

TS - PHYSIQUE-CHIMIE - SPÉCIALITÉ
L'EAU - SÉANCE 3/7

Domaine d'étude : eau et ressources

Mots-clefs : production d'eau potable

CONTRÔLE QUALITÉ D'UNE EAU MINÉRALE

CONTEXTE DU SUJET

L'objectif de cette séance est d'effectuer un contrôle qualité en vérifiant la concentration massique en ions chlorure indiquée sur l'étiquette d'une bouteille d'eau minérale de Vichy Saint-Yorre. La technique de dosage qui sera mise en œuvre est le **dosage par titrage** de cette eau minérale par la méthode de Mohr.



DOCUMENTS MIS À DISPOSITION

Document I : La qualité d'une eau

L'analyse qualitative d'une eau permet d'identifier les espèces chimiques qu'elle contient grâce à des tests caractéristiques.

Une eau est déclarée potable si elle répond à des critères précis. Pour satisfaire ces critères, les eaux naturelles (nappes souterraines, eaux de surface) sont traitées dans des stations de potabilisation et des contrôles de qualité sont effectués avant leur distribution.

Les eaux minérales n'ont pas besoin d'être traitées mais les normes de potabilité concernant les concentrations ioniques ne sont pas toujours respectées. En effet, c'est leur composition chimique particulière qui donne aux eaux minérales des vertus thérapeutiques.

D'après : DURAND, C - LALEVEE, F - BESSE, F. *Annales BAC 2012 - Sciences 1^{re} ES/L*. Nathan, 2011. 192 p. ISBN 978-2-09-188388-5

Document II : La découverte de la source Vichy Saint-Yorre

Un pharmacien, Nicolas Larbaud (père de l'écrivain Valéry Larbaud), propriétaire à Saint-Yorre, petite ville située dans le bassin de Vichy, s'aperçoit, dès 1850, des qualités gustatives et des propriétés des sources naturelles jaillissant sur son terrain. Il demande et obtient, au milieu du 19^e siècle, l'autorisation de les exploiter.

En 1859, il crée la première société des eaux de St-Yorre : "La Compagnie Propriétaire des Sources Minérales de Saint-Yorre, Bassin de Vichy".

En 1862, le site reçoit le droit de porter la mention "Bassin de Vichy" en raison de la similitude de la composition physico-chimique des eaux de Vichy et de St-Yorre.

Sans être déferries, les eaux de St-Yorre sont tout d'abord mises en bouteilles à la main. Vers la fin du 19^e siècle de nombreuses petites exploitations se créent.

Vers 1920, il en existe encore 22.

Depuis cette époque, St-Yorre s'est fortement développée, avec des sources de caractéristiques identiques regroupées sous le nom de "Royale".

D'après : StYorre - 150 ans d'Histoire. S.N.C. Neptune Distribution. [consulté le 02-X-2012]. Disponible sur : <http://www.st-yorre.com/index2.php?T=106&A=453#>

Document III : L'eau minérale Saint-Yorre

Une eau minérale, contrairement aux eaux de source, a une composition stable qui lui confère des vertus favorables à la santé, reconnues par l'Académie de Médecine.

Il existe trois types d'eau minérale :

- Les eaux très faiblement minéralisées (moins de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de résidu sur extrait sec)
- Les eaux faiblement minéralisées (entre 50 et $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de résidu sur extrait sec)
- Les eaux fortement minéralisées (plus de $1500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de résidu sur extrait sec)

Avec $4774 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, St-Yorre est l'eau minérale naturelle la plus riche en minéraux. Elle est donc désignée pour vous aider à mieux récupérer après un effort physique intensif, vous réhydrate plus efficacement et vous aide à mieux digérer après un repas copieux.

D'après : *St-Yorre - Qu'est-ce qu'une eau minérale ?* S.N.C. Neptune Distribution. [consulté le 02-X-2012].
Disponible sur : <http://www.st-yorre.com/index2.php?T=112>

Document IV : Normes de l'O.M.S. sur l'eau potable

Les lignes directrices de l'O.M.S. en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006, sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.

Élément / Substance	Symbole / Formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'O.M.S.
Ammonium	NH_4^+	$< 0,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	$< 42 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$0,02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Arsenic	As	–	$0,01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Baryum	Ba	–	$0,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Bore	B	$< 1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$0,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Cadmium	Cd	$< 1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$0,003 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Chlore	Cl	–	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

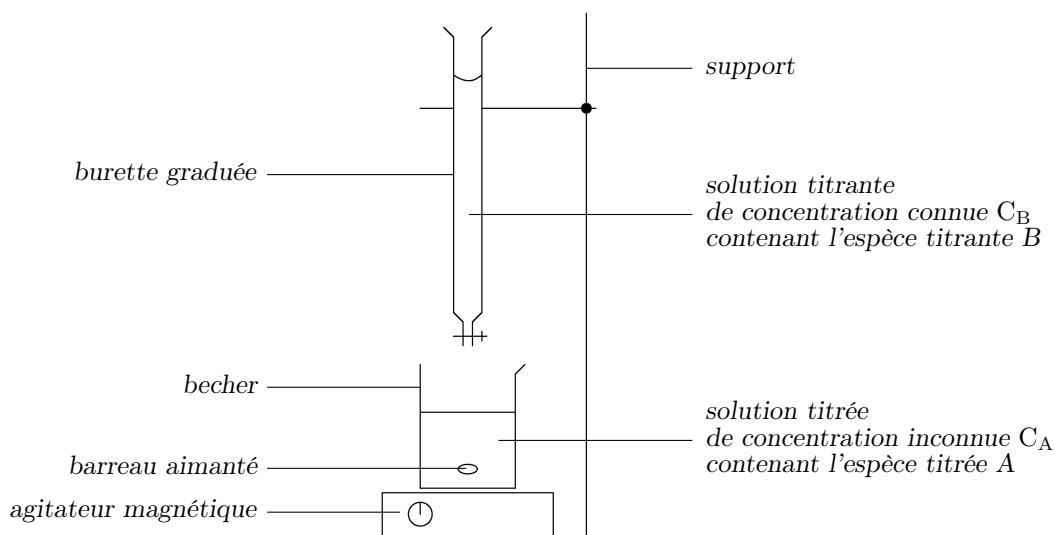
D'après : *Normes de l'O.M.S. sur l'eau potable.* Lenntech B.V. [consulté le 02-X-2012].
Disponible sur : <http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>

