

CME 5  
Pourquoi adoucir l'eau ?



Compétences évaluées :

- **APP : s'approprier**

rechercher, extraire et organiser l'information  
comprendre la problématique du travail à réaliser  
montrer que l'on connaît le vocabulaire, les symboles, les grandeurs, les unités mises en œuvre

- **ANA : analyser**

analyser la situation avant de réaliser une expérience,  
formuler une hypothèse,  
proposer, choisir un protocole ou le matériel / dispositif expérimental

- **REA : réaliser**

mettre en œuvre une méthode de résolution, un protocole expérimental,  
utiliser le matériel choisi ou mis à sa disposition,  
manipuler avec assurance dans le respect des règles élémentaires de sécurité

- **VAL : valider**

exploiter et interpréter des observations, des mesures,  
vérifier les résultats obtenus,  
valider ou infirmer une hypothèse  
critiquer un résultat, argumenter

- **COM : communiquer**

rendre compte d'observation et des résultats,  
présenter, formuler une conclusion, expliquer, à l'oral ou à l'écrit

□ 0,25 pt  
☆ 0,5 pt  
\* 1 pt

**/20**

**NOM :**

**Date :**

## INFORMATIONS - RESSOURCES

### 1. L'eau et les ions dissous

C'est en traversant des sols et des roches parfois calcaires (le calcaire est formé principalement de carbonate de calcium) que l'eau se charge en ions (sels minéraux).

**Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :**

Doc 1 :

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
Eau	très douce	eau douce	plutôt dure	dure	très dure

*Source : www.wikipedia.org*

Deux ions sont particulièrement surveillés : les ions **calcium** et les ions **magnésium** car ils sont **responsables de la dureté de l'eau**.

La dureté de l'eau se manifeste par le **calcaire** qui se dépose sur les canalisations et les résistances chauffantes. On observe alors une fine couche blanche de **tartre**.

La dureté de l'eau se mesure à l'aide du **titre hydrotimétrique (TH)** qui mesure les taux de calcium et de magnésium dissous dans l'eau. Il s'exprime en « degré français » (°f).

Contrairement à une eau dure, une eau douce contient peu d'ions calcium et magnésium (doc 1.)

### 2. Formule chimique des ions

Un **ion** est un atome (ou groupes d'atomes) qui a gagné ou perdu un ou plusieurs électrons. Un ion n'est donc pas électriquement neutre.

Pour respecter la règle de l'octet, les atomes évoluent afin de posséder 8 électrons sur leur couche externe et ainsi **ressembler au gaz noble** (dernière colonne de la classification périodique) **le plus proche**. La composition de la couche externe est donnée par la **représentation de Lewis**.

Exemple : le soufre

Avec 6 électrons sur sa couche externe, l'atome de soufre va évoluer pour la compléter à 8 pour respecter la règle de l'octet avec 2 électrons. Il devient donc l'ion soufre et sera donc chargé de 2 charges négatives : formule  $S^{2-}$ .



Exemple : le magnésium

L'atome de magnésium, avec 2 électrons sur sa couche externe, va perdre cet électron pour ressembler au gaz noble le plus proche, le néon.

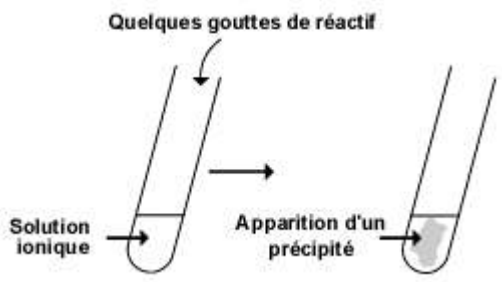
L'atome devient donc un **ion magnésium**, chargé positivement : formule  $Mg^{2+}$ .



De même, l'atome de calcium deviendra un ion calcium de formule  $Ca^{2+}$ .

### 3. Mise en évidence des ions

Dans une solution aqueuse, les ions sont dissous et ne sont pas visibles, il faut donc procéder à des tests de reconnaissance.

Ion à identifier	Ca <sup>2+</sup> ou Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Réactif à ajouter	Oxalate d'ammonium	Jaune de thiazole + hydroxyde de sodium
Expérience		
Résultat	Précipité blanc	Coloration rouge

Tab 1 : Test d'identification des ions calcium et magnésium

### 4. Mesure de la dureté

Nous savons mettre en évidence les ions calcium et magnésium (Tab 1) mais c'est leur quantité (concentration) qui doit être évaluée pour accéder au titre hydrotimétrique.

