

## CHAPITRE II

# PRÉTRAITEMENT ET TRAITEMENT PRIMAIRE DES EAUX USÉES

1

Par Prof. **MERZOUK Belkacem**

*Département d'Hydraulique,  
Université Mohamed Boudiaf de M'sila,*

Email: [belkacem.merzouk@univ-msila.dz](mailto:belkacem.merzouk@univ-msila.dz)

## II.1. INTRODUCTION

Les eaux usées urbaines subissent, à leur arrivée dans la station d'épuration (STEP), une série d'opérations mécaniques et physiques ayant pour objectif l'élimination du maximum d'éléments dont la taille ou la nature pourrait constituer une gêne pour les étapes ultérieures de traitement.

Une STEP des rejets liquides comporte classiquement la succession de traitements suivants :

- Traitement préliminaire (Prétraitement)
- Traitement primaire (Décantation primaire)
- Traitement secondaire (biologique, physicochimique)
- Traitement tertiaire (*Traitement des boues - Elimination de N et P - Désinfection*).

Dans cette première partie de la matière, nous allons dimensionner les ouvrages d'une station d'épuration fonctionnant en **boues activées**.

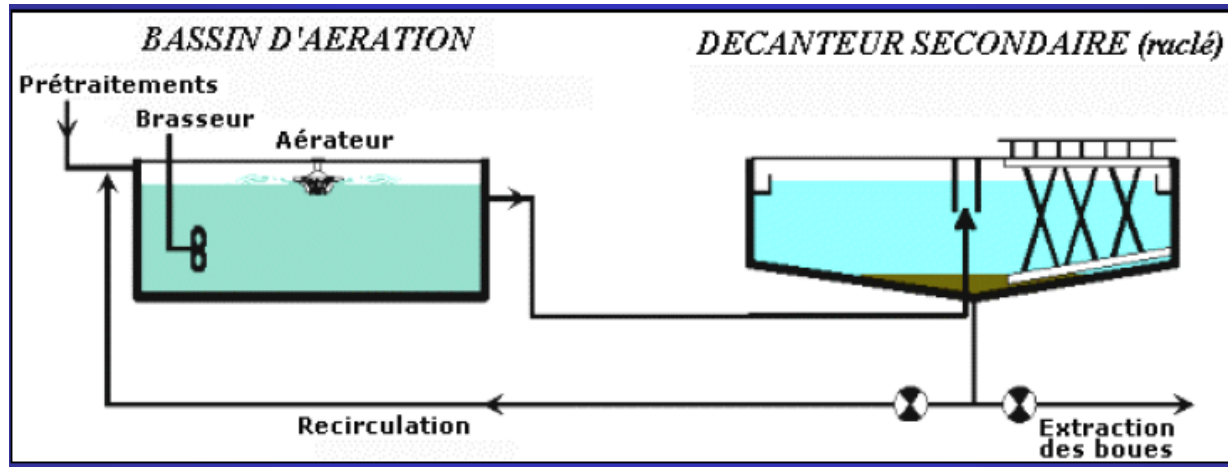


Figure II.1: Schéma de principe d'une STEP à boues activées

## II.2. PRÉTRAITEMENT ET DIMENSIONNEMENT DE SES OUVRAGES

Les prétraitements les plus courants sont :

- Le dégrillage
- Le dessablage – déshuilage.

Les ouvrages de prétraitement sont dimensionnés pour traiter le débit maximal (débit de pointe).

## II.2.1. Dégrillage (Dimensionnement des grilles)

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.
- séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire l'efficacité du traitement.

*Pour le calcul des paramètres de la grille, on utilise la méthode de Kirschmer*

### a) Largeur de la grille

$$L = \frac{Q_{\text{pts}} \cdot \sin \alpha}{v \cdot h_{\text{max}} (1 - \beta) \sigma} \dots \text{ (m)}$$

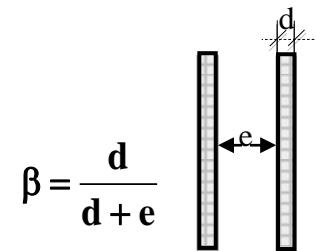
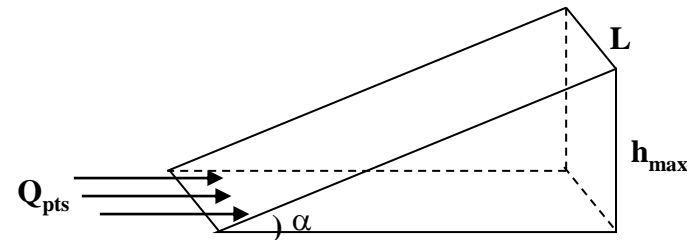
$$\text{Ou: } L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\text{max}} (1 - \beta) \sigma}$$

**L** : largeur de la grille (m).

**$h_{\text{max}}$**  : hauteur maximum admissible de l'eau sur la grille (0.15 – 1.5) m

**S** : Surface de passage de l'effluent (m<sup>2</sup>)

**$\beta$**  : Fraction de surface occupée par les barreaux



**e** : espacement des barreaux, **d** : épaisseur des barreaux (diamètre).

**$\sigma$**  : Coefficient de colmatage de la grille. Il est de **0.4 à 0.5** pour un dégrillage automatique et de **0.1 à 0.3** pour un dégrillage manuel.

