

Fiche TD N°4

Exercice N°1 : On veut réaliser un bassin d'aération pour une STEP à boues activées qui reçoit un débit d'eau usée de 7125m³/j.

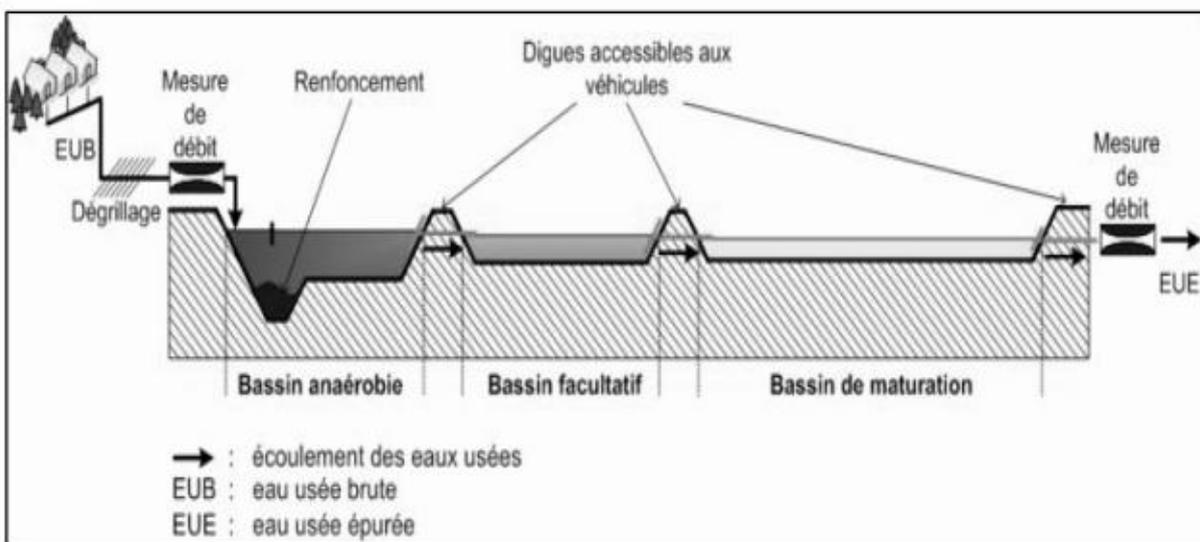
Calculer :

1. l'âge des boues « Θ_c »
2. La charge massique « C_m »
3. La concentration des boues « B »
4. La DBO₅ à la sortie du bassin « S »
5. L'efficacité du traitement « r »
6. Le volume du bassin d'aération
7. Le diamètre du bassin
8. La quantité de boues produite « P »
9. La quantité O₂ requise « O_2 »
10. La puissance d'aération requise pour l'aération « W »

Données :

- T : température de l'effluent (25°C)
- θ_t : la durée d'aération (1 heure < θ_t < 8 heures)
- S₀ : DBO₅ de l'eau brute (185mg/l)
- K : constante de Eckenfelder (0,15);
- f : facteur de conversion (0,45 < f < 0,68)

Exercice N°2 : Dimensionner un système de lagunage pour une agglomération de 7675habitant



$$Q_{\text{moy},j}=1255\text{m}^3/\text{j}$$

$$\text{DBO}_5 = 219\text{mg/l (eaux usées brutes)}$$

$$\text{DCO} = 273,75\text{mg/l}$$

$$\text{MES} = 68 \text{ mg/l}$$

$$T=22^\circ \text{ C}$$

NB :

- Le prétraitement réduit la DBO_5 jusqu'à 10%
- Le bassin anaérobie réduit la DBO_5 jusqu'à 40%
- Le bassin facultatif réduit DBO_5 jusqu'à 50%
- Le bassin maturation réduit DBO_5 jusqu'à 80%

Exercice N°3 : Une station reçoit une charge polluante de 200 kg/j (DBO_5) et rejette une charge de 10 kg/j. Calculer le rendement épuratoire :

Exercice N°4 : Dimensionner un digesteur des boues

Données :

- Nombre d'habitant : $N=25000$ habitants
- Age des $\theta_c=4,15$ jours
- La quantité des boues produites par le bassin d'aération $P=802,6$ kg/j

Solution Fiche TD N°4

Exercice N°1

1. Calcul l'âge des boues : C'est le temps de renouvellement de la biomasse dans le bassin d'aération

$$\theta_c = 6,5 \cdot [0,914]^{(T-20^\circ)} = 6,5 \cdot [0,914]^{(25-20)}$$

θ_c = âge des boues (en jours)

$$\theta_c = 4,15 \text{ jours}$$

2. Calcul la charge massique

$$\theta_c = 1,224 C_m^{-1,125}$$

Ce qui donne:

$$C_m = \left(\frac{\theta_c}{1,224} \right)^{\frac{-1}{1,125}} = \left(\frac{4,15}{1,224} \right)^{\frac{-1}{1,125}}$$

$C_m = 0,338 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS} \cdot \text{j}$ (MVS : concentration en matières volatiles en suspension/ concentration en matières volatiles sèches)

