

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2016

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

14-EN-A1 PRINCIPES DU GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

PARTIE I : PROBLÉMATIQUE ENVIRONNEMENTALE (65 points)

QUESTION 1 (30 points)

Un égout pluvial reçoit accidentellement les eaux usées d'une industrie agroalimentaire due à la présence d'un raccordement inversé sur le réseau. La pollution se déverse dans une petite rivière, ce qui perturbe le milieu récepteur. Les calculs seront effectués au moyen de la Demande Biochimique en Oxygène ultime (DBO ultime).

Vous avez les informations suivantes :

Données de la rivière:

- Débit de la rivière : $12 \text{ m}^3/\text{s}$
- Température de l'eau de la rivière : 10°C
- Écoulement en régime laminaire dans la rivière. Cette dernière se comporte comme un réacteur de type piston.
- Au point de déversement, il y a un mélange complet entre les eaux de rivières et celles provenant de l'égout pluvial.
- La constante de ré-oxygénation des eaux de la rivière est de $0,35 \text{ d}^{-1}$ à 20°C .
- Avant le déversement des eaux usées industrielles, la concentration d'oxygène dissous dans l'eau de la rivière est à saturation soit $11,3 \text{ mg/L}$.
- La vitesse d'écoulement de l'eau dans la rivière est de $0,1 \text{ m/s}$.
- $\text{DBO}_{\text{ultime}}$ de l'eau de rivière mesurée au laboratoire : 5 mg/L
- Coefficient θ rivière = $1,024$

Caractéristiques de l'égout pluvial:

- Le débit d'eau d'égout est de $3 \text{ m}^3/\text{s}$
- Température de l'eau d'égout : 10°C
- Constante cinétique de la DBO à 20°C : $0,23 \text{ d}^{-1}$
- Concentration de $\text{DBO}_{\text{ultime}}$: 200 mg/L
- Avant le déversement des eaux usées industrielles, la concentration d'oxygène dissous dans l'eau d'égout pluvial est à saturation soit $11,3 \text{ mg/L}$.
- Coefficient θ égout = $1,056$

- 1.1. (10 points)** Faire un schéma et indiquez vos deux hypothèses de travail.
Calculez la $\text{DBO}_{\text{ultime}}$ au point de déversement dans la rivière?

- 1.2. **(10 points)** Faire un nouveau schéma de procédé pour représenter la rivière et indiquez vos deux nouvelles hypothèses de travail. Déterminez la concentration minimale d'oxygène dissous que vous allez observer dans la rivière en aval du point de déversement?
- 1.3. **(10 points)** Déterminez la distance entre le point de déversement et l'endroit où la concentration minimale d'oxygène dissous sera observée dans la rivière? Faire un schéma pour illustrer le profil de concentration.

Au besoin, vous pouvez indiquer vos hypothèses simplificatrices.

Question 2 (35 points)

Un opérateur de la station d'épuration d'eau usée de St-Ignace-de-Loyola vous indique que le digesteur anaérobie produit un biogaz ayant une teneur en méthane de 53% molaire. Vous apprenez que l'affluent qui alimente le digesteur de type contact peut être représenté par la formule chimique suivante: $C_{12}H_{15}N_2O_2S$.

- 2.1. **(10 points)** Écrivez l'équation de la réaction chimique de digestion anaérobie de ce composé.
- 2.2. **(8 points)** Déterminez la teneur attendue en méthane dans le biogaz en pourcentage volumique. Considérer que l'ammoniac ne se retrouve pas en phase gazeuse.
- 2.3. **(7 points)** Comparez cette valeur à celle indiquée par l'opérateur.
- 2.4. **(5 points)** La méthanisation est un processus biologique complexe qui nécessite la mise en place de plusieurs conditions physico-chimiques pour lesquelles la réaction biochimique est optimisée dans un bioréacteur. Veuillez décrire cinq (5) conditions requises et indiquer leurs valeurs représentatives.
- 2.5. **(5 points)** Afin d'obtenir un régime de production stable en méthane, le digesteur anaérobie requiert que la concentration d'un composé soit maintenu à une valeur inférieure à une valeur "normale" (1 M, si ce composé est dissous; ou 1 atm si ce composé est un gaz; ou ΔG° énergie libre de Gibbs de la réaction).

