

المدرسة الوطنية للعلوم التطبيقية - أكادير  
+٤1٢٣ ٤٠١٠٤٨٠٠ | +٢٤٠٠٠٠١٤١ +٨٥١٤٥٤١ - ٥٨.٨٤٥.  
ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES APPLIQUÉES - AGADIR



**Cinquième année GPEE**

## **DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION PAR BOUES ACTIVEES**

**Notes THEORIQUES**

**Dr. R. SALGHI: Professeur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliqués d'Agadir**

# CHAPITRE

## DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

### Introduction

La station d'épuration est un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site.

A cet égard, quelques règles doivent être rappelées :

- ~ Éviter les zones inondables entraînant parfois des dysfonctionnements pendant de longues périodes.
- ~ Éviter de construire à proximité d'habitations, de zones d'activités diverses (sportives, touristiques, ...). Dans la pratique, et pour éviter tout contentieux avec le voisinage, on réserve une distance minimale de 200 m en tenant compte de la dominance des vents.
- ~ S'éloigner le plus possible des zones de captage même si le périmètre de protection est respecté.
- ~ Penser aux extensions ou aux aménagements futurs de la ville et de la station lui-même (disponibilité et réservations de terrains).

## I. Calcul des débits et des charges polluantes

### I.2 Calcul des débits :

La dotation de la zone X à l'horizon de **2033** est **230** L/hab/J, et celle de la zone extra X est **75** L/hab/J. La dotation moyenne des deux zones est **95** L/hab/J.

Le volume rejeté par les habitants est estimé à 80 % de la dotation d'approvisionnement en Eau potable (AEP). Nous avons adopté une dotation de **76** L/hab/J pour la ville X.

Il s'agit de déterminer :

Débit journalier ( $Q_j$ ) ( $m^3/j$ )

Débit moyen horaire ( $Q_m$ ) ( $m^3/h$ )

Débit de pointe ( $Q_p$ )

Débit diurne ( $Q_d$ )

#### a) Débit journalier :

Le débit total journalier est définie par :

$$Q_j = D.N.R$$

Avec :

D : dotation (L/hab/J)

N : Nombre d'habitant à l'horizon considéré

R : Coefficient de rejet (Avec R=0,8)

N = 100086 habitant à 2033

$$Q_j = 100086 * 76.10^{-3} * 0,8 = 6085,23 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_j = 6085,23 \text{ m}^3/\text{j}$$

b) Débit moyen horaire :

Le débit moyen horaire est donné par la relation :

$$Q_m = \frac{Q_j}{24}$$
$$Q_m = \frac{6085,23}{24} = 253,55 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_m = 253,55 \text{ m}^3 / \text{h} = 70,43 \text{ L/s}$$

c) Débit de pointe:

Par définition le débit de pointe est défini par la relation:

$$Q_p = C_p * Q_m$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} & \text{si } Q_m \geq 2,8 \text{ L/s} \\ C_p = 3 & \text{si } Q_m < 2,8 \text{ L/s} \end{cases}$$

Dans notre cas le  $C_p = 1,79$  d'où le calcul du débit de pointe :

$$Q_p = 1,79 * 70,43 = 126,07 \text{ l/s} = 453,85 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_p = 453,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

d) Le débit diurne :

Le débit diurne correspond à la période diurne de 16 heures consécutives au cours de laquelle la station reçoit le plus grand volume d'eau usée, soit :

$$Q_d = \frac{Q_j}{16 \text{ heures}}$$
$$Q_d = \frac{6085,23}{16} = 380,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

D'où

$$Q_d = 380,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

I.3 Calcul des charges polluantes :

Soit les dotations des charges polluantes d'un rejet domestique de la ville X:

- DBO<sub>5</sub> = 350 mg/l
- DCO = 770 mg/l
- MES = 490 mg/l

**Les charges polluantes journalières sont :**

$$\text{MES (kg/j)} = Q_j (\text{m}^3/\text{j}) \times [\text{MES mg/l}] \times 10^{-3} = 490 \times 6085,23 \times 10^{-3} = 2981,77 \text{ (kg/j)}$$

$$\text{DBO}_5 \text{ (kg/j)} = Q_j (\text{m}^3/\text{j}) \times [\text{DBO}_5 \text{ mg/l}] \times 10^{-3} = 350 \times 6085,23 \times 10^{-3} = 2129,83 \text{ (kg/j)}$$

