

1. Introduction

OMS estimé 90% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement liées à l'eau. Le but est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur. La première tentative d'épuration des eaux usées a été inventée en 1914 par des scientifiques anglais.

2. Type des eaux usées

- Rejet domestique
- Rejet industriels
- Rejet pluviales

3 Composition des eaux à évacuer

La pollution des eaux est présente sous trois formes principales :

3.1 Pollution physique :

Représente sous forme des matières en suspension MES qui se divise :

3.1.1 Matières volatiles en suspension (M.V.S)

Présente la fraction organique des M.E.S elle présente 70 à 90% M.E.S

3.1.2 Matières minérales en suspension (M.M.S)

Sont la différence entre M.E.S et M.V.S

3.1.3 Matières décomposables en suspension (M.D)

C'est la partie en matière en suspension qui se dépose à un temps en général de 2 heures.

3.1.4 Matières non décomposables en suspension (M.N.D)

C'est la partie en matière en suspension qui ne se décompose pas.

3.2 Pollution chimique

Ce sont matières qui dissoute et qui subdivise :

3.2.1 Matières minérales (Seles, acides minéraux...)

3.2.2 Matières organique qui peuvent être dégradable ou non dégradable

* Matière biodégradable nécessite de l'oxygène pour leur dégradation par microorganisme

* Matière non biodégradable nécessite d'un oxydant énergétique pour leur oxydation.

3.3. Pollution bactériologique

Les eaux usées contiennent une multitude organisme vivante (bactéries, virus). La pollution microbiologique peut être dangereuse lorsque les eaux usées rejetant dans un milieu qui peuvent être utilisé comme moyenne d'alimentation d'eau et d'irrigation

4. Mesure et détermination (Comment mesure-t-on les matières polluantes contenues dans les eaux usées ?

Trois principaux paramètres mesurent les matières polluantes des eaux usées domestiques :

M.E.S : On prend un volume connu d'un échantillon d'une eau usée à étudiée. Ce volume est pesée puis filtré et séchée à 105°C est pesée ; la différence de deux poids dans la quantité en matière en suspension qui varie généralement a 300mg/l.

M.V.S : L'échantillon à l'étape séchée a 105°C est calciné a 650°C, la quantité qui s'échappe c'est **M.V.S**, la partie restante c'est **M.M.S**.

DBO : Critère de pollution organique basé sur la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps de référence pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau par voie biologique.

La DBO₅, c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation, est conventionnellement utilisée.

DCO : La demande chimique en oxygène, ou DCO, est l'un des paramètres de la qualité d'une eau. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans une eau.

Cette valeur est obtenue en faisant réagir des échantillons d'eau avec un oxydant puissant (le bichromate de potassium) et s'exprime en milligramme d'oxygène par litre d'eau. En général pour une eau usée :

$$DBO_{20} = 0.86 DCO_{20}.$$

La BDO est déterminé par la méthode de dilution : On fait diluée dans certain rapport d'eau propre saturé en oxygène dissout avec une eau usée analysée. Ce mélange qui conservé à 20°C dans l'obscurité pendant 5 à 20 jours puis déterminé la quantité d'oxygène résiduelle ,

$$\text{La différence : } (O_{2 \text{ initial}} - O_{2 \text{ final}}) * \tau_{\text{taux de dilution}} = BDO_{20}.$$

4.1 Normes estimées en impuretés

Les charges en impuretés apportées par les eaux usées par jour par habitant estimées comme suite :

Tableau 1 : charges en impuretés apportées par les eaux usées

impuretés	DBO ₅	MES	Produit azotes	cl ⁻
Charge apportées (g/hab/j)	75	65	10	9

La concentration de ces impuretés dans l'eu usées sont calculées comme suite :

$$C = \frac{1000 * A}{Q_u} \quad [mg/L]$$

A : apport (charge) de l'impureté considérée (g/hab/j)

Q_u : débit des eaux usées (l / j / hab)

Pour un débit des eaux usées $Q_u = 200 \text{ l/j/hab}$ (par exemple).

$$C_{\text{DBO}} = (1000 \cdot 75 / 200) = 375 \text{ mg/L}$$

Les charges en impuretés apportées par les eaux pluviales par jour par habitant estimées comme suite :

Tableau 2 : charges en impuretés apportées par les eaux pluviales

Types d'habitation	Impuretés en (mg/l)		
	DBO ₂₀	MES	Produits pétroliers
Zones administrative et quartiers résiduelles	40	400	8
Zones d'habitation modérées	60	650	12

5. Les différents traitements des eaux usées domestiques

5.1 La fosse septique toutes eaux

Le but de cette fosse est de préparer les effluents à une épuration. Il s'agit d'un double phénomène, de précipitation ainsi que de flottation des graisses grâce à la présence de parois siphoides.

La dégradation se fait par des bactéries aérobies d'où l'intérêt d'avoir une circulation d'air pour éviter les mauvaises odeurs. La fosse est dimensionnée en fonction du nombre de pièces habitables de la maison. Le volume minimal est de 3 m^3 .