#### 4.1 Avec des bandelettes

On plonge les zones réactives de la bandelette dans l'eau à analyser pendant une seconde.

La lecture s'effectue au bout d'une minute en comparant avec l'échelle de couleur.



#### 4.2 A l'aide d'un dosage

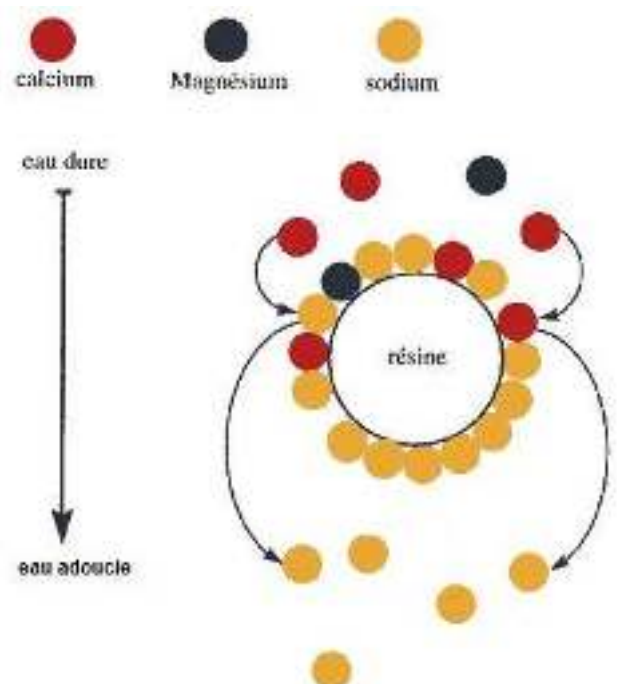
Pour déterminer précisément la concentration des ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>, il faut procéder à un **dosage colorimétrique** dont l'équivalence est repérée par un changement de couleur.

### 5. Comment réduire la dureté d'une eau ?

Pour réduire la dureté d'une eau, il faut enlever les ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> responsables de la dureté de l'eau. Une **résine échangeuse d'ions** les remplace par d'autres ions.

La résine contient des ions Na<sup>+</sup> et ceux-ci laissent leur place aux ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>.

A la sortie de la résine, l'eau est adoucie, elle est moins concentrée en ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>.



Source : [www.salines.com](http://www.salines.com)

Source : Manuel Sciences Physiques, Bac Pro, Ed. Bertrand-Lacoste



Au cours de son acheminement dans le sol, l'eau se charge naturellement en sels minéraux. Les teneurs en calcaire et magnésium dépendent de la nature des couches géologiques avec lesquelles l'eau s'est trouvée en contact.

Recherche : Qu'est-ce qu'une eau dure ?

APP

\*  
\*  
\*  
\*

Le calcaire est un carbonate de calcium, c'est-à-dire un composé de l'ion calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et de l'ion carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). La molécule finale est électriquement neutre.

La dureté s'exprime par le titre hydrotimétrique (TH), mesuré en degré français (°F). Un degré français correspond à 4 mg/L de calcium ou à 2,4 mg/L de magnésium ou 10 mg/L de calcaire. Plus le TH est élevé, plus l'eau est « dure » ou « calcaire ».

Recherche : Pour quelles valeurs du TH une eau est-elle classée douce ?

Il existe plusieurs techniques pour connaître la dureté d'une eau, selon la précision recherchée. Il est aisé de reconnaître, avec peu de matériel, la nature de son eau : avec une eau douce, le savon mousse et on a du mal à se débarrasser de celui-ci. Au contraire, une eau dure (calcaire) élimine très vite le savon et donne même des mains un peu rêches après lavage. Cette méthode a l'avantage d'être rapide mais reste peu précise, même en utilisant une échelle de dureté.

Recherche : Pourquoi une eau dure présente-t-elle certains inconvénients domestiques ?

Si votre eau affiche une dureté supérieure à 121 mg/L, vous pouvez envisager l'achat d'un adoucisseur. En général, l'eau prélevée dans la nappe phréatique du sol est dure.