Le tableau 1 caractérise l'estimation des débits et des charges polluantes nécessaires au dimensionnement :

**Tableau 1** : Caractérisation de rejet liquide de la ville X.

Données de base	Unité	Valeur
Population	hab	100086
Débit journalier	m <sup>3</sup> /j	6085,23
Débit moyen horaire	m <sup>3</sup> /h	253,55
Débit de pointe par seconde	m <sup>3</sup> /s	0,126
Débits de pointe en temps sec	m <sup>3</sup> /h	453,85
Débits de pointe journalière	m <sup>3</sup> /j	10892,4
Débit diurne	m <sup>3</sup> /h	380,32
Charge en DBO <sub>5</sub>	kg/j	2129,83
Charge en MES	kg/j	2981,77

Dimensionnement des ouvrages de la station

Le dimensionnement des ouvrages de la station se fait à partir du débit de pointe et des charges polluantes en DBO<sub>5</sub> et en MES.

## II.1 Poste de relevage:

### Bâche de pompage :

L'ouvrage se présente sous la forme d'un parallélépipède vertical. Il sera réalisé en béton armé.

Le dimensionnement de la bâche de pompage est basé sur le volume utile (Vu) calculé par la formule :

$$V_u = \frac{Q_p}{4 * Z}$$

Avec :

$Q_p$  : débit de pointe horaire.

Z : Nombre maximal de démarrage par heure est fixé de 6 à 10 en fonction de la puissance de la pompe. On fixera Z à 6.

D'où

$$V_u = 19 \text{ m}^3$$

## II.2 Ouvrages de prétraitement

### 1) Dégrillage

Le dégrillage est le premier poste de traitement pour les eaux résiduaires, il permet :

- de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages.
- de séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire l'efficacité du traitement.

On distingue trois types des dégrilleurs :

- Dégrilleur fin : écartement inférieur à 10 mm
- Dégrilleur moyen : écartement de 10 à 40 mm
- Dégrilleur grossier : écartement supérieur à 40 mm

### Critères de conception

Les critères de conception d'un dégrilleur mécanique sont présentés sur le tableau 2 :

*Tableau 2 : Critères de conception des dégrilleurs.*

<b>Diamètre des barreaux (mm)</b>	8 – 10
<b>Espacement entre les barres (mm)</b>	10 – 50
<b>Pente par rapport à l'horizontal (°)</b>	70– 85
<b>Vitesse à travers les grilles (m/s)</b>	0,6 – 0,9
<b>Pertes de charges admissibles (mm)</b>	150

### Application

Soit un dégrilleur mécanique (à barreaux circulaires) ayant les caractéristiques suivantes :

- La vitesse à travers la grille :  $v = 0.8 \text{ m/s}$ .
- Angle d'inclinaison :  $\theta = 70^\circ$ .
- $\beta = 1.79$  pour les barreaux circulaires.
- Espacement entre les barreaux :  $e = 25 \text{ mm}$ .
- Barreaux circulaires de diamètre :  $b = 10 \text{ mm}$ .
- Largeur de la grille  $L = 1 \text{ m}$ .
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Tableau 3 : Valeurs du coefficient  $\beta$  en fonction de la forme des barreaux

Forme des barreaux	$\beta$
Rectangulaires à arrête à angle droit	2.42
Rectangulaires avec face amont circulaire	1.83
Circulaire	1.79

### Dimensionnement

a) La superficie ouverte (surface verticale) de la grille est donnée par la formule :

$$S = \frac{Q}{V * a * c}$$

Avec :

- Q : Débit maximal à travers la grille.
- V : Vitesse de l'écoulement à travers la grille.

