

## Chimie dans la ville : L'eau

*L'ensemble du travail réalisé (réflexion, manipulations faites, résultats expérimentaux, etc.) sera consigné dans un cahier de laboratoire. Ce cahier de laboratoire sera à utiliser pour les 4 TP de préparation, ainsi que lors du TP concours.*






En France, et dans beaucoup de pays, l'utilisation de l'eau courante est devenue banale. Des documents expliquant le petit cycle de l'eau sont fournis dans ce TP, en particulier sur l'obtention de l'eau potable.

Les objectifs de ce TP seront de :

- déterminer la dureté de l'eau du robinet
- déterminer la teneur en ions nitrite d'une eau supposée polluée.

*Consulter la fiche de sécurité, lire les phrases de danger (H) et les conseils de prudence (P) avant de commencer à manipuler.*

### Fiche de sécurité :

Nom	Données physico-chimiques	Pictogrammes
EDTA disodique $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$	$M = 292,24 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ Solubilité dans l'eau : $0,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ à $20 \text{ }^\circ\text{C}$	
Tampon ammoniacal	Mélange $\text{NH}_4\text{Cl} / \text{NH}_3$ $\text{pH} = 9,2$	
$\text{MgSO}_4$	$M = 120,37 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$	-
Réactif (R)	-	

**Le port de la blouse et des lunettes de protection est obligatoire pendant toute la séance. Le port de lentilles de contact est INTERDIT. Le port des gants est laissé à votre appréciation, mais devra être systématiquement justifié.**

## I – Détermination de la dureté de l'eau du robinet

Vous êtes technicien chimiste dans une usine, et votre chef rencontre des problèmes d'encrassement de certaines de ses machines. Il pense que cela peut venir de l'eau du robinet, qui pourrait être trop calcaire (ou trop **dure**, cf. **document 1**). Il vous demande alors de déterminer exactement la dureté de l'eau du robinet du site.

### Document 1 : la dureté de l'eau

#### Quel est le rapport entre le calcaire et la dureté ?

Le calcaire n'est rien d'autre que du carbonate de calcium auquel s'ajoute du carbonate de magnésium.

La dureté de l'eau est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau : elle correspond à sa teneur en calcium et en magnésium. Plus elle en contient, plus elle est « dure ». La dureté s'exprime en degrés français (°F).

Boire de l'eau calcaire ou dure n'est pas contre-indiqué. L'eau calcaire participe à l'apport journalier en calcium dont l'organisme a besoin (solidification des os, fonctionnement des muscles, transmission de l'influx nerveux, processus de coagulation du sang...).

#### Comment savoir si mon eau est douce ou dure ?

Pour savoir si votre eau est plutôt douce ou dure, vous pouvez télécharger l'[Etiquette de votre carafe](#), que nous mettons à votre disposition. Vous pouvez également consulter en ligne les [résultats des analyses officielles](#) effectuées par les autorités sanitaires de votre région (Agence Régionale Sanitaire ou ARS)

Vous pouvez enfin consulter les résultats des analyses de la qualité de l'eau auprès de votre mairie. Ces analyses portent notamment sur le critère de dureté de l'eau qui s'exprime en degrés français (°F)

- ▶ A moins de 20° F, votre eau est douce : votre savon mousse beaucoup et vous n'avez pas de soucis d'entartrage dans vos appareils ménagers
- ▶ Entre 20° F et 35° F, votre eau est moyennement dure : quelques dépôts de tartre peuvent se former mais cela peut permettre de protéger vos canalisations de la corrosion
- ▶ Au-delà de 35° F, votre eau est dure : vous pouvez opter pour un adoucisseur pour vos appareils ménagers, en prenant soin de respecter rigoureusement les recommandations d'entretien

La dureté s'exprime couramment en degrés français (1° français = 0,1 mmol · L<sup>-1</sup> en ions Mg<sup>2+</sup> et Ca<sup>2+</sup>). Elle ne fait pas l'objet d'une norme.

