

**Exercice 1 (3 points)**

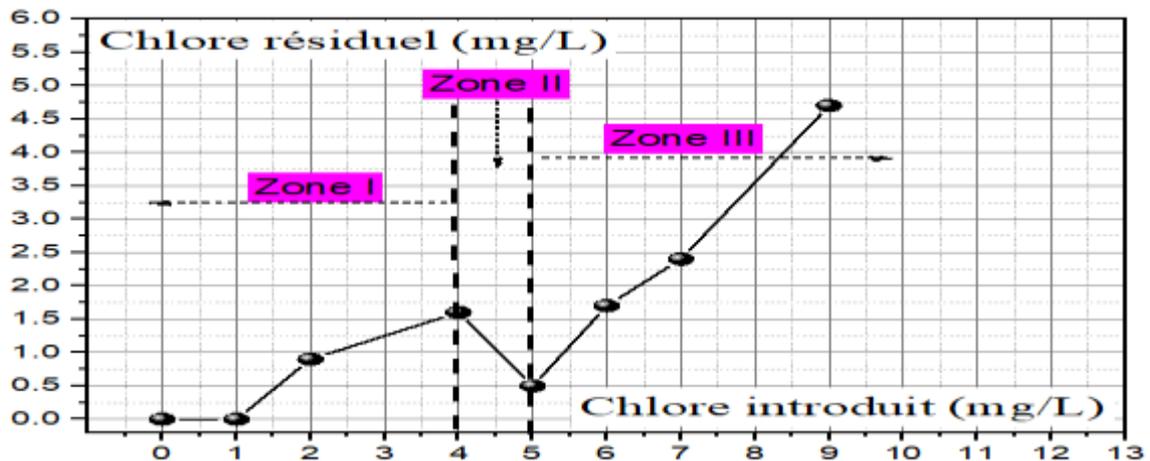
L'analyse d'un échantillon d'eau a donné les résultats suivants :

pH = 7,7 ; TH : 14 °F ; TAC : 11 °F; Na<sup>+</sup> : 0,54 méq/L ; K<sup>+</sup> : 0,04 méq/L ; Ca<sup>2+</sup> : 2,05 méq/L;  
 Cl<sup>-</sup> : 0,85 méq/L ; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : 0,57 méq/L.

- Déterminer la **concentration** des **bicarbonates** et du **magnésium** (en **mg/L**).  
 On donne: **Mg** : 24 (g/mol); **HCO<sub>3</sub>** : 61 (g/mol)
- Vérifier la **balance ionique** de cette eau. **Interpréter** le résultat.

**Exercice 2 (8 points)**

Soit une eau de surface ( pH= 7,5 ; T = 20 °C), On a réalisé l'essai de break point de cette eau pour un temps de contact de 30 minutes.

