

**Mots clés :** surveillance et lutte physico-chimique contre la pollution

### 1. OBJECTIFS :

- L'eau du robinet ainsi que les eaux minérales contiennent des espèces minérales dissoutes et notamment des ions chlorures  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ . La législation française fixe à  $250 \text{ mg.L}^{-1}$  la concentration massique maximale en ions chlorure d'une eau destinée à la consommation. Il est donc important de savoir titrer les ions chlorure dans une eau.
- On dose une solution d'ions chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  de concentration  $C_1$  à l'aide d'une solution d'ions  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$  de concentration  $C_2$  connue en présence de chromate de potassium qui sert d'indicateur de fin de réaction

### 2. PRINCIPE

#### 2.1. Précipitation et complexation

Une réaction de précipitation est une réaction au cours de laquelle il se forme un précipité. Les réactifs sont liquides et le produit est solide ; les microcristaux qui se forment sont en suspension dans la solution.

Une réaction de complexation est une réaction au cours de laquelle il se forme un ion complexe : association de plusieurs édifices chimiques.

#### 2.2. Compétition

- Lorsque deux précipités peuvent se former, c'est le **moins soluble dans l'eau qui apparaît en premier**.
- Lorsque deux ions complexes peuvent se former, c'est le plus stable qui apparaît en premier.

### 3. EXPERIENCES PRELIMINAIRES

#### 3.1. Précipitation du chlorure d'argent

- Introduire environ 1cm d'une solution de chlorure de sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  dans un tube à essais, puis ajouter quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ .

- Noter vos observations
- Ecrire l'équation de la réaction en sachant qu'il se forme du chlorure d'argent  $\text{AgCl}_{(\text{s})}$

#### 3.2. Précipitation du chromate d'argent

- Introduire environ 1cm d'une solution de chromate de potassium  $2 \text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  dans un tube à essais, puis ajouter quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ .

- Noter vos observations.
- Ecrire l'équation de la réaction en sachant qu'il se forme du chromate d'argent  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4_{(\text{s})}$

#### 3.3. Précipitation préférentielle

- Préparer un tube à essais contenant 1 cm de solution de chromate de potassium  $2\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  et 1cm de solution de chlorure de sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ .

- Ajouter goutte à goutte une solution de nitrate d'argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$
- Agiter le tube à essais

- Quel est le premier précipité formé ?
- Qu'observe-t-on si on continue à ajouter la solution de nitrate d'argent ?
- Lequel des deux précipités précédents est le moins soluble dans l'eau ?

## 4. ELABORATION DU PROTOCOLE DE TITRAGE

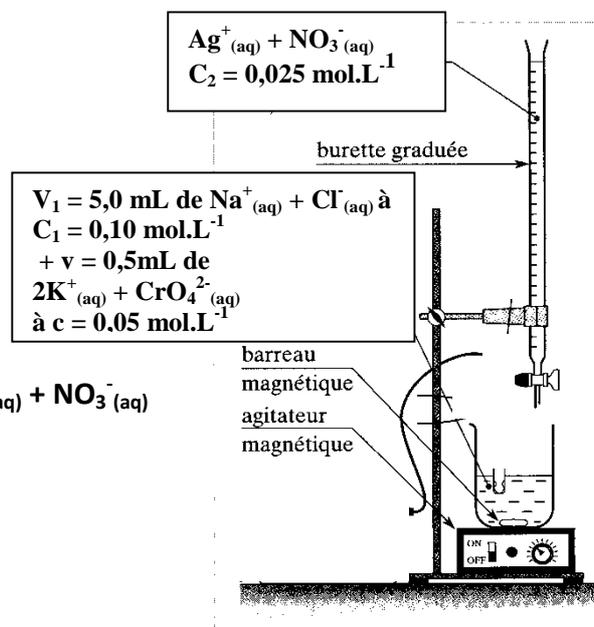
### 4.1. Protocole expérimental

- Rincer soigneusement la burette avec du nitrate d'argent.
- Remplir la burette de la solution de nitrate d'argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$  de concentration  $C_2 = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Introduire dans un bécher  $V_1 = 5,0 \text{ mL}$  d'une solution de chlorure de sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  de concentration  $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Ajouter  $v = 0,5 \text{ mL}$  de solution chromate de potassium  $2\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  de concentration  $c = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ .

