



Exercice N°2 (6 points)

On veut construire une station d'épuration d'eaux usées pour une ville de 21930 habitants. La dotation en eau potable prévue à cet horizon est de 180l/j/hab. La consommation en eau potable pour les équipements est estimée à 14% des besoins domestiques. Le réseau d'alimentation en eau potable est bien entretenu le coefficient de majoration du débit est de 20%.

1. Calculer les différents débits d'eaux (potables et usées) sachant que 20% des eaux consommées ne parviennent pas au réseau d'égouts. On estime que la majorité de la pollution arrive à la station en 16 heures.
2. Calculer le nombre équivalents habitants.
3. Si le réseau d'assainissement de cette ville est séparatif et le coefficient de la dilution des eaux est de $n = 3$. Calculer le débit pluvial ?
4. Avec quel débit on dimensionne la station. Justifier votre réponse ?

Exercice N°3 (6 points)

On considère un schéma de station d'épuration d'eaux usées urbaines qui comporte un prétraitement, décantation primaire, boues activées à moyenne charge et une décantation secondaire.

Le débit moyen journalier d'eau usée est $Q_j = 10000 \text{ m}^3/\text{j}$ et la pollution maximale arrive en 15 heures. La DBO_5 à l'entrée du bassin d'aération est de 120 mg/l.

1. Calculer Q_m (débit moyen horaire) et Q_d (débit diurne).
2. Calculer le temps de séjour du bassin d'aération, si on veut avoir à la sortie un $\text{DBO}_5 = 15 \text{ mg/l}$.
3. Sur la base du débit moyen horaire et du débit diurne, calculer le volume du bassin.
4. Avec quel débit on dimensionne la station. Justifier votre explication par le calcul numérique.
5. $K = 1$ et $X' = 2,7 \text{ g/l}$

Le procédé conventionnel à moyenne charge est caractérisé par :

$$,2 < C_m < 0,5 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS.j}$$

$$0,5 < C_v < 2 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \text{ j}$$

Question de cours (8 points)

1. *Quel est le paramètre qui nous renseigne sur le type d'épuration. Justifier ?*
2. *Quel est la différence entre une épuration extensive et une épuration intensive ?*
3. *Quel est la différence entre épuration à boues activées et épuration sur lits bactériens ?*
4. *Quels sont les différentes étapes du prétraitement dans une station d'épuration ?*
5. *Quel est l'objectif de la décantation primaire ?*
6. *Donner le schéma général d'une station d'épuration à boues activées ?*



Filière : **Hydraulique**

Examen du module

3 Licence Hydraulique (Filière Nationale)
Epuration des eaux usées

Le 13/06/2024

Bonne chance



Solution Exercice N°1 (4 points)

Pour choisir la grille convenable il faut passer par le calcul des pertes de charges et on doit choisir la grille dont les pertes de charges sont faibles pour minimiser la consommation d'énergie d'électricité. (1 pt)

$$\Delta h = \frac{a \cdot (e)^{4/3}}{(d)^{4/3}} \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \sin \alpha \quad (0.75 \text{ pt})$$

Δh : Perte de charge en mètre d'eau (m) ; d : Largeur maximale d'un barreau (m) ; e : Espacement entre les barreaux (m) ; V : Vitesse d'approche ou vitesse de l'eau devant la grille (m/s), α : Angle d'inclinaison de la grille, par rapport à l'horizontale ; a : Coefficient de forme des barreaux, pour barreaux rectangulaires = 2,42

Pour l'angle d'inclinaison est de 80°

$$\Delta h = \frac{2.42 \cdot (20)^{4/3}}{(25)^{4/3}} \cdot \frac{1^2}{210} \cdot \sin 60 = 0.0778 \text{ m} \Rightarrow \Delta h = 8.0 \text{ mm} \quad (0.75 \text{ pt})$$

Pour une grille verticale $\Rightarrow$ l'angle est de 90°

$$\Delta h = \frac{2.42 \cdot (20)^{4/3}}{(25)^{4/3}} \cdot \frac{1^2}{210} \cdot \sin 90 = 0.08989 \text{ m} \Rightarrow \Delta h \cong 9.0 \text{ mm} \quad (0.75 \text{ pt})$$

D'après les pertes de charge Δh on prévoit la grille inclinée parce que Δh à $60^\circ < \Delta h$ grille verticale (0.75 pt)

Solution Exercice N°2 (8points)

1. Calculer les différents débits d'eaux (potables et usées)

➤ Calcul des débits en eaux potable

Calcul du débit moyen journalier de la population

$$Q_{moyj} = \frac{P_f d}{1000} \left(\frac{m^3}{j} \right) \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$Q_{moyj} = \frac{21930 \cdot 180}{1000} = 3947.4 \left(\frac{m^3}{j} \right) \quad (0.5 \text{ pt})$$

Calcul du débit moyen journalier des équipements

$$Q_{\text{équipement}} = 14\% Q_{moyj} = 14\% 3947.4 = 552.636 \text{ m}^3/j \quad (0.5 \text{ pt})$$

Calcul du débit moyen journalier total de la ville Q_{mjt}

$$Q_{mjt} = Q_{mjp} + Q_{mjeq} = 3947.4 + 552.636 = 4500.036 \text{ m}^3/j \cong 4500 \text{ m}^3/j \quad (0.5 \text{ pt})$$

Calcul du débit moyen majoré journalier

$$Q_{moyjmaj} = Q_{moyj} + \alpha Q_{moyj} = Q_{moyjmaj} = (1 + \alpha) Q_{moyj} (1 + 20\%) * 4500 = 5400 \text{ m}^3/j$$

