

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE  
ARBAOUI Abdellah

**DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

**Option :** Conception des systèmes d'assainissement

### **THEME :**

**Conception d'une station d'épuration pour Béni Douala  
(W.Tizi-Ouzou)**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> Lydia HAMICHE**

### **DEVANT LES MEMBRES DE JURY**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>me</sup> B.TOUAIBIA</b>	<b>Professeur</b>	<b>Présidente</b>
<b>M<sup>me</sup> F.AMMOUR</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> A.BOUFEKANE</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>r</sup> M.DJELLAB</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>r</sup> A.AMMARI</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> D.DJODAR</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**22 Juin 2013**

# *Remerciements*

*Je saisis cette opportunité pour exprimer ma vive gratitude à :*

*Ayi ma grand mère maternelle, l'héroïne de ma vie, celle grâce à qui tout m'est possible.*

*Mes parents, Ma mère qui a toujours été là pour moi et m'a accompagnée dans tout mes projets, mon père pour son soutien indéfectible.*

*Mes frères, tharwa lhif, ce que j'ai de plus cher au monde.*

*Mes ami(e)s : Karim, Thilleli, Nordine, Mouloud, Amel, Kousseila, Saliha, Celia, et tout les kabytchou, qui ont partagés mes joies et mes peines,*

*Mon oncle Nabil et ma tante Malika.*

*M<sup>me</sup> Djoudar, qui est pour moi un exemple, pour son soutien, ses conseils et encouragements.*

*M<sup>me</sup> la présidente du jury ainsi que tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font de juger mon travail.*

*Enfin je remercie tous ceux qui ont crus en moi.*

# *Dédicace*

*Je dédie l'ensemble de mon parcours à :*

*Ayi Tekfa, ma grand-mère maternelle.*

*Mes parents.*

*Mes frères Chavane, Cherif, Izemracen (Massi).*

*Tout mes ami(e)s qui se reconnaîtront.*

## ملخص:

ان حماية الموارد المائية، والبيئة، والصحة العامة جعل تركيب وحدة لمعالجة مياه منطقة بني دوالة (ولاية تيزي وزو) أكثر من اللازم بسبب خطر التلوث الذي تسببه على سد تاكسبت. مذكرتنا هذه تتضمن دراسة مفصلة لتجسيد محطة تصفية المياه بقدرة استيعاب متوسط واستيعاب ضئيل على مرحلتين. المرحلة الأولى معالجة المياه المستعملة في أفق 2027 ذا □ قدرة معالجة 44 480 نسمة. المرحلة الثانية توسيع المحطة لضمان رفع قدرة إستعاب المياه المستعملة إلى 56483 نسمة في أفق 2042.

## Résumé

La protection des ressources en eau, de l'environnement, et de la santé publique rendent l'installation d'une station d'épuration pour la région de Béni Douala plus que nécessaire vu le danger de pollution que les rejets de cette dernière présentent notamment sur le barrage de Taksebt.

Dans ce mémoire, nous avons dimensionné une station d'épuration par boues activées à faible charge et à moyenne charge pour deux horizons, à savoir le premier horizon qui permettra d'épurer les eaux usées de près de 44 480 équivalents habitants en 2027, puis le deuxième horizon 2042, qui est une extension, permettra de traiter les eaux rejetées par 56438 équivalents habitants.

## Abstract

Protection of water resources, environment, and public health make installation of purification plant in Beni Douala (Tizi-Ouzou) more than necessary because of the danger of pollution it causes on the dam Taksebt.

In this dissertation, we sized the treatment plant waste water by activated sludge with to variants: average charge and weak charge. This station is made in two phases. The first phase will treat pollution due to the population of 44 480 inhabitants in 2027.

The second phase, which is an extension, will treat the pollution due to the population of 56438 inhabitants in 2042.

# Carte des matières

Introduction générale

## **CHAPITRE I: Présentation de la zone d'étude.**

Introduction .....	2
I-1-Situation géographique .....	2
I-2-Géologie .....	4
I-3-Relief .....	4
I-4-Aperçu Géotechnique .....	4
I-5-Etude climatique .....	4
I-5-1-La température de l'air .....	4
I-5-2-Le vent .....	5
I-5-3-L'humidité relative .....	6
I-5-4-L'ensoleillement .....	6
I-5-5-Gelée.....	7
I-5-6-La neige .....	7
I-5-7-L'orage .....	7
I-5-8-L'évaporation .....	7
I-6-La pluviométrie .....	8
I-7-Situation hydraulique .....	9
I-7-1.Réseau d'alimentation en eau potable .....	9
I-7-2-Réseau d'assainissement .....	9
I-8-Situation démographique.....	11
I-9-Emplacement de la station d'épuration .....	12
Conclusion .....	13

## **CHAPITRE II: Origine et nature des eaux usées.**

Introduction .....	14
II-1-Origine des eaux usées .....	14
II-1-1-Les eaux usées domestiques .....	14
II-1-2-Les eaux usées industrielles .....	14
II-1-3-Les eaux usées d'origine agricole .....	14
II-1-4-Les eaux de ruissellement .....	15
II-1-5-Les eaux parasites .....	15
II-2-La pollution de l'eau .....	15
II-2-1-Nature des pollutions .....	15
II-2-1-1-La pollution organique .....	15
II-2-1-2-Pollution minérale .....	16
II-2-1-3-Pollution microbiologique .....	16

II-2-1-4-Pollution toxique.....	16
II-3-Les paramètres de la pollution .....	16
II-3-1-Paramètres physiques .....	16
II-3-2-Les paramètres chimiques .....	18
II-3-3- Les paramètres biologiques.....	21
II.4.Normes de rejets .....	21
II-5-Les pollutions rencontrées dans la zone d'étude.....	22
II-5-1-Pollution agricole .....	22
II-5-2-Pollution due aux huileries.....	22
II-5-3-Pollution due aux stations de lavage et graissage .....	23
Conclusion .....	24

### **CHAPITRE III: Analyse des eaux usées.**

Introduction .....	25
III-1-Analyse des rejets .....	25
III-1-1-L'échantillonnage .....	25
III-1-2-Précautions à prendre durant les prélèvements .....	25
III-1-3-Critères de choix des points de prélèvement .....	25
III-1-4-Identification des points de prélèvement .....	25
III-1-5-Paramètres analysés.....	25
III-2-Résultats de l'échantillonnage .....	26
III-2-1-Interprétation des résultats.....	27
III-3-Analyse des rejets d'une huilerie (margines) .....	27
III-3-1-Interprétation des résultats .....	28
III-4-Conclusion de l'analyse des eaux .....	28
III-5-Estimation des charges hydrauliques et charges polluantes .....	29
III-5-1-Les charges hydrauliques.....	29
III-5-2-Les charges polluantes .....	31
Conclusion.....	32

### **CHAPITRE IV : Procédés d'épuration des eaux usées.**

Introduction .....	33
IV-1-Les procédés d'épuration des eaux usées .....	33
IV-1-1-Principes des procédés d'épuration des eaux usées .....	33
IV-1-2-Les procédés physiques .....	35
IV-1-2-1- Les prétraitements .....	35
A-Le dégrillage .....	35
B-Tamisage.....	36
C-La dilacération .....	37
D-Dessablage .....	37

E-Déshuilage, dégraissage .....	39
IV-1-2-2- Les traitements primaires .....	40
A-La décantation .....	40
B-Les procédés physico-chimiques .....	41
IV-1-3-Les procédés d'épuration biologique .....	42
IV-1-3-1-Principe du procédé d'épuration biologique .....	42
IV-1-3-2-Les procédés extensifs .....	42
A-L'épandage .....	42
B-Le lagunage .....	43
B-1-Le lagunage naturel .....	43
B-2-Le lagunage aéré .....	44
C-Avantages et inconvénients .....	44
IV-1-3-3-Les procédés intensifs .....	45
A-Les lits bactériens .....	46
B-Les disques biologiques .....	46
C-Les boues activées .....	47
D-Avantages et inconvénients .....	48
IV-1-3-4-Choix du procédé d'épuration biologique.....	49
IV-1-3-4-Caractéristiques du procédé à boues activées .....	49
IV-1-4-Traitements tertiaires ou complémentaires .....	51
A-Le chlore .....	51
B-La chloration-déchloration .....	51
C-L'ozone .....	51
D-Le rayonnement ultra violet.....	51
Conclusion.....	51

### **CHAPITRE V : Traitement des boues.**

Introduction .....	52
V-1-Origin et nature des boues.....	52
V-1-1-Composition des boues .....	52
V-2-Le traitement des boues .....	52
V-2-1-L'intérêt du traitement des boues .....	52
V-2-2-Les méthodes de traitement des boues.....	52
V-2-2-1-Epaississement des boues .....	53
A-Epaississement par flottation .....	53
B-Epaississement par gravitation.....	53
V-2-2-2-La stabilisation.....	53
A-Stabilisation chimique .....	53
B-Stabilisation biologique .....	53
V-2-2-3-Le conditionnement .....	54
V-2-2-4-La déshydratation .....	54
A-Déshydratations artificielle.....	54
B- La déshydratation naturelle (séchage) .....	55

V-2-2-5-Choix de la filière de traitement des boues .....	55
V-2-3-Destination finale des boues .....	55
V-2-3-1-Valorisation des boues .....	55
A-Valorisation agricole .....	55
B-Valorisation énergétique .....	56
C-Mise en décharge .....	56
D-L'incinération .....	56
Conclusion.....	56

## ***CHAPITRE VI : Dimensionnement des ouvrages***

Introduction .....	57
VI-1-Ouvrages de la station d'épuration .....	57
VI-2-Les prétraitements .....	57
VI-2-1-Le dégrillage .....	57
VI-2-1-1-Grille Grossière .....	59
VI-2-1-2-Grille fine .....	59
VI-2-2-Dessablage déshuilage .....	60
VI-3-Traitement primaire .....	63
VI-4-Le traitement secondaire .....	65
VI-4-1-Variante à faible charge .....	65
VI-4-1-1-Dimensionnement du bassin d'aération .....	66
VI-4-1-2-Calcul de la charge polluante à la sortie .....	67
VI-4-1-3-Calcul de la charge polluante éliminée $L_e$ .....	68
VI-4-1-4-Le rendement épuratoire .....	68
VI-4-1-5-Calcul des besoins en oxygène .....	68
VI-4-1-6-Calcul des besoins réels en oxygène .....	69
VI-4-1-7-Calcul des caractéristiques de l'aérateur .....	69
VI-4-1-8-Bilan de boues .....	70
VI-4-1-9-Dimensionnement du clarificateur (décanteur secondaire) .....	73
VI-4-2-Variante à moyenne charge .....	75
VI-4-2-1-Dimensionnement du bassin d'aération .....	75
VI-4-2-2-Calcul de la charge polluante à la sortie.....	77
VI-4-2-3-Calcul de la charge polluante éliminée $L_e$ .....	77
VI-4-2-4-Le rendement épuratoire .....	78
VI-4-2-5-Calcul des besoins en oxygène.....	78
VI-4-2-6-Calcul des besoins réels en oxygène .....	78
VI-4-2-7-Caractéristiques de l'aérateur .....	79
VI-4-2-8-Bilan de boues .....	80
VI-4-2-9-Dimensionnement du clarificateur (décanteur secondaire) .....	82
VI-5-Le traitement tertiaire (la désinfection) .....	84
VI-5-1-Calcul de la dose de chlore à injecter .....	84
VI-5-2-Calcul de la quantité d'eau de javel .....	84
VI-5-3-Quantité journalière d'hypochlorite de sodium .....	84

VI-5-4-Quantité annuelle d'hypochlorite de sodium .....	85
VI-5-5-Dimensionnement du bassin de désinfection .....	85
VI-6-Traitement des boues .....	86
VI-6-1-Variante à faible charge .....	86
VI-6-1-1-Epaississeur .....	86
VI-6-1-2-Lits de séchage .....	87
VI-6-2-Variante à moyenne charge .....	88
VI-6-2-1-L'épaississeur .....	88
VI-6-2-2-Stabilisateur aérobie .....	89
VI-6-2-3-Lits de séchage .....	91
Conclusion.....	92

### **CHAPITRE VII : Calcul hydraulique.**

Introduction .....	93
VII-1-Calcul des dimensions de la conduite qui véhiculera le débit total .....	93
VII-2- Relevage .....	93
VII-2-1-Dimensionnement du puisard.....	93
VII-2-2- La conduite de refoulement.....	93
VII-2-3- Calcul de la hauteur manométrique de la pompe.....	94
VII-2-4- Choix de la pompe .....	94
VII-3-Profil hydraulique .....	94
VII-3-1- Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages.....	96
VII-3-2-Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques. ....	96
Conclusion.....	97

### **CHAPITRE VIII : Gestion et exploitation de la station.**

Introduction .....	98
VIII-1-Dispositifs facilitant l'exploitation .....	98
VIII-2- Paramètres à mesurer et à contrôler dans la station .....	98
VIII-3- Dispositifs d'entretien des ouvrages .....	98
VIII-4-Contrôle du bon fonctionnement de la station .....	100
VIII-5- Hygiène et sécurité.....	100
Conclusion.....	100

Conclusion générale

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1:</b> Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales durant la période 1996-2010.....	5
<b>Tableau I.2:</b> Vitesse moyenne mensuelle du vent (1996-2010) .....	5
<b>Tableau I.3 :</b> Humidité moyenne mensuelle (en %) relative à la période (1996-2010) .....	6
<b>Tableau I.4:</b> Ensoleillement mensuel moyen en heures pendant la période (1996-2010) .....	6
<b>Tableau I.5:</b> Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de gelée pendant la période 1996-2010 .....	7
<b>Tableau I .6:</b> Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de neige pendant la période 1996-2010 .....	7
<b>Tableau I.7:</b> Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours d'orages pendant la période 1996-2010 .....	7
<b>Tableau I.8:</b> Evaporation mensuelles et annuelles en mm pendant la période 1996-2010.....	7
<b>Tableau I.9 :</b> Pluviométrie moyenne mensuelle et interannuelle (mm) pendant la période (1970-2010) .....	8
<b>Tableau I.10 :</b> Réservoirs, stations et sources d'eau.....	9
<b>Tableau I.11 :</b> Caractéristique du réseau d'eaux usées de la région d'étude .....	9
<b>Tableau I.12 :</b> Etat du réseau d'assainissement .....	10
<b>Tableau I.13 :</b> Etat des rejets .....	10
<b>Tableau I.14 :</b> Estimation de la population de la région de Béni Douala jusqu'en 2042 .....	11
<b>Tableau II.1:</b> Relation entre la conductivité et la minéralisation.....	18
<b>Tableau II.2:</b> Coefficient de biodégradabilité.....	19
<b>Tableau II.3 :</b> Valeurs limites maximales des paramètres de rejets.....	21
<b>Tableau II.4:</b> Pollutions existantes dans la région d'étude .....	23
<b>Tableau III.1:</b> Les principaux paramètres examinés.....	26
<b>Tableau III.2 :</b> Résultats d'analyse des échantillons prélevés .....	26
<b>Tableau III.3 :</b> Normes de pollution des eaux usées résiduelles urbaines.....	26
<b>Tableau III.4:</b> Valeurs moyennes des résultats d'analyse des eaux usées.....	27
<b>Tableau III.5:</b> Résultats d'analyse des rejets d'une huilerie.....	28
<b>Tableau III.6 :</b> Calcul du débit d'eau usée total .....	30
<b>Tableau III.7:</b> Les charges hydrauliques .....	30
<b>Tableau III.8 :</b> Les charges polluantes .....	31
<b>Tableau III.9 :</b> Récapitulatif de la composition des eaux usées aux différents horizons .....	32
<b>Tableau IV.1:</b> Les vitesses de sédimentation.....	38
<b>Tableau IV.2 :</b> Avantages et inconvénients des procédés extensifs .....	45
<b>Tableau IV.3:</b> Avantages et inconvénients des procédés d'épuration intensifs.....	48
<b>Tableau IV.4 :</b> Classification des procédés par boues activées .....	50
<b>Tableau VI.1:</b> Espacement et épaisseur des barreaux. ....	58
<b>Tableau VI.2 :</b> Les valeurs de $\beta'$ .....	58
<b>Tableau VI.3:</b> Dimensions des grilles.....	60
<b>Tableau VI.4:</b> Dimensions du déssableur-déshuileur .....	63
<b>Tableau VI.5 :</b> Valeurs de $V_{limite}$ .....	63
<b>Tableau VI.6:</b> Dimensions du décanteur primaire pour les deux horizons.....	65

<b>Tableau VI.7 :</b> Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur.....	74
<b>Tableau VI.8:</b> Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur pour les deux horizons. ....	83
<b>Tableau VI.9 :</b> Dimensions du bassin de désinfection.....	86
<b>Tableau VI.10:</b> Dimensionnement de l'épaississeur et lit de séchage (2027 et 2042) .....	88
<b>Tableau VI.11:</b> Dimensions de l'épaississeur, stabilisateur aérobie et lit de séchage .....	92
<b>Tableau VII.1 :</b> Dimensions du puisard.....	93
<b>Tableau VII.2:</b> Côtes moyenne terrain naturel d'implantation des différents ouvrages. ....	95
<b>Tableau VII.3 :</b> Longueurs réelles des conduites entre les ouvrages de la STEP. ....	95
<b>Tableau VII.4:</b> Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP. ....	97

