

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2014

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

14-CI-B4

APPROVISIONNEMENT EN EAU ET TRAITEMENT DES EAUX USÉES

QUESTION 1 (8 %)

Le rejet continu d'une eau usée municipale non traitée peut avoir des effets néfastes sur un cours d'eau récepteur. Discutez des effets liés à un tel rejet sur la qualité d'une eau de rivière et la santé de l'environnement aquatique en général en relation avec les trois paramètres suivants, soit la DBO_5 (matière organique), l'azote (organique et ammoniacal) et le phosphore.

QUESTION 2 (15 %)

- En quoi diffèrent les procédés de « coagulation » et de « floculation » en termes de mécanismes? Justifiez votre réponse. (3 %)
- Pourquoi privilégie-t-on l'utilisation du gradient de vitesse G (s^{-1}) pour décrire l'intensité de mélange d'un volume liquide en traitement des eaux? En d'autres mots, pourquoi une vitesse de rotation (ex. : exprimée en rpm) ne suffirait-elle pas à décrire l'intensité du mélange? Justifiez votre réponse. (4 %)
- Les besoins en termes d'intensité de mélange sont-ils différents lors des étapes de « coagulation » et de « floculation » en traitement des eaux? Justifiez votre réponse. (3 %)
- Une municipalité située en banlieue de Montréal envisage de traiter son eau par un procédé de coagulation. Sachant que la concentration d'alun envisagée est de $50 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$ et que l'alcalinité de cette eau est en moyenne de $15 \text{ g CaCO}_3/\text{m}^3$, peut-on s'attendre à ce que le procédé de coagulation soit efficace? Justifiez votre réponse. (5 %)

QUESTION 3 (15 %)

L'analyse granulométrique d'une eau industrielle en laboratoire permet d'obtenir les résultats suivants :

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 15 % de diamètre voisin de 0,012 mm | 35 % de diamètre voisin de 0,048 mm |
| 30 % de diamètre voisin de 0,031 mm | 20 % de diamètre voisin de 0,070 mm |

Les particules, considérées comme sphériques, possèdent une masse volumique de $2400 \text{ kg}/\text{m}^3$.

- déterminez l'efficacité d'un décanteur rectangulaire idéal à débit horizontal (longueur : 35 m; largeur : 15 m; hauteur : 3 m) sachant que le débit et la température de l'eau sont respectivement de $800 \text{ m}^3/\text{h}$ et 15°C ($\mu = 1,139 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$; $\rho = 999,1 \text{ kg}/\text{m}^3$); (9 %)
- quel débit permet d'obtenir une efficacité de décantation de 70 %? (6 %)

QUESTION 4 (12 %)

Un essai de laboratoire a permis d'obtenir la $\text{DBO}_{\text{restante}}$ (DBO_r) d'un échantillon d'eau usée après cinq jours d'essais ainsi que la valeur de la constante k (base e) :

- DBO_r (après 5 jours d'incubation à 20°C) = $45 \text{ g-O}_2/\text{m}^3$;
- k (base e) = $0,37 \text{ d}^{-1}$.

- i) Calculer la DBO₅ de cet échantillon; (4 %)
- ii) Quelle est la DBO₅ de ce même échantillon si la température est maintenant de 12°C? Pour vos calculs, utilisez une valeur de θ (coefficient de température) de 1,047; (4 %)
- iii) Quel aurait été la DBO_r de ce même échantillon s'il avait été incubé à 12°C au lieu de 20°C? (4 %)

QUESTION 5 (10 %)

La teneur en matières sèches (siccité) d'une boue soutirée du décanteur d'une station d'épuration est de 3,8 %. Suite à sa déshydratation, sa siccité atteint 34 %. Estimez le pourcentage d'eau perdue au travers le processus de déshydratation.

QUESTION 6 (15 %)

Une eau souterraine présente les caractéristiques suivantes :

| | | |
|--------------------|--------------------------------------|--|
| pH = 8,2 | $\text{Ca}^{2+} = 128 \text{ g/m}^3$ | $\text{HCO}_3^- = 256 \text{ g/m}^3$ |
| Température = 20°C | $\text{Mg}^{2+} = 41 \text{ g/m}^3$ | $\text{SO}_4^{2-} = 221 \text{ g/m}^3$ |
| | $\text{Na}^+ = 56 \text{ g/m}^3$ | $\text{Cl}^- = 121 \text{ g/m}^3$ |

Compte tenu de ces données :

- iv) déterminez la dureté totale de l'eau exprimée en g-CaCO₃/m³. Comment qualifiez-vous la dureté de cette eau? (3 %)
- v) déterminez l'alcalinité de l'eau exprimée en g-CaCO₃/m³; (2 %)
- vi) déterminez la dureté carbonatée et non-carbonatée de l'eau exprimée en g-CaCO₃/m³; (3 %)
- vii) de manière plus large, discutez du rôle et de l'importance de l'alcalinité en traitement des eaux, tant en production d'eau potable qu'en épuration des eaux usées. Au besoin, vous pouvez associer vos réponses à des étapes de traitement. (7 %)

QUESTION 7 (10 %)

Une station de production d'eau potable présente la filière de traitement suivante : dégrillage, mélange rapide (injection du coagulant), floculation (injection du polymère), décantation, filtration sur sable-anthracite, **ozonation**, **filtration sur charbon actif**, désinfection.

Expliquez en quoi les étapes d'ozonation et de filtration sur charbon actif permettent d'améliorer la qualité de l'eau produite par cette station.

QUESTION 8 (15 %)

Établir une filière de traitement qui comprend l'ensemble des éléments suivants :

Système de déshydratation des boues et des écumes (ex. : filtre-presse). Réservoir de stockage de coagulant. Décanteur secondaire. Dégrilleur(s). Décanteur tertiaire. Bassin de stockage des boues et des écumes. Marais artificiel (*wetland system*). Décanteur primaire. Émissaire (rejet au cours d'eau). Bassin aéré (boues activées). Dessableur aéré. Disques biologiques (étape de nitrification biologique). Conduite(s) de retour des eaux issues de la déshydratation des boues vers la filière liquide de traitement. Injection du coagulant (lieu d'injection). Bennes des stockages des résidus de dégrilleur(s) et de dessableur.

Votre solution doit être présentée sous la forme d'un schéma général avec des représentations graphiques simplifiées des éléments ainsi que des traits et flèches permettant de suivre le cheminement des eaux ou des boues. Vous pouvez, au besoin, ajouter un (des) élément(s) à la filière de traitement liquide ou solide, à condition qu'ils soient justifiés.