Hardness of Water: Détermination de la dureté des eaux de différentes sources

Aymen LABIDI ^{1,†,‡} , Amal LOUKIL ^{1,†} and Soumaya THAMRI ^{1,†}

¹ Affiliation: University of Carthage - National Institute of Applied Sciences and Technology - Chemical Engineering Student - Chemical Engineering Department

[†] Current address: 676 INSAT Centre Urbain Nord BP Tunis Cedex 1080

[‡] Aeronautical Consultant for FTAA; Glider Former and Manager for Aerobotix INSAT.

Abstract:

Le terme de « **dureté** » de l'eau correspond à sa concentration en calcium et magnésium. Plus elle en contient, plus l'eau est considérée comme "dure". Elle est mesurée par le titre hydrotimétrique (TH) dont le taux s'exprime en degrés français « °f » (1 degré français = 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium par litre d'eau). L'eau peut être plus ou moins "dure" selon les régions, cela dépend des sols que l'eau a traversés avant d'être prélevée dans la nature pour être rendue potable. Par exemple, dans les régions à sols très calcaires, l'eau sera « dure », au contraire des régions granitiques qui ont généralement des eaux « douces ». La réglementation française, pas plus que l'Union Européenne, n'ont fixé de norme sur la dureté de l'eau car elle n'est pas dangereuse pour la santé.

Keywords: Dureté, Titre Hydrotimétrique, Minéraux, Dosage, Complexation

1. Objectif

Le but de cette manipulation est de déterminer l'évaluer la **dureté** d'une eau (eau de robinet dans notre cas) moyennant **un dosage complexométrique**.

2. Principe

La dureté d'une eau, ou titre hydrotimétrique, dépend de la quantité de sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. Elle se calcule en degrés français, symbolisés par un « °f » ou « °TH ». Plus l'eau contiendra de calcium et de magnésium, plus la dureté sera élevée. 1 °f correspond à 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium par litre d'eau. Une eau moyennement dure est une eau dont le titre hydrotimétrique est compris entre 15 et 30°f et très dure au-delà.

On va doser les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par un agent **complexant ou chélatant** qui est l'**Acide éthylènediaminetétra-acétique**, abrégé EDTA et noté communément YH_4 .

Figure 1. Décantation dans une éprouvette graduée

Citation: LABIDI, A Traitement physico-chimique d'un effluent: Traitement par Coagulation-Floculation . *Chemical Engineering* **2021**, 1, 0. [10.31219/osf.io/k4egn](https://osf.io/k4egn)

Published: 9th, March 2021

Author's Note: You can Visit my Researchgate and LinkedIn profiles for more researches.

Copyright: © 2021 by the author. Licensee to Aymen Labidi for Chemical Engineering - Open Resource (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Suite à l'introduction de l'agent Chélatant, l'anion Y^{4-} forme simultanément avec les cations Ca^{2+} et Mg^{2+} des **composés stable**, selon les réactions de complexation suivantes:

Néanmoins, on doit ajuster le pH de travail à 10 pour s'assurer que les cations calcium et Magnésium sont libres dans le milieu réactionnel.

Pour ce dosage on aura besoin d'un indicateur coloré qui est le **Noir Erichrome T** noté **NET**, on détecte l'équivalence par le virage du **rose** au **bleu foncé**.

Figure 2. Noire Erichrome T NET

3. Matériel Utilisé

- Bécher de 50 mL
- Burette graduée
- pH-mètre
- Barreau et agitateur magnétique
- Eau de Robinet
- Tampon pH= 10 ou solution de Soude NaOH
- NET
- Solution d'EDTA

4. Mode opératoire

1. On Commence tout d'abord par l'étalonnage du pH-mètre, on aura besoin de deux solutions Tampon de pH=4 et pH=7.
2. On prélève 50 mL de l'eau de Robinet, on mesure le pH et on trouve **pH=7,6**. Or le pH de travail est de 10.
3. On procède à l'ajout goutte à goutte (en utilisant la micro pipette) d'une solution de **Soude Caustique NaOH (0.1M)**.
On ajuste le pH pour une valeur de **pH= 10.01**.
4. On remplit la burette, après avoir la fixé sur son support, par la solution d'EDTA
5. On prélève maintenant **10 mL** de l'eau de robinet qu'on introduit dans un autre bécher, auquel on ajoute quelques gouttes de l'indicateur coloré NET, on aura ainsi une teinte rose.
6. On commence le dosage en veillant au virage de la coloration.
7. Une fois l'équivalence est atteinte, on note notre volume d'équivalence et **on procède à une répétabilité pour s'assurer de la fidélité de notre mesurage**. On note finalement la moyenne comme étant le volume à l'équivalence.
On Trouve $V_{eq} = 5 \text{ mL}$