- a : Coefficient de passage libre donné par la relation :

$$a = \frac{\text{diamètre des barreaux}}{(\text{diamètre des barreaux} + \text{espacement entre les barreaux})}$$

- c : Coefficient de colmatage dépendant de la qualité de l'eau et du système de reprise des résidus.

$$\text{Généralement : } \begin{cases} 0.1 < C < 0.3 \text{ pour une grille manuelle.} \\ 0.4 < C < 0.5 \text{ pour une grille automatique.} \end{cases}$$

$$Q = 0,126 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.8 \text{ m/s}$$

$$C = 0,3 \text{ (grille manuelle)}$$

$$\text{Diamètre des barreaux} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Espacement entre les barreaux} = 30 \text{ mm}$$

$$a = (9/9+30) = 9/39 = 0,23$$

$$S = 0,126 / (0.8 \times 0,23 \times 0,3)$$

$$S = 2,28 \text{ m}^2$$

- b) La hauteur de la grille est donnée par la relation

$$\text{Hauteur de la grille} = \frac{\text{Superficie ouverte}}{\text{Largeur de la grille}}$$

AN

$$S = 2,28 \text{ m}^2, L = 1 \text{ m} \text{ donc } H = 2,28 \text{ m}$$

- c) Calcule de nombre des barreaux

La largeur de la grille égale  $L = N_e \cdot e + N_b \cdot b$

Avec :

- $N_b$  : Nombre des barreaux
- $N_e$  : Nombre d'espacement
- e : espacement entre les barreaux
- b : diamètre des barreaux

Or  $N_e = N_b + 1$

Par suite :

$$N_b = \frac{\text{Largeur de la grille} - \text{Espacement entre les barreaux}}{\text{Espacement} + \text{Diamètre des barreaux}}$$

AN

$$L = 1 \text{ m}, e = 25 \text{ mm.} : b = 10 \text{ mm}$$

$$Nb = (1000 - 25) / (25 + 10) = 28$$

d) Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirchner :

$$\Delta h = \beta * \left(\frac{b}{e}\right)^{4/3} * \left(\frac{v^2}{2g}\right) \sin \theta$$

Avec:

- e : espacement entre les barreaux ;
- b : diamètre des barreaux
- $\theta$ : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal.
- $\beta$ : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux.

AN

- $v = 0.8 \text{ m/s.}, \theta = 70^\circ. \beta = 1.79, e = 25 \text{ mm. } b = 10 \text{ mm. } g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$$\Delta h = 16 \text{ mm}$$

### **Conclusion**

Les dimensions de la grille sont données dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Dimensions de la grille:

Données de base	Unité	Valeur
Superficie ouverte de la grille	m <sup>2</sup>	4,71
Hauteur de la grille	m	4,71
Nombre des barreaux	-	28
Pertes de charges	mm	16

Notons que la valeur des pertes de charges est inférieure à la valeur admissible.

### **2) Dessablage**

Le dessableur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse d'écoulement est inférieure à 0,3 m/s se déposent. Il s'agit principalement des sables. Il est en effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération,...). Par ailleurs, ils limitent la durée de vie des pièces métalliques des corps de pompe ou d'autres appareillages (effet abrasif, ...) et colmatent les canalisations.

### **Critères de conception**

Les critères de dimensionnement d'un dessableur aéré sont :

- Le temps de séjour de l'eau ( $T_s$ ) dans le dessableur est de 1 à 5 minutes,
- La hauteur de dessableur est de 1 à 3 m,
- La quantité d'air à injecter est estimée de 1 à 1,5 m<sup>3</sup> par m<sup>3</sup> d'eau usée.
- Le dessableur élimine 80% de matière minérale présente dans les eaux usées. La matière minérale représente 20% environ de la charge en matière en suspension (MES), les 80% restants, représentent les matières volatiles en suspension (MVS).

### Dimensionnement

#### *a) Volume du dessableur*

On adoptera un dessableur circulaire, le volume du dessableur est donné par :

$$V = Q_p \cdot T_s$$

Avec :

- $T_s = 5$  min
- $Q_p$  : le débit de pointe = 453,85 m<sup>3</sup>/h

$$V = 37,8 \text{ m}^3$$

#### *b) Diamètre du dessableur*

Le diamètre de dessableur est donné par :

$$D = \sqrt{4 \cdot \frac{V}{\pi \cdot h}}$$

AN

$h = 3$  m

$V = 37,8 \text{ m}^3$

$$D = 4,005 \text{ m}$$

#### *c) Débit volumique d'air injecté*

La quantité d'air à injecter est donnée par la relation :

$$Q_{\text{air}} = Q_p \cdot V$$

Avec  $V$  : volume d'air à injecter (m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup>)

AN

$V = 1,25 \text{ m}^3 / \text{m}^3$

$Q_p$  : le débit de pointe = 0,126 m<sup>3</sup>/s

$$Q_{\text{air}} = 0,157 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### *d) Quantité de matières éliminées*

Le dessableur élimine 80% de la matière minérale existant dans les eaux usées. La matière minérale représente 20% de la charge en matière en suspension (MES), les 80% restants, représentent les matières volatiles en suspension (MVS).