Recherche : Comment fonctionnent les adoucisseurs d'eau ?





## Eau minérale

Voici quelques étiquettes d'eau minérale.

N.W.S. Est - BP 43 - 88805 VITTEL, Cedex France. Bouteille conçue exclusivement pour contenir de l'eau minérale naturelle Vittel. A conserver à l'abri du soleil et du gel, dans un endroit propre, sec, frais et sans odeur. Le gel peut précipiter les sels minéraux de Vittel Grande Source en cristaux blancs, sans conséquence pour la santé.

Minéralisation caractéristique en mg/l :			
Calcium : 202	Magnésium : 43	Sodium : 4,7	
Sulfate : 336	Nitrate : 4,6	Hydr.Carb. : 402	Fluor : 0,28
Résidu sec à 180°C : 841 • Convient pour un régime pauvre en sodium			

Source : [www.sante.gouv.fr](http://www.sante.gouv.fr)

Il est recommandé de consommer des eaux dont le TH est d'au moins 8°f.

**Eau d'Evian**

EVIAN EST UNE EAU MINÉRALE NATURELLE, RECONNUE FAVORABLE À LA SANTÉ PAR L'ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE

La minéralisation constante et équilibrée de l'eau minérale naturelle d'Evian présente les caractéristiques suivantes (en mg/l) :

Calcium	78	Bicarbonates	357
Magnésium	24	Sulfates	10
Sodium	5	Chlorures	4,5
Potassium	1	Nitrates	3,8
Silice		13,5	

Résidu sec à 180 °C : 309 mg/l - pH = 7,2  
Source Cachat - S.A. EVIAN 74503 Evian

L'eau d'Evian est recommandée pour l'alimentation du bébé.

**Eau de Volvic**

Cette bouteille est exclusivement destinée à contenir l'eau minérale Volvic. Conditionnement autorisé par le Ministère de la Santé.

ANALYSE CARACTÉRISTIQUE (mg/litre)	
CALCIUM 9,9	CHLORURES 8,4
MAGNÉSIUM 6,1	NITRATES 6,3
SODIUM 9,4	SULFATES 6,9
POTASSIUM 5,7	SILICE 30,0
BICARBONATE 65,3	

Minéralisation totale : 109 mg/litre (Résidu sec à 180 °C)-pH7

**Eau de source**

**La pureté d'une source de montagne**

Composition moyenne en mg/l

Calcium 63	Chlorures < 1
Magnésium 10,2	Sulfates 51,3
Sodium 1,4	Nitrates 2
Potassium 0,4	Bicarbonates 173,2

Résidu sec à 180 °C : 240 mg/l - pH : 7,6

**Question :** Parmi ces eaux, laquelle (lesquelles) vaut-il mieux consommer ?

APP

\*

ANA

\*

## TP : Pourquoi et comment adoucir l'eau ?

## EXPERIMENTATION

### Matériel :

3 solutions : de l'eau du robinet (A), de l'eau tirée d'une résine échangeuse d'ions (B) et de l'eau déminéralisée (C).

3 soucoupes

Des bandelettes de test de dureté + le nuancier : → → →

3 tubes à essai + un porte-tubes

Solution d'oxalate d'ammonium

### Réaliser et observer :

### Expérience 1 : mesurer la dureté des eaux

- Tremper une bandelette dans chaque soucoupe contenant les différentes eaux
- Observer la coloration prise par chaque bandelette et la comparer à celle du nuancier qui donne la valeur de la dureté



- Compléter le tableau suivant :

REA

\*

Eau	A	B	C
Dureté (en °f)			
Nature de l'eau			

### Expérience 2 : tester la présence d'ions calcium et magnésium

- Verser quelques cm de hauteur de solution A dans un tube à essai.
- Verser 3 gouttes de solution d'oxalate d'ammonium dans le tube.
- Observer l'apparition (ou non) d'un précipité blanc indiquant la présence d'ions calcium ou/et magnésium.
- Répéter l'expérience 2 avec les solutions B et C.
- Comparer les résultats des 3 solutions et compléter le tableau suivant :

REA

\*

Eau	A	B	C
<b>Précipité blanc</b>			
<b>Présence d'ions calcium ou/et magnésium</b>			