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Situation géographique de la zone d'étude .....	2
<b>Figure I.2</b> : Vue terrestre du site d'étude.....	3
<b>Figure I.3</b> : Représentation graphique des températures mensuelles moy, max, et min.....	5
<b>Figure I.4</b> : Histogramme de l'humidité moyenne en % pour la période 1996-2010 .....	6
<b>Figure I.5</b> : Histogramme de l'ensoleillement mensuel moyen par heure (1996-2010) .....	7
<b>Figure I.6</b> : Histogramme de l'évaporation en mm pour la période 1996-2010 .....	8
<b>Figure I.7</b> : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (mm) .....	9
<b>Figure I.8</b> : Evolution de la population jusqu'en 2042 .....	13
<b>Figure I.9</b> : Localisation de l'emplacement de la future STEP de Béni Douala .....	13
<b>Figure IV.1</b> : Schéma de traitement des eaux usées.....	38
<b>Figure IV.2</b> : Les prétraitements des eaux usées.....	39
<b>Figure IV.4</b> : Grille mécanique courbée .....	40
<b>Figure IV.3</b> : Grille manuelle. ....	40
<b>Figure IV.5</b> : Tamis statique .....	41
<b>Figure IV.6</b> : Tamis rotatif.....	41
<b>Figure IV.8</b> : Dessableur rectangulaire .....	43
<b>Figure IV.7</b> : Dessableur circulaire .....	43
<b>Figure IV.9</b> : Schéma d'un dessableur déshuileur .....	44
<b>Figure IV.10</b> : Dessableur dégraisseur.....	44
<b>Figure IV.11</b> : Décanteur cylindro-conique .....	45
<b>Figure IV.12</b> : Décanteur lamellaire .....	45
<b>Figure IV.13</b> : Traitement secondaire .....	47
<b>Figure IV.16</b> : lagunage aérobie.....	48
<b>Figure IV.15</b> : schéma d'un lagunage naturel .....	49
<b>Figure IV.14</b> : Principe de l'épuration par épandage .....	50
<b>Figure IV.17</b> : Lit bactérien .....	52
<b>Figure IV.18</b> : principe de fonctionnement d'une STEP à lit bactérien.....	53
<b>Figure IV.19</b> : schéma du principe d'une STEP par disques biologiques .....	54
<b>Figure IV.20</b> : schéma du principe d'un disque biologique.....	54
<b>Figure IV.21</b> : Schéma du principe des boues activées .....	55
<b>Figure V.2</b> : Schéma du principe d'épaississement gravitaire .....	64
<b>Figure V.1</b> : Epaississement par flottation .....	65

## **Liste des planches**

**Planche 1 :** plan topographique de la STEP de Béni Douala (W .Tizi-Ouzou) ;

**Planche 2:** Vue en plan de la STEP de Béni Douala (W. Tizi-Ouzou) ;

**Planche 3 :** Profil hydraulique de la STEP de Béni Douala (W. Tizi-Ouzou) ;

**Planche 4 :** Ouvrages de traitement des eaux ;

**Planche 5 :** Ouvrages de traitement des boues.

## Introduction générale

L'eau est une ressource naturelle vitale pour l'homme, pour sa santé, pour son alimentation, elle l'est aussi pour ses activités, autant domestiques, industrielles qu'agricoles...Cependant cette ressource est une arme à double tranchant, en effet l'eau devient polluée après son usage et les rejets fortement chargés en matière polluante déversés sans traitement dans le milieu naturel engendrent des déséquilibres biologiques pour la faune et la flore, mais aussi des maladies (épidémies) dangereuses pour l'homme.

À l'échelle mondiale, le traitement des eaux usées constitue le premier enjeu de santé publique. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle. La plupart des stations d'épuration fonctionnent selon les mêmes processus de base, mais des différences plus ou moins importantes peuvent exister dans la manière de mettre en place ces processus.

Le barrage de Taksebt, dans la wilaya de Tizi-Ouzou, est l'une des plus importantes réserves en eau d'Algérie; Cependant il est menacé par une pollution importante due aux rejets d'eaux usées non traitées des agglomérations du bassin versant de l'Oued Aissi.

L'Algérie a lancé un vaste programme de construction et de réhabilitation des stations d'épuration pour répondre à la demande croissante de besoins en eau et l'accroissement des exigences en matière de protection de l'environnement et de la ressource hydrique.

La wilaya de Tizi-Ouzou a bénéficié de ce fait d'un programme d'assainissement visant à l'installation de stations d'épurations permettant de traiter les eaux usées rejetées dans le barrage de Taksebt. Ce projet permettra ainsi de mettre fin aux rejets anarchiques d'eaux usées, de protéger la faune et la flore ainsi que la santé publique.

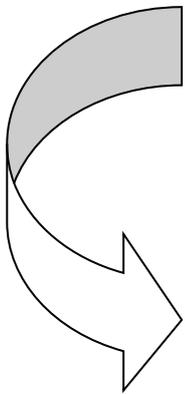
A l'heure actuelle les eaux usées de Béni Douala sont déversées directement dans le barrage de Taksebt sans subir aucun traitement préalable d'où la nécessité d'installer une station d'épuration.

Notre étude permettra le dimensionnement d'une station d'épuration pour Béni Douala comme solution aux désagréments et nuisances causés par les rejets d'eaux usées, celle-ci permettra de ce fait la réutilisation des eaux ainsi que des boues d'épuration.

L'étude se déroulera suivant le schéma suivant :

- Chapitre I : Présentation de la zone d'étude,
- Chapitre II : Origine et nature des eaux usées,
- Chapitre III : Analyse des eaux usées,
- Chapitre IV : Procédés d'épuration des eaux usées,
- Chapitre V: Traitement des boues,
- Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages,
- Chapitre VII : Calcul hydraulique,
- Chapitre VIII : Gestion et exploitation de la station,

Nous avons retenues deux variantes de dimensionnement à savoir, faible et moyenne charge ; Le dimensionnement se fera pour deux horizons 2027 et 2042 (extension).



# **CHAPITRE I :**

Présentation de la zone d'étude

## **Introduction**

La présente étude vise à dimensionner une station d'épuration des eaux usées rejetées par les deux communes de Béni Douala et Ait Mahmoud.

Actuellement les eaux usées de cette région sont directement rejetées vers le milieu naturel sans traitement et celles-ci agressent l'environnement et présentent un risque de pollution important notamment pour la cuvette du barrage de Taksbet (wilaya de Tizi-Ouzou) d'où la nécessité d'un traitement.

Avant tout projet d'implantation d'une station d'épuration, une étude du site s'impose afin de faire une synthèse des différentes caractéristiques, ainsi que des facteurs qui auront une influence directe ou indirecte sur la conception du projet, surtout en ce qui concerne les critères de sélection du site d'implantation de la station.

Les études préliminaires à réaliser sont :

- ✧ Etude géographique ;
- ✧ Etude topographique ;
- ✧ Etude géologique ;
- ✧ Etude géotechnique ;
- ✧ Etude démographique ;
- ✧ Evaluation des débits et des charges polluantes.

### **I-1-Situation géographique**

Béni Douala est située à 17 km au sud de la ville de Tizi-Ouzou, son chef-lieu est situé sur la commune éponyme de Béni Douala. Elle s'étend sur une superficie de 102.35 km<sup>2</sup> pour une population totale de 48 818 habitants au dernier recensement de 2008, ce qui nous donne une densité d'habitation de l'ordre de 477 hab/km<sup>2</sup>.

Le centre ville de Béni Douala se trouve à une altitude moyenne d'environ 780m (min 700 et max 850m) pour les coordonnées géographique suivante : 36° 37' 00'' Nord et 4° 04' 00'' Est.

La daïra de Béni douala est scindée en quatre communes à savoir :

- ✧ Béni douala,
- ✧ Ait Mahmoud ;
- ✧ Béni Aissi, (non concernée par l'étude) ;
- ✧ Béni Zmenzer (non concernée par l'étude) ;

Elle est limitée par : (figure I-1) [13]

- ✧ Au Nord : la commune de Tizi-Ouzou ;
- ✧ A l'Est : les communes Irdjen et Larbaa Nath Irathen ;
- ✧ A l'Ouest : la commune de Souk el Tenin ;
- ✧ Au Sud : les communes Tizi n'Tlata, Ouadhia et Beni Yenni.



## **I-2-Géologie**

La géologie de la région d'étude est représentée par les formations géologiques suivantes :

### **▲ Le socle Kabyle :**

Le socle kabyle est représenté par diverses formations cristallophylliennes à savoir :  
Les schistes, micaschistes, les granites et pegmatites.

### **▲ Les alluvions :**

On les trouve le long des talwegs sous forme de terrasses emboîtées ou étagée.

## **I-3-Relief**

La partie Nord est constituée :

- ☞ De plaines de la vallée du Sébaou et de l'Oued Aissi, d'une altitude minimum avoisinant 100mètres en moyenne ;
- ☞ De moyenne montagne : le relief se relève rapidement en allant vers le Sud pour atteindre un sommet de 908 mètres au niveau de Tighilt Ougmoune puis s'abaisse dans les trois directions Est, Sud et Ouest jusqu'à atteindre environ 200 mètres au niveau de Oued Aissi, formant une limite avec la commune de Larbaa Nath Irathen.

La région est composée de nombreuses crêtes et versants abrupts.

## **I-4-Aperçu géotechnique**

Les rapports d'étude des sols compulsés nous confirment la présence et la prédominance de schistes dont le degré d'altération varie suivant les possibilités d'attaque des eaux, d'une manière générale les schistes rocheux ou peu altérés sont d'un horizon d'assise de construction, les schistes très altérés sont argiliés perdant une grande partie de leurs caractéristiques mécaniques et physiques, et deviennent de mauvais sols porteurs, de plus instables quand ils sont pentus. [1]

## **I-5-Etude climatique**

La grande Kabylie est l'une des régions les plus humides de l'Algérie. Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen, et se caractérise principalement par deux saisons, la première hivernale à climat froid et humide qui s'étale sur 08 mois (d'Octobre à Mai) et la deuxième saison sèche et chaude d'une durée de 04 mois (Juin à Septembre).

Pour donner un aperçu général du climat de la zone d'étude nous avons utilisé la station de Tizi-Ouzou de coordonnées Lambert suivantes :

Latitude 34°36 Nord ;  
Longitude 04°08 Est ;  
Altitude 153.20 mètres.

### **I-5-1-La température de l'air**

Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales sont regroupées dans le tableau suivant :

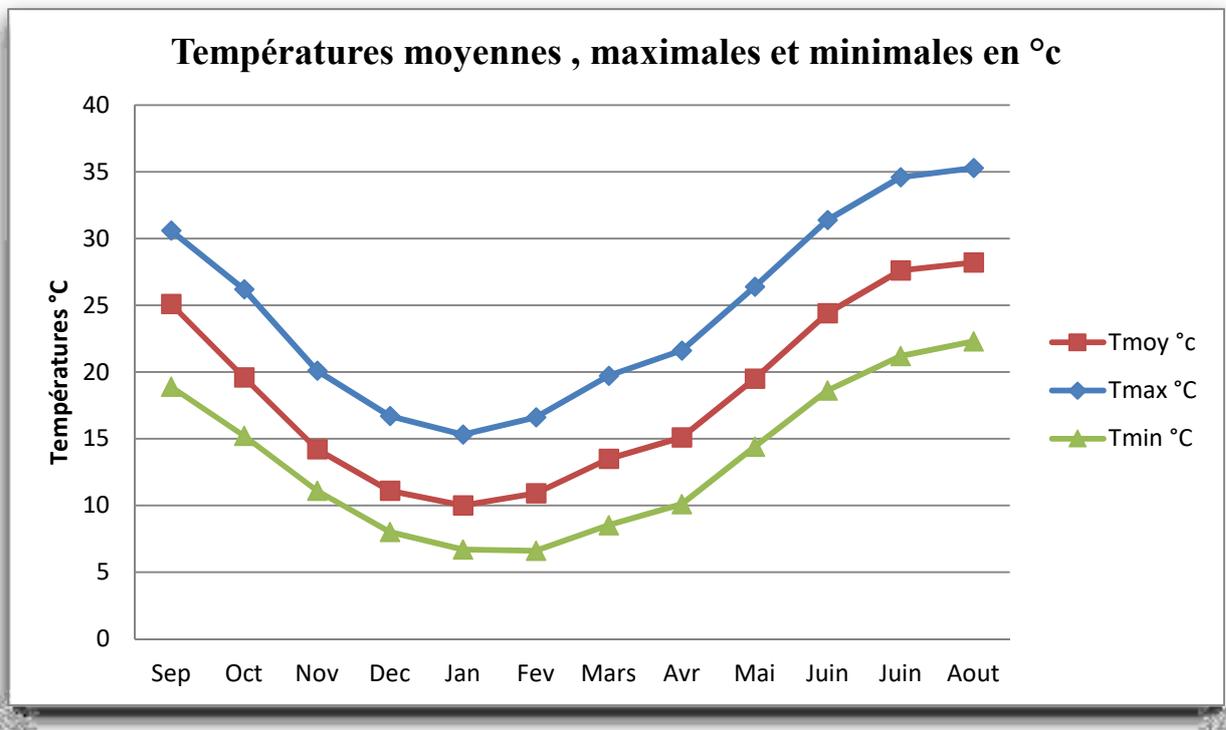
*Chapitre I : Présentation de la zone d'étude*

**Tableau I.1:** Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales durant la période 1996-2010

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
$T_{moy}$ °C	25,1	19,6	14,2	11,1	10,0	10,9	13,5	15,1	19,5	24,4	27,6	28,2	18,3
$T_{max}$ °C	30,6	26,2	20,1	16,7	15,3	16,6	19,7	21,6	26,4	31,4	34,6	35,3	24,5
$T_{min}$ °C	18,9	15,2	11,1	8,0	6,7	6,6	8,5	10,1	14,4	18,6	21,2	22,3	13,5

Source : Office National de Météorologie

Les mois les plus chauds sont Juin, Juillet, Août et Septembre et les plus froids sont : Décembre, Janvier et Février. (figure I.3)



**Figure I.3:** Représentation graphique des températures mensuelles moy, max, et min (1996-2010)

**I-5-2-Le vent**

Il s'agit d'un facteur important dans l'élaboration du système de protection de la station d'épuration.

Les vitesses du vent mensuelles moyennes sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau I.2:** Vitesse moyenne mensuelle du vent (1996-2010)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
Vitesse moy(m/s)	1.8	1.5	1.5	1.6	1.3	1.4	1.7	1.9	2.0	2.4	2.3	2.1	1.8

Source : Office National de Météorologie

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

L'analyse de ce tableau, montre des vitesses moyennes du vent sont comprises entre 1.3 et 2.4 m/s. Les vitesses sont faibles durant les mois de Janvier et Février et fortes durant la période de Juin, Juillet et Août.

Les vents qui dominent cette région le long de l'année sont les vents d'ouest .Les vents d'Est dominant surtout pendant les mois d'été.

### **I-5-3-L'humidité relative**

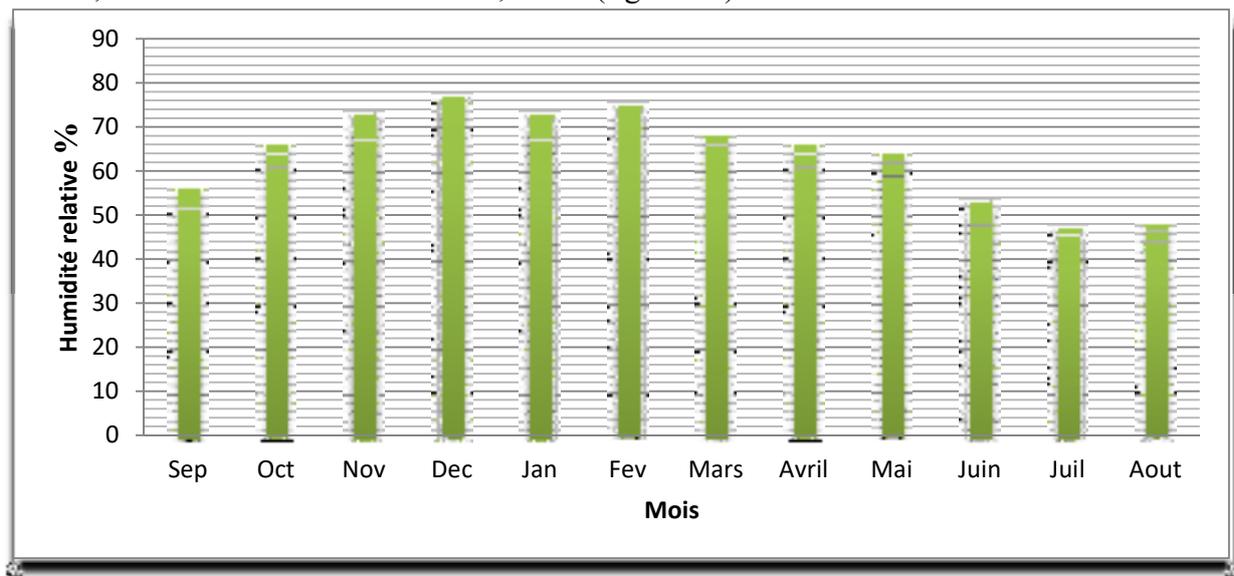
L'humidité est un élément important du cycle hydrologique ; Elle exprime le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Les données de l'humidité relative mensuelles moyennes sont indiquées dans le tableau I.3.

