers à repasser, des centres de repassage ou des nettoyeurs vapeur permet certes d'éviter l'entartrage, mais pas la corrosion des éléments en contact avec l'eau (semelle du fer, chaudière p.ex.).

- Verser dans 3 tubes à essais :

Tube (1) : environ 2 mL d'eau distillée

Tube (2) : environ 2 mL d'une eau dure (contenant des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} en grande quantité)

- Ajouter quelques gouttes de liqueur de savon dans les 2 tubes.

- Agiter les tubes doucement

→ Qu'observe-t-on ? Que peut-on en conclure ?

.....

.....

.....



Eau dure (de 15 à 25°C)
Eau très dure (> 25°C)
2 1/2 tasses = 75 ml



Eau douce (< 15°C)
2 1/2 tasses = 75 ml

Eau dure (de 15 à 25°C)
Eau très dure (> 25°C)
3 tasses = 90 ml

→ Commenter la figure ci contre.

.....

.....

.....

.....

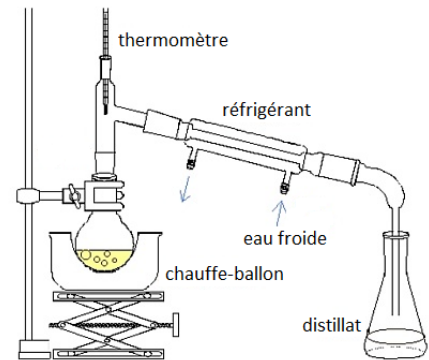
.....

.....

3. Adoucir une eau dure

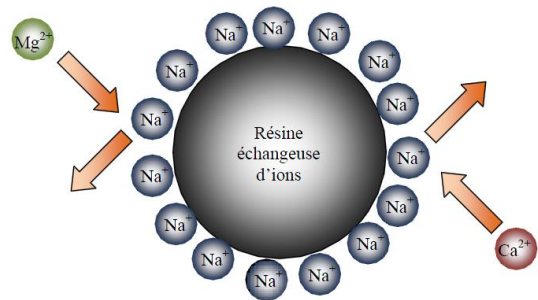
DOC5 : La distillation de l'eau

- ▶ Lors d'une distillation, l'eau est chauffée dans un ballon ; lorsqu'elle arrive à ébullition, elle s'évapore. Les micro-organismes et les éléments minéraux restent dans le ballon. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant parcouru par un courant d'eau froide. L'eau distillée est récupérée dans un erlenmeyer.



DOC6 : Les résines échangeuses d'ions

- ▶ Les adoucisseurs utilisent des résines échangeuses d'ions permettant de remplacer les ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} par des ions sodium Na^+ . Le but de ces adoucisseurs est d'abaisser le titre hydrotimétrique afin qu'il se rapproche des valeurs de 15 à 20 °f.



- ▶ Les ions sodium, contrairement aux ions calcium et magnésium, ne provoquent pas l'entartrage des canalisations. Il est conseillé de brancher l'adoucisseur uniquement pour protéger les conduites destinées à alimenter la production d'eau chaude (lave-linge, lave-vaisselle, chauffe-eau). Ce n'est en effet qu'aux températures supérieures à 60°C que l'entartrage est problématique.

Un adoucisseur domestique contient un compartiment contenant une résine échangeuse d'ions, un bac à sel ainsi qu'un système de vannes régulant la circulation de l'eau.

- ▶ Lorsque tous les ions sodium ont été échangés (saturation), la résine ne peut reprendre son rôle qu'après avoir été régénérée par une solution saline concentrée et rincée.

Ces appareils, en éliminant totalement les quantités de calcium et de magnésium présentes dans l'eau de distribution, modifient son équilibre chimique. L'eau devient de la sorte agressive tant vis-à-vis des dépôts préexistants que du métal des canalisations. L'absence ou la destruction d'un fin film protecteur de calcaire sur les parois intérieures de ces dernières peut être source de problèmes de corrosion.

►►► Utilisation d'une résine échangeuse d'ions

- Filtrer de l'eau de Contrex en utilisant une résine échangeuse d'ions.
- Tester l'eau filtrée à l'aide d'une bandelette.

→ Qu'observe-t-on ? Que peut-on en conclure ?

.....

.....

.....

.....

►►► Utilisation d'un montage de distillation

- Réaliser la distillation de l'eau de Contrex®
- Tester l'eau distillée à l'aide d'une bandelette.

→ Qu'observe-t-on ? Que peut-on en conclure ?

.....

.....

.....

.....

►►► Utilisation d'une carafe filtrante Brita®

- Verser de l'eau du robinet dans une carafe filtrante Brita®
- Tester l'eau filtrée à l'aide d'une bandelette.

→ Qu'observe-t-on ? Que peut-on en conclure ?

.....

.....

.....

.....