La dureté de l'eau résulte de son contact avec les formations rocheuses lors de son passage dans le sous-sol. Elle varie donc en fonction de la nature de celui-ci et de la région d'où provient l'eau : un sol crayeux ou calcaire donnera une eau « dure », alors qu'un sol granitique ou sablonneux, donnera une eau « douce ». Les désagréments d'une eau trop dure sont uniquement de l'ordre du confort (entartrage des tuyauteries, eau désagréable pour l'épiderme, etc.).

En revanche, une eau trop douce (qu'on dira paradoxalement « agressive ») a un effet corrosif sur les canalisations et peut amener une présence excessive des métaux provenant des canalisations dans l'eau, tel le plomb.

Sources :

<https://www.service-client.veoliaeau.fr/FAQ>  
<http://www.etaso.fr>

### Document 2 : Protocole de détermination de la dureté d'une eau

- Prélever 25 mL de la solution d'eau à doser
- Ajouter environ 10 mL de tampon ammoniacal (pH = 9,2)
- Ajouter une pointe de spatule de NET
- Doser par une solution d'EDTA disodique à 0,010 mol · L<sup>-1</sup> : l'équivalence est repérée par le passage de la couleur rose à la couleur bleue.

### a/ Mise en évidence des couleurs de l'indicateur coloré : NET

Dans 2 tubes à essais, introduisez quelques mL de tampon ammoniacal et quelques mL d'eau. Dans l'un des tubes, introduire une pointe de spatule de sulfate de magnésium (*Info* : le résultat serait le même avec du chlorure de calcium).

Ajouter alors, dans chacun de ces tubes, une pointe de spatule de NET.

<b>Cahier de laboratoire</b>	<i>Noter vos observations dans le cahier de laboratoire. Garder ces tubes à essai comme témoins pour le dosage. Quelle interprétation faites-vous de ce test, et quel lien cela a-t-il avec le dosage de la dureté de l'eau ?</i>
------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### b/ Dosage de l'eau du robinet

Réaliser le dosage de l'eau du robinet selon le protocole du document 2.

<b>Cahier de laboratoire</b>	<i>Calculer la concentration totale en ions <math>Mg^{2+}</math> et <math>Ca^{2+}</math>, en <math>mol \cdot L^{-1}</math>, puis en <math>mmol \cdot L^{-1}</math>. Conclure sur la dureté de l'eau du robinet utilisée, et si celle-ci peut effectivement être l'une des sources d'encrassement des machines de votre entreprise.</i>
------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## II - Détermination de la teneur en nitrite et nitrate d'une eau polluée

Votre entreprise est située en bordure d'une exploitation agricole. Dans une telle exploitation, l'utilisation d'engrais azotés est interdite car l'azote contenu dans ces engrais se transforme, dans le sol, en ions nitrite et en ions nitrate. Dans le corps humain, les ions nitrate sont réduits en ions nitrite et pourraient alors provoquer des cas de méthémoglobinémie. La norme fixe une concentration maximale de  $8 \times 10^{-4} mol \cdot L^{-1}$  (nitrate + nitrite).

Votre chef, suite à une rupture de canalisation d'eau qui a nécessité des travaux, craint qu'une pollution ait pu se produire, due à cette exploitation. Il vous demande de vérifier que l'eau du robinet respecte toujours la norme.

### Document 3 : Absorbance et concentration - Méthode de la gamme étalon

Lorsqu'une solution contient une espèce colorée, elle absorbe une partie de la lumière qu'elle reçoit : cette **absorbance** dépend de la **concentration** en espèce colorée et de la **nature** de cette espèce pour une longueur d'onde donnée. On appelle loi de Beer-Lambert l'expression permettant de formaliser ceci :

$$A = k \times C$$

- A : absorbance
- k : facteur qui dépend de la nature de l'espèce, de la longueur d'onde, de la température et de la longueur de solution traversée par le rayonnement
- C : concentration en espèce colorée.

Cette loi n'est valable que pour des concentrations faibles (souvent inférieures à  $10^{-2} mol \cdot L^{-1}$ ).