La fosse septique doit être vidangée régulièrement afin d'éliminer les boues excédentaires ; la taille maximum des fosses peut approcher les 100 m^3 . En revanche il faudra par la suite que le terrain soit suffisamment important pour assurer une bonne épuration des eaux.

5.1.1 Exemple de calcul :

La capacité de la fosse septique collective est :

$$V = Q \cdot pt \cdot ts$$

Tel que :

V : Capacité de la fosse (m^3).

Opt : Débit de pointe d'eaux usées (m^3/j).

K_p : Coefficient de point = $1.5 + 2.5 / (Q_m)^{1/2}$

Avec : $Q_m = (\text{Nb de habitations} * \text{Dotation}) * 0.8$

$t_s = 1.00 - 2$ jours : Temps de séjour pour une fosse septique collective.

Le calcul se fait par la différence des débits des deux horizons :

Actuel (2021) et long terme (2046). Par exemple

$$Q_{m(2046)} = (914 * 150) * 0.8 = 109.680 \text{ m}^3/\text{j.}$$

$$K_{p2046} = 1.5 + 2.5 / (109.68)^{1/2} = 1.73$$

$$Q_{p(2046)} = 1.73 * 109.68 = 190.70 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{pte} \text{ (fosse)} = Q_{p(2046)} = 190.70 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{A la fin, on obtient : } V = (190.70) * 1.00 = 190.70 \text{ m}^3$$

$$\text{D'où : } V \text{ (fosse)} = 190.70 \text{ m}^3$$

5.2 Le lagunage

5.2.1 Principe général

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries.

Les bassins de lagunage sont généralement aux nombres de trois. Ils sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. Le fonctionnement repose sur la constitution d'une chaîne alimentaire complète, il est basé sur la symbiose entre de véritables êtres vivants : les algues et les bactéries.

5.2.2 Classification des lagunages

On distingue deux types de lagunages :

- Le lagunage naturel
- Le lagunage aéré.

5.2.2.1 principes du lagunage aéré

Les lagunes aérées sont des bassins traversés par l'effluent à épurer. L'oxygène nécessaire est fourni par des aérateurs à turbines ou quelques fois par des diffuseurs ; l'aération sert également au maintien en suspension des boues activées. Dans cette catégorie, on distingue deux types de lagunes :

1. Lagunes aérées aérobies
2. Lagunes aérées facultatives.

5.2.2.2 Principe du lagunage naturel

Le lagunage naturel est un procédé extensif de traitement des eaux usées, fondé sur un écosystème constitué principalement d'algues microscopiques, des bactéries aérobies et anaérobies adaptée au rayonnement solaire utilisé comme source énergétique pour la production de l'oxygène par photosynthèse par les algues microscopiques qui peuplent le bassin.

A. Lagunes aérobies

Ce sont des bassins dont la profondeur ne dépasse pas 1 m dans ce type de bassins, seuls les organismes aérobies sont actifs. Ces organismes sont de gros consommateurs d'oxygène.

B. Lagunes anaérobies

Dans ce type de bassin, la dégradation des matières organiques est assurée par des bactéries anaérobies, les profondeurs peuvent aller jusqu'à 3 à 4m.

L'emploi des bassins anaérobies est limité par suite de certains inconvénients : odeurs désagréables, arrêt des réactions à basse température.

L'accumulation des boues au fond du bassin favorise le processus de digestion puis se traduit par la formation et le dégagement des bulles de gaz vers la surface du bassin.

L'entraînement des particules solides liées aux bulles de gaz, tend à créer des zones de turbidité de l'eau empêchant le développement des algues.

5.3 Les station d'épuration

5.3.1 Définition d'une station d'épuration

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel. Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.



Vue aérienne d'une station d'épuration

5.3.2 Objectifs principaux d'une station d'épuration

- Protection de la nappe phréatique contre la pollution;
- Eviter aux agriculteurs l'irrigation des terres agricoles avec les eaux usées;
- Minimiser le risque des maladies à transmission hydrique;
- Réutilisation des eaux épurées dans le domaine de l'irrigation;
- Economie importante de l'eau;
- Eviter la surexploitation des nappes souterraines.

5.3.3 Conditions d'implantation d'une station d'épuration

La station d'épuration doit être implantée selon les conditions suivantes:

- Eviter le maximum les zones inondables;
- Prendre en considération les zones urbanisées et urbanisables à cause des odeurs désagréables, maladies transmissibles par l'air,...;
- L'implantation doit être à l'aval du réseau d'assainissement (à l'exutoire) afin d'éviter le relevage et par conséquent le coût élevé;
- La position de la station d'épuration doit être dans un point où la collecte des eaux usées se fait au maximum (repérer le point stratégique entre deux agglomérations par exemple);
- Le rejet des eaux épurées ne doit pas affecter le milieu récepteur (inondation des terres agricoles).

