

## A. L'eau salée de la mer Méditerranée

**A.1. Citer la valeur de la concentration minimale en masse  $c_m$  en ion chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  à partir de laquelle on peut considérer que l'eau souterraine est contaminée par une intrusion d'eau de mer la rendant non potable.**

Le tableau montre que lorsque la concentration en masse en ions chlorure est comprise entre 200 et 500  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , l'eau ne peut plus être utilisée pour la production d'eau potable.

La concentration en masse minimale en ion chlorure à partir de laquelle on peut considérer que l'eau souterraine est contaminée est donc  $c_m = 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**A.2.1. Sachant que la concentration en quantité de matière de chlorure de magnésium  $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$  dans l'eau de mer vaut  $c = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , déterminer la concentration en quantité de matière en ions chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  apportés par  $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$ , notée  $[\text{Cl}^-_{(\text{aq})}]$ .**

L'équation  $\text{MgCl}_{2(\text{s})} \rightarrow \text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  montre que 1 mole de  $\text{MgCl}_2$  forme 2 moles d'ions  $\text{Cl}^-$

$$\text{soit } \frac{n(\text{MgCl}_2)}{1} = \frac{n(\text{Cl}^-)}{2}$$

$$\text{Donc } \frac{c \times V}{1} = \frac{[\text{Cl}^-] \times V}{2} \text{ en notant } V \text{ le volume de l'échantillon d'eau de mer.}$$

$$\text{Par conséquent : } [\text{Cl}^-] = 2c$$

$$\text{soit } [\text{Cl}^-] = 2 \times 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

**A.2.2. La concentration en masse en ions chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  apportés par le chlorure de sodium  $\text{NaCl}_{(\text{s})}$  dans l'eau a pour valeur  $c_m = 16,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Déterminer alors la concentration totale en masse en ions chlorure dans la mer Méditerranée.**

La concentration en masse en ions chlorure apportée par  $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$  est :

$$c_m(\text{MgCl}_2) = [\text{Cl}^-] \times M(\text{Cl}^-)$$

$$\begin{array}{r} 8,0 \times 10^{-2} \times 35,5 \\ \hline 2,84 \\ 16,5 + 2,8 \\ \hline 19,3 \end{array}$$

$$\text{soit } c_m(\text{MgCl}_2) = 8,0 \times 10^{-2} \times 35,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 2,8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$$

La concentration en masse totale en ions chlorure dans la mer Méditerranée est alors :

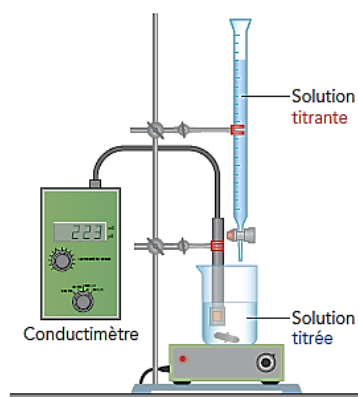
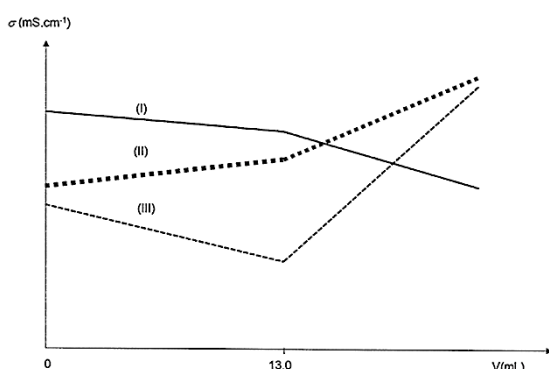
$$c_m(\text{MgCl}_2) + c_m(\text{NaCl}) = 2,8 + 16,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 19,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$$

## B. Titrage des ions chlorure de l'eau douce des eaux souterraines

**B.1. Identifier, parmi les trois courbes I, II et III proposées sur le graphique de la figure 2 suivante, celle qui représente l'évolution simulée de la conductivité  $\sigma$  du mélange en fonction du volume  $V$  de solution de nitrate d'argent versé. Justifier votre réponse.**

Le réactif titrant est l'ion  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$ .

Le réactif titré est l'ion  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ .



Nitrate d'argent  
 $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$   
 $c_1 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   
 $V_E$  en mL

Eau douce contenant  
des ions chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$   
 $c_2 = ? \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$   
 $V_2 = 50,0 \text{ mL}$