**$\alpha$**  : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal ( $\alpha = 60$  à  $80^\circ$ )

**$Q_{pts}$** : débit de pointe en temps sec ( $m^3/s$ )

**v** : vitesse de passage à travers la grille (m/s). **v** = (0.3 à 1 m/s) pour un réseau séparatif ( $Q_{pts}$ ) et 1.2 m/s sur un réseau unitaire ( $Q_{tp}$ ).

## b) La surface de passage de l'effluent (S)

$$S = \frac{Q_{pts}}{v} \dots\dots (m^2)$$

Tableau II.1: Espacement et épaisseur des barreaux

Paramètre	Grille grossière	Grille fine
<b>d (cm)</b>	2.0	1.0
<b>e (cm)</b>	5.0	2.0

## c) Calcul des pertes de charge ( $\Delta h$ )

Les pertes de charge dans un dégrilleur sont données par la relation de **Kirschmer**.

$$\Delta H = F \cdot \left( \frac{d}{e} \right)^{4/3} * \frac{v^2}{2g} \sin \alpha \dots\dots (m)$$

**F** : coefficient dépendant de la forme des barreaux (**F = 1.79** pour les barreaux ronds).

### d) Calcul des refus des grilles (Volume moyen journalier $V_{\text{moy}}$ )

- Le volume des résidus retenus par les grilles est estimé à (2 à 3) **L/hab/an** pour une grille grossière et (5 à 10) L/hab/an pour une grille fine.
- On calculera pour chaque type de grille un volume minimal ( $V_{\text{min}}$ ) et un volume maximal ( $V_{\text{max}}$ ) de retenue.
- Le volume moyen des refus est :

$$V_{\text{moy}} = (V_{\text{min}} + V_{\text{max}})/2$$

#### d.1) Pour une grille grossière

$$V_{\text{min}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot N/365 \quad \text{en (m}^3/\text{j)} \quad \text{et} \quad V_{\text{max}} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot N/365 \quad \text{en (m}^3/\text{j)}$$

#### d.2) Pour une grille fine

$$V_{\text{min}} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot N/365 \quad \text{et} \quad V_{\text{max}} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot N/365$$

**N** : Nombre d'habitants.

## II.2.2. Dessablage-déshuilage

### II.2.2.1. Calcul du dessableur - déshuileur de la station

- **Le dessablage** consiste à débarrasser les eaux des solides de taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$  (sables, graviers, matières minérales lourdes) par décantation sous l'effet de la gravité.
- À la différence de la décantation primaire, il n'élimine pas les matières volatiles en suspension (MVS).
- Pour limiter la décantation des matières organiques ( $d \approx 1.2$ ), il faut maintenir une vitesse de l'effluent entre **0.2 et 0.6 m/s**.
- **Le dégraissage** vise à éliminer les graisses et huiles d'origine végétale et animale par flottation naturelle, lorsque la différence de masse volumique est naturellement suffisante pour séparer deux phases, ou accélérée par injection de fines bulles d'air.
- La flottation est une technique de séparation fondée sur des différences d'hydrophobicité des particules à séparer.

*Ces deux étapes de traitement sont souvent réalisées au sein d'une même unité de traitement (ouvrage combiné). L'extraction des sables peut se faire par raclage de fond ou par pompage, et l'extraction des graisses rassemblées à la surface des eaux sous forme d'écume se fait à l'aide de pont racleur. Elles sont recueillies dans une goulotte avant d'être envoyées dans une cuve de stockage.*

- Le bassin de dessablage - déshuilage le plus utilisé est de type aéré longitudinal.
- L'injection de l'air assure une turbulence constante qui évite le dépôt des matières organiques.

## Objectifs:

- Protéger les installations en aval contre les phénomènes d'abrasion (pompes), ou de colmatage (conduites) dont les sables peuvent être responsables.
- La séparation des graisses permet une forte augmentation du rendement du traitement secondaire puisque lorsqu'elles sont combinées à la matière organique, elles diminuent l'efficacité de leur dégradation.
- Faciliter le transfert d'oxygène au sein de la boue biologique.