6. Etape et schémas d'épuration des eaux usées

Le processus d'épuration des eaux usées comprend plusieurs étapes:

- Les prétraitements (physique): Dégrillage, Dessablage, Déshuilage-Dégraissage.
- Traitement primaire (physico-chimique): Coagulation-floculation, Décantation,
- Le traitement secondaire (biologique): Boues activées, Lit bactérien, Lagunage, Disques biologiques.
- Le traitement Tertiaire;

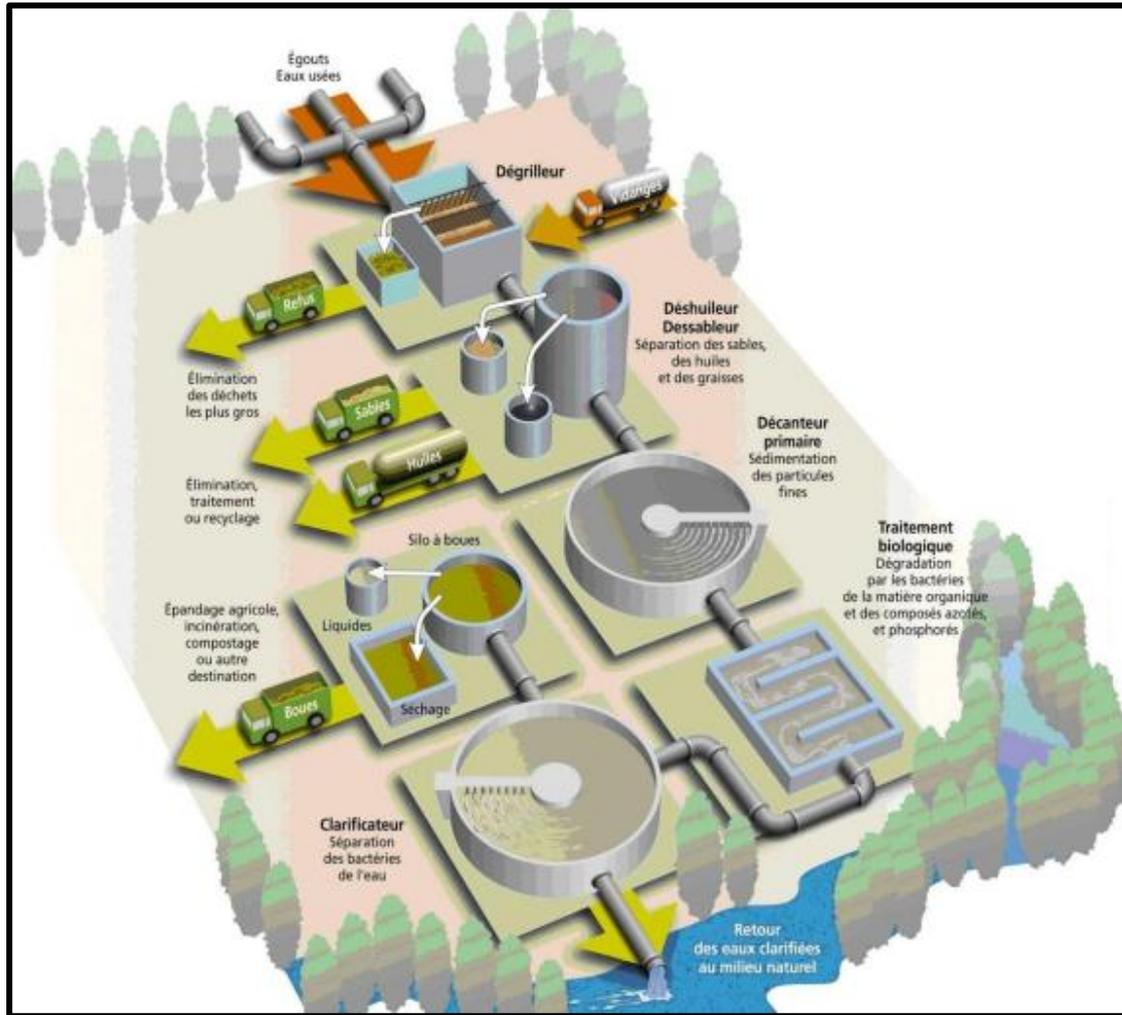


Schéma explicatif d'une station d'épuration à boues activées

6.1 Chaîne de traitement des eaux usées

6.1.1 Prétraitements physiques :

6.1.1.1 Dégrillage :

Consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères.

Les grilles peuvent être verticales, mais sont le plus souvent inclinées de 60 à 80° par rapport à l'horizontale



Dégrilleur

6.1.1.2 Dessablage

Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables pour éviter leur sédimentation ultérieure. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "désableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage.

Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés.

Le dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0,2 mm environ.

6.1.1.3 Dégraissage-déshuilage

Le dégraissage-déshuilage vise à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite.

L'opération s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses et huiles sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération).

**Déssableur-Déshuileur**

6.1.2 Traitements primaires

6.1.2.1 Décantation naturelle

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques naturels, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation- floculation.

Les matières en suspension se déposent au fond du bassin et sont épaissies mécaniquement dans une fosse positionnée sous les lamelles. Les matières issues de la décantation primaire constituent les boues primaires. Elles sont extraites par pompage vers la filière de traitement des boues.

L'eau clarifiée est recueillie en surface par des goulottes et dirigée vers le traitement biologique.