3. Calcul la concentration des boues : Elle exprime la teneur en boues dans le bassin d'aération

$$C_b = \frac{QS_0}{BV}$$

Avec $Q=V/\theta_t$: volume du bassin, ce qui permet d'écrire

$$C_m = \frac{VS_0}{BV\theta_t} = \frac{S_0}{B\theta_t} \Rightarrow B = \frac{S_0}{C_m \cdot \theta_t}$$

On prend $\theta_t = 6$ heures

$$B = \frac{158}{0,338 \cdot \frac{6}{24}}$$

Concentration des boues : B = 1870 mg/l = 1,870 g/l

4. Calcul la DBO₅ à la sortie du bassin « S »

$$\frac{S}{S_0} = \exp(-KB\theta_t)$$

$$\frac{S}{S_0} = e^{(-0,15 \cdot 1,87 \cdot 6)} = 0,186$$

On peut calculer la DBO₅ à la sortie :

$$S = 0,186 \cdot 158 \rightarrow S = 29,39 \text{ mg/l}$$

5. Calcul de l'efficacité du traitement : La qualité de l'effluent est appréciée par la DBO₅ à la sortie du bassin d'aération qui est calculée à partir de la relation :

$$r = \frac{S_0 - S}{S_0} = \frac{158 - 29,39}{158} = 0,814 = 81,1\%$$

6. Calcul le volume du bassin d'aération

$$V = Q \cdot \theta_t = \frac{7125 \cdot 6}{24} = 1781,25 \text{ m}^3$$

7. Calcul le diamètre du bassin

Le bassin étant circulaire, avec un volume $V = 1781,25 \text{ m}^3$. Pour déterminer le diamètre, on fixe une hauteur $H = 3,5 \text{ m}$

On a l'expression du volume:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 H}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{H \cdot \pi}} = 25 \text{ m}$$

8. Calcul la quantité de boues produite « P »

$$P = \frac{B \cdot V}{\theta_c} = \frac{1,870 \cdot 1781,25}{4,15} = 802,6 \text{ kg/j}$$

9. La quantité O₂ requise « O₂ »

$$O_2 = \frac{Q(S_0 - S) \cdot 10^{-3}}{f} - 1,42P$$

On prend $f = 0,5$

$$O_2 = \frac{7125(158 - 29,39) \cdot 10^{-3}}{0,5} - (1,42 \times 802,6) = 693 \text{ kg O}_2/\text{j}$$

10. La puissance d'aération requise « W »

Le taux de transfert d'oxygène (Taux O₂) pour des aérateurs de surface est compris entre 1,94 et 2,3 kg O₂/j /KWh. On prend un taux de transfert de 2 kg/Kwh. L'énergie requise (E) est calculée comme suivant

$$E = \frac{693}{2} = 346,5 \text{ KWh}$$

La puissance requise pour l'aération est donnée par :

$$W = \frac{E}{24} = \frac{346,5}{24} = 14,44 \text{ KW}$$

Exercice N°2

1. Calcul la charge de pollution journalière

- Charge journalière DBO₅ :
Charge DBO₅ = DBO₅ × Q_{moy.j} = (219 × 1255)/1000 = 275 kg/j
- Charge journalière DCO:
Charge DCO = DCO × Q_{moy.j} = 273,75 × 1255/1000 = 343,8 kg/j
- Charge journalière MES:
Charge MES = MES × Q_{moy.j} = 68 × 1255/1000 = 85,4 kg/j

2. Vérification si les eaux usées sont biodégradable

Pour accepter que l'eau est biodégradable il faut que $\frac{DCO}{DBO_5} < 1,5$

$$\frac{DCO}{DBO_5} = \frac{343,8}{275} = 1,25 < 1,5$$

Alors l'effluent est biodégradable.

3. Calcul la charge polluante en EH

On prend 1EH=57 g de DBO₅

$$EH = \frac{DBO_5 \times Q_{moy.j}}{57} = \frac{275 \cdot 1255}{57} = 6054,82 \text{ éq. hab}$$

4. Dimensionnement du bassin anaérobie

a) Calcul du temps de séjour du bassin anaérobie :

$$T_{s.an} = \frac{1}{\beta \cdot K} \cdot \log \left(\frac{S}{S_{an}} \right)$$

Où, T_{s.an} : temps de séjour des eaux usées dans le bassin anaérobie (jours) ;

β : Coefficient d'utilisation de la capacité des bassins de lagunage, β = 0,9 ;

K: constante de la vitesse de dégradation des polluants organiques.

