

Dureté d'une eau - Dosage complexométrique

- Objectifs :**
- Découvrir un autre type de dosage,
 - Prendre conscience de l'existence de critères auxquels doit répondre une eau potable.

A – Introduction :

1°) Généralités :

La dureté - ou titre hydrotimétrique - d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+).

Remarque : Dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux).

Rappels : Un degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{TH}$) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} égale à $C = 10^{-1} \text{ mmol.L}^{-1}$. Un degré hydrotimétrique correspond aussi à un degré français (1°f).

A l'aide des indications de l'étiquette, calculer la dureté de l'eau de Contrexéville.



Eau sulfatée calcique et magnésienne. Minéralisation en mg/l :

calcium : 486	magnésium : 84	sodium : 9,1	potassium : 3,2
sulfate : 1187	hydrogencarbonate : 403	chlorure : 10	nitrate : 2,7

Source Contrex. Résidu sec à 180 °C : 2125 mg/l.

Masses molaires (en g.mol^{-1}) :

Ca : 40,1

Mg : 24,3

Remarques : Pour l'eau du robinet, la dureté doit être inférieure à 30°TH , l'optimum se situant entre 12°TH et 15°TH .

On distingue les eaux « douces » (moins de 15°f), « dures » (de 15 à 35°f) et « très dures » (plus de 35°f).

Que pensez-vous de la dureté de l'eau de Contrexéville ?

2°) Dureté permanente et dureté temporaire :

Au cours d'une ébullition prolongée, une partie des ions participant à la dureté de l'eau sont éliminés par la précipitation de carbonates de calcium et de magnésium. La dureté de l'eau qui a subi un tel traitement est appelé "dureté permanente". La différence entre la dureté totale et la dureté permanente s'appelle "dureté temporaire".

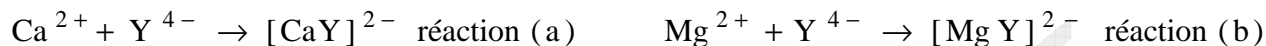
$$\text{dureté totale} = \text{dureté permanente} + \text{dureté temporaire}$$

B - Principe du dosage :

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

L'E.D.T.A., ou acide éthylène diamine tétraacétique, est noté pour plus de commodité $H_4 Y$.

L'anion Y^{4-} est un ion complexe qui donne, avec de nombreux cations, des composés stables. Les réactions de complexation s'écrivent :



Pour que ces réactions puissent être utilisées pour le dosage de ces ions (on les dosera ensemble), il faut procéder dans des conditions opératoires précises :

- il faut effectuer la réaction dans une solution de pH très voisin de 10.
- l'équivalence n'est pas directement repérable par un changement d'aspect du milieu (les réactifs ainsi que les produits formés sont **incolors**) ; le virage d'un indicateur coloré (le N.E.T.) **du rose au bleu 'pur'** indiquera la fin des réactions de dosage.

C - Mode opératoire :

1°) Préliminaires :

Prélever précisément $V_1 = 100 \text{ mL}$ d'eau « Contrex » et les introduire dans un bécher **en pyrex**.

Mettre cette eau à bouillir pendant la réalisation du premier dosage.

Arrêter l'ébullition quand un dépôt blanchâtre relativement important apparaît au fond du récipient ; une bonne partie de l'eau s'est vaporisée. Isoler de l'air en couvrant (papier transparent adhésif) et laisser refroidir.

2°) Détermination de la dureté totale de l'eau de Contrexéville :

Le montage est schématisé ci-contre.

Il est impératif d'introduire les composés dans l'ordre indiqué.

- ❑ La solution à doser est constituée par $V_{\text{eau}} = 10 \text{ mL}$ d'eau minérale. L'introduire dans un bécher.
- ❑ Introduire 20 mL de la solution tampon dans le bécher.
- ❑ Ajouter quelques gouttes de N.E.T. dans le bécher.
- ❑ La burette contient la solution d' E.D.T.A. (ajuster au zéro).

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).

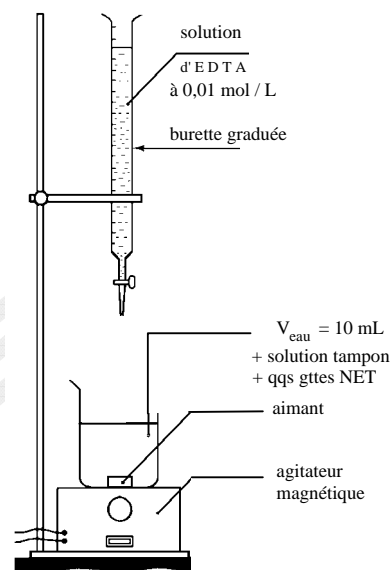
3°) Détermination de la dureté permanente de l'eau de Contrexéville :

Filtrer soigneusement l'eau minérale qui a bouilli afin d'éliminer les dépôts blancs qui s'y sont formés et compléter, avec de l'eau distillée de fraîche date, le filtrat à 100 mL (utiliser une fiole jaugée).