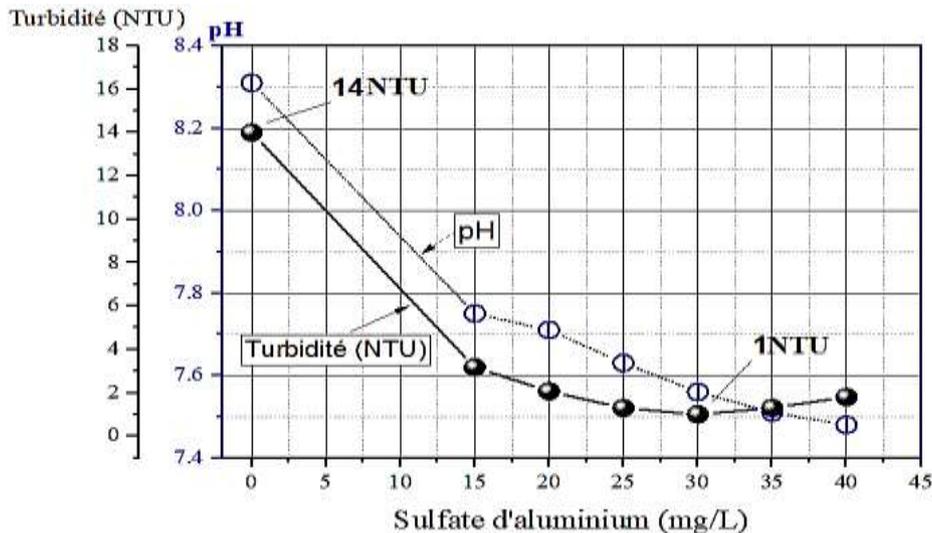


- Quel est l'objectif de cet essai ?
- Pourquoi le choix d'un temps de contact de **30 minutes** ?
- Qu'est ce qui se produit dans la **zone III** de la courbe ?
- Pourquoi il apparaît dans cette courbe un break-point ?
- Déduire de la courbe la dose de chlore à introduire en station de traitement.
- Au break-point déterminer la quantité du chlore consommée en mg/L.
- Que peut-on dire de l'efficacité de la chloration ? Sachant que : pH de l'eau = 7,5 ; La constante de dissociation de l'acide hypochloreux est  $K_a = 2,510^{-8}$  mol/L ;



### Exercice 3 (4 points)

Les résultats d'un essai du Jar Test en utilisant le Sulfate d'aluminium sont présentés dans la figure suivante :



- 1) Quel est le rôle du sulfate d'aluminium ajouté ?
- 2) Interpréter l'évolution de la turbidité et du pH en fonction de la dose de sulfate d'aluminium ajouté.
- 3) Calculer le rendement d'élimination de la turbidité.

### Exercice 4 (5 points)

Un filtre rapide comporte une couche de sable d'épaisseur « L ». La hauteur d'eau au-dessus du sable est de 0,8 m. Le débit d'eau traversant le filtre est de  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- 1) Sachant que la vitesse de filtration est de 5 m/h, calculer la section horizontale du bassin de filtration.
- 2) Le coefficient de perméabilité à travers le lit de sable est  $K = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  et la perte de charge  $\Delta H = 0,75 \text{ m}$ . Calculer l'épaisseur (L) de la couche de sable.
- 3) Déterminer la durée entre deux lavages (Fréquence de lavage) du filtre (en heures). Sachant que :
  - Le débit des MES entrant au filtre = 5 Kg MES/h
  - La capacité totale de rétention du filtre en MES (à l'état de saturation) = 600 Kg MES
- 4) Comment peut-on savoir que le lavage du filtre est nécessaire ?
- 5) Quel débit d'eau de lavage ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) faut-il appliquer si on applique une vitesse d'eau de lavage de 1,2 m/min ?

**Exercice 1 (3/3 points)**

**Concentration des bicarbonates :**

On a  $\text{pH} = 7,7 < 8,3$  Alors  $\text{TA} = 0$  donc  $\text{TAC} = 0 + [\text{HCO}_3^-] \longrightarrow [\text{HCO}_3^-] = \text{TAC} = 11 \text{ }^\circ\text{F}$   
 $= \frac{11}{5} = 2,2 \text{ méq/L}$

$[\text{HCO}_3^-] = 2,2 \times \frac{61}{1} = 134,2 \text{ mg/L (1 point)}$

**Concentration du magnésium :**

On a  $\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] \longrightarrow [\text{Mg}^{2+}] = \text{TH} - [\text{Ca}^{2+}]$

$\text{TH} = 14 \text{ }^\circ\text{F} = \frac{14}{5} = 2,8 \text{ méq/L} ; \text{Ca}^{2+} = 2,05 \text{ méq/L} \longrightarrow [\text{Mg}^{2+}] = 2,8 - 2,05 = 0,75 \text{ méq/L}$

$[\text{Mg}^{2+}] = 0,75 \times \frac{24}{2} = 9 \text{ mg/L (1 point)}$

**Calcul de la balance ionique**  $= \frac{1 \sum[\text{Cations}] - \sum[\text{anions}] I}{\sum[\text{Cations}] + \sum[\text{anions}]} \times 100$  **(1 point)**

Bilan ionique  $= \frac{(0,54+0,04+2,05+0,75) - (0,85+0,57+2,2)}{(0,54+0,04+2,05+0,75) + (0,85+0,57+2,2)} \times 100 = 3,43 \% < 5 \% \longrightarrow$  Le bilan ionique est vérifiée.