**Décanteur Primaire**

6.1.2.2 Décantation physico-chimique

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin.

Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

a/ Coagulation

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques: sels minéraux cationiques (sels de fer ou d'aluminium).

b/ Floculation

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'assemblent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par le procédé de décantation.

6.1.3 Traitements secondaires (Biologiques)

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique, basés sur la croissance de micro-organismes aux dépens des matières organiques "biodégradables" qui constituent pour eux des aliments.

6.1.3.1 Traitements anaérobies

Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO₂.

C'est une opération délicate qui demande une surveillance importante. En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevée. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de PH et les substances inhibitrices du développement bactérien, à titre d'exemple : les cyanures, les sels de métaux lourds et les phénols.

6.1.3.2 Traitements aérobies

Les micro-organismes utilisés exigent un apport permanent d'oxygène. On distingue le lagunage plus trois d'autres méthodes essentielles :

a/ Boues activées (Les cultures libres)

En pratique, le procédé consiste à alimenter un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) avec l'eau à épurer (effluent préalablement prétraité voir décanté) au sein d'un courant continu d'eau usée, les bactéries aérobies sont soumises à l'action prolongée d'une forte oxygénation obtenue par introduction d'air régulièrement répartie dans l'effluent, ces bactéries absorbent la matière organique et forment de gros flocs (bio floc) qui décantent, lesquels à leur tour, constituent des boues ou des masses floculeuses dites boues activées.

Le mélange eau usée + bio floc forme une liqueur mixte.



Bassin d'aération

a/Clarificateur (Décanteur secondaire)

Après un temps suffisant, la liqueur mixte est renvoyée dans un clarificateur ou décanteur secondaire où s'effectue la séparation de l'eau épurée des boues.

Les boues décantées sont réintroduites en partie dans le bassin d'aération (recirculation de boues) pour maintenir un équilibre constant entre la quantité de

pollution à traiter et la masse de bactéries épuratrices. Les boues sont évacuées du système vers le traitement des boues (extraction des boues en excès).



Clarificateur

b/ Lits bactériens (Cultures fixes)

Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur dans laquelle se trouve un matériau (Pouzzolane ou Plastique).

L'effluent ruisselle à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support (interstices), celle-ci renferme une forte concentration de bactéries, de champignons.

Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique de l'effluent, l'appauvrissent progressivement au cours de son trajet.

L'approvisionnement en oxygène se fait naturellement à l'aide d'Ouies d'aération assurant ainsi les besoins en oxygène de la biomasse

c/ Disques biologiques (Cultures fixes)

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées.



Disques biologiques

7. Le traitement des boues

Une station d'épuration produit 2 litres de boues résiduaire par habitant et par jour. Les boues récupérées lors de la décantation, le traitement biologique et la clarification doivent être traitées.



Figure 5 : Station d'épuration -traitement des boues

Il existe plusieurs formes de boues :

- Les **boues physico-chimiques** (qui sont produites dans les stations physico-chimiques).
- Les **boues dites primaires**, qui sont le résultat de la décantation des matières en suspension contenues dans les eaux usées brutes. (celles récupérée après le traitement primaire).
- Les **boues secondaires** sont formées à partir de la charge polluante dissoute durant la période de dessablage et de déshuilage. (celles récupérée après le traitement secondaire)
- Les **boues "mixtes"** formées par les boues primaires et secondaires. Elles vont subir un traitement de stabilisation biologique.

8 Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration

8.1 Calcul des ouvrages de prétraitement

A. Dimensionnement de l'ouvrage de dégrillage

Nous optons pour un dégrillage non mécanisé. Deux couloirs du dégrilleur seront construits avec un système de by-pass, traitant chacun la moitié du débit de pointe.

1. Chambre de réception

La chambre de réception est de forme cubique, elle aura des dimensions normalisées suivantes :

Longueur : $L = 1,50$ m

Largeur : $l = 1,00$ m

Hauteur : $H = 1,60$ m

2. Chambre des grilles

Le dégrilleur sera dimensionné sur la base des données fixées suivantes :

$$Q_{step} = 557.712 \text{ m}^3/\text{h} = 0.155 \text{ m}^3/\text{s} = 155 \text{ l/s}$$

- ✓ Diamètre des barreaux : $\phi.b = 8,00$ mm
- ✓ Espacements entre les barreaux : $e = 25,00$ mm (dégrillage moyen : $e = 10\div 30$ mm)
- ✓ Vitesse d'écoulement : $V_e = 0,80$ m/s
- ✓ Hauteur d'eau max dans le canal : $H_{max} = 40$ cm (0.40m)
- ✓ Inclinaison de la grille : $\alpha = 80^\circ$
- ✓ Coefficient de colmatage de la grille : $\delta = 0,5$
- ✓ Pourcentage de la surface occupée par les barreaux : $\beta = 0,33$ (33%)

a. Calcul de la largeur des grilles

Soit :