➤ Calcul du débit en eaux usées

(0.5 pt)

$$Q_{mjeu} = (70 \text{ à } 80\%) Q_{moyjmaj} \quad (0.5 \text{ pt})$$

20% des eaux n'arrivent pas au réseau donc,

$$Q_{mjeu} = 80\% Q_{moyjmaj} \quad (0.25 \text{ pt})$$

$$Q_{mjeu} = 80\% 5400 = 4320 \text{ m}^3/j = 50 \text{ l/s} \quad (0.5 \text{ pt})$$

- Calcul du débit de pointe (Q_p)

$$Q_p = K_p * Q_{mjeu} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{mj} \left(\frac{l}{s}\right)}} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{50}} = 1.85 \quad (0.25 \text{ pt})$$

$$Q_p = 1.85 * 4320 = 7992 \text{ m}^3/\text{j} = 92.5 \text{ l/s} \quad \text{C'est le débit de pointe au temps sec} \quad (0.5 \text{ pt})$$

- Calcul du débit moyen horaire

$$Q_{moyh} = \frac{Q_{mjeu}}{24} = \frac{4320}{24} = 180 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) \quad (0.5 \text{ pt})$$

- Calcul du débit diurne (pollution maximale arrivant à la station est pendant 16h)

$$Q_{moyh} = \frac{Q_{mjeu}}{t} = \frac{4320}{16} = 270 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) \quad (0.5 \text{ pt})$$

2. Calculer du nombre équivalents habitants.

$$N_{eh} = \frac{Q_{mjeu}}{d * T} = \frac{4320}{0.18 * 0.8} = 30000 \text{ hab} \quad (0.5 \text{ pt})$$

3. Calcul du débit pluvial Q_{pl}

$$Q_{pl} = Q_{njeu} + nQ_{mjeu}$$

$$Q_{pl} = (1+n) Q_{mjeu} = (1+3) Q_{mjeu} = 4 * 4320 = 17280 \text{ m}^3/\text{j} \quad (0.5 \text{ pt})$$

4. on dimensionne la station. Justifier votre réponse

Le fait que le réseau est séparatif on doit dimensionner le réseau avec le débit au temps sec qui va transiter à la station.

(0.5 pt)

Solution Exercice N°3 (8points)

1. Le procédé à boues activée est un procédé biologique (0.5 pt)

2. Différence entre procédé extensif et intensif (1 pt)

Procédé extensif	Procédé intensif
Faible concentration en bactéries	Forte concentration en bactérie
Ouvrage assez grand (en Hectare)	Ouvrages ne sont pas grands
Temps de séjours assez long (en mois)	Temps de séjours quelques heures
Rendement > 90%	Rendement < 90%

3. Calcul de Q_m (débit moyen horaire) et Q_d (débit diurne :

a) $Q_m = Q_j / 24 = 10000 / 24 = 416,666 \text{ m}^3/\text{h} \quad (0.5 \text{ pt})$

b) $Q_d = Q_j / 15 = 10000 / 15 = 666,666 \text{ m}^3/\text{h} \quad (0.5 \text{ pt})$



4. Calcul du temps de séjour du bassin d'activation

$$\frac{L_f}{L_0} = \frac{1}{1+k \cdot x' \cdot t_s} \Rightarrow t_s = \frac{1}{k \cdot x'} \left(\frac{L_0}{L_f} - 1 \right) \quad (0.5 \text{ pt})$$

- Pour une station par boues activées à moyenne charge :
k=1 et x' = 2,7 g/l car $2,5 \leq x' \leq 3 \text{ g/l}$

$$t_s = \frac{1}{1,2,7} \left(\frac{120}{15} - 1 \right) = 2,592 \text{ h} \quad (0.5 \text{ pt})$$

C'est dans la gamme du temps de séjour pour une station à moyenne charge $2 \text{ h} \leq t_s < 6 \text{ h}$

5. Calcul du volume du bassin d'activation

$$Q = V / t_s \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$V = Q \times t_s$$

a) Calcul du volume si Q= Q_m

$$V_m = Q_m \cdot t_s = 416,666 \cdot 2,592 = 1079,998 \text{ m}^3 \quad (0.5 \text{ pt})$$

b) Calcul du volume si Q= Q_d

$$V_d = Q_d \cdot t_s = 666,666 \cdot 2,592 = 1727,998 \text{ m}^3 \quad (0.5 \text{ pt})$$

6. Vérification de la charge massique pour savoir si on doit dimensionner le bassin sur la base de Q_m ou Q_d pour fonctionner à moyenne charge.

a) Calcul du C_m pour V = V_m (sur la base de Q_m)

$$C_m = \frac{L_0}{X} \quad \text{avec} \quad X = X' \cdot V_m \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$L_0 = 120 \text{ mg/l} = 120 \cdot 10^{-3} \cdot Q_j = 120 \cdot 10^{-3} \cdot 10000 = 1200 \text{ kg/j}$$

$$L_0 = 1200 \text{ kg/j} \quad (0.5 \text{ pt})$$

$$C_m = \frac{1200}{2,7 \cdot 1079,998} = 0,411 \text{ kg DBO}_5/\text{j.kgMVS} \quad (0.5 \text{ pt})$$

b) Calcul du C_m pour V = V_d (sur la base de Q_d)

$$C_m = \frac{L_0}{X} ; \quad X = X' \cdot V_d$$

$$C_m = \frac{1200}{2,7 \cdot 1727,998} = 0,257 \text{ kg DBO}_5/\text{j.kgMVS} \quad (0.5 \text{ pt})$$

Conclusion : Si on veut un procédé à boues activées à moyenne charge on doit dimensionner sur la base du débit diurne, donc le volume du bassin est V_d= 1727.998 m³. (1 pt)