**Tableau I.3 :** Humidité moyenne mensuelle (en %) relative à la période (1996-2010)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
H en %	56	66	73	77	73	75	68	66	64	53	47	48	64

Source : Office National de Météorologie

Les valeurs maximales de l'humidité relatives sont atteintes en Novembre, Décembre, Janvier, elles sont minimales en Juillet, Août. (figure I.4)



**Figure I.4 :** Histogramme de l'humidité moyenne en % pour la période 1996-2010.

### **I-5-4-L'ensoleillement**

Les valeurs moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau I.4 :

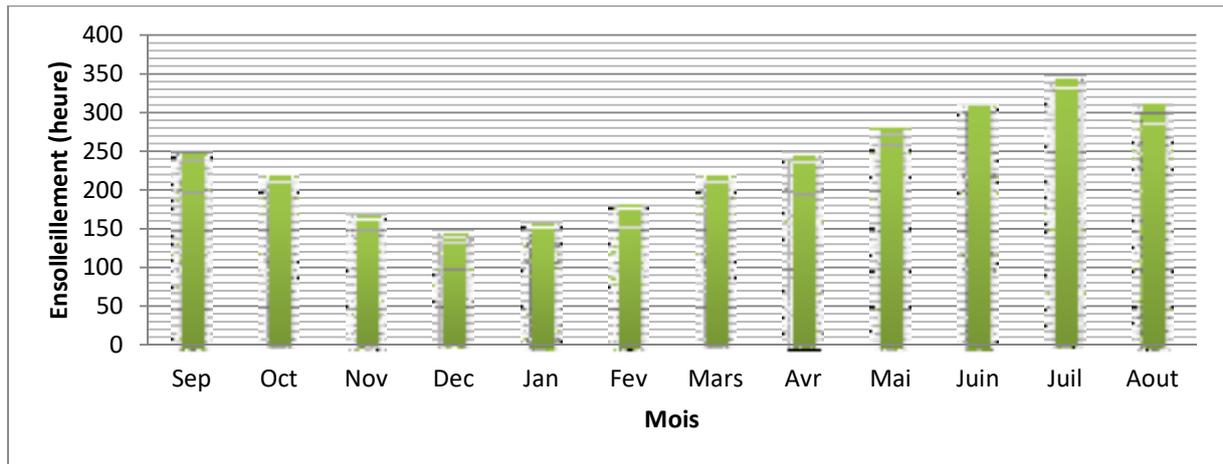
**Tableau I.4:** Ensoleillement mensuel moyen en heures pendant la période (1996-2010)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
Heures	247	220	167	145	157	182	220	245	281	309	344	311	2828

Source : Office National de Météorologie

Ce tableau montre l'importance de l'ensoleillement dans cette région qui est de l'ordre de 2828 heures /an c'est à dire 7,7 heures/jours.

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude



**Figure I.5 :** Histogramme de l'ensoleillement mensuel moyen par heure (1996-2010)

### I-5-5-Gelée

**Tableau I.5:** Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de gelée pendant la période 1996-2010.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
Jours	0	0	0	1	3	2	1	0	0	0	0	0	7

**Source :** Office National de Météorologie

Ce phénomène est fréquent en hiver (Décembre à mars) avec un maximum de 3 jours au mois de Janvier.

### I-5-6-La neige

**Tableau I .6:** Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de neige pendant la période 1996-2010

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
Jours	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

**Source :** Office National de Météorologie

Selon ce tableau le nombre de jour de neige est faible, il est de l'ordre d'une seule journée au mois de Février pour toute l'année.

### I-5-7-L'orage

**Tableau I.7:** Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours d'orages pendant la période 1996-2010.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
Jours	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	23

**Source :** Office National de Météorologie

### I-5-8-L'évaporation :

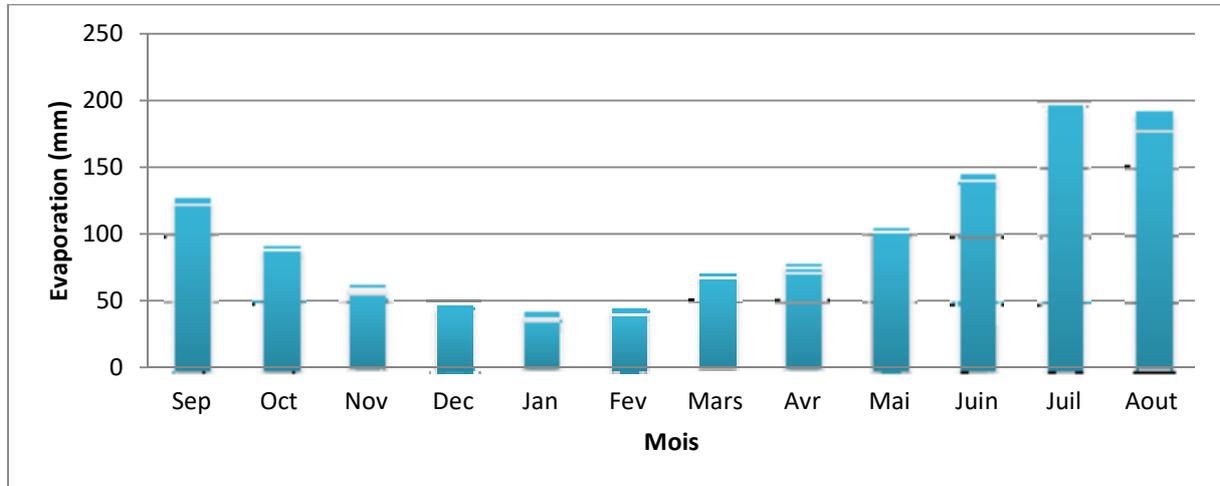
**Tableau I.8:** Evaporation mensuelles et annuelles moyennes en mm 1996-2010

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
evaporation (mm)	127	91	62	47	42	45	70	78	105	145	197	192	1201

**Source :** Office National de Météorologie

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Nous remarquons que l'évaporation est importante au mois de Juin, Juillet, Août. Elle est faible au mois de Décembre, Janvier et février. (figure I.6)



**Figure I.6 :** Histogramme de l'évaporation mensuelle moyenne en mm (1996-2010)

### I-6-La pluviométrie

L'étude des précipitations constitue un élément essentiel pour l'analyse des ressources en eau. La série pluviométrique correspondant au site d'étude est celle de la Station de Bouassem,

**Coordonnées de la station :** code de station : 021801.

Coordonnées de la station : X=620m, Y=371.5m, Z=600m

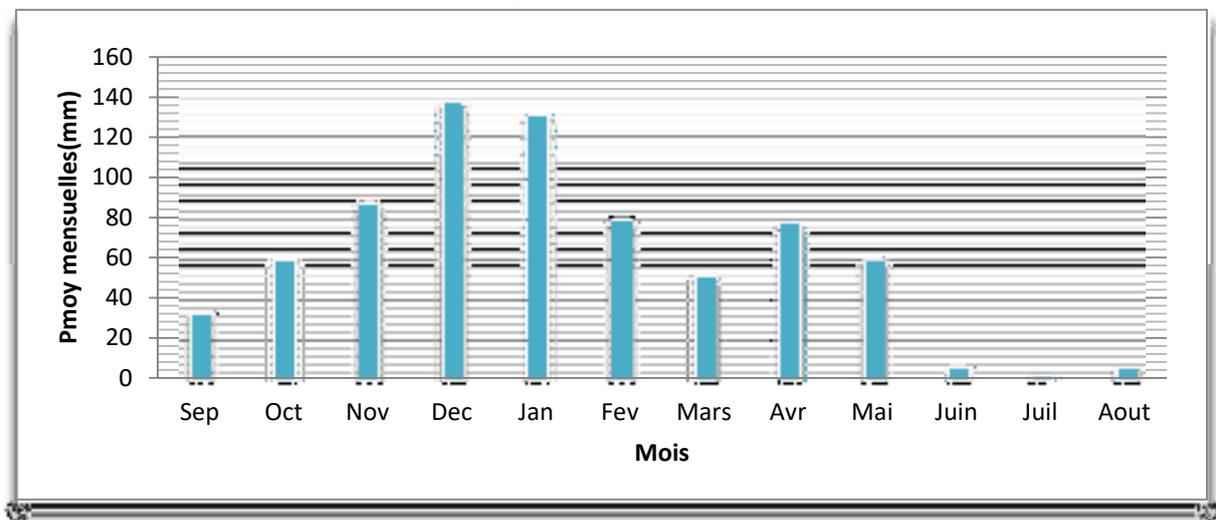
Nom de la station : BOUASSEM M.F

Les données pluviométriques de la région d'étude sont représentées dans le tableau I.9

**Tableau I.9 :** Pluviométrie moyenne mensuelle et interannuelle (mm) (1996-2010)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy Annuelle
<b>P<sub>moy</sub> (mm)</b>	33,71	59,94	87,5	137,5	131,3	79,38	52,05	77,51	59,33	7,06	3,12	6,66	735,13

**Source :** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques Tizi-Ouzou



**Figure I.7 :** Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (1996-2010)

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

L'analyse de ce graphe révèle que l'essentiel des précipitations sont observées pendant les mois de Novembre à Mai, atténuant une valeur maximale au mois de Décembre et une valeur minimale au mois de Juillet.

### **I-7-Situation hydraulique**

L'étude hydraulique comprend l'étude du réseau d'alimentation en eau potable ainsi que le réseau d'assainissement.

#### **I-7-1.Réseau d'alimentation en eau potable**

L'alimentation en eau potable de la zone d'étude est assurée par l'algérienne des eaux à travers de nombreux réservoirs alimentés par des forages en considérant une dotation de l'ordre de 150l/j/hab, mais aussi de nombreuses sources (voir tableau I.10).

**Tableau I.10 :** Réservoirs, stations et sources d'eau.

Commune	Réservoirs	Stations de pompage	Source
Béni Douala	16	--	29
Ait Mahmoud	07	--	63

**Source :** Direction des ressources en eau et de l'économie de la Wilaya de Tizi-Ouzou

#### **I-7-2-Réseau d'assainissement**

La région de Béni Douala est caractérisée par un réseau d'assainissement de type séparatif.

- ▲ **Système d'assainissement des eaux usées :** Les caractéristiques du réseau d'assainissement des eaux usées sont représentées dans le tableau I.11.

**Tableau I.11 :** Caractéristique du réseau d'eaux usées de la région d'étude.

Communes	Villages	Année de réalisation	Linéaire des collecteurs (mL)	Diamètre (mm)
<b>Béni Douala</b>	Béni Douala	1992	3000	300-400
	Ait Bouyahia	1985	3300	300
	Taderth Oufella	2000	3600	300
	Ait Bouali	1990	2000	300
	Ait Idir	1997	2850	300
	Tala Khellil	1990	880	300
	Ighil Mimoun	2002	2300	300
<b>Ait Mahmoud</b>	Taguemout Azouz	1985	4200	300
	Taurirt Moussa	1986	2700	300
	Ait khelfoun	1988	2300	300
	Ait El Hadj	1990	1010	300
	Timegnounine	1988	850	300
	Tizi N'talaghth	1993	950	300

**Source :** Direction des ressources en eau et de l'économie de la Wilaya de Tizi-Ouzou

## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

### ▲ **Etat du réseau**

Les systèmes d'assainissement de la région de Béni Douala et Ait Mahmoud possèdent des anomalies à cause du manque d'entretien. Le tableau I.12 résume les différentes anomalies et les causes d'apparition de ces dernières :

**Tableau I.12 :** Etat du réseau d'assainissement.

Type de système	Anomalies	Causes
<b>Système des eaux pluviales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Présence de détritrus d'origine divers sur quelques endroits du système d'évacuation des eaux pluviales, ce qui provoque un débordement sur la route.</li> <li>-Obstruction des caniveaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Absence de grille sur les caniveaux ;</li> <li>-Des parties des caniveaux non aménagés ;</li> <li>-Glissement de terrains.</li> </ul>
<b>Système des eaux usées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Obstruction partielle des regards par des débris et détritrus ;</li> <li>-Il y a risque d'infiltration dans le sol ;</li> <li>-Rejets à l'air libre ;</li> <li>-Stagnation des eaux ;</li> <li>-Présence de dépôt d'origine diverses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Les normes d'étanchéité ne sont pas respectées dans la construction de certains regards (regards en brique) ;</li> <li>-Absence de curage des regards ;</li> <li>-Manque d'entretien ;</li> <li>-Réalisation des collecteurs sans étude.</li> </ul>

**Source :** Direction des ressources en eau et de l'économie de la Wilaya de Tizi-Ouzou.

▲ **L'état des rejets :** L'état des rejets des villages étudiés sont représentés dans le tableau I.13

**Tableau I.13 :** Etat des rejets.

Commune	Villages	Nombre de rejets	Diamètre (mm)	Etat
<b>Béni Douala</b>	Béni douala	5	300-400	Dégradé
	Ait Bouyahia	7	300	Moyen
	Taderth Oufella	4	300	Moyen
	Ait Bouali	4	300	Moyen
	Ait Idir	1	300	Moyen
	Tala Khellil	4	300	Moyen
	Ighil Mimoun	2	300	Moyen
<b>Ait Mahmoud</b>	Taguemout Azouz	8	300	Dégradé
	Taourirt Moussa	3	300	Moyen
	Ait khelfoun	3	300	Moyen
	Ait El Hadj	2	300	Moyen
	Timegnounine	2	300	Moyen
	Tizi N'talaghth	2	300	Moyen

**Source :** Direction des ressources en eau et de l'économie de la Wilaya de Tizi-Ouzou

### **I-8-Situation démographique**

La connaissance de la répartition spatiale de la population ainsi que son évolution est d'un intérêt considérable pour pouvoir déterminer les quantités de rejets des eaux domestiques.

Pour déterminer l'évolution future de la population, on utilise la formule du taux d'accroissement exponentielle :

$$P = P_0 (1+\tau)^n$$

Avec :

P : Population projetée ;

P<sub>0</sub> : Population à l'année de référence (dernier recensement 2008);

τ: Taux d'accroissement annuel de la population en %;

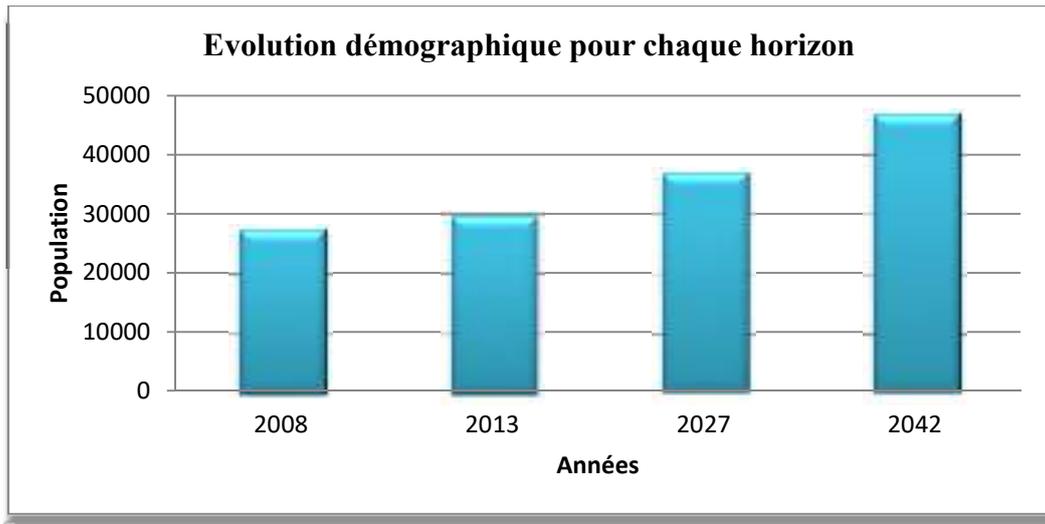
n : Nombres d'années compris dans l'intervalle de temps considéré.

Pour notre région d'étude le taux d'accroissement annuel de la population (Direction des ressources en eau et de l'économie de la Wilaya de Tizi-Ouzou) est de l'ordre de 0,3 %, ce qui est très faible. De ce fait et pour éviter un sous dimensionnement on prend le taux d'accroissement annuel moyens au niveau national qui est de 1.6% selon l'Office National des Statistiques.

Les résultats de l'estimation de la population aux horizons futurs sont reportés dans le tableau I.13 suivant :

**Tableau I.14** : Estimation de la population de la région de Béni Douala jusqu'en 2042

<b>Communes</b>	<b>Villages</b>	<b>2008</b>	<b>2013</b>	<b>2027</b>	<b>2042</b>
<b>Béni Douala</b>	Béni Douala	13019	13019	16259	20630
	Ait Bouyahia	1732	1732	2163	2745
	Taderth Oufella	2923	2923	3650	4632
	Ait Bouali	1732	1732	2163	2745
	Ait Idir	1732	1732	2163	2745
	Tala Khellil	1754	1754	2190	2779
	Ighil Mimoun	433	433	541	686
<b>Ait Mahmoud</b>	Taguemout Azouz	2464	2464	3077	3904
	Taourirt Moussa	1643	1643	2052	2604
	Ait khelfoun	973	973	1215	1542
	Ait El Hadj	487	487	608	772
	Timegnounine	428	428	534	678
	Tizi N'talaghth	359	359	449	570
	<b>Total</b>	<b>27416</b>	<b>29681</b>	<b>37067</b>	<b>47032</b>



**Figure I.8 :** Evolution de la population jusqu'en 2042.

### **I-9-Emplacement de la station d'épuration**

La station d'épuration projetée sera implantée sur un terrain domanial d'une superficie totale avoisinant les 3 ha se trouvant dans la région de Béni Douala à proximité de la route nationale N°30.