Partant de ces hypothèses, s'ensuit :

- Les matières minérales totales =  $0,20 * 2981,77 = 596,35$  kg/j
- Les matières minérales éliminées par le dessableur =  $0,80 * 596,35 = 477,08$  kg/j
- Les matières minérales restantes =  $596,35 - 477,08 = 119,27$  kg/j
- MES sortant du dessableur =  $0,80 * 2981,77 + 119,27 = 2504,68$  kg/j

#### **Conclusion**

Le dimensionnement de dessableur est résumé dans le tableau 5.

**Tableau 5:** Caractéristique des dimensions et performances du dessableur.

Désignation	unité	valeur
Temps de séjour	min	5
Hauteur	m	3
Volume	m <sup>3</sup>	37,8
Diamètre	m	4,005
Débit d'air à injecter	m <sup>3</sup> /s	0,157
Quantité de MM éliminée	kg/j	477,08
Quantité de MES sortant du dessableur	kg/j	2504,68

### **II.3 Ouvrage de traitement primaire**

#### **Critère de conception de décanteur**

Les éléments de conception du décanteur sont :

- Le taux de débordement ( $\tau$ ) égale à 2 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>.
- Le temps de rétention ( $T_r$ ) égale à 1,5h.
- le décanteur primaire élimine 35% de la DBO<sub>5</sub> et 95% de la matière minérale.

**a) Surface du décanteur**

La surface totale de décantation est donnée par la relation :

$$S_{\text{totale}} = \frac{Q_p}{\tau}$$

Avec :

$Q_p$  : débit de pointe journalière = 10892,4 m<sup>3</sup>/j

$\tau$  = 2 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>

$$S_{\text{totale}} = 226,92 \text{ m}^2$$

**b) Volume du décanteur**

Le volume total est :  $V_{\text{tot}} = Q_p * T_r$

Avec

$Q_p$  : débit de pointe journalière = 10892,4 m<sup>3</sup>/j

$T_r$  : temps de rétention = 1,5h.

$$V_{\text{tot}} = 680,78 \text{ m}^3$$

On choisit de prendre deux décanteurs de surface :  $S_{\text{unitaire}} = 113,46 \text{ m}^2$  et  $V_{\text{unit}} = 340,4 \text{ m}^3$

**c) Diamètre du décanteur**

Le diamètre de chaque décanteur est donc :  $D = \sqrt{4 * \frac{S_{\text{unitaire}}}{\pi}}$

$$D = 12,02 \text{ m}$$

**d) Calcul des charges polluantes**

Le décanteur primaire élimine 35% de la DBO<sub>5</sub> et 95% de matière minérale.

DBO<sub>5</sub> = 2129,83 kg/j , Les matières minérales restantes = 596,35 - 477,08 = 119,27 kg/j.

- Charge en DBO<sub>5</sub> = 0,35 \* 2129,83 = 745,44 kg/j
- Charge en MM = 0,95 \* 119,27 = 113,3 kg/j

Le tableau 6 résume les dimensions et performances de chaque décanteur.

Tableau 6 : dimensions et performances de chaque décanteur

Désignation	Unité	Valeur
Volume	m <sup>3</sup>	340,4
Hauteur	m	3
Diamètre	m	12,02
Temps de rétention	h	1h30
<u>Charges à l'entrée</u>		
- DBO <sub>5</sub>	kg/j	2129,83
- MM		119,27
<u>Charge éliminée</u>		
DBO <sub>5</sub>	kg/j	745,44
MM		113,3
<u>Charge à la sortie</u>		
DBO <sub>5</sub>	kg/j	1384,39
MM		5,97

*e) Volume des boues par jour*

La quantité totale des boues produites ( $B_T$ ) dans les deux décanteurs est :

$$B_T = \text{DBO}_5 + \text{MM (éliminé)} = 745,44 + 113,3 = 858,74 \text{ kg/j}$$

$$\text{Pour chaque décanteur le } B_T = \text{DBO}_5 + \text{MM} = (745,44 + 113,3) / 2 = 429,37 \text{ kg/j}$$

$$\text{MES} = \frac{B_T}{Q_j}$$

Avec

$Q_j$  : débit journalier égale à 6085,23 m<sup>3</sup>/j

$B_T = 858,74 \text{ kg/j}$

$$\text{MES} = 141,58 \text{ mg/L}$$

## II.4 Ouvrage du traitement secondaire

### 1) Critère de conception du bassin d'aération

Les bassins d'aération sont des réacteurs biologiques dans lesquels s'effectue l'élimination de la matière organique par les microorganismes aérobies. Ils constituent un élément fondamental de la filière boues activées.