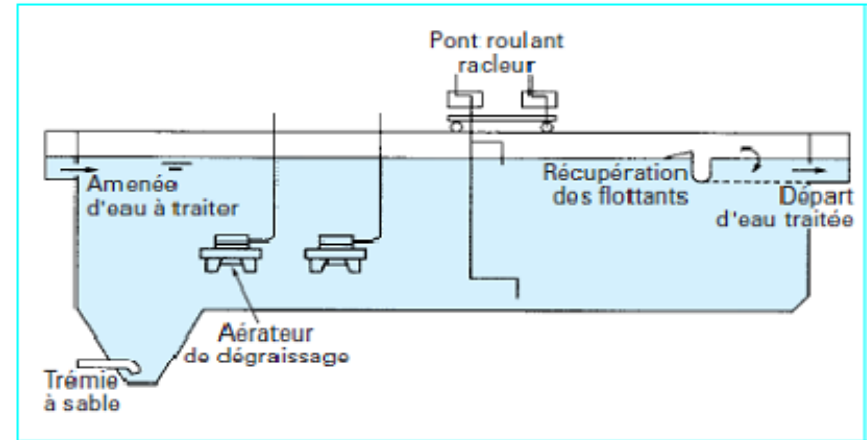


Figure II.2: Ouvrage de dessablage-déshuilage combinés



Dans un tel bassin, pour qu'il y ait sédimentation des particules, il faut que :

$$v_e < v_s$$

$$\frac{L}{H} < \frac{v_e}{v_s}$$

Avec :

$v_e$  : Vitesse horizontale (vitesse d'écoulement)

$v_s$  : Vitesse de sédimentation.

$L$  : Longueur du bassin

$H$  : Profondeur du bassin.

$$0.2 < v_e < 0.6 \text{ m/s}$$

$$40 < v_s < 70 \text{ m/h} \quad (\text{débit de pointe en temps de pluie})$$

$$10 < v_s < 15 \text{ m/h} \quad (\text{débit de pointe en temps sec})$$

$$10 < L/H < 15.$$

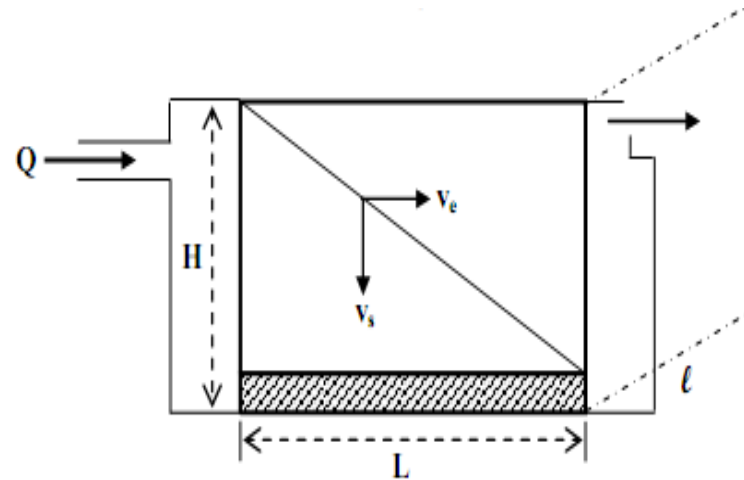


Figure II.3: Vitesse de décantation de particules discrètes (dessableur)

**a) Le volume (V)**

$$V = Q_{\text{pts.}} \cdot t_s \quad \dots\dots (m^3)$$

$t_s$  : temps de séjour (1 à 5 min).

**b) La surface horizontale ( $S_h$ )**

$$S_h = V/H \quad \dots\dots (m^2)$$

$H$  : hauteur de l'ouvrage (1 - 3 m).

**c) La longueur (L) et largeur (l)**

$$L = 10 \cdot H \quad \dots\dots (m)$$

et  $S_h = L \cdot l$

$$\Rightarrow l = S_h / L \quad \dots\dots (m)$$

**d) Vérification de la condition de dimensionnement**

$$1) \quad \frac{L}{H} < \frac{v_e}{v_s}$$

$$2) \quad 1.25 < \frac{V}{S_h} < 2.5$$

### ***II.2.2.2. Le débit d'air à insuffler dans le dessableur - déshuileur***

Le volume d'air ( $V_a$ ) à insuffler varie de 1 à 1.5 m<sup>3</sup> d'air/m<sup>3</sup> d'eau.

