ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2024

Note au sujet de la propriété intellectuelle des modèles d'examen de l'Ordre des ingénieurs du Québec

Les modèles d'examen se trouvant sur le site internet de l'Ordre des ingénieurs du Québec sont la propriété exclusive de l'Ordre et leur utilisation est strictement limitée à des fins académiques et personnelles. Toute reproduction, distribution ou utilisation commerciale non autorisée de ces modèles constitue une violation de la propriété intellectuelle et est strictement interdite. L'Ordre se réserve le droit de prendre toutes les mesures légales appropriées contre toute utilisation non autorisée de ses modèles d'examen.

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

14-EN-A4 APPROVISIONNEMENT EN EAU ET TRAITEMENT DES EAUX USÉES

PARTIE I: PROBLÈMES À RÉSOUDRE (50 %)

QUESTION 1 (12 points)

L'eau à débit de 1000 L/sec s'écoule à travers un tuyau en béton d'une longueur de 1000 m et d'un diamètre de 500 mm. Si la température de l'eau est de 20 ºC, déterminez les éléments suivants :

a. (3 points) La vitesse moyenne de l'eau dans le tuyau (m/sec).
b. (4 points) Nombre de Reynolds « Reynolds number » et type d'écoulement de l'eau (laminaire, turbulent).
c. (5 points) Perte de charge totale par frottement « total friction loss » dans le tuyau (psi).

Le coefficient de rugosité « roughness coefficient » de Hazen-Williams pour le béton = 140

QUESTION 2 (19 points)

Eau souterraine avec un débit de 1800 L/jour contaminée par 200 mg/L de toluène (C_7H_8) est décontaminée dans un bioréacteur à croissance en suspension « suspended-growth » qui fonctionne selon le procédé des boues activées. Les paramètres cinétiques suivants sont connus :

- Coefficient de rendement de croissance de la biomasse « growth yield coefficient » (Y) : 0,64
- Taux de biodégradation spécifique du contaminant (q) : 0,24 h^{-1}
- Taux de croissance spécifique maximal (μ_{max}) : 6,0 j^{-1}
- Constante de demi-saturation (K_S) : 10 mg/L
- Rapport nourriture/microorganisme (F/M) : 0,25

Déterminer :

a. (5 points) Concentration de toluène dans le flux qui sort du clarificateur.
b. (5 points) Quantité de boues qui doit être retirée du système de traitement quotidiennement (g/jour) afin de maintenir un temps de séjour moyen des cellules « mean cell residence time » (MCRT) de 7 jours. Supposons une biomasse négligeable dans le flux de l'effluent.
c. (4 points) Temps de rétention hydraulique « hydraulic retention time, HRT » si la concentration de biomasse (X) dans le bioréacteur est maintenue à 2000 mg/L.
d. (5 points) Quantité d'oxygène nécessaire par jour (kg/jour) en supposant une oxydation stœchiométrique du toluène.

QUESTION 3 (6 points)

Déterminez la quantité de solides générés lors du traitement de l'eau dans une station de traitement des eaux qui utilise 30 kg/jour d'alun pour coagulation dans un flux d'eau contenant 100 mg/L de solides en suspension. La quantité de solides secs produits au cours d'un processus de coagulation peut être estimée à partir de l'équation suivante :

$$Ms = 86{,}4\ Q\ (0{,}44\ A + SS + M)$$

Où :
Ms = Solides secs produits (kg/jour)
Q = Débit d'eau (m^3/sec)
A = Dose d'alun (mg/L)
SS = Solides en suspension dans l'eau (mg/L)
M = Ajouts chimiques tels que l'argile et les polymères

Supposons qu'aucun autre produit chimique ne soit utilisé dans le processus et que le test de la jarre « jar test » indique que 1 litre d'eau nécessite 4 ml d'une solution d'alun à 10 mg/L.

QUESTION 4 (13 points)

Une colonne d'échange d'ions à flux divisé « split-flow ion exchange column » est utilisée pour adoucir de l'eau avec une dureté totale de 3,8 mequiv/L en $CaCO_3$ et un débit de 22 000 m^3/j. Le milieu échangeur (résine) peut absorber 110 kg de dureté/(m^3 de résine) à un débit d'eau de 0,6 m^3/(min.m^2). La dureté souhaitée est de 70 mg/L en $CaCO_3$. Déterminez les éléments suivants :

a. (8 points) Volume du milieu échangeur (résine) pour un jour de l'opération.
b. (5 points) Surface du milieu échangeur (résine) requise.

PARTIE II - QUESTIONS LIÉES À LA CONNAISSANCE (30 %)

(3 points pour chaque question)

1. Lequel des composés suivants est le moins susceptible d'être produit ou d'être utilisé commeréactif "reagent" lors de l'élimination des métaux lourds d'une solution par precipitation ? Expliquez la raison :

   Na_2CO_3 ; b) CdS ; c) $Cr(OH)_3$; d) KNO_3 ; e) $Ca(OH)_2$

2. Quelle est la raison pour la stabilité des solides en suspension dans l'eau ?

3. Nommez deux facteurs qui interfèrent avec la désinfection chimique de l'eau et réduisent son efficacité.

4. Nommez trois procédés couramment utilisés dans les opérations de traitement de l'eau pour éliminer les solides en suspension.