Nous allons supposé que le traitement par les boues activées sera à moyenne charge.

- Une charge massique :  $0,2 \leq C_m \leq 0,5 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS J}$

- Une charge volumique :  $0,6 \leq C_v \leq 1,5 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \text{ J}$

- Longueur / largeur = 1,5 et une hauteur du bassin d'aération comprise entre 3 et 5m.

- La concentration en DBO<sub>5</sub> à la sortie doit être inférieure à 30mg /l (normes de rejets établies par l’OMS).
- La puissance pour le brassage par m<sup>2</sup> du bassin doit être entre  $70 \leq P_a \leq 80 \text{ w/m}^2$

***\*Charges polluantes en DBO<sub>5</sub>***

Les charges polluantes en DBO<sub>5</sub> à l’entrée du bassin d’aération seront notées (**L<sub>0</sub>**) **DBO<sub>5</sub>= L<sub>0</sub>=1384,39 kg/j**

**La concentration en DBO<sub>5</sub> à l’entrée est S<sub>0</sub>:**

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_j} = \frac{1384,39}{6085,23} = 0,227 \text{ kg / m}^3$$

Q<sub>j</sub> : débit journalier égale à 6085,23 m<sup>3</sup>/j

$$S_0 = 0,227 \text{ g/l}$$

La concentration en DBO<sub>5</sub> à la sortie doit répondre aux normes de rejets établies par l’OMS 30mg /l, d’où la charge à la sortie **L<sub>s</sub>= S<sub>s</sub>.Q<sub>j</sub>=30.10<sup>-3</sup> \* 6085,23**

$$L_s = 182,56 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$$

La charge en DBO<sub>5</sub> éliminée est:

$$L_e = L_0 - L_s = 1201,83 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$$

$$L_e = 1201,83 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$$

***\*Rendement d’élimination***

Le rendement d’élimination est :

$$R = \frac{L_0 - L_s}{L_0} . 100 = 86,8\%$$

$$\boxed{R=86,8\%}$$

***\*Volume du bassin***

Le volume du bassin est déduit de la charge volumique C<sub>v</sub> :

$$C_v = \frac{\text{charge en DBO}_5 \text{ à l'entrée (kg/j)}}{\text{volume de bassin}}$$

Avec : C<sub>v</sub>=1,2 kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> j

Charge en DBO<sub>5</sub> à l’entrée du bassin d’aération égale à 1384,39kg/j

$$V = 1153,65 \text{ m}^3$$

***\*Masse des boues dans le bassin***

La masse totale des boues dans le bassin est déduite de la charge massique:

$$C_m = \frac{\text{charge en DBO}_5 \text{ à l'entrée (kg/j)}}{\text{masse dans le bassin (MVS) (kg)}}$$

Avec :  $C_m = 0,4 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS j}$

Charge en  $\text{DBO}_5$  à l'entrée du bassin d'aération égale à  $1384,39 \text{ kg/j}$

Soit  $X_a$  : la masse total des boues dans le bassin

$$\mathbf{X_a = 3460,97 \text{ kg}}$$

La concentration des boues dans le bassin est :

$$[X_a] = \frac{X_a}{V} = \frac{3460,97}{1153,65} = 3 \text{ kg/m}^3$$

V : Volume du bassin =  $1153,65 \text{ m}^3$

### Dimensionnement du bassin d'aération

Pour dimensionner le bassin d'aération nous prendrons comme base de calcul la relation suivante  $L=1,5 \times l$  et une hauteur du bassin d'aération comprise entre 3 et 5 m.