Le site d'implantation de la future STEP a été choisi en tenant compte des critères suivants :

- ✧ Situation topographique avantageuse du fait de la présence d'un point bas facilitant l'écoulement gravitaire des rejets ;
- ✧ L'emplacement du site à côté d'une route nationale facilite l'accès à la STEP et de ce fait la gestion et l'exploitation de cette dernière;
- ✧ Eloignement suffisant des habitations d'où le désagrément causé par les mauvaises odeurs écarté ;
- ✧ Site suffisamment relevé par rapport au niveau de l'oued (évite les inondations) ;
- ✧ Disponibilité du terrain pour d'éventuelles extensions ou aménagements futurs ;
- ✧ Absence de zones de captages ;
- ✧ Présence d'un cours d'eau (Oued Aissi) à proximité.



**Figure I.9 :** Localisation de l'emplacement de la future STEP de Béni Douala.

**Conclusion**

Il ressort de cette étude que la région de Béni Douala présente un climat de type méditerranéen avec des étés très chauds et des hivers très froids. Le relief est très en pente ce qui favorise l'écoulement gravitaire.

L'alimentation en eau potable a lieu 24h/24, avec un réseau de distribution en bon état, quant au réseau d'assainissement, il est de type séparatif présentant quelques anomalies, les rejets sont dans un état moyen sauf pour les deux villages, Béni Douala et Taguemout Azouz, où l'état des rejets est dégradé.

## **Introduction**

L'eau est une substance unique parce qu'elle se renouvelle et se nettoie naturellement en permettant au polluants de s'infiltrer. Cependant, ce processus naturel prend du temps et devient très difficile lorsqu'il y a une quantité importante de polluants qui sont ajoutés à l'eau. La liste des polluants est longue et les signes de pollution de l'eau sont évidents, ceux-ci rendent son utilisation dangereuse et perturbent l'écosystème aquatique. Les eaux polluées appelées également eaux usées doivent bénéficier d'un assainissement ou d'une dépollution avant de pouvoir être rejetées dans le milieu naturel afin de protéger ce dernier de la pollution.

## **II-1-Origine des eaux usées**

Les eaux usées sont réparties en plusieurs catégories. Elles regroupent les eaux usées domestiques ou urbaines, les eaux industrielles, les eaux usées agricoles et les eaux de ruissellement dans les villes.

### **II-1-1-Les eaux usées domestiques**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollutions organiques. Leurs productions dépendent directement de la consommation d'eau potable et du degré de confort des habitations ainsi que des habitudes des occupants. La composition des eaux domestiques est à peu près la même pour toutes les habitations. La qualité et la quantité du rejet est indexé sur la notion de l'équivalent habitant. Elles se répartissent comme suit:

- ✧ Les eaux vannes d'évacuation des toilettes ;
- ✧ Les eaux évacuées des cuisines et des salles de bains ;
- ✧ Les eaux de lavage.

### **II-1-2-Les eaux usées industrielles**

Sont classés dans les eaux industrielles tous les rejets correspondant à une utilisation de l'eau autre que domestique.

Parmi les industries considérées traditionnellement comme rejetant des matières particulièrement polluantes pour l'eau, on citera, notamment, les industries agro-alimentaires, papeteries, la chimie, les traitements de surface, l'industrie du cuir...etc. On distingue les pollutions spécifiques suivantes : [2]

- ✧ Sels métalliques (traitement de surfaces radioactives, métallurgie...);
- ✧ Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs ...);
- ✧ Acides, bases et produits chimiques divers (industrie chimique tanneries);
- ✧ Eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques, les eaux résiduaires industrielles véhiculent souvent divers métaux lourds.
- ✧ Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports).

### **II-1-3-Les eaux usées d'origine agricole**

Elles proviennent essentiellement des fermes et cultures. Elles se caractérisent par une forte teneur en sels minéraux (azote, phosphore) issues des purins et lisiers d'élevage, ainsi que de l'usage fréquent des pesticides et des engrais solubles lessivés dans les sols agricoles.

## Chapitre II : *Origine et nature des eaux usées.*

Les différents polluants d'origine agricole ne peuvent de ce fait pas être collectés et traités dans une station d'épuration. De ce fait ils atteignent les cours d'eau par ruissellement ou par écoulement souterrain.

### **II-1-4-Les eaux de ruissellement**

Les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées, ou non.

Les polluants sont en majorité des matières en suspension d'origine minérale, mais aussi des hydrocarbures provenant de la circulation automobile.

### **II-1-5-Les eaux parasites**

Elles proviennent des remontées des nappes sous-terraines ou des fuites des conduites d'alimentation en eau potable(AEP) ; ces eaux s'infiltrent dans les collecteurs et se mélangent aux eaux usées et les diluent ; ce qui influe par la suite sur le fonctionnement de la station d'épuration.

Les eaux parasites doivent être mesurées sur le réseau, mais en absence de valeurs mesurées la directive Allemande préconise de prendre un débit d'eau parasite compris entre 0,05 et 0,15l/s/ha. On notera aussi qu'une densité moyenne de 100 habitants par hectare, la ration s'établit entre 16 et 47 m<sup>3</sup>/an/hab. [2]

## **II-2-La pollution de l'eau**

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatique, elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu naturel.

### **II-2-1-Nature des pollutions**

La pollution des eaux usées se manifeste sous quatre principales formes :

- ✧ pollution organique.
- ✧ Pollution minérale.
- ✧ Pollution microbiologique.
- ✧ Pollution toxique (minérale ou organique).

Chacune de ces formes de pollutions correspond a une modification du milieu récepteur qui se traduit par des conséquences néfastes sur l'individu.

#### **II-2-1-1-La pollution organique**

La pollution organique est un type de pollution chimique provoquée par les polluants carbonés, comme la matière organique, les huiles, détergent...Etc.

Dans le cas de la matière organique, les polluants peuvent augmenter la turbidité des eaux et créer un phénomène d'eutrophisation avec une diminution de la quantité d'oxygène dissous. Ces modifications environnementales ont de profondes conséquences sur les populations d'un milieu (disparition d'espèces, prolifération d'autres espèces). [3]

Cette forme de pollution est facilement biodégradable et peut être éliminée naturellement par les cours d'eau. Cependant, le déséquilibre intervient quand celles-ci sont présentes en

excès dans le milieu naturel et qu'elles dépassent les capacités d'autoépuration du cours d'eau.

### **II-2-1-2-Pollution minérale**

La pollution minérale due essentiellement aux rejets industriels modifie la composition minérale de l'eau. Si certains éléments sont naturellement présents et sont indispensables au développement de la vie, un déséquilibre de ces mêmes éléments provoque le dérèglement de la croissance végétale ou des troubles physiologiques chez les animaux. [1]

Parmi les principaux polluants minéraux les métaux lourds tels que le zinc, le plomb, l'arsenic, le cuivre et le fer mais aussi certains sels provenant de l'agriculture. Ces éléments ne sont pas biodégradable de ce fait un traitement tertiaire est souvent nécessaire.

### **II-2-1-3-Pollution microbiologique**

La pollution microbiologique des eaux est le terme utilisé pour désigner la présence de bactéries et virus. Invisibles à l'œil nu, ces microorganismes à l'origine de contamination des eaux littorales, proviennent d'hommes ou d'animaux qui hébergent dans leur appareil digestif, une quantité considérable de bactéries, voire de virus.

On trouve 1 million de germes (bactéries, virus, parasites) dans 1 litre d'eau de ruissellement et 1 milliard de bactéries fécales dans 1 seul litre d'eaux usées domestiques. Bien que les germes disparaissent naturellement en quelques jours (sous le rayonnement solaire (UV)), leur puissance contaminante est très élevée. Pour exemple, 1 m<sup>3</sup> d'eau usées brutes suffit à polluer 50 000 m<sup>3</sup> d'eau de mer. [3]

### **II-2-1-4-Pollution toxique**

La toxicité présente dans les eaux usées peut être organique ou minérale :

Les substances organiques toxiques sont entre autres les pesticides, les hydrocarbures et les produits organiques de synthèse industrielle (phénol, produits azotés...) et les perturbateurs endocriniens qui sont en très faibles concentrations dans les effluents d'épuration.

Les substances minérales toxiques sont : les sels à fortes concentrations, les ions métalliques rejetés par les effluents industriels. [4]

## **II-3- Les paramètres de pollution**

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques et du danger sanitaire qu'elles représentent. Les paramètres de pollution sont classés en trois catégories :

- ✧ Paramètres physiques ;
- ✧ Paramètres chimiques ;
- ✧ Paramètres biologiques.

### **II-3-1-Paramètres physiques**

#### **▲ Température**

Une température élevée réduit la solubilité des gaz dans l'eau et en particulier les teneurs en oxygène. Si la température de l'eau varie de 13°C à 20°C, la concentration en oxygène chute de 13%. Or, le rôle de l'oxygène est fondamental pour les organismes vivants et pour

## Chapitre II : *Origine et nature des eaux usées.*

l'oxydation des déchets. Les températures basses affectent l'autoépuration des rivières car les réactions d'oxydation sont ralenties ; Au contraire, une température plus élevée accélère ces réactions, mais entraîne par voie de conséquence une plus forte consommation d'oxygène dissous. La valeur optimale pour l'activité des micro-organismes intervenant au cours de l'épuration, est comprise entre 25 à 30°C. Au-delà, la vitesse de réaction décroît très vite et le floc bactérien se trouve épuisé en oxygène. [2]

La température a également une influence sur la conductivité électrique et le PH.

### ▲ **La turbidité**

La turbidité est liée à la présence dans l'eau usée de particules ou matières en suspensions (MES) d'origines diverses : organiques, argiles, colloïdes ... etc. Elle est variable dans le temps selon le mode de rejet, et suivant les saisons.

### ▲ **L'odeur**

L'odeur est signe de pollution ou de présence des matières organiques en décomposition.

### ▲ **La couleur**

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdales. La couleur grisâtre de l'égout est d'origine domestique, une couleur noire indique une décomposition partielle, les autres nuances indiquent un apport d'eaux résiduaires industrielles.

### ▲ **Les matières en suspension (MES)**

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique. Elles sont déterminées par filtration d'un échantillon d'eau et séchage à 105°, elles sont composées de matières volatiles (MVS) et de matières minérales (MMS).

### ▲ **Matière volatile en suspension (MVS)**

La matière volatile représente la partie organique de la matière en suspension, il s'agit de la matière volatilisée par séchage de la matière en suspension à 550°C pendant au minimum 4h. La matière volatile est aussi appelée matière organique.

### ▲ **Matières minérales en suspension (MMS)**

Elles représentent les résidus de la calcination, et correspondent à la présence de sels, silice et poussière par exemple.

$$MMS = MES - MVS \dots \dots \dots (II.1)$$

### **Remarque**

Pour une eau usée urbaine nous considérons que les MES sont composées de 70% en MVS et 30% en MMS.

▲ **Matières grasses**

Les eaux résiduaires industrielles contiennent des quantités élevées de graisses et d'huiles, qui par formation de films et de couches superficielles peuvent empêcher l'accès de l'air dans l'eau et occasionner la mort des micro-organismes. Les matières grasses peuvent occasionner des obstructions dans les égouts et rendent plus difficile l'exploitation des stations d'épuration des eaux. [1]

▲ **Les matières colloïdales**

Ce sont des éléments présents dans l'eau sous un état intermédiaire, entre un état dissous et un état solide. Il s'agit de très petites particules solides invisibles à l'œil nu dotées sur leur surface de charges électriques qui se repoussent les unes les autres et déterminent ainsi la turbidité.

**II-3-2-Les paramètres chimiques**

▲ **Le potentiel d'Hydrogène (PH)**

Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales même limitées du pH. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de pH.

Le pH joue un rôle primordial dans :

- ✧ Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité).
- ✧ Les processus biologiques dont certains exigent des limites de pH très étroit.

▲ **La conductivité**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Ce paramètre donne une indication de la concentration totale de l'eau en ions. Comme une grande partie des sels dissous dans l'eau s'y trouvent sous forme d'ions (chlorures, nitrates, sodium, calcium, sulfures etc.), la conductivité permet donc aussi d'en estimer l'importance. Une conductivité élevée traduit soit des PH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, ce qui peut conduire à un entartrage des conduites si l'excès est dû aux ions de calcium.

Selon DEGREMONT (1978), la conductivité constitue un critère d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau et les résultats obtenus sont exprimés en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

**Tableau II.1:** Relation entre la conductivité et la minéralisation. [5]

<b>Conductivité <math>\mu\text{s}/\text{cm}</math></b>	<b>Appréciations</b>
Conductivité $<100\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation très faible.
$100\mu\text{s}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 200\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation faible.
$200\mu\text{s}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 333.33\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée.
$333.33\mu\text{s}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 666.66\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne.
$666.66\mu\text{s}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 1000\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation impotente.
Conductivité $>1000\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation excessive.

▲ **La demande biologique en oxygène à 5 jours (DBO<sub>5</sub>)**

La demande biologique en oxygène est, par définition, la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée par des processus biochimiques naturels. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Par convention, la DBO<sub>5</sub> est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation.

▲ **La demande chimique en oxygène (DCO)**

La 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.

▲ **La biodégradabilité**

La biodégradabilité d'une eau traduit sa propriété à être décomposée par les microorganismes. Elle est exprimée par un coefficient K donné par la relation suivante :

$$K = \frac{DCO}{DBO_5}$$

**Tableau II.2:** Coefficient de biodégradabilité.

<b>Biodégradabilité</b>	<b>Caractéristique de l'effluent</b>
1 < K < 2	L'effluent est facilement biodégradable.
2 < K < 3	Traitement biologique + traitement physico-chimique.
K > 3	L'effluent n'est pas biodégradable.

Un coefficient K élevé peut traduire la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de la croissance bactérienne, tels que les détergents, les phénols et les hydrocarbures.

▲ **L'oxygène dissous**

L'oxygène représente environ 35% des gaz dissous dans l'eau. Les teneurs en oxygène sont déterminées principalement par :

- ✧ La respiration des organismes aquatique.
- ✧ L'oxydation et la dégradation des polluants.
- ✧ L'activité photosynthétique de la flore.
- ✧ Les échanges avec l'atmosphère.

Les facteurs pouvant mener à une réduction de l'oxygène dissous sont l'augmentation de la température de l'eau et la décomposition de grandes quantités de matière organique.

▲ **Le carbone organique total (COT)**

Le carbone organique total (COT) permet de suivre l'évolution de la pollution organique des milieux aquatiques. Il provient de la décomposition de débris organiques végétaux et animaux. Il peut également provenir de substances organiques émises par les effluents municipaux et industriels. La valeur de (COT), contrairement à la DBO, détermine

## Chapitre II : *Origine et nature des eaux usées.*

complètement les composés difficilement ou non dégradables biochimiquement, qui sont d'une grande importance pour l'évaluation de la pollution de l'eau et des effluents.

La mesure de la valeur de (COT) repose sur la combustion des matières organiques carbonées d'un effluent après passage au four à 950°C sous courant d'oxygène, le gaz et la vapeur produits sont piégés et la quantité d'oxygène consommée est mesurée par l'intermédiaire d'une cellule galvanique. [4]

### ▲ **L'azote et le phosphore**

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

#### **A-L'azote**

L'azote peut se trouver dans les eaux usées sous plusieurs formes à savoir ; sous forme réduite (Azote organique (N) et azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)), sous forme moléculaire (azote dissous) et sous forme oxydée (azote nitreux NO<sub>2</sub> et nitrique NO<sub>3</sub>).

La présence de l'azote dans les eaux peut engendrer des effets néfastes tels que l'empoisonnement, la toxicité vis-à-vis de nombreuses espèces aquatiques et l'eutrophisation des lacs.

#### **B- Le phosphore**

Les composés phosphorés sont présents sous différentes formes dans les eaux résiduaires. On distingue généralement les formes organiques (phospholipides, phosphoprotéines...) et les formes minérales dérivées de l'acide phosphorique (ortho phosphates, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) ou condensées (poly phosphates) sont d'origine urbaine (composants des détergents) et agricole (lessivage des engrais). [6]

#### **Remarque**

D'autre part, l'azote et le phosphore sont des constituants essentiels de la matière vivante, leur présence est indispensable pour assurer le traitement par voie biologique.

Les études menées à ce sujet, montrent qu'un rapport DBO<sub>5</sub>/N/P de 100/5/1 et DCO/N/P de l'ordre de 250/7/1 permet d'assurer un développement normal des microorganismes épurateurs en milieu aérobie (biodégradabilité de l'eau usée).