Pour obtenir des mesures d'absorbances avec un maximum de précision, il est préférable d'utiliser une longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption pour la solution étudiée.

Une absorbance est mesurée avec un spectrophotomètre.

La méthode de la gamme étalon utilise la linéarité de la loi de Beer-Lambert : une droite d'étalonnage est tracée en utilisant des solutions de **concentrations connues** et en mesurant les absorbances correspondantes. La mesure de l'absorbance de la solution inconnue permet, à l'aide de cette droite, de retrouver sa concentration en espèce colorée.

Lors de la fabrication de cette gamme, il faut faire en sorte que les **concentrations de la gamme encadrent la concentration de la solution à doser**.

Pour avoir une précision suffisante, une courbe d'étalonnage doit comporter au moins quatre points distincts de l'origine.

### Document 4 : Dilution d'une solution

Lors d'une dilution, il y a conservation de la *quantité de matière (concentration molaire)* ou *conservation de la masse* (concentration massique). On appelle facteur de dilution le rapport entre la concentration de la solution mère et celle de la solution fille. Il correspond également au rapport entre le volume de solution fille obtenu et le volume de solution mère prélevé :

$$F = \frac{C_m}{C_f} = \frac{V_{final}}{V_{prélevé}} > 1$$

### Document 5 : Spectre d'absorption d'une solution du complexe coloré avec les ions nitrite

Les ions nitrite sont incolores. Pour réaliser un dosage par spectrophotométrie, il est nécessaire de former un complexe coloré. On note (R) la solution de réactif permettant la formation de ce complexe. Celui-ci est préparé de la manière suivante :

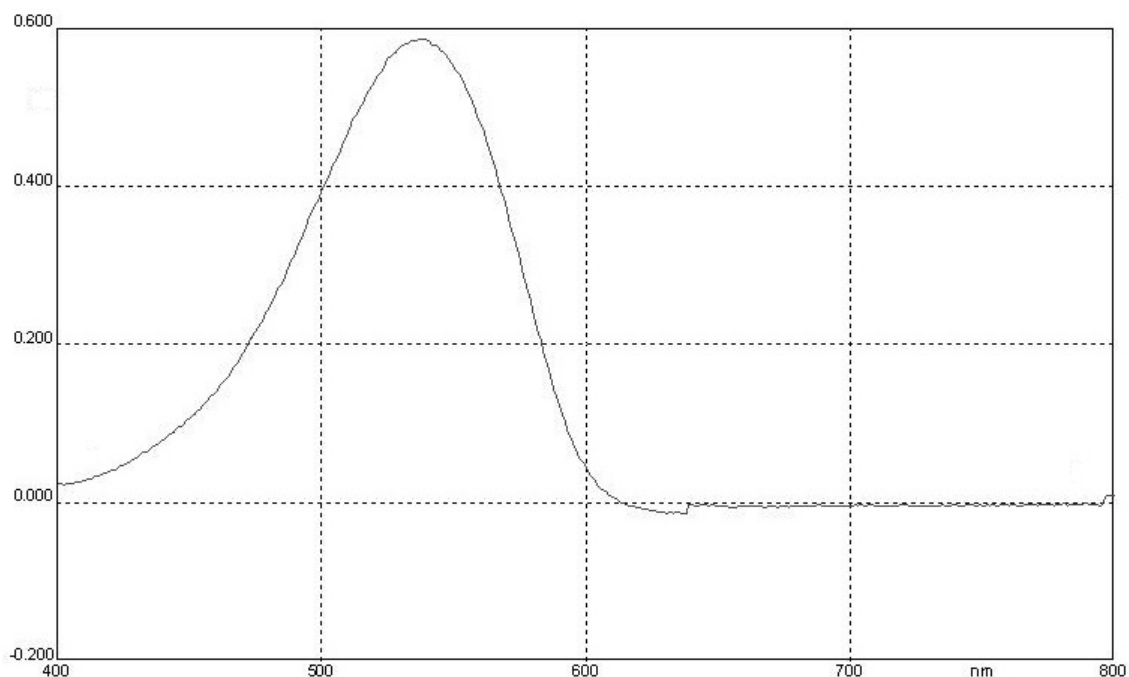
Pour 1 L de réactif (R) :