S_u : section utile du dégrilleur

Nous avons la formule suivante :

$$S_u = \frac{Q_{step}}{V_e} = \frac{H_{max}}{\sin a} \cdot l \cdot g_r \cdot (1 - \beta) \cdot \delta \quad (1)$$

$$l \cdot g_r = \frac{S_u \cdot \sin a}{H_{max} \cdot (1 - \beta) \cdot \delta} \quad (2)$$

A.N:

$$S_u = \frac{Q_{step}}{V_e} = \frac{0.155}{0.80} = 0.19 \text{ m}^2$$

$$l \cdot g_r = \frac{0.19 \times 0.985}{0.4 \times 0.67 \times 0.5} = 1.39 \text{ m}$$

$$l \cdot g_r \approx 2.00 \text{ m}$$

Chaque couloir du dégrilleur va être muni de deux (02) grilles :

- ✓ Grille frontale de largeur $L_{fr} = \frac{l_{gr}}{2} = 1.00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$
- ✓ Grille latérale de largeur $L_{lat} = \frac{l_{gr}}{2} = 0.50 \text{ m} = 50 \text{ cm}$

b. Nombre d'espacement entre les barreaux

➤ **Grille frontale :**

Nous avons :

$$L_{fr} = \varphi \cdot b \cdot (N_e - 1) + N_e \cdot e \quad (3)$$

D'où :

$$N_e = \frac{L_{fr} + \varphi \cdot b}{\varphi \cdot b + e} \quad (4)$$

A.N:

$$N_e = \frac{1 + 0.008}{0.008 + 0.025} = 30.55 \approx 31$$

$$N_e = 31 \text{ éspacements}$$

➤ **Grille latérale :**

Nous avons :

$$L_{lat} = \varphi \cdot b \cdot (N_e - 1) + N_e \cdot e \quad (5)$$

D'où :

$$N_e = \frac{L_{lat} + \varphi \cdot b}{\varphi \cdot b + e} \quad (6)$$

A.N:

$$N_e = \frac{0.50 + 0.008}{0.008 + 0.025} = 15.39 \approx \mathbf{16}$$

$$N_e = 16 \text{ éspacements}$$

c. Calcul de perte de charge dans la chambre des grilles

Selon « **KRISCHMER** » :

$$\Delta h = l \cdot \frac{v_e^2}{2 \cdot g} \cdot K_p \quad (7)$$

l : Coefficient de perte de charge

K_p : Coefficient qui tient compte de l'engorgement des grilles ($K_p = 1 \div 3$)

On prend : $K_p = 3$

$$l = \beta' \cdot \left(\frac{\varphi \cdot b}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin \alpha \quad (8)$$

β' : Coefficient qui tient compte de la forme des barreaux

Pour une forme circulaire $\beta' = 1,79$

A.N:

$$l = 1,79 \times \left(\frac{8}{25}\right)^{\frac{4}{3}} \times 0,985 = 0,39$$

$$\Delta h = 0,39 \times \frac{(0,8)^2}{19,62} \times 3 = 0,038 \text{ m}$$

$$\Delta h \approx 0,04 \text{ m}$$

d. Calcul de la hauteur des grilles

La hauteur des grilles est calculée par la formule suivante :

$$H \cdot g_r = 2 \cdot H_{max} + \Delta h + 0,5 \quad (9)$$

H_{max} : Hauteur d'eau max dans le canal

Δh : Perte de charge

0,5 : marge de sécurité

A.N:

$$H \cdot g_r = 2 \times 0,4 + 0,04 + 0,5$$

$$H \cdot g_r = 1,34 \text{ m} \approx 1,40 \text{ m}$$

e. Calcul de la longueur de la chambre des grilles

La longueur de la chambre de grille est calculée par la formule suivante :

$$L. g_r = L_1 + L_2 + l \quad (10)$$

l : Longueur intermédiaire.

$$l = 1,5m \div 2,5m$$

On prend : $l = 2,5m$

L1 : Longueur d'élargissement.

L2 : Longueur de rétrécissement

$$L_1 = \frac{b.g_r - \phi.c}{2.tg\varphi} \quad (11)$$

b.gr : Largeur de la chambre de grille (largeur intermédiaire).

- Si l'épaisseur des parois en béton armé de la chambre des grilles égale 20cm :

$$b. g_r = 2 \times (L_{fr} + L_{lat}) + 5 \times 0.2 \quad (12)$$

φ.c : Diamètre de la conduite d'amenée $\phi.c = 400mm$

φ : Angle d'élargissement, on prend $\varphi = 20^\circ$

A.N:

$$b. g_r = 4.00 m$$

$$L_1 = \frac{4.00 - 0.40}{2 \times \operatorname{tg}20^\circ} = 4.95 \text{ m} \approx 5.00 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 \times 0.5 \quad (4)$$

$$L_2 = 2.50 \text{ m}$$

$$L. g_r = 5 + 2.50 + 2.50$$

$$L. g_r = 10 \text{ m}$$

B. Dimensionnement de l'ouvrage de dessablage

Le rôle du déssableur est d'éliminer les sables de diamètre supérieur à 200 microns des eaux par sédimentation.