### Expérience 3 : mettre en évidence le dépôt de calcaire

- Choisir l'eau de l'expérience 2 contenant le plus d'ions calcium/magnésium : c'est l'eau .....
- Placer un peu de cette solution dans un ballon à fond plat
- Porter à ébullition
- Observer la présence éventuelle d'un dépôt blanc de calcaire sur les parois du ballon

VAL

\*

### Synthèse du TP :

#### Expérience 1 :

Une eau est douce si sa dureté est inférieure à 18°f. L'eau tirée d'une résine échangeuse d'ions est-elle plus douce que l'eau du robinet ? *justifier.*

COM

VAL

\*

#### Expérience 2 :

Dans quelle eau trouve-t-on la présence d'ions calcium ?

Quel est le rôle de la résine échangeuse d'ions ?

VAL

☆☆

#### Expérience 3 :

L'eau circulant dans un appareil de chauffage doit-elle être dure ? Pourquoi ?

COM

☆☆

**QCM :**

Pour chaque phrase, indiquer la ou les bonnes réponses.

**RECHERCHE PERSONNELLE**

	A	B	C
APP □ En appliquant la règle de l'octet, l'ion sodium a pour formule :	Na <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Na
◇ Les ions responsables de la dureté d'une eau sont les ions :	Potassium	Calcium	Magnésium
◇ Le TH d'une eau dure est :	> 20°f	Entre 20 et 40 °f	> 40 °f
◇ La dureté d'une eau se mesure à l'aide du :	pH	TH	Titre hydrotimétrique
◇ L'oxalate d'ammonium est un réactif qui caractérise :	L'ion calcium	L'ion magnésium	L'ion hydrogène

**1 Lier le tartre et la dureté**

Dans un lave-linge, il se forme du tartre qui est « dévoreur d'énergie ». Le tartre est un dépôt de carbonate de calcium CaCO<sub>3</sub> insoluble. Il se forme dans les circuits d'eau quand l'eau est dure.

- COM  
APP  
\* 1. Expliquer comment l'atome de calcium peut se transformer en ions Ca<sup>2+</sup>.
- VAL  
◇ 2. À Paris, la dureté moyenne de l'eau est de 38. Risque-t-on un dépôt de tartre ?

**2 Choisir une eau minérale**

Certaines eaux minérales sont conseillées pour la préparation des biberons des bébés car elles sont faiblement minéralisées.

1. Citer deux moyens expérimentaux pour évaluer la minéralisation en ions calcium et magnésium.
2. En tant que particulier, peut-on comparer les eaux à l'aide des étiquettes ?

APP  
◇

COM  
□

④ Quelles sont les applications en esthétique d'une eau adoucie ?

ANA  
◇

⑤ Quel est le point commun aux 3 images de la page de couverture de ce dossier : expliquer.

COM  
◇

**Approfondissement :****3) Comprendre le rôle d'une carafe filtrante**

Lire le texte suivant pour répondre aux questions.

On souhaite comparer la dureté de l'eau du robinet (appelée eau n° 1) à celle obtenue après filtration avec une carafe (appelée eau n° 2).

La dureté d'une eau se détermine grâce à un titrage par l'EDTA.

On réalise alors deux titrages :

- un titrage d'un volume  $V = 20,0 \text{ mL}$  d'eau n° 1 ;
- un titrage d'un volume  $V = 20,0 \text{ mL}$  d'eau n° 2.



La concentration de la solution d'EDTA utilisée est  $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Les résultats obtenus sont les suivants :

	Eau non filtrée (eau n° 1)	Eau filtrée (eau n° 2)
Volume $V_E$ (en mL) d'EDTA versé pour atteindre l'équivalence	6,7	2,9

1. Quelle verrerie doit-on utiliser pour prélever le volume  $V = 20,0 \text{ mL}$  d'eau à doser ?
  2. Calculer, en mol/L, la valeur de la somme des concentrations  $C(\text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+})$  pour l'eau n° 1 et l'eau n° 2 sachant que  $C(\text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}) \times V = C_{\text{EDTA}} \times V_E$ .
- 1 °f correspond à  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  d'ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ .

En déduire le TH exprimé en degré français (°f) de l'eau non filtrée (eau n° 1) et celui de l'eau filtrée (eau n° 2).

3. Quelle est l'eau la plus dure ? Justifier.
4. Conclure sur l'efficacité de la carafe.