S_{an} : la DBO₅ à la sortie du bassin anaérobie

S : la DBO₅ à la sortie du prétraitement

Pour les bassins de lagunage à aération naturelle à la température des eaux usées

$$K = (1,2 \cdot 1,085)^{T-35} = (1,2 \cdot 1,085)^{22-35} = 0,032j^{-1}$$

$$S = 219 \cdot 0,9 = 197,1 \text{ mg/l}$$

$$S_{an} = 197,1 \cdot 0,6 = 118,26 \text{ mg/l}$$

$$T_{s.an} = \frac{1}{0,9 \cdot 0,032} \cdot \log\left(\frac{197,1}{118,26}\right) = 7,7 \text{ jours}$$

b) Le volume du bassin anaérobie

$$V_{an} = Q_{moy} \times T_{s.an} = 1255 \times 7,7 = 9663,5 \text{ m}^3$$

c) La surface du bassin anaérobie :

Nous fixons la profondeur à 4 m, donc :

$$S_{an} = \frac{V_{an}}{H_{an}} = \frac{9663,5}{4} = 1088,71 \text{ m}^2$$

On a

$$\frac{L_{an}}{l_{an}} = 2 \Rightarrow S = 2l \cdot l \Rightarrow l = \sqrt{\frac{S}{2}} \Rightarrow l_{an} = 35 \text{ m}$$

$$L_{an} = 2l = 2 \times 35 = 69,5 \text{ m}$$

5. Dimensionnement du bassin facultatif

$$S_f = S_{an} \times 0,5 = 118,26 \times 0,5 = 59,13 \text{ mg/l}$$

Avec,

S_f : DBO₅ à la sortie du bassin facultatif.

S_{an} : DBO₅ à la sortie du bassin anaérobie.

a) Calcul du temps de séjour du bassin facultatif :

$$T_{s.f} = \frac{1}{0,9 \cdot 0,032} \cdot \log\left(\frac{118,26}{59,13}\right) = 10,45 \text{ jours}$$

b) Le volume du bassin facultatif

$$V_f = Q \times T_{s,f} = 1255 \times 10,45 = 13114,75 \text{ m}^3$$

c) La surface du bassin facultatif :

Nous fixons la profondeur à 1,5 m, donc:

$$S_f = \frac{V_f}{H_f} = \frac{13114,75}{1,5} = 8743,17 \text{ m}^2$$

On a :

$$\frac{L_{an}}{l_{an}} = 3 \Rightarrow S = 3l.l \Rightarrow l = \sqrt{\frac{S_f}{3}} \Rightarrow l_f = 54 \text{ m}$$

$$L_f = 3l_f = 3 \times 54 = 162 \text{ m}$$

6. Dimensionnement du bassin de maturation

$$S_m = S_f \times 0,2 = 59,13 \times 0,2 = 11,83 \text{ mg/l}$$

Avec,

S_f : DBO₅ à la sortie du bassin facultatif.

S_m : DBO₅ à la sortie du bassin de maturation.

a) Calcul du temps de séjour du bassin de maturation :

$$T_{s,m} = \frac{1}{0,9 \cdot 0,032} \cdot \log \left(\frac{59,13}{11,83} \right) = 24,26 \text{ jours}$$

b) Le volume du bassin de maturation

$$V_{an} = Q \times T_{s,an} = 1255 \times 24,26 = 30446,3 \text{ m}^3$$

c) La surface du bassin de maturation :

Nous fixons la profondeur à 1,2 m, donc :

$$S_m = \frac{V_m}{H_m} = \frac{30446,3}{1,2} = 25371,92 \text{ m}^2$$

On a

$$\frac{L_m}{l_m} = 2 \Rightarrow S = 2l.l \Rightarrow l = \sqrt{\frac{S_m}{2}} \Rightarrow l_m = 113 \text{ m}$$

$$L_m = 2l = 2 \times 76 = 226m$$

Exercice N°3 :

$$\frac{200 - 10}{200} = 0,95 = 95\%$$

Exercice N°4

Le volume du digesteur est donné par la relation suivante:

$$V = \left[V_f - \frac{2}{3}(V_f - V_d) \right] \cdot t$$

Où,

V : Volume du digesteur (m³)

V_f : volume des boues fraîches (m³)

V_d : Volume des boues recyclées (m³)

t: temps de digestion (j) correspond à l'âge des boues θ_c

1. Calcul le volume journalier des boues produites par le décanteur primaire (V_{f1}): On a chaque habitant produit environ 1,08 l/j/hab des boues

$$V_{f1} = 1,08 \text{ l/j/hab} \times \text{Nombre d'habitant}(25000)$$

$$V_{f1} = 27 \text{ m}^3/\text{j}$$

2. Calcul le volume journalier produites par le bassin d'aération est estimée par :

$$V_{f2} = \frac{P}{\rho_b}$$

Avec ρ_b = masse volumique des boues, compris entre 0,5 et 1,6 avec une valeur moyenne de 1,05:

$$V_{f2} = \frac{802,6}{1,05} = 764,38 \text{ m}^3/\text{j}$$

3. Calcul le volume journalier des boues recyclées = 15 % V_{f2}

$$V_d = \frac{15 \cdot 764,38}{100} = 114,66 \text{ m}^3/\text{j}$$

4. Le volume total de boues fraiches est

$$V_f = V_{f1} + V_{f2} = 27 + 764,38 = 791,38 \text{ m}^3/\text{j}$$

5. Calcul le volume du digesteur:

$$V = \left[791.38 - \frac{2}{3} (764.38 - 144.66) \right] \cdot 4.15 = 1569.67 m^3$$

Avec le choix d'une hauteur de 6 m:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{3,14 \cdot 6}} = 18m$$