### ▲ **Les métaux lourds**

Libérés par les activités humaines au niveau des bassins versants (circulation automobile, artisans, bâtiments, industries...) et déposés sur les surfaces imperméabilisées, les métaux lourds sont en suite lessivés par les eaux de ruissellement et entraînés dans les rivières par l'intermédiaire des réseaux d'eaux pluviales.

Les métaux sont généralement rencontrés à l'état de trace dans les eaux réceptrices en partie du fait de leur faible solubilité et de la sédimentation des matières en suspension sur les quelles est adsorbée la plus grande partie de ces métaux.

## Chapitre II : *Origine et nature des eaux usées.*

Les métaux lourds peuvent freiner, gêner ou encore annuler le processus d'épuration biologique. C'est pourquoi il est nécessaire de procéder aux analyses chimiques des eaux résiduaires afin de déterminer la présence ou non de ces métaux.

Parmi les métaux lourds, on peut citer : Plomb (Pb), Aluminium (AL), Cadmium (Cd), Cuivre (Cu), Chrome (Cr), Nickel (Ni) et Zinc (Zn). [2]

### **II-3-3- Les paramètres biologiques**

Les eaux usées évacuent les matières fécales et les urines des populations. De ce fait une pollution, due aux micro-organismes présents dans les déchets, est engendrée.

Les micro-organismes polluants des ressources en eau, sont à l'origine de maladies prenant en général l'appellation d'infections d'origine hydrique. [3] Les organismes microbiens responsables de ces infections prennent quant à eux le nom d'agents pathogènes et peuvent être classés en quatre groupes principaux :

- ✧ Les bactéries pathogènes (salmonelles, shiguelles,...) ;
- ✧ Les virus ( Gastro entérite, Hépatite ... ) ;
- ✧ Les parasites ( kystes d'amibes... ) ;
- ✧ Les champignons.

Les germes témoins de contaminations fécales sont :

- ✧ Les coliformes fécaux (l'Escherichia coli...etc.)
- ✧ Les streptocoques fécaux
- ✧ Les Clostridium sulfite-réducteurs

### **II.4.Normes de rejets**

Les normes de rejet, après traitement, ont pour objet la protection de l'environnement en général et les milieux récepteurs en particulier mais également d'éviter la prolifération des maladies dues aux rejets d'eaux usées telles que la tuberculose, le typhoïde ou encore le Choléra.

Les normes de rejets en Algérie, avant ou après traitement sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau II.3** : Valeurs limites maximales des paramètres de rejets.

<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Valeurs limites</b>	<b>Tolérances aux valeurs limites anciennes installations</b>
Température	°C	30	30
Matières En Suspension (MES)	mg/l	35	40
Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	mg d'O <sub>2</sub> /l	35	40
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg d'O <sub>2</sub> /l	120	130
Azote Kjeldahl	mg/l	30	40

**Tableau II.3:** Valeurs limites maximales des paramètres de rejets (suite).

<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Valeurs limites</b>	<b>Tolérances aux valeurs limites anciennes installations</b>
Phosphore total	mg/l	10	15
Huiles et graisses	mg/l	20	30
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5
Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0.005	0.01
Cyanures	mg/l	0.1	0.15
Fluor et composés	mg/l	15	20
Indice de phénols	mg/l	0.3	0.5
Hydrocarbures	mg/l	10	15
Huiles et graisses	mg/l	20	30
Cadmium	mg/l	0.2	0.25
Cuivre total	mg/l	0.5	1
Mercure total	mg/l	0.01	0.05
Plomb total	mg/l	0.5	0.75
Chrome total	mg/l	0.5	0.75

**Source :** journal officiel de la république Algérienne, N°26 du 23/04/2006

## **II-5-Les pollutions rencontrées dans la zone d'étude**

### **II-5-1-Pollution agricole**

Les principales activités agricoles de cette région sont successivement : l'arboriculture, les cultures fourragères et les maraîchages, qui sont essentiellement concentrés dans la commune de Béni Douala. S'ajoute à cela les élevages de gros bétail, et de poulets de chair.

La concentration des élevages entraîne un excédent de déjections animales par rapport à la capacité d'absorption des terres agricoles. Ces déjections, sous l'effet du ruissellement de l'eau et de l'infiltration dans le sous-sol, enrichissent les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés et constituent une source de pollution bactériologique.

La pollution agricole s'intensifie depuis que les agriculteurs utilisent des engrais chimiques, des herbicides, des insecticides et pour améliorer le rendement de leurs cultures. Ces produits ont un impact sur les milieux et des effets toxiques sur l'homme.

### **II-5-2-Pollution due aux huileries**

La trituration des olives nécessite une consommation d'eau. Le volume de l'effluent produit est en moyenne de 50 à 60 litres par 100 kg d'olives, traités selon le procédé classique. Le volume des eaux résiduaires dépasse les 100 litres pour la même quantité d'olive, si l'extraction de l'huile se fait par centrifugation. Ce potentiel polluant mis en œuvre d'un quintal d'olive équivaut à celui de 45 habitants. En fait, 2 litre de margines provoque une pollution égale à celle de 3 personnes par jour. Ces derniers forment une pellicule en forme

## Chapitre II : Origine et nature des eaux usées.

d'écran à la surface de l'eau empêchant tout échange entre l'eau et l'air et provoque des mauvaises odeurs. [2]

### II-5-3-Pollution due aux stations de lavage et graissage

Les rejets des stations de lavage et graissage sont très riches en matière grasse et ont le même effet sur l'environnement que les autres rejets d'huiles.

**Tableau II.4:** Pollutions existantes dans la région d'étude.

Villages	Cadastre des activités polluantes	Ouvrages de traitement	Recommandations	
			En matière de collecte	En matière d'épuration.
Béni Douala	Stations de lavage et graissage	Absence d'ouvrage	-Procéder au nettoyage et au curage des regards.  -Faire apparaitre le couvercle des regards.  -Acheminer les eaux usées vers la station d'épuration projetée.	-respecter les normes de rejets par prise périodique d'échantillons.
Ait Bouyahia	Une huilerie	Absence d'ouvrage		
Taderth Oufella	Station de lavage graissage	Absence d'ouvrage		
Ait Bouali	2 huileries	Absence d'ouvrage		
Ait Idir	Pas d'activité polluante	Absence d'ouvrage		
Tala Khellil	Une huilerie	Absence d'ouvrage		
Ighil Mimoun	Pas d'activité polluante	Absence d'ouvrage		
Taguemout Azouz	Une huilerie	Absence d'ouvrage		
Taurirt Moussa	3 huileries	Absence d'ouvrage		
Ait khelfoun	Rien	Absence d'ouvrage		
Ait El Hadj	3huileries	01 bassin de filtration		
Timegnounine	Pas d'activité polluante	01 bassin de filtration		
Tizi N'talagth	2huileries	Absence d'ouvrage		

**Source :** Direction des ressources en eau et de l'économie de la wilaya de Tizi Ouzou.

## Chapitre II : *Origine et nature des eaux usées.*

A partir de ce tableau on peut constater que la pollution de la région d'étude est surtout domestique car elle ne dispose pas de grandes unités industrielles, elle se limite à :

- ✧ 2 stations de lavage graissage.
- ✧ 13 huileries.

Les huileries sont généralement de petite dimension et saisonnières (du mois de Décembre au moi de Février) employant un faible effectif d'ouvriers.

Les effluents rejetés (marges) ne subissent aucun traitement ; Ce type d'activité a un impact néfaste sur l'environnement. Ces marges posent un gros problème de pollution.

### **Remarque**

Au vue de la nature asphyxiante des rejets des stations de lavage graissage et des huileries, la pollution devient difficilement maitrisable, notamment si les rejets des huileries atteignent le réseau d'assainissement. De ce fait un traitement des marges doit être réalisé.

### **Conclusion**

Déterminer et interpréter la qualité de l'eau s'avère un exercice complexe. Premièrement, parce que la pollution de l'eau peut prendre plusieurs formes. Deuxièmement, un grand nombre d'indicateurs peuvent être mesurés afin de connaître la qualité de l'eau. Enfin, les différents types d'usage, permettent de porter un jugement sur la qualité de l'eau étudiée.

## **Introduction**

Afin d'évaluer qualitativement et quantitativement la pollution rejetée au niveau du cours d'eau de la région d'étude, et en vue d'éviter l'altération du milieu naturel récepteur et de pouvoir proposer un mode d'épuration, il est nécessaire d'intercepter les rejets à la sorties des agglomérations, et d'en faire une analyse détaillée par la prise d'échantillons.

### **III-1-Analyse des rejets**

L'analyse des rejets passe par plusieurs étapes qui sont

#### **III-1-1-L'échantillonnage**

L'échantillonnage est une opération à la quelle le plus grand soin doit être accordé, car il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

#### **III-1-2-Précautions à prendre durant les prélèvements**

L'eau doit être prélevée dans des bouteilles propres rincées plusieurs fois. Il est important de respecter deux principales conditions :

- ☞ Les échantillons doivent être aussi représentatifs que possible ;
- ☞ L'opérateur doit éviter de les contaminer par les produits exogènes.

En plus de ces deux conditions, les prélèvements se font généralement à fort débit (en vue de collecter une masse importante des polluants présents en suspension). Ce pendant les sites de prélèvement doivent être soumis à l'influence de toutes les sources de pollution.

#### **III-1-3-Critères de choix des points de prélèvement**

Afin de cerner les pollutions produites par les agglomérations, une campagne de prélèvement a été effectuée pour l'analyse des rejets principaux au niveau de chaque commune afin d'estimer les teneurs en éléments polluants. Le choix de ces points tient compte de :

- ☞ La densité de la population ;
- ☞ Des débits des eaux usées rejetées ;
- ☞ La situation des villages (Situation géographique par rapport à la source d'alimentation du barrage de Taksebt).

#### **III-1-4-Identification des points de prélèvement**

Les prélèvements ont été effectués au niveau de quatre rejets principaux qui sont :

##### **▲ Béni Douala**

1<sup>er</sup> point : Rejets des eaux usées du village Tadarth Oufla.

2<sup>ème</sup> point : Rejets des eaux usées du village Ait Bouyahia.

##### **▲ Ait Mahmoud**

1<sup>er</sup> point : Rejets des eaux usées du village Taguemout Azouz.

2<sup>ème</sup> point : Rejets des eaux usées du village Tizi n'Talakht.

#### **III-1-5-Paramètres analysés**

Les paramètres pris en compte dans le cadre de notre projet, ainsi que les méthodes utilisées pour leur détermination sont consignés dans le tableau III.1 :

### Chapitre III : Analyse des eaux usées

**Tableau III.1:** Les principaux paramètres examinés.

Paramètres mesurés	Méthodes utilisées
Température	Thermomètre
pH	pH mètre
Conductivité	Conductimètre
Matière En Suspension (MES)	Filtration à 150°C
Matière Volatile en Suspension (MVS)	Calcination à 550°C
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	Spectromètre
Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	Manomètre
Phosphates (PO <sub>4</sub> )	Colorimètre
Huiles et graisses	Extraction par solvant
Calcium (Ca <sup>++</sup> ), Magnésium Mg <sup>++</sup> , Sodium	Analyse volumétrique
Azote	Dosage

#### III-2-Résultats de l'échantillonnage

Les résultats d'analyses sont représentés dans le tableau III.2 qui suit :

**Tableau III.2 :** Résultats d'analyse des échantillons prélevés.

Paramètres analysés	Unités	Béni Douala		Ait Mahmoud	
		Point 1	Point 2	Point 1	Point 2
PH	---	7.86	8.08	8.16	7.83
Température	°C	18	18	17	17
MES	mg/l	236.25	2647.5	770	260
Nitrites	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Nitrates	mg/l	1.37	0.89	1.77	1.2
Phosphates	mg/l	6	7	44	6.6
DBO <sub>5</sub>	mg/l	200	1070	430	350
DCO	mg/l	352	1719.5	970.78	746.06
Huiles et graisses	mg/l	44.2	286.8	179.2	43.6

**Source :** Algérienne Des Eaux de Tizi-Ouzou.

**Remarque :** les analyses des points de rejets d'Ait Mahmoud ne sont pas représentatifs d'une eau contenant des rejets d'huileries.

**Tableau III.3 :** Normes de pollution des eaux usées résiduaires urbaines.

Paramètres	Unité	valeurs
pH (Potentiel Hydrogène)	-	6,5-8,5
T° (Température)	°C	<30
DBO <sub>5</sub>	mg/l	100-400
MES	mg/l	150-500
DCO	mg/l	300-1000
DCO/ DBO <sub>5</sub>	-	<2.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	45
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	5
Phosphore	mg/l	10-25

### Chapitre III : Analyse des eaux usées

Les valeurs moyennes trouvées sont consignées dans le tableau III.3 :

**Tableau III.4:** Valeurs moyennes des résultats d'analyse des eaux usées.

Paramètres	Béni Douala	Ait Mahmoud	Moyenne
Température °C	18	17	17.5
PH	7.97	7.99	7.98
MES (mg/l)	1441.87	515	978.44
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	<0.02	<0.02	<0.02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1.13	1.49	1.31
Phosphates (mg/l)	6.5	25.3	15.9
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	635	390	512.5
DCO (mg /l)	1035.75	858.42	947.09
DCO/DBO <sub>5</sub>	1.63	2.2	1.85

#### III-2-1-Interprétation des résultats

- ☞ La température est inférieure à 30°C donc elle est dans la plage des normes mondiales des rejets d'eaux usées urbaines. Cette valeur permet un bon rendement épuratoire du fait qu'elle favorise la croissance des micro-organismes.
- ☞ Le pH moyens des eaux usées rejetées par les agglomérations d'étude est de 7.98, conformes aux normes de rejets des eaux usées de nature urbaine, il permet un bon développement des micro-organismes épuratoires qui favorisent le traitement biologique.
- ☞ La teneur en matière en suspension est supérieure à la norme des eaux usées de nature urbaine, dont la plage est de 150 à 500 mg/l, ce qui confirme que les eaux usées sont très chargées en matières solides surtout pour la commune de Béni Douala.
- ☞ D'après ce tableau les teneurs en nitrates et nitrites sont négligeables, elles sont très inférieure par rapport aux normes, ceci explique une faible concentration en oxygène.
- ☞ Les valeurs du phosphate montrent une teneur moyenne peu importante, elle est de l'ordre de 15.9 mg/l comprise entre les normes de rejets des eaux urbaines qui sont 10 à 25mg/l.
- ☞ Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> est supérieure à la norme surtout pour les rejets provenant de la commune de Béni Douala, ceci est du essentiellement à la teneur importante en matière en suspension et une importante activité des huileries et stations de lavage graissage.
- ☞ Les teneurs moyenne en DCO est dans la norme des rejets.
- ☞ Le rapport de biodégradabilité DCO/DBO<sub>5</sub> est inférieur à 2, ce qui reflète le caractère urbain de l'effluent, de ce fait ces eaux usées sont apte à être traitées biologiquement.

#### III-3-Analyse des rejets d'une huilerie (marges)

Les résultats d'analyse enregistrés pour les rejets d'une huilerie sont donnés dans le tableau III.4

**Tableau III.5:** Résultats d'analyse des rejets d'une huilerie.

Paramètres analysés	Résultats d'analyse	Normes de rejets
Température °C	18	30
pH	7.68	6 à 8
MES (mg/l)	717.5	30
DBO <sub>5</sub> (mg d'O <sub>2</sub> /l)	20 000	30
DCO (mg d'O <sub>2</sub> /l)	32 000	90
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	<0.02	---
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1.39	45
Phosphates (mg/l)	6.5	2
Huiles et Graisses (mg/l)	245.2	20

Source : Algérienne Des Eaux de Tizi-Ouzou

### III-3-1-Interprétation des résultats

Etant donné le caractère purement organique des rejets des huileries seul les paramètres caractérisant cette pollution seront discutés à savoir la DBO<sub>5</sub>, La DCO et la MES.

Les valeurs de la température et du pH de l'eau des rejets des huileries ne présentent pas de différence significative par rapport aux rejets d'eaux usées et sont toujours dans les normes.

- ☞ La teneur en matière en suspension est très supérieure aux normes de rejets ce qui indique que les rejets sont très chargés en matières solides ce qui explique la teneur en MES importante des eaux usées.
- ☞ L'échantillon analysé présente une DBO<sub>5</sub> fortement élevée, qui est largement supérieure aux normes de rejets. Cette forte consommation en oxygène s'explique par la forte teneur en matière organique.
- ☞ La DCO de l'échantillon analysé est très supérieure à la norme de rejet, et se trouve même au-delà de celle rencontrée dans les eaux usées domestiques.

### III-4-Conclusion de l'analyse des eaux

L'analyse des eaux rejetées par l'huilerie montre des rejets très chargés en matières organiques responsables de la teneur importante en MES et DBO<sub>5</sub> des eaux usées rejetées dans le milieu naturel. Ces pics de pollutions sont surtout enregistrés lors des périodes d'activité des huileries, de ce fait des mesures doivent être prises.

Au vu des résultats obtenus par l'analyse des eaux usées nous pouvons conclure que :

- ☞ Les eaux usées rejetées par les huileries doivent subir un traitement préalable avant leur rejet.
- ☞ Les eaux usées des deux communes ne peuvent être rejetées dans le milieu naturel sans traitement, et ceci afin de protéger ce dernier contre la dégradation.
- ☞ Les eaux usées sont de nature domestiques, elles ne nécessitent qu'un traitement biologique.