- La vitesse de transit $Vh = 0.30 \text{ m/s}$
- La vitesse de sédimentation des sables $Vd = 0.02 \text{ m/s}$
- La largeur du déssableur sera égale à la largeur totale des deux grilles frontaux augmentée de trois fois l'épaisseur des parois en béton qui est de :

$$l_{d\text{ess}} = 2. L_{fr} + 3 \times 0.2 \quad (15)$$

$$l_{d\text{ess}} = (2 \times 1) + (3 \times 0.2)$$

$$l_{d\text{ess}} = 2.60 \text{ m}$$

La largeur du déssableur sera égale à :

$$l_{d\text{ess}} = 2.60 \text{ m}$$

a. Calcul de la surface horizontale utile du déssableur

La surface horizontale utile du déssableur est calculée par la formule suivante :

$$S_u = \frac{Q_{\text{step}}}{V_d} \quad (16)$$

A.N:

$$S_u = \frac{0.155}{0.02} = 7.75 \text{ m}^2$$

b. Calcul de la longueur totale du déssableur

Soit :

$$S_u = L_{\text{des}} \cdot (2 \cdot L_{fr}) \quad (17)$$

Avec :

L_{des} : Longueur du canal de déssableur

2xL_{fr} : Largeur totale des deux couloirs du déssableur

La longueur du canal sera égale à :

$$L_{\text{des}} = \frac{S_u}{2 \cdot L_{fr}} \quad (18)$$

A.N:

$$L_{des} = \frac{7.75}{2 \times 1.00} = 3.87 \text{ m}$$

$$L_{des} = 3.87 \text{ m}$$

La longueur de mise en circulation : 1,00 m

D'où la longueur totale du déssableur :

$$L = 3.87 + 1.00 = 4.87 \text{ m}$$

c. Calcul de la hauteur d'eau

La hauteur de l'eau est de 1 à 2m d'où en prend H=1m

d. Calcul du temps de sédimentation

Soit :

$$T_s = \frac{H}{v_d} \tag{19}$$

A.N:

$$T_s = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ sec}$$

$$T_s = 50 \text{ sec}$$

e. Extraction des sables

✓ Volume de sable : 8 l / habitant /an

✓ Volume annuel :

$$V_{an} = \frac{v_s \cdot N_{hab}}{1000} \quad (20)$$

$$V_{an} = \frac{8 \times 11792}{1000} = 94.336 \text{ m}^3 / an$$

$$V_{an} = 94.50 \text{ m}^3 / an$$

✓ Volume journalier : $V_j = \frac{94.50}{365} = 0,260 \text{ m}^3 / j = 260.00 \text{ l} / j$

Extraction 1 fois / 24 heures $\frac{260.00}{24} = 10.83 \text{ l} / \text{heure}$

Largeur de la cunette à sable : $l_c = 25 \text{ cm}$ (0.25m)

Hauteur de la cunette :

$$H_c = \frac{V_j}{L \cdot l_c} \quad (21)$$

A.N:

$$H_c = \frac{0.26}{4.87 \times 0.25} = 0.21 \approx 0.30 \text{ m} = \mathbf{30cm}$$

$$H_c = 0.30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

C. Dimensionnement de l'ouvrage de deshuilage

On opte pour un déshuileur longitudinal, on a un bassin rectangulaire.

✓ Le temps de séjour dans le bassin est de : $5mn \div 20mn$

✓ La vitesse ascensionnelle : $V_{asc} = 15 \div 20$ m/h

a. Calcul du volume du déshuileur

Soit :

V_{desh} : Volume du déshuileur (m^3)

Q_{step} : Débit de pointe (m^3/h)

T_s : Temps de séjours

On prend :

$T_s = 10mn$

$$V_{desh} = Q_{step} \cdot T_s \quad (22)$$

A.N:

$$V_{desh} = \frac{557.712 \times 10}{60} = 92.95 m^3$$

$$V_{desh} = 92.95 m^3$$

b. Calcul de la surface horizontale

$$S_h = \frac{Q_{step}}{V_{asc}} \quad (23)$$

On prend $V_{asc} = 15m/h$

A.N.:

$$s_h = \frac{557.712}{15} = 37.18 m^2 \approx 37.20 m^2$$

$$s_h = 37.20 m^2$$

c. Calcul de la hauteur du déshuileur

$$H = \frac{V_{desh}}{s_h} \tag{24}$$

A.N.:

$$H = \frac{92.95}{37.20} = 2.49 m$$

$$H = 2.50 m$$

d. Calcul de la longueur du déshuileur

Il faut respecter la condition suivante :

$$2 m < l.desh < 6 m$$

l.desh : Largeur du déshuileur

On prend :

$$l.desh = 4m$$

Soit:

L_{desh} : longueur du déshuileur

$$L_{desh} = \frac{S_h}{l_{desh}} \quad (25)$$

A.N:

$$L_{desh} = \frac{37.20}{4} = 9.30 \text{ m}$$

$$L_{desh} = 9.50 \text{ m}$$

☒ Pour notre projet nous avons choisie lagunage anaérobies.