Avant l'équivalence	Après l'équivalence
<p><u>Ions présents dans le bécher :</u>  Ions chlorure <math>Cl^-</math>.  Ions nitrate <math>NO_3^-</math> spectateurs.  Autres ions dans l'eau douce.</p> <p><u>Évolution des concentrations :</u>  <math>[Cl^-]</math> diminue car les ions chlorure sont consommés.  <math>[NO_3^-]</math> augmente car les ions nitrate sont apportés et spectateurs.  [Autres ions] constante.</p> <p><u>Conductivité :</u>  <math>\sigma = \lambda_{Cl^-} \times [Cl^-] + \lambda_{NO_3^-} \times [NO_3^-] + \sigma_{autres\ ions}</math>  <math>\searrow \quad \quad \quad \searrow \quad \quad \quad \nearrow \quad \quad \quad =</math>  Or <math>NO_3^-</math> est moins conducteur que <math>Cl^-</math> car <math>\lambda_{NO_3^-} &lt; \lambda_{Cl^-}</math>.  <b>La conductivité <math>\sigma</math> diminue avant l'équivalence.</b></p>	<p><u>Ions présents dans le bécher :</u>  Ions argent <math>Ag^+</math>.  Ions nitrate <math>NO_3^-</math> spectateurs.  Autres ions dans l'eau douce.</p> <p><u>Évolution des concentrations :</u>  <math>[Ag^+]</math> augmente car <math>Ag^+</math> est en excès et n'est plus consommé  <math>[NO_3^-]</math> augmente car les ions nitrate sont encore apportés et spectateurs.  [Autres ions] constante.</p> <p><u>Conductivité :</u>  <math>\sigma = \lambda_{Ag^+} \times [Ag^+] + \lambda_{NO_3^-} \times [NO_3^-] + \sigma_{autres\ ions}</math>  <math>\nearrow \nearrow \quad \quad \nearrow \quad \quad \nearrow \quad \quad =</math></p> <p><b>La conductivité <math>\sigma</math> augmente fortement après l'équivalence.</b></p>

Seule la **courbe III (---)** correspond à l'évolution de la conductivité décrite dans le tableau.

**B.2. Le volume versé à l'équivalence est  $V_E = 13,0$  mL. En déduire si l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable.**

***Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.***

L'équation de la réaction support du titrage est :  $Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}$ .

À l'équivalence du titrage, on réalise un mélange stœchiométrique des réactifs titrant et titré soit :

$$\frac{n_2(Cl^-)}{1} = \frac{n_E(Ag^+)}{1}$$

$$\frac{c_2 \times V_2}{1} = \frac{c_1 \times V_E}{1}$$

donc  $c_2 = \frac{c_1 \times V_E}{V_2}$ .

$$c_2 = \frac{1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 13,0 \text{ mL}}{50,0 \text{ mL}} = 2,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

1.0E-2\*13.0/50.0  
.0026  
Ans\*35.5  
.0923

Concentration en masse en ions chlorure :  $c_m = c_2 \times M(Cl^-)$

Soit  $c_m = 2,6 \times 10^{-2} \times 35,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 9,2 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 92 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

$92 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} < 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  donc l'eau du prélèvement peut être utilisée pour l'alimentation en eau potable.

## C. Modélisation d'un titrage

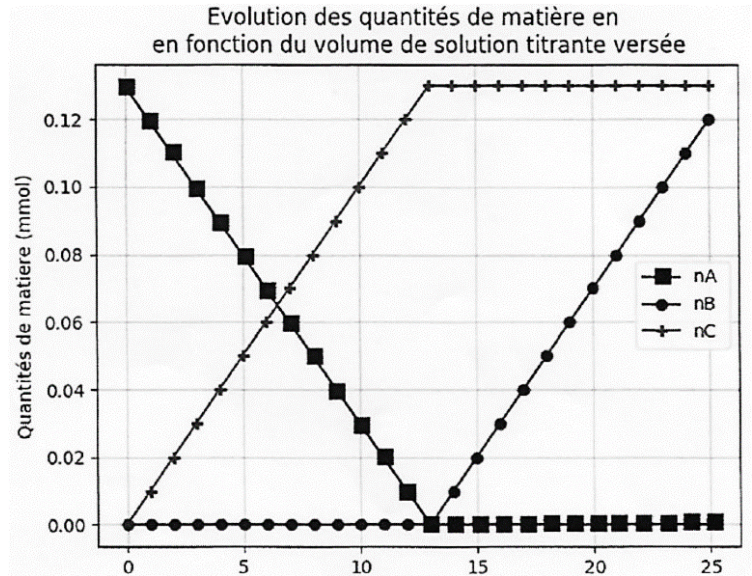
C.1. Les quantités de matière  $n_A$ ,  $n_B$  et  $n_C$ , mentionnées et calculées aux lignes 21, 22, 23, 28, 29 et 30 du programme Python (figure 3) sont représentées sur la figure 4.

Grâce à cette dernière et avec justification, identifier les espèces chimiques A, B et C.

La quantité de matière  $n_A$  diminue avant l'équivalence et reste nulle après l'équivalence :  $n_A$  est donc la quantité d'ions chlorure  $Cl^-$  titrée.

La quantité de matière  $n_B$  est nulle avant l'équivalence et augmente après l'équivalence :  $n_B$  est donc la quantité d'ions argent  $Ag^+$ .

La quantité de matière  $n_C$  augmente avant l'équivalence et reste constante après l'équivalence :  $n_C$  est donc la quantité de chlorure d'argent formé  $AgCl$ .



C.2. Compléter la ligne 15 du programme Python de la figure 3 afin qu'il calcule la concentration en quantité de matière en ions chlorure.

La réponse à la question B.2. a montré que  $c_2 = \frac{c_1 \times V_E}{V_2}$

soit en adaptant les notations :  $C_A = \frac{C_B \times V_E}{V_A}$

Et avec les notations du programme  $cA = (cB * VE) / vA$