Quel est ce composé qui joue un rôle clé?

Quelles sont les conditions favorables pour une niche méthanogène?

PARTIE II : QUESTIONS À COURT DÉVELOPPEMENT (35%)

(5 points)

1. Au moyen d'un schéma, expliquez le fonctionnement de la protection cathodique d'une canalisation d'eau potable en plomb contre la corrosion. Décrivez brièvement les enjeux de santé publique liés aux conduites en plomb dans le réseau de distribution d'eau potable pour la Ville de Montréal.

(5 points)

2. L'ingénieur en chef de la ville de Montréal vous informe qu'il vient de mesurer une concentration en Carbamazépine de 400 ng/L dans les eaux usées rejetées au fleuve St-Laurent.

Expliquez brièvement la molécule et son rôle.

Quel type de procédé de traitement lui proposez-vous pour son usine Jean-R. Marcotte afin de réduire le potentiel toxique et écotoxique?

(2,5 points)

3. L'ozone est un désinfectant efficace contre les bactéries, les virus et les kystes. Pourquoi ne peut-il être utilisé comme désinfectant résiduel en réseau?

(2,5 points)

4. Dans un réseau de distribution d'eau potable, est-ce que le chlore se dégradera plus rapidement dans des conduites de grands ou de petits diamètres? Pourquoi?

(2,5 points)

5. Vous utilisez la chloramination comme procédé de désinfection résiduelle dans votre réseau de distribution. À partir de la courbe nommée breakpoint, déterminez lequel de ces ratios $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$ devrait être utilisé : 6:1 ou 4:1? Pourquoi?

(2,5 points)

6. Vous effectuez un déversement constant durant toute une année contenant de la matière organique biodégradable (DBO). Vous pouvez supposer un régime permanent (les débits de rivière et d'eau usée sont constants et la concentration de matière organique dans l'eau usée est constante). Durant quelle saison (été, automne, hiver ou printemps) observerez-vous les concentrations d'oxygène les plus faibles dans l'eau de la rivière? Pourquoi?

(2,5 points)

7. Décrire en vos propres mots les principes de fonctionnement d'un procédé par boues activées.

(2,5 points)

8. Quel est l'élément trace issu de savons présents dans la composition du biogaz d'un digesteur anaérobie ? Écrivez sa formule chimique ? Quel procédé utilisez-vous pour l'enlever?

(2,5 points)

9. Le TCE (trichloroéthylène) présent dans la nappe d'eau souterraine de Valcartier peut subir des transformations qui conduisent à la formation de sous-produits de dégradation. Quels sont les deux sous-produits de dégradation du solvant chloré ?

(2,5 points)

10. Afin de diminuer le risque pour la santé humaine et sachant que la recommandation de la concentration maximale acceptable (CMA) établie par Santé Canada est de 5 µg/L dans l'eau potable distribuée par le réseau d'aqueduc de la Garnison de Valcartier. Quel type de traitement proposez-vous pour la nappe d'eau souterraine ?

(2,5 points)

11. Examinez l'influence du temps de rétention des boues TRB. Pourquoi faut-il maintenir un TRB minimum dans un digesteur anaérobie? Quel est l'impact d'augmenter le TRB?

(2,5 points)

12. Sachant que la Water Environment Federation (WEF) et l'International Water Association (IWA) recommandent l'appellation Water Resource Recovery Facilities (WRRFs) plutôt que Wastewater Treatment Plants (WWTPs). Indiquez quelles ressources peuvent être valorisées à partir des eaux usées?