8.2 Dimensionnement des lagunes

A. lagunes anaérobies

- débit d'eau à traiter : $Q_{step} = 13392 \text{ m}^3/\text{j}$
 - constante d'épuration à 20°C : $K_{20^\circ\text{C}} = 0.10 \text{ j}^{-1}$
- hauteur d'eau est fixée à $H = 3.00 \text{ m}$
- DBO_5 de l'affluent : $L_0 = 47.60 \text{ mg/l}$
- Coefficient (constante) de température : $Z = 1.06$
- Température en hiver :
 - Air : $T_a^0 = 10^0 \text{ c}$
 - Eau : $T_e^0 = 15^0 \text{ c}$
- Temps de séjours à 20^0 c :
 - $T_s = 10 \text{ jours}$

B. Dimensionnement des bassins à 20°C

1. Volume d'eau

$$V = Q_{step} (m^3/j) \cdot T_s(j) \quad (26)$$

A.N.:

$$V = 13392 \times 10 = 133920 \text{ m}^3$$

$$V = 133920 \text{ m}^3$$

2. Surface des lagunes

$$A = \frac{V}{H} \quad (27)$$

Avec $H = 3.00m$

A.N.:

$$A = \frac{93744}{3} = 44640 \text{ m}^2$$

$$A = 44640 \text{ m}^2$$

C. Dimensions des bassins

On prend A en deux (02) bassin (A_1 et A_2) qui travaillent en série

$$A_1 = A_2 = \frac{A}{2} \quad (28)$$

A.N.:

$$A_1 = A_2 = \frac{44640}{2} = 22320 \text{ m}^2$$

$$A_1 = A_2 = 22320 \text{ m}^2$$

Les dimensions à retenir pour une forme rectangulaire et selon la configuration suivante :

$$L = 3.l^2$$

$$A_1 = A_2 = 3.l^2 \tag{29}$$

D'où :

$$l = 86.25 \text{ m} \approx 86.5 \text{ m}$$

$$L = 258.76 \text{ m} \approx 259.0 \text{ m}$$

$$L = 259.0 \text{ m} ; l = 86.5 \text{ m}$$

D. Dimensionnement des bassins pour une température hivernale

On travaillera dans les conditions les plus défavorables

☒ conditions hivernales :

$$\text{Air : } T_a^0 = 10^0 \text{ c}$$

$$\text{Eau : } T_e^0 = 15^0 \text{ c}$$

$$T_w^0 = \frac{91600.T_e^0 + 21120.T_a^0}{91600 + 21120} \tag{30}$$

$$T_w^0 = 14.06 \text{ c}^{\circ}$$

1. Correction de la constante d'épuration à 14.06°C

On applique la formule :

$$K_{T_w^0} = K_{20c^0} \cdot (Z)^{(T_w^0 - 20)} \quad (31)$$

A.N.:

$$T_w^0 = 0.1 \times (1.06)^{(14.06 - 20)}$$

$$T_w^0 = 0.071 \text{ j}^{-1}$$

2. Calcul de la DBO₅ à la sortie de la lagune

$$S_e = \frac{S_0}{1 + K_{14.06c^0} \cdot T_s} \quad (32)$$

A.N.:

$$S_e = \frac{47.60}{1 + 0.071 \times 10}$$

$$S_e = 27.83 \text{ mg/l} \approx 28.00 \text{ mg/l}$$

3. Calcul du temps de séjours pour une DBO₅ à la sortie de la lagune S_e = 28.00 mg/l :

$$T'_s = \frac{L_0 - L_e}{L_e \cdot K_{14.06c^0}} \quad (33)$$

A.N.:

$$T'_s = \frac{47.60 - 28.00}{28 \times 0.071}$$

$$T'_s = 10 \text{ jours} \quad * \text{ confirmée } *$$

Dans les conditions les plus défavorables, nous avons obtenu la valeur de la DBO_5 à la sortie égale: 28mg/l pour un temps de séjours de 10 jours.

8.3 Dimensionnement du lit de séchage des boues

8.3.1 production de boues

La production journalière des boues étant le poids journalier en matières en suspension "MES".

$$\text{Poids journalier en MES} = Q_{step} \left(\frac{m^3}{j} \right) \cdot \text{MES} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (34)$$

$$\text{MES} = 52.70 \text{ mg/l} = 0.0527 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{step} = 13392 \text{ m}^3 / j$$

AN :

$$P_j = 13392 \times 0.0527$$

$$P_j = 705.758 \text{ kg/j}$$

Remarque

Les MES contiennent 20% de MMS (matières minérales en suspension) et 80% MVS (matières volatiles en suspension), c'est-à-dire : $\text{MES} = 80\% \text{ MVS} + 20\% \text{ MMS}$.