- À 800 mL d'eau distillée, ajouter 100 mL d'acide phosphorique concentré et 40 g de sulfanilamide.
- Dissoudre, puis ajouter 2 g de « *N*-naphtyl-1-éthylènediamine dichlorhydrate ».
- Agiter jusqu'à dissolution complète et ajuster à 1000 mL.
- Cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur, en flacon brun

On donne ci-dessous le spectre d'absorbance du complexe ion nitrite - réactif (R).

$$A = f(\lambda) :$$

Absorbance



Spectre du complexe nitrite - réactif R

### a/ Préparation de la gamme étalon

Vous disposez d'une solution étalon (E) d'ions nitrite de concentration  $C_E = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . La gamme sera réalisée dans des fioles de 50,0 mL. Pour chacune des fioles de la gamme, le tableau suivant indique le facteur de dilution souhaité ainsi que le volume de réactif (R) à ajouter dans les fioles. Chacune sera complétée par de l'eau déminéralisée, puis une attente de 10 minutes sera nécessaire avant de procéder aux mesures.

Numéro de la fiole	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Facteur de dilution	-	25	12,5	6,25	3,13
Volume de solution étalon $V_E$ / mL	0	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
Volume de réactif R / mL	2	2	2	2	2
Eau	q.s.p. 50 mL				
Concentration en ions nitrite	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$

#### Cahier de laboratoire

*Calculer le volume de solution (E) à ajouter dans chacune des fioles de la gamme, en utilisant le facteur de dilution. Écrire le protocole à réaliser pour effectuer ces dilutions. Calculer ensuite, pour chacune, la concentration en ions nitrite correspondante.*

### b/ Préparation de l'essai

Un échantillon d'eau vous est fourni. Celui-ci a été préalablement traité sur une résine réductrice qui a transformé les éventuels ions nitrate en ions nitrite, ce qui permet le dosage total des ions nitrite et nitrate. Introduire 10,0 mL de l'échantillon à doser dans une fiole de 50,0 mL. Ajouter 2 mL de réactif (R) et compléter à l'eau distillée. Laisser la fiole reposer 10 minutes.

### c/ Mesures et exploitation

Mesurer l'absorbance de chacune des solutions (gamme + essai) à la longueur d'onde choisie. On pourra s'aider de la notice du spectrophotomètre.

#### Cahier de laboratoire

*Tracer sur un graphe la courbe  $A = f(C_{\text{nitrite}})$ . Y faire apparaître également la valeur de l'absorbance de la fiole échantillon. Imprimer le graphe correctement légendé. Calculer la concentration en ions nitrite de l'eau dosée et conclure sur le caractère pollué ou non.*

### **III – Pour aller plus loin : recherches bibliographiques**

#### ***Eau potable :***

Vous trouverez sur le site du gouvernement des informations concernant la qualité de l'eau potable distribuée dans les réseaux en France, avec des résultats chiffrés d'analyse. En particulier, vous aurez des informations sur :

- la qualité microbiologique
- les teneurs en nitrate/nitrite
- les pesticides
- la qualité radiologique
- le plomb
- les résidus de médicaments (dont nous entendons beaucoup parler ces derniers temps).

Accès au site :

<http://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/article/qualite-de-l-eau-potable>

#### ***Traitement de l'eau : station d'épuration***

Vous trouverez à l'adresse suivante des informations sur le fonctionnement d'une station d'épuration :

<http://www.cpepsc.org/PRINCIPE-DE-FONCTIONNEMENT-D-UNE.html>

#### ***Distribution de l'eau en France***

Enfin, sur ce site, vous aurez accès une vue d'ensemble sur le petit cycle de l'eau et la manière dont la distribution s'effectue en France :

<http://www.eaufrance.fr/s-informer/>