

# ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2017

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 (12 %)

Discutez de l'importance environnementale de bien contrôler la quantité de nutriments (matière organique, azote, phosphore) rejetés par les stations d'épuration.

#### QUESTION 2 (20 %)

Les données suivantes ont été obtenues d'une station de boue activée (de type CFST avec décanteur secondaire) :

$\theta$	= 7,2 h (ou 0,30 d);	$DBO_5$ affluent	= 250 g/m <sup>3</sup> ;
$Q_w$	= 22 m <sup>3</sup> /d;	$DBO_5$ effluent	= 20 g/m <sup>3</sup> ;
$V_a$	= 1080 m <sup>3</sup> ;	$X_r$	= 14 000 g/m <sup>3</sup> ;
$X_i$	= négligeable;	$X$	= 2700 g/m <sup>3</sup> (bassin d'aération);
$X_e$	= 13 g/m <sup>3</sup>	$Y_{obs}$	= 0,5 mg-MVES/mg $DBO_5$ enlevé

Estimez :

- a) l'âge des boues  $\theta_c$ ; **(4 %)**
- b) le taux de croissance spécifique de la boue activée  $\mu$ ; **(2 %)**
- c) le ratio F/M [g/(g·d)]; **(2 %)**
- d) les besoins en oxygène en kg-O<sub>2</sub>/d; **(5 %)**
- e) la concentration de phosphore éliminé (g-P/m<sup>3</sup>); **(4 %)**
- f) la concentration d'azote éliminée (g-N/m<sup>3</sup>). **(3 %)**

(N.B. :  $V_a$  = volume du bassin d'aération;  $\theta$  : temps de résidence hydraulique du bassin d'aération)

#### QUESTION 3 (15 %)

Les systèmes d'épuration de types « lit bactérien » et « boue activées » sont souvent utilisés afin de diminuer la concentration de la matière organique (DBO) présente dans l'eau usée avant son rejet au cours d'eau récepteur. Expliquez le principe de ces deux systèmes d'épuration et indiquez en quoi ils sont différents ou encore similaires dans leur fonctionnement (ou les processus impliqués).

#### QUESTION 4 (18 %)

- a) Calculez le gradient de vitesse  $G$  ( $s^{-1}$ ) produit par le système de mélange d'un flocculateur ayant les caractéristiques suivantes (10 %) :
- type de pale d'agitation : plate, mince et rectangulaire;
  - nombre de pale : 1 paire (chacune des pales étant installée à l'opposée l'une de l'autre, de part et d'autre de l'axe de rotation et parallèle à cet axe);
  - distance du centre de chacune des pales par rapport à l'axe de rotation du système : 0,85 m;
  - surface des pales :
    - longueur (parallèle à l'axe de rotation) : 3,0 m;
    - largeur (perpendiculaire à l'axe de rotation) : 0,10 m;
  - vitesse de rotation : 10 rpm;
  - volume du bassin : 9 m<sup>3</sup>;
  - température de l'eau : 20°C.
- b) Le gradient de vitesse obtenu est-il adéquat pour un flocculateur sachant que la turbidité de l'eau brute est jugée élevée? Le débit  $Q$  est de 800 m<sup>3</sup>/d. Le cas échéant, que modifieriez-vous au système? (4 %)
- c) Quel serait l'impact d'une température froide sur le gradient de vitesse  $G$  produit? Expliquez en lien avec les équations de calcul. (4 %)

#### QUESTION 5 (10 %)

En production d'eau potable, une concentration d'alun  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O]$  de 70 g/m<sup>3</sup> est prévu afin d'atteindre les objectifs d'enlèvement de la turbidité de l'eau. Si le pH et l'alcalinité de l'eau brute à traiter sont respectivement de 7,1 et 20 g-CaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, que dire du succès attendu du traitement? Le cas échéant, que dire de l'impact sur la filière de traitement aval?

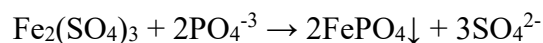
#### QUESTION 6 (10 %)

Quels sont les matériaux les plus couramment utilisés pour les filtres bicouches en production d'eau potable et pourquoi ce choix de matériaux? Quels sont les gains escomptés par l'utilisation d'un filtre bicouche, plutôt que d'un filtre monocouche et ce, pour une même épaisseur de matériaux filtrants?

#### QUESTION 7 (15 %)

Une eau usée brute présente une concentration en phosphore de 3,8 g P/m<sup>3</sup>.

- a) Quelle concentration de sulfate ferrique  $Fe_2(SO_4)_3$  en g/m<sup>3</sup> doit être choisie sachant que ce produit présente une efficacité de 50 %? La réaction générale produisant un précipité (micro-floc) est la suivante (6 %) :



- b) À quelle concentration en g-Fe<sup>3+</sup>/m<sup>3</sup> cela correspond-il? (2 %)
- c) Pourrait-on utiliser le sulfate d'aluminium  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O]$  pour réaliser le même traitement? Expliquez. Quelle concentration (en g Al/m<sup>3</sup> et en g  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ /m<sup>3</sup>) faudrait-il choisir pour obtenir théoriquement la même qualité de traitement? (6 %)