Donc : $\text{MVS} = 42.16 \text{ mg/l}$

$\text{MMS} = 10.54 \text{ mg/l}$

1. calcul de la densité solide

- ✓ pourcentage d'eau dans la boue = 95%
- ✓ densité de la matière solide minérale = $10.54 \text{ mg/l} = 10.54 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$
- ✓ densité de la matière solide organique = $42.16 \text{ mg/l} = 42.16 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^3$
- ✓ densité de l'eau = 1 g/cm^3

Nous avons la formule suivante :

$$\frac{1}{d_s} = \frac{\%MMS}{d_{MMS}} + \frac{\%MVS}{d_{MVS}} \quad (35)$$

d_s : Densité solide

d_{MMS} : Densité de la matière solide minérale

d_{MVS} : Densité de la matière solide organique

AN :

$$\frac{1}{d_s} = \frac{20}{10.54 \times 10^{-6}} + \frac{80}{42.16 \times 10^{-6}}$$

$$d_s = 26.35 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3$$

2. calcul de la densité de la boue (eau+solide)

En appliquant la formule suivante :

$$\frac{1}{d_B} = \frac{\%Solde}{d_{Solde}} + \frac{\%Eau}{d_{Eau}} \quad (36)$$

d_B : Densité de la boue

d_s :Densité solide

d_{Eau} :Densité de l'eau

AN :

$$\frac{1}{d_B} = \frac{0.05}{26.35 \times 10^{-6}} + \frac{0.95}{1}$$

$$d_B = 5.267 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^3$$

$$d_B = 0.5267 \text{ kg/cm}^3$$

3. estimation du volume des boues

En appliquant la formule suivante :

$$V_B = \frac{\text{Masse.Solide /j}}{d_e.d_B.P_s} \quad (37)$$

d_e : Densité de l'eau ($d_e = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$)

d_B : Densité de la boue ($d_B = 5.267 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^3 = 0.5267 \text{ kg/m}^3$)

P_s : Pourcentage de solide dans la boue ($P_s = 0.05$)

4. Calcul de la masse solide

Masse solide retenue = masse entrante – masse sortante avec l'effluent

- ✓ La masse entrante : $P_j = 705.758 \text{ kg/j}$
- ✓ La masse sortante = $Q_{step} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{j}} \right) \cdot MES_{effluent} (\text{Kg/m}^3)$
- ✓ La masse sortante = $13392 \times 30 \times 10^{-3}$

- ✓ La masse sortante = 401.76 kg/j
- ✓ Masse solide retenue = 705.758 – 401.76
- ✓ Masse solide retenue = 303.998 kg/j
- ✓ Le volume des boues sera égal :

$$V_B = \frac{303.998}{10^3 \times 0.5267 \times 0.05}$$

$$V_B = 11.54 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ ***volume réel stocké***

Le taux de compression est estimé à 15 %

Le volume réel stocké égal à :

$$V_{rs} = 11.54 \times 85 \%$$

$$V_{rs} = 11.54 \times 0,85$$

$$V_{rs} = 9.81 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ ***volume mensuel***

Le volume mensuel égal à :

$$V_{rsm} = 9.81 \times 30$$

$$V_{rsm} = 294.3 \text{ m}^3/\text{Mois}$$

VII.8.3.2 dimensionnement du lit de séchage des boues :

Si on prévoit un curage chaque mois, le volume des boues à sécher sera égal à :

$$\mathbf{294.3 \text{ m}^3}$$

La hauteur utile du lit de séchage étant égale à 0,40 m

➤ ***Aire de séchage***

$$S = \frac{294.3}{0.4} = 735.75$$

$$S = 735.75 \text{ m}^2$$

Pour une forme rectangulaire, on retient les dimensions suivantes :

$$l = 16 \text{ m}$$

$$L = 46 \text{ m}$$

Il est à signaler que pour le lit de séchage, on prévoit une hauteur de sécurité (revanche) : $h = 0.40\text{m}$, d'où la hauteur de mur du lit de séchage sera égale à 0.80 m .

Récapitulation

Ouvrages de prétraitement

Chambre de réception

Les dimensions de la chambre de réception sont :

$$L = 1,50 \text{ m}$$

$$l = 1,00 \text{ m}$$

$$H = 1,60 \text{ m}$$

Chambre des grilles

largeur des grilles

$$L_{gr} = 1,00\text{m} = 100\text{cm}$$

$$L_{lat} = 0,50\text{m} = 50,00\text{cm}$$

hauteur des grilles

$$H_{gr} = 1.40\text{m}$$

largeur de la chambre des grilles

$$l_{gr} = 4,00m$$

longueur de la chambre des grilles

$$L_{gr} = 10.00m$$

Déssableur

largeur du déssableur

$$l_{dess} = 2,60m$$

longueur du déssableur

$$L_{dess} = 2.88m$$

Déshuileur

hauteur du déshuileur

$$H = 2,50m$$

largeur du déshuileur

$$l_{desh} = 4,00m$$

longueur du déshuileur

$$L_{desh} = 9,50m$$

Lagune

Lagunes anaérobies

Nous avons deux (02) bassins anaérobies, de dimensions :

$$A_1 = A_2 = 22320m^2$$

$$l_1 = l_2 = 86.50m$$

$$L_1 = L_2 = 259.00m$$

$$H_1 = H_2 = 3.00m$$

Pour une DBO_5 à la sortie égale à 28.00 mg/l

Lit de séchage

Les dimensions sont les suivantes :

$$l = 16.00m$$

$$L = 46,00m$$

$$H = 0,40m$$