### III-5-Estimation des charges hydrauliques et charges polluantes

Pour pouvoir quantifier la pollution il est nécessaire de déterminer les charges hydraulique et polluantes.

#### III-5-1-Les charges hydrauliques

##### ▲ Estimation du débit d'eaux usées domestiques

La production des eaux usées est conditionnée par le degré de consommation d'eau, elle est proportionnelle à la densité du tissu urbain.

La quantité d'eau usée rejetée est de l'ordre de 80% des besoins en eau potable. La formule suivante nous donne les débits d'eaux usées domestiques :

$$Q_{\text{moy j dom}} = D \times N \times K_r \times 10^{-3} \dots\dots\dots(\text{III.1})$$

Avec :

- ✓  $Q_{\text{moy j dom}}$  : Débit des eaux usées domestiques ( $\text{m}^3/\text{jour}$ ) ;
- ✓ D : Dotation théorique l/j/hab (Pour la région de Béni Douala D= 150 l/j/hab).
- ✓ N : nombre d'habitant à l'horizon de calcul.
- ✓  $K_r$  : Coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.

##### ▲ Estimation du débit d'eaux usées des équipements

Pour obtenir des résultats précis, il faut avoir les débits d'équipement. Par manque de données d'équipements, nous avons utilisé un taux de majoration de 20 % des débits des eaux usées domestiques selon la DHW de Tizi-Ouzou.

$$Q_{\text{moy j equi}} = 0,2 Q_{\text{moy j dom}} \dots\dots\dots (\text{III.2})$$

$$\Leftrightarrow Q_{\text{moy j}} = 1,2 Q_{\text{moy j dom}} \dots\dots\dots (\text{III.3})$$

Avec :

- ✓  $Q_{\text{moy j}}$  : Débit des eaux usées totales;
- ✓  $Q_{\text{moy j dom}}$  : Débit des eaux usées domestiques ;
- ✓  $Q_{\text{moy j equi}}$  : Débit des eaux usées d'équipement ;

##### ▲ L'équivalent habitant

Pour quantifier globalement les matières polluantes contenues dans les eaux usées domestiques et pour un éventuel calcul de système d'épuration, il faut disposer d'une unité qui est l' « Equivalent Habitant ». L'équivalent habitant se définit comme étant la pollution produite par un habitant et par jour exprimé en gramme d'oxygène nécessaire à sa dégradation.

Connaissant le débit d'eaux usées à l'horizon de calcul, l'équivalent habitant est déterminé par la formule suivante :

$$EH = \frac{Q_{\text{EUT}} \times 1000}{K_r \times D} \dots\dots\dots (\text{III.4})$$

Avec :

- ✓  $Q_{\text{moy j}}$  : Débit des eaux usées totales;
- ✓  $K_r$  : Coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.
- ✓ D : Dotation théorique l/j/hab (Pour la région de Béni Douala D= 150 l/j/hab).

### Chapitre III : Analyse des eaux usées

Les résultats de calcul des débits d'eau usée domestique, d'équipement et total ainsi que de l'équivalent habitant sont reportés dans le tableau III.5

**Tableau III.6 :** Calcul du débit d'eau usée total.

Horizons	Nombre d'habitants	Q <sub>moy j dom</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>moy j equip</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>moy j</sub> (m <sup>3</sup> /j)	EH
2027	37067	4448.04	889,608	5337.65	44480
2042	47032	5643.84	1128,768	6772.61	56438

▲ **Débit moyen horaire**

Le débit moyen horaire est donné par la formule :

$$Q_{moy h} = \frac{Q_{moy j}}{24} \dots\dots\dots(III.5)$$

▲ **Débit moyens diurne**

C'est le débit correspondant à la période de 16h consécutives au cours de la quelle, la station reçoit le plus grand volume d'eaux usées. Elle s'étend généralement de 8h à 24h.

En suivant les conditions et l'importance des rejets, la période de débit maximum varie entre 14h et 18h.

Le débit moyen diurne est donné par la formule suivante :

$$Q_d = \frac{Q_{moy j}}{16} \dots\dots\dots(III.6)$$

▲ **Débit de pointe par temps sec**

Conduit à définir un coefficient de pointe comme étant le rapport du débit moyens de l'heure la plus chargée au débit moyen journalier Q<sub>moy j</sub> (l/s) par la formule qui suit :

$$K_p = \begin{cases} 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy j}}} & \text{Si } Q_{moy j} \geq 2.8 \text{ l/s.} \\ 3 & \text{Si } Q_{moy j} < 2.8 \text{ l/s.} \end{cases}$$

Le débit de pointe à temps sec est donné par la formule :

$$Q_{pts} = K_p \cdot Q_{moy j} \dots\dots\dots(III.7)$$

Les résultats de calcul des charges hydrauliques obtenus en utilisant les formules précédentes sont repris dans le tableau III.6

**Tableau III.7 :** Les charges hydrauliques.

Horizons	Q <sub>moy j</sub> (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>moy h</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /h)	K <sub>p</sub>	Q <sub>pts</sub> (l/s)
2027	5337.65	222.40	333.60	1.82	112.32
2042	6772.61	282.19	423.29	1.78	139.71

**II-5-2-Les charges polluantes**

▲ **Charge moyenne en DBO<sub>5</sub>**

La charge en DBO<sub>5</sub> apportée par les eaux usées brutes par jour et par habitant est estimée dans un réseau séparatif de 54 g/hab/j.

La charge polluante est donnée par la formule suivante :

$$L_0 = [ DBO_5 ] \times Q_{moy j} \dots\dots\dots(III.8)$$

Avec :

- L<sub>0</sub>: Charge moyenne journalière en DBO<sub>5</sub> (Kg/j)
- [DBO<sub>5</sub>]: La concentration moyenne en DBO<sub>5</sub> (Kg/m<sup>3</sup>)
- Q<sub>moy j</sub>: Débit moyen journalier en (m<sup>3</sup>/j).

Nous avons [DBO<sub>5</sub>] = **512.5 mg/l.**

▲ **Charge moyenne en MES**

La charge en MES apportée par jour et par habitant est estimée dans un réseau séparatif à 70g/hab/j .

La charge polluante en MES est donnée par la formule suivante :

$$MES_0 = [MES] \times Q_{moy j} \dots\dots\dots (III.9)$$

Avec :

- MES<sub>0</sub>: Charge moyenne journalière en MES (Kg/j)
- [MES]: La concentration moyenne en MES (Kg/m<sup>3</sup>)
- Q<sub>moy j</sub>: Débit moyen journalier en (m<sup>3</sup>/j).

Nous avons : [MES]= **978.44 mg/l.**

▲ **Charge moyenne en DCO**

La charge moyenne en DCO est estimée comme suit :

$$DCO = [DCO] \times Q_{moy j} \dots\dots\dots (III.10)$$

Avec :

- DCO<sub>0</sub>: Charge moyenne journalière en DCO (Kg/j)
- [DCO]: La concentration moyenne en DCO (Kg/m<sup>3</sup>)
- Q<sub>moy j</sub>: Débit moyen journalier en (m<sup>3</sup>/j).

Nous avons : [DCO]= **947.09 mg/l.**

Les résultats de calcul des différentes charges polluantes sont repris dans le tableau III.7 :

**Tableau III.8 : Les charges polluantes.**

Horizons	Q <sub>moy j</sub> (m <sup>3</sup> /j).	L <sub>0</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )	MES <sub>0</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )	DCO <sub>0</sub> (Kg/m <sup>3</sup> )
2027	5337.65	2735.55	5222.57	5055.23
2042	6772.61	3470.96	6626.59	6414.27

### Chapitre III : Analyse des eaux usées

Le tableau III.8 nous résume les différents résultats estimés pour la composition des eaux pour les deux horizons 2027 et 2042.

**Tableau III.9 : Récapitulatif de la composition des eaux usées aux horizons 2027 et 2042.**

Paramètres		Horizon 2027		Horizon 2042	
Type de réseau		Séparatif		Séparatif	
Nombre d'équivalent Habitant		44480		56438	
<b>Charges Hydrauliques</b>					
Débit moyen journalier		(m <sup>3</sup> /j)	5337.65	6772.61	
Débit moyen horaire		(m <sup>3</sup> /h)	222.40	282.19	
Débit de pointe par temps sec		(l/s)	112.32	139.71	
Le débit diurne		(m <sup>3</sup> /h)	333.60	423.29	
<b>Charges polluantes</b>					
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Concentration	(mg/l)	<b>512.5</b>		
	Charge polluante	Kg/j	2735.55	3470.96	
<b>MES</b>	Concentration	(mg/l)	<b>978.44</b>		
	Charge polluante	Kg/j	5222.57	6626.59	
<b>DCO</b>	Concentration	(mg/l)	<b>947.09</b>		
	Charge polluante	Kg/j	5055,23	6414,27	

#### **Conclusion**

Après avoir procédé à l'analyse des eaux usées des principaux rejets de notre agglomération, et déterminé la composition de ces dernières, nous avons pu procéder au calcul des charges hydrauliques et charges polluantes qui arriveront à l'amont de la station d'épuration projetée, ce qui nous permettra de dimensionner les différents ouvrages la constituant la station d'épuration pour les deux horizons 2027 et 2042.

Les rejets des huileries sont non respectueux des normes ce qui pourrait entraver le fonctionnement de la station d'épuration et diminuer son rendement, c'est pourquoi les eaux de ces dernières doivent être prétraitées avant leur rejet.

Dans l'optique d'une réutilisation agricole des eaux épurées, un traitement par désinfection est indispensable pour atteindre une qualité d'eau apte à sa réutilisation sans risque.

## **Introduction**

Partout sur la planète, le développement des activités humaines, domestiques ou industrielles, est tributaire de la ressource en eau. La diversité des usages induit une série d'impacts variés sur la qualité de l'eau.

Quelque soit son utilisation, l'eau poursuit son cycle et atteint à un moment ou à un autre les nappes, les fleuves et rivières, en emmenant avec elle ce dont elle a été chargée, provoquant ainsi une pollution et un déséquilibre du milieu naturel.

Dans l'optique de la protection du milieu récepteur des altérations que peuvent causer les déversements d'eaux usées, différents procédés d'épurations ont été mis en œuvres.

L'objectif de cette partie de notre travail vise à résumer les différents procédés d'épurations des eaux usées et de proposer le mieux appropriés à notre zone d'étude et cela en se basant sur différents critères à savoir :

- ✧ L'importance de la charge polluante à traiter;
- ✧ La quantité de l'effluent ;
- ✧ Le rendement épuratoire ;
- ✧ La disponibilité du terrain ;
- ✧ La topographie de la région ;
- ✧ Avantage économique.

### **IV-1-Les procédés d'épuration des eaux usées**

Il existe différentes façons d'épurer les eaux usées, qu'il s'agisse d'un assainissement individuel ou collectif, les possibilités actuellement offertes permettent l'élimination des différentes substances contenues dans les eaux usées.

Le premier critère du choix du type de traitement à envisager est en fonction de la nature du polluant et ce afin de ne pas perturber le traitement biologique et le bon fonctionnement de la station.

Les eaux usées doivent subir une série de traitements avant leur rejet dans le milieu naturel, ces traitements peuvent être classés en trois catégories :

- ✧ Procédés physiques ;
- ✧ Procédés physico-chimiques ;
- ✧ Procédés biologiques ;

#### **IV-1-1-Principes des procédés d'épuration des eaux usées**

La ligne de traitement complète des eaux résiduaires peut être scindée en deux filières (figure IV.1) :

- ✧ La filière eau dans la quelle l'eau est débarrassée de tous les polluants avant son rejet dans le milieu naturel.
- ✧ La filière boue dans la quelle les résidus générés par la filière eau sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

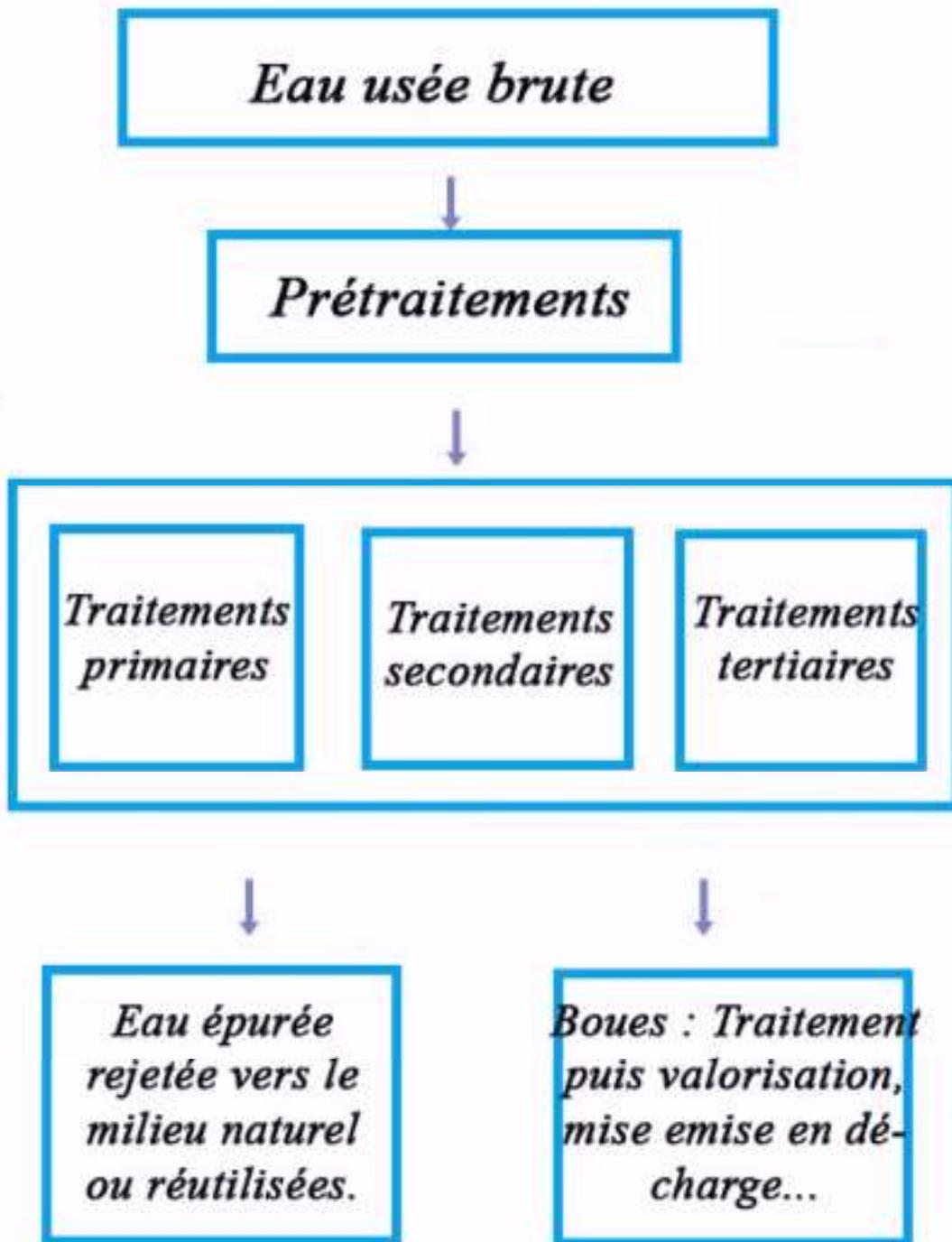


Figure IV.1 : Schéma de traitement des eaux usées.

### IV-1-2-Les procédés physiques

Le traitement physique d'une eau vise essentiellement à conditionner l'eau pour les traitements suivants, c'est-à-dire à extraire des effluents la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension risquerait d'endommager les équipements ou nuire à l'efficacité de l'épuration

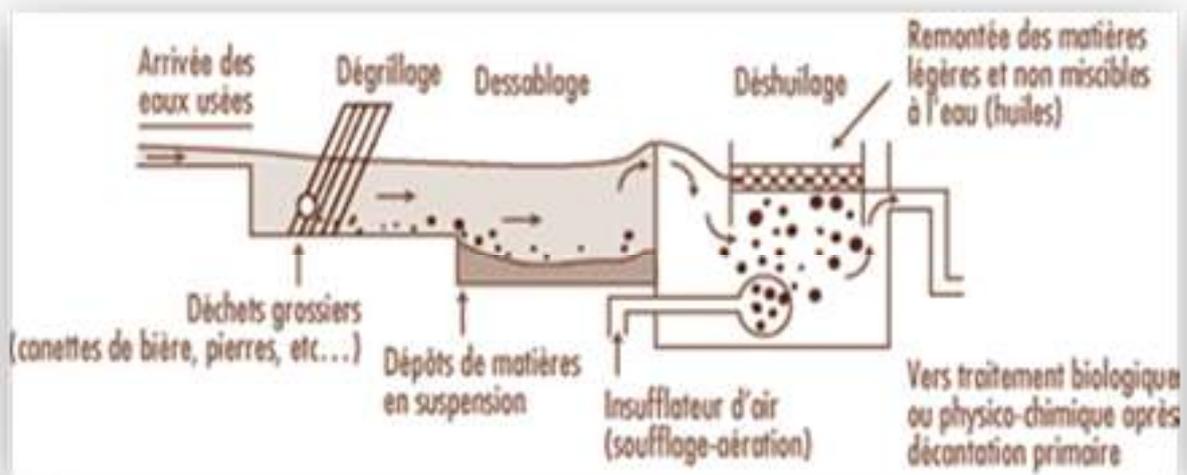
Ils regroupent :

- ✧ Les prétraitements ;
- ✧ Les traitements primaires.