**Exercice 2 (8/8 points)**

1. L'objectif de cet essai est la détermination de la dose optimale du chlore à introduire pendant l'étape de chloration d'une eau. **(1 point)**
2. le choix d'un temps de contact de **30 minutes** a été fait pour assurer que le chlore introduit a oxydé et désinfecté l'eau efficacement car le chlore nécessite un temps pour réagir parfaitement avec les constituants de l'eau. **(1 point)**
3. Pendant le temps qui constitue la Zone III , le chlore introduit est sous forme de chlore libre. **(1 point)**
4. Dans cette eau apparaît le break point car dans l'eau il existe l'ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ) qui au break point et en présence du chlore il se transforme complètement en gaz  $\text{N}_2$  . **(1 point)**
5. La dose du chlore qui correspond au break point = 5 mg/L. **(1 point)**
6. Le chlore consommé = Chlore introduit – Chlore résiduel  
 $= 5 - 0,5 = 4,5 \text{ mg/L (1 point)}$

7. **Supposant que le pH de cette eau est de 7,5 ;** On a la réaction :  $\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ClO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

$K_a = \frac{([\text{ClO}^-][\text{H}_3\text{O}^+])}{[\text{HClO}]} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_a \times [\text{HClO}]}{[\text{ClO}^-]}$

On a :  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$  , on obtient :  $[HClO] = \frac{[ClO^-] \times 10^{-pH}}{K_a}$

Sachant que % HClO = 100 - % ClO<sup>-</sup> Alors : % ClO<sup>-</sup> =  $\frac{100}{(\frac{10^{-7,5}}{2,5 \times 10^{-8}} + 1)}$  = 44,15 % ; % HClO = 100 - 44,15

Le pourcentage de HClO est de **55,85 %** > ClO<sup>-</sup> = **44,15%**, et la forme bactéricide la plus efficace est HClO alors la désinfection est efficace. **(2 points)**

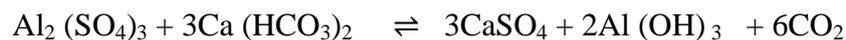
### Exercice 3(4/4 points)

1. Le sulfate d'aluminium est un coagulant et a le rôle de déstabilisation des colloïdes. **(1 point)**

### 2. Interprétations :

- La diminution de la turbidité est due à la déstabilisation des colloïdes en présence du SA et la formation des floccs décantables. Après la dose optimale du SA la turbidité réaugmente car il se produit une restabilisation d'une partie des colloïdes. **(1 point)**

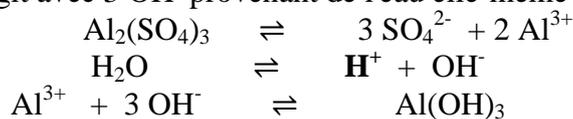
- Le pH diminue avec l'augmentation de la dose du SA d'aluminium introduit car **(1 point)**



La perte d'alcalinité (consommation de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se traduit par une libération du gaz (acide alors une diminution du pH).

La chute du pH est due également à la libération des ions H<sup>+</sup> après hydrolyse du sel d'aluminium.

chaque Al<sup>3+</sup> réagit avec 3 OH<sup>-</sup> provenant de l'eau elle-même selon les réactions :



3. Rendement d'élimination de la turbidité =  $\frac{14-1}{14} \times 100 = 92,86\%$  **(1 point)**

### Exercice 4 (5/5 points)

1. Section horizontale du bassin de filtration.

$Q = v \times S$  ;  $Q$  : Débit du décanteur ;  $v$  : vitesse de l'eau à l'entrée du décanteur ;  $S$  : section horizontale du décanteur.

$S = Q/v = 200/5 = 40 \text{ m}^2$  **(1 point)**

2. L'épaisseur (L) de la couche de sable.

Selon la loi de Darcy :  $v = K \frac{\Delta H}{L}$  Alors  $L = \frac{K \Delta H}{v} = (1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75) \times 3600 / 5 = 0,97 \text{ m}$  **(1 point)**

3. Calcul de la fréquence de lavage du filtre (par heures).

Alors la fréquence de lavage = (capacité totale de rétention/Flux MES) =  $\frac{600}{5} = 120$  heures **(1 point)**

4. Calcul de débit :

Débit = vitesse × Surface ;  $Q = 1,2 \times 40 \times 60 = 2880 \text{ m}^3/\text{h}$  **(1 point)**

5. Le lavage du filtre est nécessaire quand il est colmaté : Turbidité de l'eau à la sortie du filtre est élevée (dépassé la norme) et perte de charge dans le filtre est élevée (dépassé la hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant). **(1 point)**