5. Nommez deux paramètres de l'eau qui favorisent la corrosion des métaux dans l'eau.

6. Votre entreprise est appelé à conseiller les opérateurs d'une usine de traitement des eaux sur la façon de contrôler la concentration de cuivre dans l'effluent de l'usine. La méthode que vous suggérez consiste à contrôler le pH pour provoquer la précipitation du cuivre sous forme de $Cu(OH)_2(s)$, selon l'équation suivante :

   $Cu^{2+} + H_2O \rightarrow Cu(OH)_2(s) + 2H^+$

   Quelle condition est souhaitable pour que la précipitation du cuivre se produise : condition acide ou alcaline ?

7. Que signifie la stabilisation des boues ? Quelles sont les principales méthodes (nommez trois méthodes) de stabilisation des boues.

8. Que sont les trihalométhanes ? Comment se forment-ils lors des opérations de traitement de l'eau potable ?

9. Quel est le but du cycle de régénération dans un procédé d'échange d'ions ?

10. Quelles sont les conséquences de concentrations élevées des ions calcium et magnésium dans un réseau de distribution d'eau ?

Questions à choix multiple (20 %)

(2 points pour chaque question)

1. L'approvisionnement en eau comprend :

   a) La collecte, le transport et le traitement de l'eau
   b) La distribution de l'eau aux consommateurs
   c) La fourniture des bouches d'incendie pour la lutte contre les incendies
   d) Tout ce qui précède

2. Une colonne d'eau exerce une pression au fond d'une colonne en raison de :

   a) La pression atmosphérique
   b) La température de l'eau
   c) Le poids de l'eau
   d) Les minéraux dans l'eau

3. L'âge de la biomasse microbienne dans la chambre de réaction d'une station d'épurationdes eaux usées est appelé :

   a) Le temps de rétention hydraulique
   b) Le temps de chargement des solides
   c) Le temps de séjour moyen des cellules
   d) Le temps de rétention en surface

4. Le niveau d'eau dans un réservoir surélevé est à 30 mètres au-dessus de la surface du sol. La pression résultante à un robinet sur une conduite au niveau du sol est :

   a) 103,4 kPa
   b) 224,1 kPa
   c) 294,2 kPa
   d) 517,1 kPa

5. Lequel des termes suivants fait référence à une pression interne excessive, qui peut être plusieurs fois supérieure à la pression de fonctionnement normale et peut sérieusement endommager les réservoirs hydropneumatiques, les vannes et le réseau de tuyauterie ? a) La charge d'air

   b) La pression du débit

   c) Le coup de bélier

   d) La charge hydraulique

6. Aucune eau n'est ajoutée à un réservoir de stockage rectangulaire de 3 mètres de largeur sur 6 mètres de longueur. Une pompe abaisse le niveau d'eau d'un mètre en une heure. Quelle est la capacité de la pompe en litres par seconde (L/sec) ?

   a) 0,71 L/sec

   b) 2,36 L/sec

   c) 5,00 L/sec

   d) 7,89 L/sec

7. Le gel de l'eau dans des réservoirs d'eau en hiver peut être minimisé :

   a) En pompant continuellement et en modifiant le rabattement

   b) En augmentant le résidu de chlore

   c) En diminuant le résidu de chlore

   d) En peignant le réservoir d'une couleur foncée

8. Si un opérateur voit de nombreuses bulles de gaz dans le bassin de décantation primaire d'un système de traitement des eaux usées, on peut supposer que :

   a) Le bassin de décantation primaire fonctionne correctement

   b) Les boues commencent à devenir septiques au fond du réservoir

   c) Trop de boues ont été retirées du bassin de décantation primaire

d) Il y a trop d'oxygène dissous dans les boues en raison de fortes pluies

9. Laquelle des déclarations suivantes est vraie en ce qui concerne la désinfection de l'eau ?

a) La désinfection à l'ozone est particulièrement souhaitable car l'ozone persiste dans toutle système de distribution de l'eau.

b) La désinfection à l'ozone est connue pour produire des sous-produits organiques toxiques.

c) Les substances organiques sont laissées dans l'eau à traiter par le chlore afin de
conserver sa capacité désinfectante.

d) Le principal inconvénient de la chloration de l'eau est que le gaz Cl_2 est le seul agent de chloration efficace.

e) Le dioxyde de chlore, ClO_2, est un agent désinfectant efficace de l'eau qui ne produit pas de trihalométhanes dans le traitement de l'eau.

10. Sur une période de 4 ans, le compteur horaire d'une pompe a enregistré les lecturessuivantes à la fin de chaque année :

- 1re année 976,3
- 2e année 1 325,8
- 3e année 2 100,1
- 4e année 2 371,4

Combien d'heures la pompe a-t-elle fonctionné pendant la troisième année ?

a) 349,5 heures

b) 774,3 heures

c) 271,3 heures

d) 1123,8 heures

e) 561,9 heures