#### IV-1-2-1- Les prétraitements

Le prétraitement comporte un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques qui visent à extraire des eaux le plus grand nombre d'éléments dont la nature ou la taille pourrait entraver les traitements ultérieurs. Les opérations de prétraitement sont les suivantes :

- ✧ Le dégrillage,
- ✧ Le tamisage,
- ✧ Le dessablage,
- ✧ Le déshuilage dégraissage,



**Figure IV.2 :** Les prétraitements des eaux usées (Source: [www.crdp.ac-amiens.fr](http://www.crdp.ac-amiens.fr))

#### A- Le dégrillage

Le dégrillage est destiné à retenir les matières volumineuses et déchets de toutes sortes contenus dans les eaux usées par l'intermédiaire d'une grille automatique ou manuelle située en amont d'une filière de traitement des eaux usées ceci dans l'optique de protéger l'arrivée de grand objets (sachets, chiffons, tronc d'arbre...etc.) dans les différentes installations en aval ce qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer l'exécution en provoquant des bouchages dans ces installations.

Il y a deux types de dégrillage :

- ✧ Le dégrillage grossier qui épure l'eau avec des grilles espacées de quelques millimètres pour retirer les déchets dont le volume est supérieur à 2 ou 3 cm.
- ✧ Le dégrillage fin, constitué de grilles encore moins espacées (6 à 10mm), va éliminer les déchets d'un volume supérieur à 1 cm.

▲ **Grille manuelle**

Elles sont généralement inclinées de 60 à 80° sur l'horizontale et composées de barreaux droits, ronds ou rectangulaires.

Nécessitant un nettoyage quotidien à l'aide d'un râteau afin d'éviter le retour de l'effluent dans le collecteur d'arrivée, elle est surtout utilisée dans les petites stations.

▲ **Grille automatique ou mécanique (figure IV.3)**

C'est une grille équipée d'un dispositif de relevage et d'éjection automatique des déchets, elle est utilisée à partir d'une certaine importance de la station (plus de 2000 EH) pour éviter ainsi le colmatage rapide des grilles.



**Figure IV.3 :** Grille mécanique courbée (Source [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)).

**B- Tamisage**

Le tamisage suit l'opération de dégrillage, il est utilisé dans le cas d'une eau usée chargée en matière en suspension (eaux d'abattoirs, conserverie, papeteries...). Le tamisage s'effectue soit avec des grilles fines correspondant au micro tamisage ou des grilles grossières correspondant à un macro tamisage.

Le tamisage assure principalement trois fonctions :

1. La récupération des déchets utilisables ;
2. La protection des canalisations ou des pompes en évitant l'obstruction ;
3. La limitation des risques de dépôts et fermentation.



**Figure IV.4 :** Tamis statique (Source: [www.atlantiqueindustrie.fr](http://www.atlantiqueindustrie.fr)).

### **C- La dilacération**

La dilacération est une opération physique préliminaire qui s'applique plus particulièrement aux traitements des eaux usées urbaines et des eaux résiduaires industrielles.

Elle a pour objet le déchiquetage, en tête des stations d'épuration, et le pompage des matières solides volumineuses contenues dans les effluents, de façon à leur permettre de poursuivre leur circuit vers les stades de traitement suivants.

L'intérêt du processus de dilacération est de pouvoir supprimer les sujétions et nuisances provoquées par l'évacuation et la décharge des déchets solides présents dans les effluents, à leurs arrivées aux stations.

En général, ces unités de dilacération sont assujetties aux grilles mécaniques automatiques ou statiques retenant les détritiques à l'arrivée.

Il existe deux types de dilacération :

- ✧ La dilacération au fil de l'eau : ce sont des appareils adaptés aux eaux résiduaires urbaines pour des débits allant de 5000 à 8000 m<sup>3</sup>/h.
- ✧ La dilacération sous pression : adaptée aux eaux résiduaires urbaines et aux boues pour les débits variant de 50 à 300 m<sup>3</sup>/h.

Pour des concentrations en matières solides de l'effluent de l'ordre de 5 à 10 g/l. [2]

### **D- Dessablage**

L'objectif essentiel du dessablage est de retenir les particules sédimentables afin de protéger les installations de l'aval, les dépôts de sables réduisant en outre la débitance des conduites. En théorie, le dessablage vise à piéger les matériaux denses ( $d > 2$ ) et de taille grenue (diamètre  $D > 0.2$  à  $0.25$  mm, voire à  $0.5$  mm), c'est à dire essentiellement des particules minérales type graviers et sables.

Au niveau pratique, la capture des particules est obtenue en réduisant leur vitesse, ce qui permet de distinguer en fonction de l'importance du débit à traiter :

- ✧ Les dessableurs rectangulaires aérés ou non aérés.
- ✧ Les dessableurs tangentiels ou circulaires (mise en œuvre d'une force centripète).
- ✧ Les dessableurs à couloir (pour les petites stations).

## Chapitre IV : Procédés d'épuration des eaux usées

L'opération de dessablage a lieu donc grâce à une vitesse de sédimentation élevée des particules devant être supérieure à la vitesse de passage de l'eau ;

La vitesse de sédimentation des particules est en fonction de leur nature, de leur diamètre et de la viscosité du liquide dans le quel elles se trouvent. Le tableau suivant donne une idée de la vitesse de sédimentation de quelques matériaux :

**Tableau IV.1:** Les vitesses de sédimentation. [1]

Matériaux	Diamètre (mm)	Masse spécifique g/cm <sup>3</sup>	Vitesse de sédimentation cm/s
Sable fin	0.02-2.0	2.65	1.00-2.00
Limon	0.002-0.02	2.65	0.04-2.0
Argile	0.002	2.65	0.005-0.04
Matière organique	0.01-0.4	1.01	0.1-0.2

### Remarque

Le dessablage permet d'éliminer environ 70% de la matière minérale présente dans les eaux usées (MMS).



**Figure IV.5 :** Dessableur circulaire (source : [www.lyc-thiers.ac-aix-marseille.fr](http://www.lyc-thiers.ac-aix-marseille.fr)).



**Figure IV.6 :** Dessableur rectangulaire (Source: [www.laciotat.stagetice.free.fr/step/dessabl.htm](http://www.laciotat.stagetice.free.fr/step/dessabl.htm))

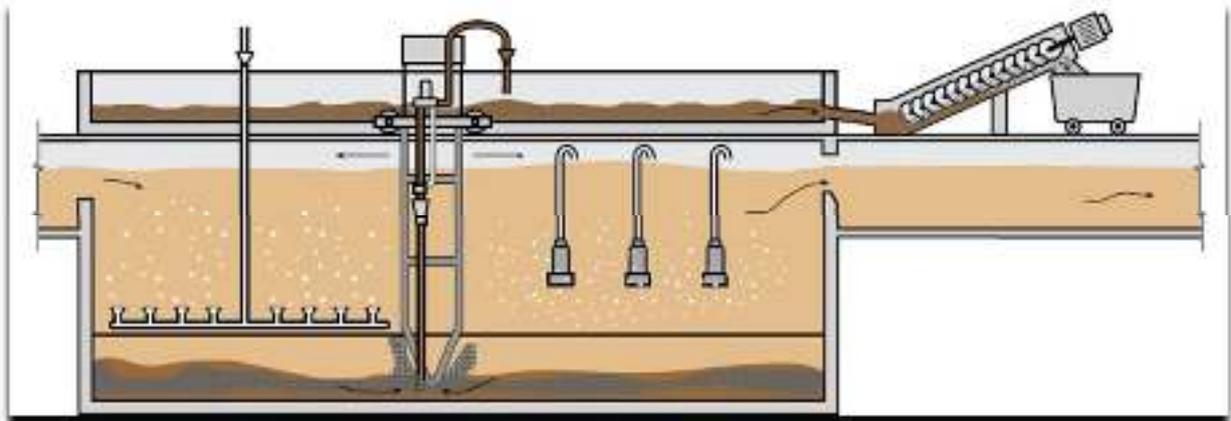
### **E- Déshuilage, dégraissage**

Il est évident que les huiles et graisses présentent de multiples inconvénients dans les traitements suivants, tel qu'une mauvaise diffusion de l'oxygène dans le floc bactérien, le bouchage des pompes et canalisations et une acidification du milieu.

Une grande partie des huiles et des graisses sont éliminées des eaux par flottation. De l'air est injecté dans le bassin, ce qui a pour effet de faire remonter les corps gras à la surface, où ils pourront être récupérés par écumage, puis évacués et traités selon une filière appropriée.

L'élimination de matières résultantes du dégraissage est basée sur la séparation gravitaire, on distingue :

- ✧ Le bassin de dégraissage statique ;
- ✧ Les bassins à émulsion par turbine ;
- ✧ Les bassins à infiltration d'air. [1]



**Figure IV.7 :** Schéma d'un déssableur déshuileur (Source : [www.raevr.org/document/0000012/dessablage%20desuilage%20degraissage.pdf](http://www.raevr.org/document/0000012/dessablage%20desuilage%20degraissage.pdf)).



**Figure IV.8 :** Déssableur dégraisseur (Source : [www.ecoledeleau.eau.artois.picardie.fr](http://www.ecoledeleau.eau.artois.picardie.fr)).

### IV-1-2-2- Les traitements primaires

#### A- La décantation

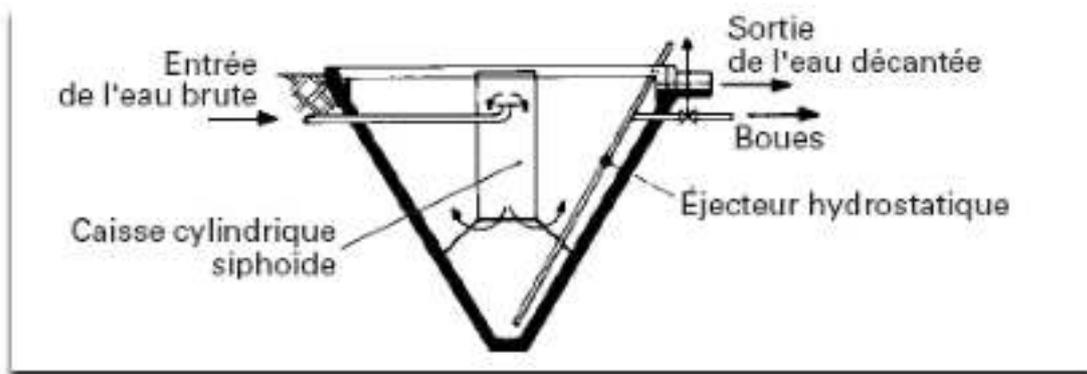
Une fois dessablés et déshuilés les effluents sont dirigés vers une étape de décantation qui permet de piéger une première partie de la pollution particulaire et de produire des boues primaires en utilisant des forces gravitaires.

La sédimentation peut être accélérée par l'intermédiaire d'un traitement de coagulation-floculation ; ce dernier est réalisé le plus souvent par des sels de fer et d'Aluminium, de la chaux et des poly électrolytes.

Cette opération permettra d'éliminer jusqu'à 35% de la DB05 et 60% environ de la MES de l'effluent prétraité.

La décantation s'effectue dans des ouvrages rectangulaires ou circulaires. On distingue plusieurs types de décanteurs :

- ✧ Décanteur rectangulaire avec raclage de boue ;
- ✧ Décanteur cylindro-conique ;
- ✧ Décanteur circulaire avec raclage de boues ;
- ✧ Décanteur lamellaire.



**Figure IV.9 :** Décanteur cylindro-conique.



**Figure IV.10 :** Décanteur lamellaire (Source: [www.ca-ajaccien.fr](http://www.ca-ajaccien.fr)).

**Remarque**

- La profondeur du décanteur est comprise entre 1.5 et 2m afin d'assurer un écoulement lamellaire stable en filets parallèles.
- Une durée de traversée supérieure à 3h engendrerait des risques de fermentation, ce qui nuirait au rendement de la décantation.

**B- Les procédés physico-chimiques**

On sous entend par physico-chimiques, tout les traitements chimiques, électrochimiques et même thermiques utilisés pour différentes opérations allant de la coagulation floculation à la neutralisation, décantation.

Ce traitement est surtout utilisés dans le cas d'une eau usée difficilement biodégradable (matière en suspension et particules colloïdales difficilement décantables).

▲ **Coagulation :**

Consiste à déstabiliser des suspensions pour faciliter leur agglomération. Il faut neutraliser leurs charges de manière à réduire leurs forces de répulsion. Ainsi, les colloïdes présents dans les eaux de rivière sont généralement chargés négativement; il faut donc ajouter des coagulants de charge positive, tels que les sels métalliques (de fer et d'aluminium) afin de former des flocons. Ces derniers sont petits et fragiles donc instables, c'est à ce moment qu'intervient la floculation.

▲ **Floculation**

La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées lors de la coagulation pour former des flocs facilement décantables par ajout d'un flocculant, généralement un polymère.

La coagulation-floculation permet ainsi l'élimination des particules très petites et difficilement décantables.

▲ **Neutralisation**

A pour objet de modifier le pH d'une eau résiduaire pour l'amener à une valeur déterminée pour favoriser un traitement ultérieur ou permettre le rejet dans un milieu récepteur. Il s'agit d'une opération dans laquelle on ajoute à une eau à caractère basique ou acide une quantité suffisante soit d'acide soit de base, de manière à réaliser un échange protonique complet entre les deux constituants. L'introduction automatique du réactif dans le milieu réactionnel est asservie à une chaîne de régulation de pH.

▲ **La décantation**

La décantation a pour rôle d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement.

### **IV-1-3-Les procédés d'épuration biologique**

C'est lors de ce traitement que s'élimine l'essentiel des agents polluants dans les eaux usées à savoir l'élimination de la pollution carbonée biodégradable.

Les traitements biologiques permettent la transformation des éléments présents sous forme soluble ou colloïdale en éléments floculables permettant leur séparation de la phase liquide.

Cette technique est couramment utilisée dans le cas des effluents urbains caractérisés par une grande biodégradabilité.

#### **IV-1-3-1-Principe du procédé d'épuration biologique**

Il consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné ne faisant appel qu'à des micro-organismes. Elle est constituée d'être vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires, ...

La dégradation se réalise alors par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (absence d'oxygène), elle consiste à dégager les impuretés grâce à l'action de la biomasse dont les bactéries digèrent la matière organique à condition de régler l'oxygène dissous dans l'eau et la concentration de la biomasse.

Les procédés d'épurations biologiques sont donc utilisés lorsque les éléments à éliminer sont sous forme soluble ou lorsque leur taille ne leur permet pas d'être piégés par les prétraitements et traitements physique sauf au prix d'un conditionnement physico-chimique complémentaire.

La vitesse de dégradation lors du traitement biologique dépend de :

- ✧ La quantité d'oxygène ;
- ✧ La température ;
- ✧ La masse totale de micro-organismes ;
- ✧ La nature de la substance à traiter.

Dans les procédés de traitement biologique, on distingue :

- ✧ Les procédés extensifs (naturels);
- ✧ Les procédés intensifs (artificiels);

#### **IV-1-3-2-Les procédés extensifs**

Les traitements extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités, pour leur fiabilité, simplicité et leur modeste coût de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

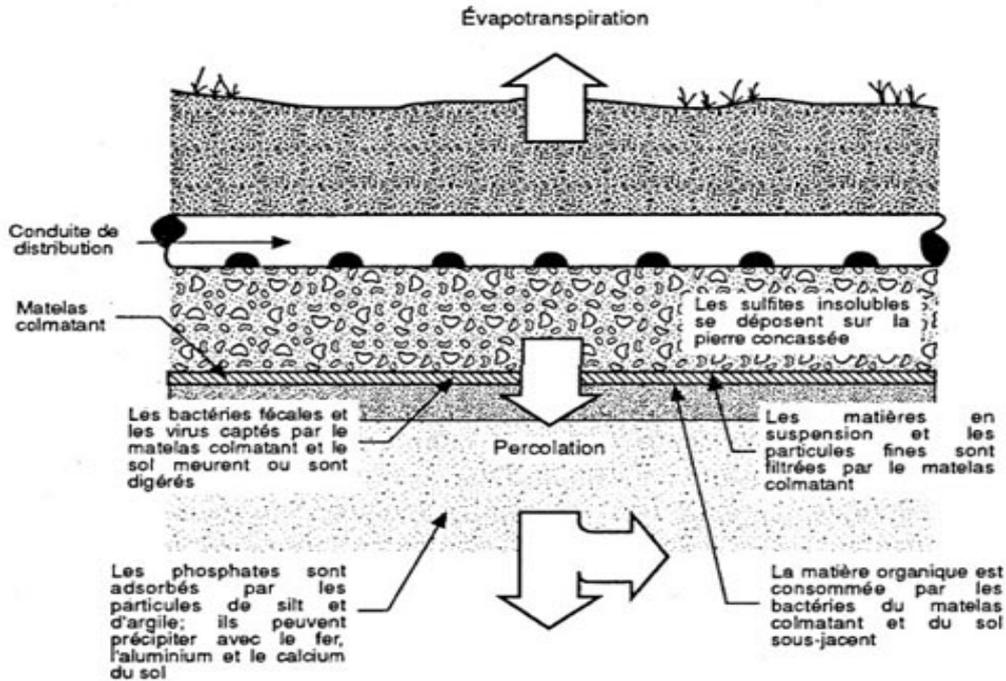
##### **A-L'épandage**

La première technique d'épuration des eaux usées des agglomérations a été celle des champs d'épandage, son principe consiste à déverser directement sur le sol perméable de l'eau usée.

