

Analyse de la dureté de l'eau

D'après une idée de Louise Guilbert, adaptée par l'équipe PISTES et la communauté de pratique

1. Dureté de l'eau : La détermination par titrage

Notions préalables :

La première définition de la dureté de l'eau était sa capacité de transformer le savon en un composé insoluble. Maintenant, la dureté de l'eau est calculée en mesurant la quantité d'ions calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium, etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. C'est pourquoi on exprime la dureté selon la quantité de trioxycarbonate de calcium (CaCO_3 , communément appelé le carbonate de calcium) présente dans une solution. Cette quantité est exprimée en mg/L ou en ppm.

L'EDTA (abréviation de l'anglais *ethylene diamine tetraacetic acid*) est une grosse molécule que se lie à des ions métalliques pour donner des complexes donnant une couleur à la solution. Dans votre expérience, l'indicateur coloré (ERIO) et les ions présents dans la solution à pH 10 donne une couleur rosée. Comme nous désirons garder la solution à un pH de 10, il sera nécessaire d'ajouter une solution tampon afin de maintenir le pH à une valeur de 10.

Le titrage est une opération de dosage volumétrique d'une solution. C'est-à-dire qu'on tente de déterminer la quantité d'une substance dans une solution à l'aide du volume d'un titrant. La solution à doser dans cette expérience est la CaCO_3 présent dans votre eau alors que l'EDTA est le titrant. Pour l'expérience qui sera effectuée, le schéma de la page suivante présente le montage servant à titrer la CaCO_3 dans les échantillons d'eau.

Au fur et à mesure que vous ajouterez du titrant EDTA à la solution, ce dernier formera des liens avec les ions métalliques, et la couleur de la solution, qui était d'abord rosée, tournera au bleu. C'est grâce à cette réaction (et au volume d'EDTA qui sera utilisé et que vous prendrez en note) que vous pourrez ensuite déterminer la dureté de votre eau.

En titrant diverses concentrations connues de CaCO_3 , il a été possible d'établir une droite qu'on appelle courbe-étalon. Elle indique la quantité de CaCO_3 présent selon le volume d'EDTA utilisé pour titrer. Donc, en rapportant le volume de titrant utilisé sur la courbe-étalon, il est possible de déterminer la concentration en CaCO_3 , donc la dureté de l'eau.

Voyez le canevas pédagogique pour la préparation des solutions nécessaires à ce titrage.

Matériel nécessaire pour chaque équipe :

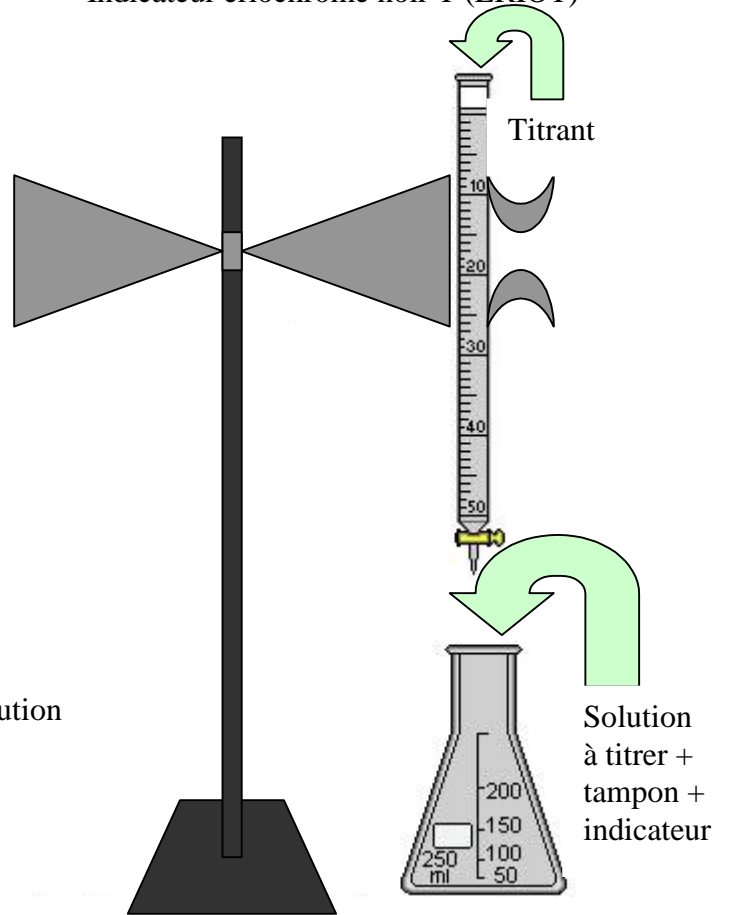
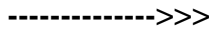
© UCL (Université catholique de Louvain) / PISTES (Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire) / (Droits de reproduction autorisés avec la mention de la source)

- 1 erlenmeyer de 250 mL
- 1 bécher de 50 mL
- Cylindre gradué de 10 mL
- 1 cylindre gradué de 50 mL
- Burette de 50 mL
- Support universel
- Entonnoir

- Support à burette
- Solution tampon à pH 10
- Solution d'EDTA
- Eau distillée
- Eaux à analyser
- Indicateur ériochrome noir T (ERIO T)

Protocole :

Schéma du montage



Attention :

Vous devez être précis dans vos manipulations.