Document V : Principe d'un dosage par titrage

1. Définition

- ➡ Doser par titrage une espèce chimique A dissoute dans une solution aqueuse consiste à **déterminer la concentration** en soluté apporté de cette espèce chimique **en la faisant réagir** avec une quantité connue d'une espèce chimique B.
- ➡ La réaction, dite « réaction support du titrage », entre les espèces titrée A et titrante B est **unique, rapide et totale** : $a A + b B \rightarrow c C + d D$

2. Dispositif expérimental



3. Équivalence d'un titrage

- ➡ L'**équivalence** d'un titrage est le moment où les réactifs titré et titrant ont été introduits dans les **proportions stœchiométriques** : ils sont tous deux entièrement consommés. En d'autres termes, il y a changement de réactif limitant à l'équivalence d'un titrage.
- ➡ En dressant un tableau d'avancement de la transformation, on établit la relation entre la quantité de matière initiale de l'espèce titrée $n^0(A)$ et la quantité de matière du réactif titrant introduite à l'équivalence $n_E(B)$ (a et b sont les coefficients stœchiométriques de l'équation-bilan de la réaction support du titrage) :

$$\boxed{\frac{n^0(A)}{a} = \frac{n_E(B)}{b}} \quad \text{soit} \quad \frac{C_A \cdot V_A}{a} = \frac{C_B \cdot V_{B,E}}{b} \quad \text{d'où} \quad \boxed{C_A = \frac{a}{b} \cdot \frac{C_B \cdot V_{B,E}}{V_A}}$$

1. Mise au point du titrage par la méthode de Mohr

- ➡ Dans 6 tubes à essais, introduire un volume $V = 2$ mL d'eau de St-Yorre
- ➡ Dans le 2^e tube à essais, ajouter quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)
- ➡ Dans le 3^e tube à essais, ajouter un volume $V = 2$ mL d'une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)
- ➡ Dans les trois derniers tubes à essais, ajouter quelques gouttes d'une solution de chromate de potassium ($2 \text{K}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$) ou de chromate de sodium ($2 \text{Na}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$)
- ➡ Dans le 5^e tube à essais, ajouter quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)
- ➡ Dans le 6^e tube à essais, ajouter un volume $V = 2$ mL d'une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)

1.1. Schématiser les six tubes à essais, annoter leur contenu et faire figurer vos observations sur ces schémas en utilisant des couleurs lorsque cela est utile.

1.2. *La réaction support du titrage qui va être réalisé a lieu entre les ions chlorure et les ions argent. En outre, dans les 2^e et 5^e tubes, les ions argent constituent le réactif limitant alors qu'ils sont en excès dans les 3^e et 6^e tubes.*

À partir de ces informations, déterminer quels seront les réactifs titré, titrant et l'indicateur de fin de réaction lors du dosage par titrage des ions chlorure présents dans l'eau minérale de St-Yorre.

1.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction support du titrage qui va être mis en œuvre.

1.4. Préciser comment l'équivalence de ce titrage sera repérée.

2. Titrage des ions chlorure dans l'eau de St-Yorre par la méthode de Mohr

- ➡ Introduire la solution titrante de nitrate d'argent dans la burette graduée sans oublier de chasser la bulle proche du robinet et ajuster cette burette au zéro.
- ➡ Prélever un volume $V_A = 20,0$ mL d'eau de St-Yorre et l'introduire dans le becher qui servira au titrage.
- ➡ Ajouter environ 1 mL d'une solution de chromate de potassium ($2 \text{K}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$) ou de chromate de sodium ($2 \text{Na}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$) dans le becher.
- ➡ Réaliser le montage permettant d'effectuer le dosage par titrage des ions chlorure par la méthode de Mohr et **appeler le professeur** pour qu'il vérifie et valide le montage.
- ➡ Effectuer le titrage et déterminer avec précision le volume $V_{B,E}$ de la solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence.

2.1. Calculer la concentration molaire des ions chlorure dans l'eau de St-Yorre.

2.2. En déduire la concentration massique des ions chlorure dans l'eau de St-Yorre sachant que la masse molaire du chlore est $M_{\text{Cl}} = 35,45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

3. Synthèse

3.1. Mettre en commun les résultats de classe et calculer la valeur moyenne de la concentration massique des ions chlorure dans l'eau de St-Yorre ainsi que l'écart-type associé.

3.2. Déterminer l'écart relatif entre la valeur expérimentale et la valeur indiquée sur l'étiquette de la bouteille d'eau de St-Yorre.

3.3. La valeur commerciale figurant sur l'étiquette est-elle correcte ? Cette forte teneur en ions chlorure remet-elle en cause la potabilité de l'eau de Vichy St-Yorre ?

3.4. Que pourrait-on faire pour améliorer la précision de ce titrage ?