- Ajoutez le nitrate d'argent : Dès qu'il n'y a plus d'ions  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ , le précipité rouge subsiste : On a atteint le point d'équivalence.

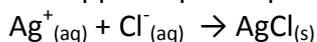
🔪 **Essayer de faire un dosage à la goutte près; Recommencer plusieurs fois si nécessaire.**

a) Noter le volume  $V_2$  de solution de nitrate d'argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$  pour lequel le précipité rouge brique persiste.



### 4.2. Questions

On rappelle que l'équation de la réaction c'est



- a) Calculer le nombre de moles d'ions chromate  $n(\text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})})$  que l'on a ajouté au départ
- b) Exprimer le volume total  $V_T$  en fonction de  $V_2$ ,  $V_1$  et  $v$
- c) Lorsque le précipité rouge apparaît, il y a encore tous les ions chromate en solution, on a donc fait une simple dilution. En sachant que pour une dilution, le nombre de moles reste constant, exprimer  $n(\text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})})$  en fonction de la concentration en ions chromate  $[\text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}]$  et du volume totale  $V_T$ .
- d) Calculer la concentration des ions chromate  $[\text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}]$  dans le bécher ?
- e) La concentration en ions argent lorsque le précipité rouge apparaît est donnée par la relation.

$$[\text{Ag}^+_{(\text{aq})}] = \frac{1}{\sqrt{6,3 \cdot 10^{11} \cdot [\text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}]}}$$

Calculer  $[\text{Ag}^+_{(\text{aq})}]$

f) La concentration en ions chlorure  $[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]$  qui lorsque le précipité rouge apparaît est donnée par la relation.

$$[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}] = \frac{1}{5,0 \cdot 10^9 \cdot [\text{Ag}^+_{(\text{aq})}]}$$

Calculer  $[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]$

- g) Peut-on dire que la réaction de précipitation est totale ? Justifier
- h) Justifier l'utilisation du chromate de potassium comme indicateur de fin de réaction.

## 5. TITRAGE DES IONS CHLORURE DANS UNE EAU MINERALE

### 5.1. Elaboration du protocole expérimental

- A partir des résultats précédents, proposer un protocole expérimental pour déterminer la concentration  $C_1$  en ions chlorure d'une eau de St-Yorre
- On utilisera une solution chromate de potassium  $2K^+_{(aq)} + CrO_4^{2-}_{(aq)}$  de concentration  $c = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ , la solution de nitrate d'argent précédente, ainsi qu'un volume  $V_1 = 20 \text{ mL}$  d'eau de St-Yorre

**Après accord avec le professeur, réaliser le titrage**

### 5.2. Questions

- Noter la valeur du volume versé à l'équivalence :  $V_E$
- Ecrire la réaction de titrage. On rappelle que le chromate de potassium n'est qu'un indicateur de fin de réaction et qu'il n'intervient pas dans la réaction.
- A l'équivalence, quelle est la relation entre  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $V_1$  et  $V_E$ .
- En déduire la valeur de la concentration en ions chlorure  $C_1$ ,
- Calculer la concentration massique  $t_m$  des ions chlorure  
**Données :  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$**
- Comparer les résultats avec l'indication de l'étiquette.  
 Calculer l'écart relatif :  $P = \left| \frac{t_{sur\ l'étiquette} - t_m}{t_{sur\ l'étiquette}} \right| . 100$
- Les normes préconisent une concentration massique maximale de  $250 \text{ mg.L}^{-1}$  en ions chlorure pour une eau de consommation quotidienne. Peut-on alors consommer l'eau de St-Yorre ? Si oui dans quelle condition