A) Le témoin négatif

Le témoin négatif sert de comparatif avec la solution résultant de l'analyse de l'eau.
Faites un témoin négatif et mettez-le à l'essai.

B) Titrage des échantillons d'eau

- 1- Rincer la burette avec de l'eau distillée en prenant bien soin de rincer aussi le bec.
- 2- Remplir la burette d'EDTA (**bien suivre les instructions pour le remplissage**).

Instructions de remplissage

- a) Verser la solution d'EDTA de sorte qu'il y ait du liquide plus haut que la valeur de 0 mL.
- b) Mettre un petit bécher sous la burette et laisser couler la solution par le robinet dans le bécher jusqu'à ce que le ménisque atteigne le 0 mL.
- c) Vérifier qu'il n'y a pas de bulles dans la solution. S'il y en a, ajouter de l'EDTA et recommencer à l'étape a)

- 3- Rincer un erlenmeyer de 250 mL avec de l'eau distillée. Égoutter le plus possible.
- 4- Dans un cylindre gradué, mesurer 50 mL de l'échantillon d'eau que vous désirez analyser.
- 5- Verser ce volume d'eau dans un erlenmeyer de 250 mL.
- 6- Dans un cylindre gradué, mesurer 10 mL de la solution tampon à pH 10.
- 7- Verser ce volume de tampon dans l'erlenmeyer contenant déjà l'eau.
- 8- Ajouter 5 gouttes de l'indicateur ériochrome noir T à la solution.
- 9- Titrer la solution contenue dans l'erlenmeyer en laissant s'écouler goutte à goutte la solution d'EDTA contenue dans la burette en agitant l'erlenmeyer. À la disparition de la teinte rosée, fermer le robinet. La solution deviendra plutôt bleuâtre. **Conseils** : Afin de s'assurer que le changement de couleur est bien terminé, comparer la solution titrée avec le témoin négatif préparé. La teinte rosée doit avoir complètement disparu. Mettre une feuille blanche sous l'erlenmeyer pour mieux voir la couleur de la solution.
- 10- Noter le volume d'EDTA utilisé.

Analyse de ton échantillon :

Résultats du premier échantillon :

Volume d'EDTA utilisé au premier essai : _____ mL

- 11- Jeter la solution titrée.
- 12- Recommencer le processus à l'étape 2 en utilisant les mêmes cylindres gradués et le même erlenmeyer. Arrêter à l'étape 11. Noter le volume d'EDTA utilisé.

Volume d'EDTA utilisé au deuxième essai : _____ mL

Moyenne des deux essais : _____ mL

Dureté du premier échantillon d'eau : _____ ppm

Provenance de cette eau : _____

Analyse de l'échantillon de ton équipier

Résultats du deuxième échantillon :

- 13- Recommencer le titrage à l'étape 2, avec un nouveau cylindre gradué de 50 mL et un nouvel erlenmeyer propre.

Volume d'EDTA utilisé au premier essai : _____ mL

Volume d'EDTA utilisé au deuxième essai : _____ mL

Moyenne des deux essais : _____ mL

Dureté du deuxième échantillon d'eau : _____ ppm

Provenance de cette eau : _____

Questions de synthèse

D'après ce que toi ou tes camarades de classe avez trouvé comme informations :

1- Qu'est-ce qu'une eau dure ?

2- Pour ce qui est de l'eau potable, on dit que sa dureté devrait être de 0 à 50 ppm. En est-il de même pour l'eau que tu as analysée ? Si oui, pourquoi ? Sinon, quelle devrait être sa dureté ?

3- Que veut dire ppm ?

4- Pourquoi 1 ppm équivaut à un mg d'une substance par litre d'eau ?

5- Selon la provenance des échantillons d'eau que tu as analysés, quelles conclusions tirerais-tu en ce qui concerne leur dureté ? Explique bien pourquoi pour les deux échantillons.

6- D'où proviennent les ions métalliques (calcium, magnésium, fer, etc.) dissous dans l'eau ?

7- Lors du titrage, pourquoi était-il permis d'utiliser le même erlenmeyer et le même cylindre gradué lorsqu'on titrait une deuxième fois un même échantillon d'eau ?

8- Pourquoi fallait-il changer d'erlenmeyer lorsqu'on changeait d'échantillon d'eau ?