#### *a) Surface horizontale*

$$V = 1153,65 \text{ m}^3$$

$$H = 4 \text{ m}$$

$$S_h = \frac{V}{H} = 288,41 \text{ m}^2$$

#### *b) Largeur de bassin*

$$l = \sqrt{\frac{S_h}{1,5}} = 13,86 \text{ m}$$

#### *c) Longueur de bassin*

$$L = 1,5 * l = 20,8 \text{ m}$$

$$L = 21 \text{ m} \text{ et } l = 14 \text{ m}$$

#### *d) Temps de séjour*

Le temps de séjour est de :

$$t_s = \frac{V}{Q_p} = 2,54h$$

$$Q_p : \text{débit de pointe par temps sec} = 453,85 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$V : \text{Volume du bassin} = 1153,65 \text{ m}^3$$

#### *e) Besoins en oxygène*

Pour favoriser la réaction aérobie qui est plus rapide que la fermentation anaérobie, il faut que le milieu contienne une concentration suffisante en oxygène.

On admet que les micro-organismes aérobies n'utilisent pas directement l'oxygène mais il doit être dissous dans l'eau.

La quantité théorique d'oxygène est la somme de celle nécessaire à la synthèse et celle nécessaire à la respiration endogène. Elle est donnée par la relation :

$$q_{O_2} \text{ (kg/j)} = (a' \times L_e) + (b' \times X_a)$$

$q_{O_2}$  : Besoin en oxygène (Kg/j).

$L_e$  : Charge en  $DBO_5$  éliminée.

Les paramètres  $a'$  et  $b'$  sont des coefficients déterminés expérimentalement sous une température de 20°C.

$a'$  : besoin pour la synthèse de la biomasse.

$b'$  : besoin pour la respiration.

**Tableau 7 : valeurs de  $a'$  et  $b'$  en fonction du type de traitement par boues activées**

Type de traitement	$a'$	$b'$
Faible charge	0,65	0,065
Moyenne charge	0,60	0,08
Forte charge	0,55	0,12

Puisque nous avons choisit un traitement à moyenne charge, les valeurs de  $a'$  et  $b'$  sont :

$$a' = 0,60 \text{ et } b' = 0,08$$

$$X_a = 3460,97 \text{ kg}$$

$$L_e = 1201,83 \text{ kg } DBO_5/j$$

$$q_{O_2} = (0,60 * 1201,83) + 0,08 * 3460,97$$

$$q_{O_2} = 997,97 \text{ kg } O_2 / j$$

D'où la quantité horaire d'oxygène nécessaire

$$q_h = \frac{q_{O_2}}{24} = 41,58 \text{ kg } O_2/h$$

**f) Capacité d'oxygène**

$$\frac{C_{oe}}{C_o} = \alpha * \gamma * \frac{C_{stp} - C_x}{C_{10}}$$

Avec :

$C_{oe}$  : Capacité d'oxygène effective;

$C_o$  : Capacité d'oxygène nominale avec  $C_o = K_1 * C_s$ ,

$K_1$  : Caractéristique du couple aérateur-bassin égale à  $0,84 \text{ h}^{-1}$ ;

$C_s$  : Concentration en oxygène à saturation mesurée à l'interface ;

$\alpha$  : Coefficient en fonction de la nature physico-chimique des eaux et du mode d'aération.

$\gamma = 1,02^{(T-10)}$  : Coefficient de diffusion qui tient compte de la température.

$C_{stp}$  : Capacité d'oxygène corrigée à la température et pression de travail.

$C_{10}$  : concentration de saturation d'une eau en oxygène à 10°C est de 11,26mg/l

$C_x$  : Concentration minimale à maintenir dans le bassin, elle est comprise entre 1,5 et 2 mg/l.

**Tableau 8 : valeurs de  $\alpha$  pour différents types de traitement par boues activées**

Type de traitement	$\alpha$	$\beta$
Faible charge	0,95	0,97
Moyenne charge	0,9 à 0,95	0,95
Forte charge	0,8	0,95

**Tableau 9 : Saturation de l'eau en oxygène et coefficient  $\gamma$  de diffusion en fonction de la température.**

Température T (°C)	Concentration à saturation $C_s$ de l'oxygène dans l'eau à 1013 mbar (g/m <sup>3</sup> )	Coefficient de diffusion $\gamma$
5	12,74	0,906
6	12,42	0,924
7	12,11	0,942
8	11,81	0,961
9	11,53	0,980
10	11,26	1,000
11	11,01	1,02
12	10,77	1,04
13	10,53	1,061
14	10,30	1,082
15	10,08	1,104
16	9,86	1,126
17	9,66	1,149
18	9,46	1,173
19	9,27	1,195
20	9,08	1,219
21	8,90	1,244
22	8,73	1,268
23	8,57	1,294
24	8,41	1,320
25	8,25	1,346