Le débit d'air est donné par :  $q_{\text{air}} = Q_{\text{pts}} \cdot V_a$  ..... (m<sup>3</sup>/s)

### ***II.2.2.3. Quantité des matières éliminées par le dessableur***

$$\text{MES} = 80\% \text{ MVS} + 20\% \text{ MM} \quad \dots (\text{kg/j})$$

$$\text{Donc : - MVS} = 0,8 \cdot \text{MES}_0$$

$$\text{- MM} = 0,2 \cdot \text{MES}_0$$

Le dessableur permet d'éliminer **80%** des matières minérales totales ( $\text{MM}_e$ ) :

$$\text{- MM}_e = 0,8 \cdot \text{MM}$$

De plus les matières minérales à la sortie de dessableur :

$$\text{- MM}_s = \text{MM} - \text{MM}_e$$

Enfin les MES à la sortie de dessableur:

$$\text{- MES}_s = \text{MVS} + \text{MM}_s$$

Tableau II.2 : Production de sable

Paramètre	Unité	Valeur
Calcul de base* ( $V_{ret}$ )	L/hab/an	
Nombre d'habitants	hab	
Volume annuel de sable produit	m <sup>3</sup> /an	
Densité du sable	tm <sup>3</sup>	
Poids annuel de sable à extraire	t/an	

Avec :

\* : La quantité de sable retenue par un dessableur (varie de 8 à 15 L/hab/an).

- Poids annuel de sable à extraire = Densité \*  $V_{annuel}$

-  $V_{annuel} = N_{hab} * V_{ret} * 10^{-3}$  (m<sup>3</sup>/an)

## II.3. TRAITEMENT PRIMAIRE

### II.3.1. Critère de conception du décanteur primaire

Le dimensionnement du décanteur primaire est conditionné par deux (02) paramètres :

- la vitesse ascensionnelle ou la charge superficielle ( $v_{as} = 1 \text{ à } 2 \text{ m/h}$ )
- le temps de séjour ( $t_s$ ) qui varie de 01 à 02 h.

### II.3.2. Calcul du décanteur primaire

Soit un décanteur d'une forme circulaire.

a) La surface totale du décanteur

$$S = \frac{Q_{pts}}{v_{as}} \dots\dots\dots (m^2)$$

b) Le volume total de l'ouvrage

$$V = Q_{pts} \cdot t_s \dots\dots\dots (m^3)$$

On choisit **deux** (02) *chaines d'épuration*, donc elle contient deux décanteurs.

La surface unitaire de chacun ( $S_u$ ) et le volume unitaire ( $V_u$ ) sont :

$$S_u = S/2 \quad ; \quad V_u = V/2$$

**c) Le diamètre du décanteur**

Le diamètre de chaque décanteur est :  $D_u = \sqrt{\frac{4.S_u}{\pi}}$  ..... (m)

**d) La hauteur de l'ouvrage**

$$H_u = V_u/S_u \text{ ..... (m)}$$

***II.3.3. Bilan du décanteur primaire***

- La décantation primaire élimine environ **30 %** de la **DBO<sub>5</sub>** et **60% de MES**.
- Les MES à l'entrée du décanteur primaire sont celles de la sortie du dessableur.
- Les matières non éliminées durant la décantation primaire subissent un traitement biologique.

### II.3.4. Les boues issues du décanteur primaire

$$B_I = (DBO_5)_e + (MM)_e$$

Les différents bilans de la décantation primaire sont résumés dans le tableau (II.3):

Tableau II.3 : Différents bilans de la décantation primaire

Paramètre	Valeur (kg/j)
$DBO_5$ à l'entrée = $L_0$	
$DBO_5$ retenue (éliminée) = 30 % ( $L_0$ ) = $L_e$	
$DBO_5$ à la sortie $L_s = L_0 - L_e$	
MES à l'entrée = $MES_s$ (dessableur)	
MES retenues (éliminées) = 60% (MES entrée)	
MES à la sortie = $MES_{\text{entrée}} - MES_{\text{éliminées}}$	
$MM_e = 20\% (MES)_{\text{éliminées}} = 0.2 * (MES)_e$	
$B_I$	

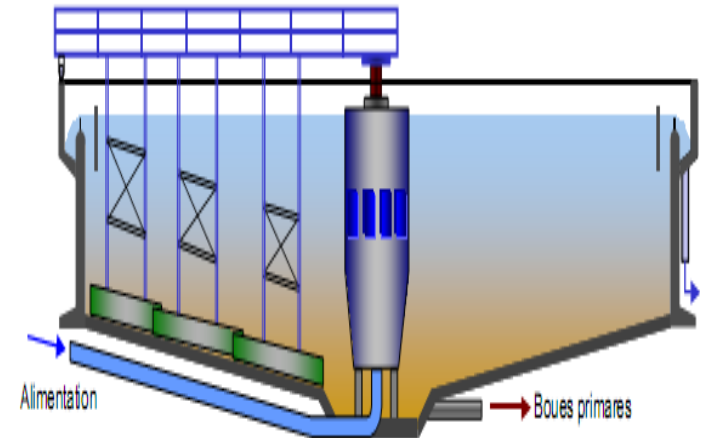


Figure II.4: Décanteur circulaire avec raclage des boues

**Des questions ?**