Doser, en procédant comme précédemment, cette eau. Relever le volume équivalent V'_{eq} .

D - Exploitation des résultats :

Les réactions de complexation s'écrivent :





x mol



y mol

A l'équivalence, démontrer que la quantité n (en mol) d'ions Y^{4-} est égale à : $n = x + y$ sachant qu'il se forme x mol de $[\text{CaY}]^{2-}$ et y mol de $[\text{MgY}]^{2-}$.

En déduire : $n = C \times V_{\text{eau}} = V_{\text{eq}} \times C_0$ où $C_0 = 0,01 \text{ mol.L}^{-1} = [\text{Y}^{4-}]$.

(C_0 représente la concentration de la solution d'E.D.T.A. et $C = \{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]\}$)

Déterminer la concentration C en ions calcium et magnésium de l'échantillon d'eau prélevé, dans chaque cas, et en déduire la dureté totale et la dureté permanente de l'eau de Contrexéville.

En ce qui concerne la dureté totale de l'eau, évaluer la précision de votre dosage en comparant la valeur trouvée (expérimentalement) avec la valeur attendue (calculée au A-1).

E – Compléments sur la dureté :

1°) *Les différentes unités :*

L'unité internationale est le meq.L^{-1} .

Dans les brochures techniques, on exprime souvent la dureté en mg/L de carbonate de calcium (CaCO_3) ou en **partie** pour **million** (p.p.m.) de carbonate de calcium.

Donner la correspondance entre toutes ces unités.

2°) *L'eau minérale d'Aizac (Ardèche) :*

On donne les teneurs en fer (Fe^{2+}) et en manganèse (Mn^{2+}) de l'eau d'Aizac lorsqu'elle émerge du sous-sol (Grande Source du Volcan) :

		(Fe^{2+})	(Mn^{2+})
Concentration (en mg.L^{-1})	massique	20,3	2,5

Afin d'améliorer les qualités gustatives de l'eau, la réglementation autorise le retrait des ions fer II et des ions manganèse de l'eau captée avant son embouteillage.

L'eau commercialisée a la composition indiquée ci-dessous :

Composition (en mg / L)			
Ca^{2+}	80,1	HCO_3^-	377,0
Mg^{2+}	27,7	F^-	27,7
Na^+	11,5	Li^+	11,5
K^+	13,0		

Comparer les duretés de l'eau captée et de l'eau commercialisée.



Dureté d'une eau - Dosage complexométrique

Liste du matériel

Par groupe :

- une burette graduée et son support,
- 4 béchers de 100 mL,
- un erlenmeyer,
- 3 pipettes 10 mL,
- une propipette,
- agitateur magnétique + aimant,
- N.E.T. + une petite pipette non graduée ou un compte-gouttes,
- solution tampon : (250 mL solution d'ammoniac à 1 mol / L + 250 mL d'une solution de chlorure d'ammonium à 1 mol / L pour les sept groupes),
- 1 L d'une solution d'E.D.T.A. à 0,01 mol / L (pour les sept groupes),
- une canne magnétique,
- eau minérale « Contrexéville » **sans étiquette**.

Notations utilisées

Le TH permanent, mesuré après l'ébullition de l'eau caractérise la teneur en chlorure et en sulfate de calcium ou de magnésium. Le TH temporaire (ou dureté carbonatée) indique la partie des sels précipitables lors de l'ébullition de l'eau.

En France, la dureté s'exprime en degrés français ; 1°f correspond à 10 mg par litre de carbonate de calcium. Exprimer cette concentration en mol / L.

L'unité internationale est le meq / L correspondant à une concentration de 50 mg L de carbonate de calcium soit 0,5 mmol / L.

On peut aussi utiliser le p.p.m. !

Correspondance entre diverses unités :

	mmol / L	meq / L	°d (degré allemand)	ppm de CaCO ₃	°a (degré anglais)	°f (degré français)
mmol / L	1,00	2,00	5,60	100	7,02	10,0
meq / L	0,50	1,00	2,80	50,0	3,51	5,00
°d	0,18	0,357	1,00	17,8	1,25	1,78
ppm de CaCO ₃	0,01	0,020	0,056	1,00	0,0702	0,100
°a	0,14	0,285	0,798	14,3	1,00	1,43
°f	0,10	0,200	0,560	10,0	0,702	1,00