**Tableau 10 : Valeurs du rapport  $p/p_0$  pour différentes altitudes**

Altitude (m)	$p/p_0$
0	1
500	0,939
1 000	0,882
1 500	0,829
2 000	0,779

A une température de 20°C ,  $\gamma = 1,02^{(T-10)} = 1,219$  et  $C_s = 9,08$  mg/l

$K_1 = 0,84$  h<sup>-1</sup>

$$C_0 = 7,63 \text{ mg O}_2/\text{l h}$$

Puisque nous travaillons avec une eau de moyenne charge, nous avons  $\alpha = 0,925$  et  $\beta = 0,95$

\* $C_{stp}$  : est la capacité d'oxygène corrigée à la température et à la pression de travail.

$$C_{stp} = C_s \frac{P \cdot \beta}{P_0}$$

Après une extrapolation des valeurs pour une altitude de 287 m du niveau de la mer (après choix du site de la station d'épuration) le rapport  $\frac{P}{P_0} = 0,964$

La capacité d'oxygène corrigée à la température et pression de travail est la suivante :

$$C_{stp} = C_s \frac{P \cdot \beta}{P_0}$$

AN

$$\beta = 0,95$$

$$C_s = 9,08 \text{ mg/l}$$

$$C_{stp} = 8,31 \text{ mg/l}$$

\* $C_x$  : concentration minimale à maintenir dans le bassin, elle est comprise entre 1,5 et 2 mg/l. On prendra une valeur moyenne de cette concentration.  $C_x = 1,75 \text{ mg / L}$

$C_{10}$  : concentration de saturation d'une eau en oxygène à 10°C est de **11,26mg/l**

Alors :

$$\alpha = 0,925 \quad \gamma = 1,219$$

$$C_0 = 7,63 \text{ mg O}_2/\text{l h}$$

$$\frac{C_{oe}}{C_0} = 0,65$$

$$C_{oe} = 4,81 \text{ mg O}_2 / \text{L. h}$$

### *g) Puissance requise pour le brassage*

La puissance nécessaire pour le brassage et le maintien des solides en suspension est donnée par la relation :

$$E_b = S_h \cdot P_a$$

Avec

$S_h$  : surface horizontale du bassin

$P_a$  : puissance

$$70 \leq P_a \leq 80 \quad w/m^2$$

On prend une valeur moyenne  $P_a = 75 \text{ w/m}^2$

$$S_h = 288,41 \text{ m}^2$$

D'où :

$$E_b = 21,63 \text{ kw}$$

### ***h) Bilan des boues***

#### ***\*Calcul de la quantité des boues en excès***

Les boues en excès sont proportionnelles à la quantité de la DBO<sub>5</sub> éliminée et dépend de la charge massique dans le bassin d'aération.

La quantité des boues en excès est déterminée par la relation suivante :

$$\Delta B = B_{min} + B_{dur} + a_m L_e - b X_a$$

Avec :

- $\Delta B$  : Boues en excès exprimé en kg/j ,
- $L_e$  : Charge de la DBO<sub>5</sub> éliminée exprimé en kg/j
- $X_a$  : Boues organiques dans le bassin (MVS) exprimé en kg
- $B_{min}$  : Matières minérales (MM) en suspension apportées par l'effluent exprimé en kg/j
- $B_{dur}$  : Matières organiques en suspension difficilement biodégradables apportées par l'effluent exprimé en kg/j
- $a_m$  : Augmentation de la biomasse par élimination de la DBO<sub>5</sub>.
- $b$  : Diminution de la biomasse par respiration endogène.