Le mode opératoire est détaillé dans la figure ci-dessous

Figure 3. Dispositif classique pour la détermination du Titre Hydrotimétrique de l'eau de robinet

5. Exploitation des résultats

- la relation existante entre les nombres de moles des cations calcium et magnésium et l'EDTA est la suivante:

$$n_{Ca^{2+}} + n_{Mg^{2+}} = n_{EDTA} \quad (1)$$

- Il est à noter que le Titre Hydrotimétrique (ou Hydrotométrique) (exprimé en °f) ou Dureté Totale est

$$DT = TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] \quad (2)$$

On pourra avoir accès aux concentrations des cations minéraux (et partant à la dureté de l'eau de robinet) moyennant la formule suivante:

$$V_{Tot} \cdot ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) = [EDTA] \cdot V_{eq} \quad (3)$$

Ainsi la dureté Totale sera exprimée de la manière suivante:

$$DT = TH = \frac{[EDTA] \cdot V_{eq}}{V_{Tot}} \quad (4)$$

Dans le cas d'espèce, on a:

- $V_{Tot} = 10 \text{ mL}$
- $[EDTA] = 0.01 \text{ M}$
- $V_{eq} = 5 \text{ mL}$

On aura alors une dureté de:

$$DT = TH = 5 \text{ mM} \quad (5)$$

ATTENTION !! Etant donné qu'on a utilisé un essai à blanc qui est l'eau distillée, il faut alors comptabiliser une soustraction de 0.1 mL de volume. ainsi la dureté finale sera de:

$$DT = TH = 4.9 \text{ mM} = 9.8 \text{ meq/L} = 49 \text{ f} \quad (6)$$

Rassemblons les résultats trouvés pour les autres eaux analysées:

V(mL)	Ech	Dureté (mM)	Dureté (meq _L)	Dureté (°f)	Nature de l'eau
0,1	Eau Distillée (Blanc)	0,1	0,2	1	Douce
0,075	Adoucisseur	0,075	0,15	0,75	Douce
7,2	SAFIA	7,1	14,2	71	—
1,4	SABRINE	1,3	2,6	13	Douce
0,1	Eau de rivière	0,1	0,2	1	Douce
60	Eau de mer	59,9	119,8	599	Très dure
5	Eau de Robinet	4,9	9,8	49	Très dure*

Table 1: Caractérisation des eaux moyennant leurs Titres Hydrotimétriques Totaux TH

Remarque: Pour l'eau de Robinet, on s'attend à une valeur assez basse du titre Hydrotimétrique mais on trouve qu'il s'agit d'eau très dure ce qui n'est acceptable. Ceci est certainement dû à la canalisation entartrée ou Calcifiée de notre établissement INSAT

- En calculant la dureté des eaux minérales en se référant aux étiquettes indiquées, on peut tracer un écart: **SAFIA**:

- $[Ca^{2+}] = 83 \text{ ppm}$
- $[Mg^{2+}] = 13 \text{ ppm}$

On calcule de la Normalité (N):

$$N = \frac{m}{\frac{M}{e} \cdot V(1L)} \quad (7)$$

On aura alors

$$DT = 4,69 \text{ meq/L} = 23,45 \text{ f} \quad (8)$$

SABRINE:

- $[Ca^{2+}] = 32,6 \text{ ppm}$
- $[Mg^{2+}] = 16,2 \text{ ppm}$

On aura

$$DT = 2,305 \text{ meq/L} = 11,525 \text{ f} \quad (9)$$

Remarque: en passant de la molarité au milli équivalent par Litre, on multiplie par 2, et on multiplie par 10 si on veut passer directement de la molarité au degrés Français

Conclusion

Ces écarts traduisent les erreurs de mesure près (on peut admettre qu'il s'agit pratiquement du même résultat)

* Procédés de traitement des eaux à l'intérieur des bâtiments individuels ou collectifs.
CSTB Éditions, collection Guide Pratique - juin 2011

Figure 4. Plage de valeurs du titre hydrotimétrique

- 1 **Author Contributions:** LABIDI Aymen et al, please turn to the [Research gate](#) and [Linkedin](#) for the
- 2 term explanation and more scientific papers.
- 3 **Institutional Review Board Statement:** National Institute of Applied Sciences and Technology,
- 4 Tunis, Tunisia, Chemical Engineering Student, Chemical Engineering Department
- 5 **Sample Availability:** Samples and more researches and papers are available from author's [Research](#)
- 6 [gate](#) profile
- 7 **Appendix F Other sources**
- 8 to learn more about chemical engineering, you can search for articles in [Techniques de](#)
- 9 [l'ingénieurs](#)