**Remarque :  $a_m=0,6$  et  $b=0,08$  voir tableau 5**

D'où :

- $B_{min} = 5,97 \text{ kg/j}$  **voir tableau 6**
- $B_{dur} = 255,59 \text{ kg/j}$
- $b X_a = 0,07 * 3460,97 = 242,26 \text{ kg/j}$
- $a_m L_e = 0,6 * 1201,83 = 721,1 \text{ kg/j}$

$$X_a = 3460,97 \text{ kg}, L_e = L_o - L_s = 1201,83 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$$

Alors

$$\Delta B = 740,4 \text{ kg/j}$$

#### ***\*Concentration de boues en excès :***

$$X_m = \frac{1,2 \cdot 10^3}{I_m}$$

Avec :

$X_m$  : Concentration de boues en excès

$I_m$  : L'indice de Mohlman

Si on suppose que les boues se décantent bien, l'indice de Mohlman se situe entre 80 et 150. Cet indice représente le volume occupé par un gramme de poids sec de boues après décantation d'une demi-heure dans une éprouvette de 1 litre.

On prend alors  $I_m=115$

D'où :

$$X_m = \frac{1,2 \cdot 10^3}{115} = 10,43$$

$$X_m = 10,43 \text{ kg/m}^3$$

#### ***\*Débit de boues en excès***

Le débit de boues en excès est donné par la formule :

$$Q_{excès} = \frac{\Delta B}{X_m}$$

$$X_m = 10,43 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta B = 740,4 \text{ kg/j}$$

$$Q_{excès} = \frac{\Delta B}{X_m} = 70,95 \text{ m}^3/\text{j}$$

#### *\*Débit spécifique*

Le débit spécifique est donné par la relation :  $q_{sp} = \frac{\Delta B}{V}$

$$V : \text{Volume du bassin} = 1153,65 \text{ m}^3$$

$$\Delta B = 740,4 \text{ kg /j.}$$

$$q_{sp} = 0,64 \text{ kg/m}^3/\text{j}$$

#### *\*Débit des boues recyclées*

Dans le but de maintenir une concentration moyenne constante de boues dans le bassin, le recyclage est effectué à partir du clarificateur ou décanteur secondaire.

Le taux de recyclage peut varier de 15 à 100% de débit de l'effluent produit. Il est donné par l'expression suivante :

$$R = \frac{100 * [X_a]}{\frac{1200}{I_m} - [X_a]}$$

Avec

R : taux de recyclage (%)

[X<sub>a</sub>] : concentration des boues dans le bassin.

**A.N :**

$$I_m = 115$$

$$[X_a] = 3 \text{ kg/ m}^3$$

$$R = 40,37\%$$

Le débit des boues recyclées dans le bassin est donné par la relation :

$$Q_r = (R \times Q_j) / 100$$

R : taux de recyclage (%)

Q<sub>j</sub> : débit journalier

**AN**

$$Q_j = 6085,23 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$R = 40,37 \%$$

$$Q_r = 2456,60 \text{ m}^3/\text{j}$$

**\*Age des boues**

L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et la quantité de boues retirées quotidiennement.

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta B}$$

**AN**

$$\Delta B = 740,4 \text{ kg /j}$$

$$X_a = 3460,97 \text{ kg}$$

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta B} = 4,67 \text{ jours}$$

**2) Clarificateur**

Le clarificateur a pour but la séparation des floccs biologiques de l'eau à épurer. Les boues déposées dans le clarificateur sont recirculées vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration quasi constante en bactéries et les boues en excès sont évacuées vers les installations de traitement de boues (épaississement, déshydratation).

**Dimensionnement**

Les dimensions du clarificateur seront identiques à celles du décanteur primaire, puisque nous allons traiter le même débit d'eau.

Nous allons prendre deux clarificateurs. Le tableau 11 résume les dimensions du bassin d'aération et de clarificateur.

**Le tableau 11** : résume les dimensions du bassin d'aération et de clarificateur.

Désignation	Unité	Valeur
<u>Bassin d'aération</u>	/	/
- Forme rectangulaire	/	/
- Largeur	m	14
- Longueur	m	21
- Nombre	/	1
- Volume	m <sup>3</sup>	1153,65
- Surface	m <sup>2</sup>	288,41

- Hauteur	m	4
- Charge éliminée L0	kg/j	1384,39
- Quantité d'oxygène nécessaire	kg/j	997,97
- Boues en excès	m <sup>3</sup> /j	70,95
- Débit des boues recyclées	m <sup>3</sup> /j	2456,60
<u>Clarificateur</u>	/	/
- Forme circulaire	/	/
- Volume	m <sup>3</sup>	340,2
- Hauteur	m	3
- Diamètre	m	12,02
- Temps de séjour	h	1h30