L'utilisation des sols comme système épurateur met à profit :

- ▲ Ses propriétés physiques et physico-chimiques : filtration adsorption échange d'ions et pouvoir de rétention ;
- ▲ Ses propriétés biologiques : action de la microflore et des végétaux.

Le système épurateur est donc composé à la fois du sol et des cultures. [6]



**Figure IV.11** : Principe de l'épuration par épandage (Source [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)).

## **B-Le lagunage**

Le lagunage est une méthode de traitement très commune dès que l'on dispose de grandes surfaces. Son principe est fondé sur l'utilisation des processus biologiques naturels de l'autoépuration, c'est-à-dire en faisant intervenir des éléments tels que : le soleil et la végétation aquatique (algues...).

Le lagunage consiste en le passage d'une eau usée à travers de vastes bassins, communément appelés lagunes ou étangs.

On entend par lagune ou étangs d'oxydation toute dépression naturelle dans la quelle s'écoulent naturellement les eaux usées brutes ou décantées pour en sortir sans aucune intervention extérieure dans un état où elles ne risquent pas d'altérer la qualité du milieu récepteur. [7]

On distingue plusieurs filières de traitement :

### **B-1-Le lagunage naturel :**

Cette technique est la plus utilisée. Le lagunage naturel se caractérise généralement par la présence de trois bassins en série, pour une surface spécifique de 10 à 15 m<sup>2</sup> et un temps de séjour des effluents de 60 à 90 jours.

Les trois types de bassins du lagunage naturel sont :

- ✧ Bassins anaérobies (le plus profond) ;
- ✧ Bassins facultatifs (lagunage aérobie) ;
- ✧ Bassins de maturations.

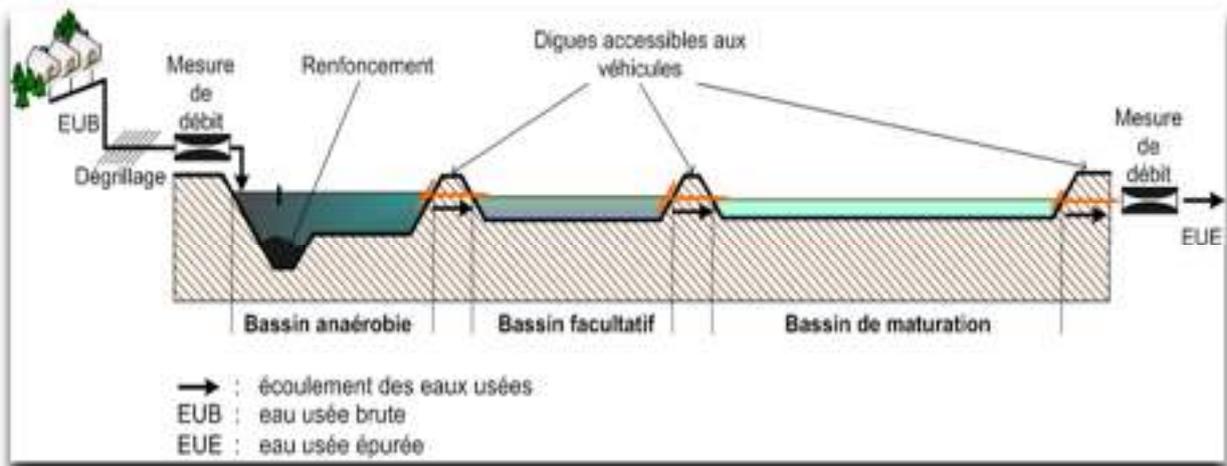


Figure IV.12 : schéma d'un lagunage naturel (Source : [www.siaepa-yerville.fr](http://www.siaepa-yerville.fr)).

### B-2-Le lagunage aéré

Ces installations sont constituées d'une lagune d'aération et d'une lagune de décantation (sur certaines stations, il peut exister plusieurs lagunes d'aération et de décantation). La lagune d'aération est équipée de turbines flottantes ou fixes (profondeur 2 à 3m) ou de systèmes d'insufflation d'air (profondeur 3 à 5m). Le procédé est bien adapté aux petites collectivités.



Figure IV.13: lagunage aérobie (Source : [www.isma.fr](http://www.isma.fr)).

### C- Avantages et inconvénients

Les avantages et inconvénients des procédés extensifs du traitement biologique des eaux usées sont résumés dans le tableau IV.2 :

**Tableau IV.2 : Avantages et inconvénients des procédés extensifs.**

<b>Procédés d'épuration extensifs</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>L'épandage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûts globaux souvent plus faibles:</li> <li>- exploitation et entretien simples;</li> <li>- Possibilité d'utiliser le site à des fins récréatives.</li> <li>- Fiabilité des installations lorsque bien construites dans un site propice:</li> <li>- rendement élevé et uniforme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûts des dommages environnementaux en cas de mal fonctionnement importants.</li> <li>- Risque de colmatage et de remontée de nappe.</li> <li>- Grande superficie.</li> </ul>
<b>Le lagunage naturel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellente élimination de la pollution microbiologique.</li> <li>- Faibles coûts d'investissement et de fonctionnement.</li> <li>- S'adapte bien aux fortes variations de charges hydrauliques;</li> <li>- S'intègre bien au paysage ;</li> <li>- Pas de nuisance sonore ;</li> <li>- Elimine une grande partie des nutriments phosphore et azote(en été).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emprise au sol importante ;</li> <li>- Contrainte de nature du sol et d'étanchéité ;</li> <li>- Variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée ;</li> <li>- N'apprécie pas les grandes pollutions ponctuelles et les pollutions chimiques.</li> <li>- En cas de mauvais fonctionnement, risque de mauvaises odeurs.</li> </ul>
<b>Le lagunage aéré</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boues stabilisées ;</li> <li>- S'adapte bien aux variations de charges hydrauliques et ou organiques importantes ;</li> <li>- Bonne intégration paysagère ;</li> <li>- Tolérant aux effluents très concentrés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejets d'une qualité moyenne ;</li> <li>- Forte consommation énergétique ;</li> <li>- Nuisance sonore due à la présence du système d'aération ;</li> <li>- Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé.</li> </ul>

**IV-1-3-3-Les procédés intensifs**

Ces procédés permettent d'avoir des surfaces relativement réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières oxydables.

### A- Les lits bactériens

Cette technique de traitement s'inspire de la filtration par le sol. C'est un procédé à bactéries fixes dans les quels la culture bactérienne est sur un support à la surface duquel elle se développe formant une pellicule mince (film biologique).

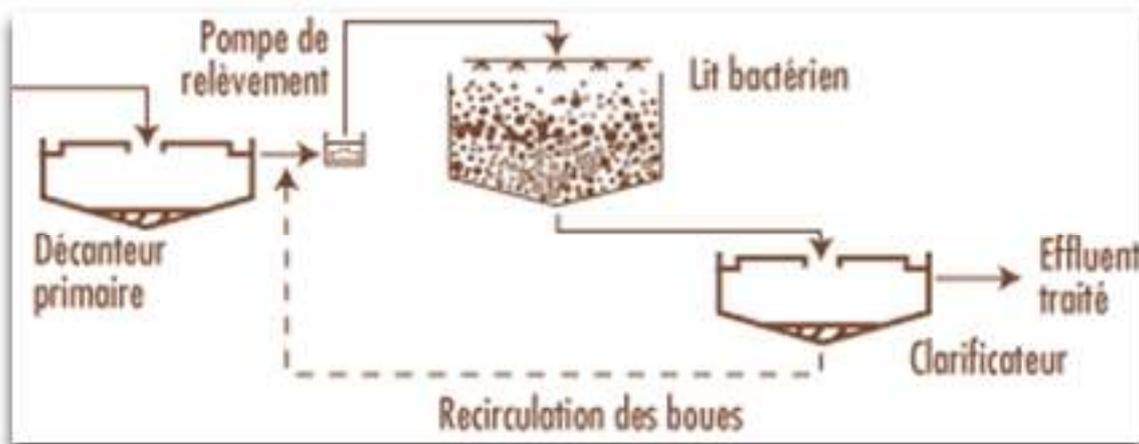
Le matériau support doit donc présenter simultanément plusieurs propriétés :

- Grande surface spécifique ;
- Bonne perméabilité à l'air et à l'eau ;
- Résistance à l'encrassement et à la corrosion.

On peut citer : les roches naturelles, volcaniques, la pierre ponce ou encore des lames de matière plastique.

La ventilation dans le lit bactérien résulte de la différence de température entre l'air extérieur et l'intérieur du lit.

Les lits bactériens sont généralement circulaires avec des diamètres allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres.



**Figure IV.14** : principe de fonctionnement d'une STEP à lit bactérien.

### Remarque

L'épuration par lit bactérien permet pour une station de traiter des charges de pollution de 100 à 3000 eq-hab, mais convient surtout pour des charges de 300 à 2000 eq-hab (équivalent habitant).

### B- Les disques biologiques

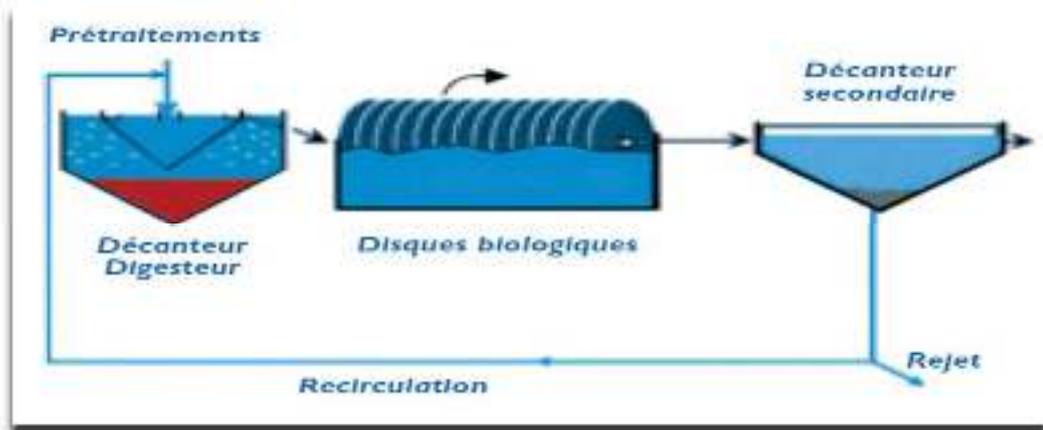
Au lieu de faire circuler l'effluent de haut en bas sur un support de film biologique immobile, il est possible de rendre le support mobile par rapport au liquide à traiter, ce qui évite un pompage consommateur d'énergie et nous donne les disques biologiques.

Le procédé à disque biologique ou bio disque est parmi les systèmes d'épuration biologique aérobie où la culture bactérienne est fixée sur un support solide, ce dernier est constitué par plusieurs disques espacés en parallèle autour d'un axe horizontal commun à faible vitesse formant ce qu'on appelle le <<tambour>>. L'aération est assurée pendant la période d'immersion.

Les disques ont habituellement 2 à 3m de diamètre (5.9 à 13.6 m<sup>2</sup>). La vitesse de rotation doit permettre l'alimentation régulière des bactéries en oxygène, le brassage et

l'homogénéisation du liquide dans le bassin, le détachement du film excédentaire, sans pour autant provoquer le décrochement de la culture. [12]

La masse en excès se détache des disques et est recueillis dans un clarificateur.



**Figure IV.15** : schéma du principe d'une STEP par disques biologiques. [7]

**Remarque**

Ce procédé est utilisé généralement pour l'épuration des effluents et petites installations et ne supporte pas les variations qualitatives des charges polluantes de l'effluent.

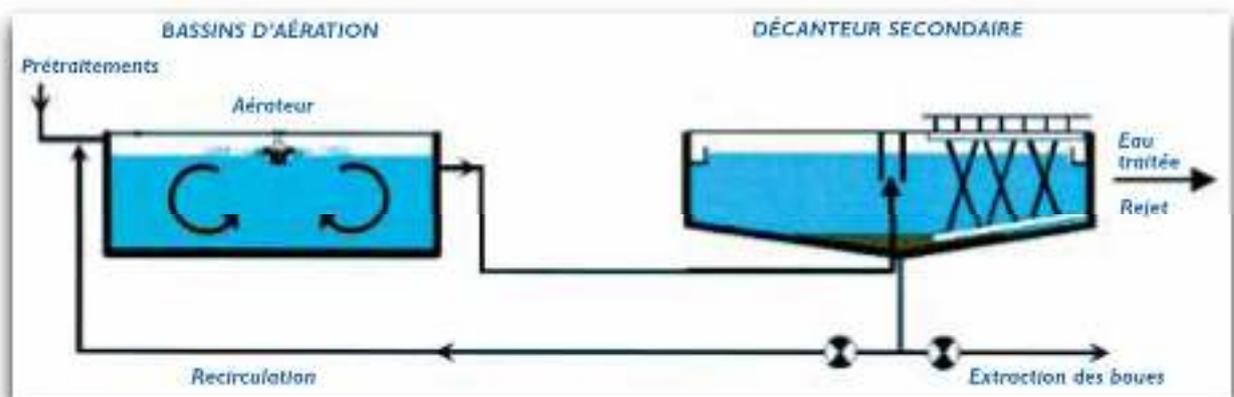
La température doit être comprise en 13°et 29°C.

**C- Les boues activées**

Le procédé à boues activées est un système fonctionnant en continu dans le quel les eaux usées urbaines décantées fournissent toutes les matières nutritives nécessaires, y compris l'azote et le phosphore. Les boues recyclées fournissent une abondance de micro-organismes.

Le principe du procédé consiste à développer une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons <<boues activées>> dans un bassin brassé et aéré, alimenté par l'eau usée à traiter. Le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser la biomasse dans l'eau usée dont le mélange est appelé liqueur mixte.

L'aération qui peut se faire avec de l'air, ou avec l'oxygène pure, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte afin de répondre aux besoins épuratoires et métaboliques des bactéries épuratrices aérobies. [8]



**Figure IV.16** : Schéma du principe des boues activées. [11]

**Remarque**

Ce procédé peut traiter les eaux usées résiduelles de près de 200 000 équivalent habitant.

**D- Avantages et inconvénients**

**Tableau IV.3:** Avantages et inconvénients des procédés d'épuration intensifs:

<b>Procédés</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Disque biologique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible consommation d'énergie.</li> <li>- S'adapte bien au système séparatif, il s'adapte facilement aux fortes charges des effluents</li> <li>- Élimine la DBO<sub>5</sub> et l'ammoniaque d'une façon satisfaisante</li> <li>- Facilité d'entretien ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prix d'investissement élevé ;</li> <li>- Sensibilité aux huiles et graisses, nécessite une décantation primaire et une clarification finale ;</li> <li>- Adapté au traitement des effluents des petites agglomérations.</li> <li>- Ouvrage de taille importante.</li> </ul>
<b>Lits bactériens ;</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible consommation d'énergie ;</li> <li>- Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées</li> <li>- Bonne décantabilité des boues ;</li> <li>- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées;</li> <li>- Généralement adaptés pour les petites collectivités</li> <li>- Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées.</li> <li>- Coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20 % par rapport à une boue activée) ;</li> <li>- Nécessité de prétraitements efficaces ;</li> <li>- Sensibilité au colmatage ;</li> <li>- Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés.</li> </ul>
<b>Boues activées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites) ;</li> <li>- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, N par nitrification et dénitrification);</li> <li>- Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles</li> <li>- Faible sensibilité aux variations de température.</li> <li>- Absence totale d'odeurs et de mouches.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûts d'investissement assez importants ;</li> <li>- Consommation énergétique importante ;</li> <li>- Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ;</li> <li>- Sensibilité aux surcharges hydrauliques ;</li> <li>- Décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser ;</li> <li>- Forte production de boues qu'il faut concentrer.</li> </ul>

#### IV-1-3-4-Choix du procédé d'épuration biologique

Les différents procédés d'épuration permettent d'obtenir une eau traitée respectueuse de l'environnement. Le choix du procédés le plus adéquat à traiter une eau usée ce fait en considérant les paramètres suivants :

- ✧ Taille de la population raccordée à la station ;
- ✧ Qualité de l'effluent ;
- ✧ Régularité du fonctionnement ;
- ✧ Rendement épuratoire ;
- ✧ Gestion des boues ;
- ✧ Coût d'exploitation ;
- ✧ Consommation d'énergie ;
- ✧ Coût d'investissement ;
- ✧ Place nécessaire.

Pour notre étude, après comparaison des différentes variantes nous avons opté pour le procédé d'épuration biologique à boues activée, et ce pour les raisons suivantes :

- ✧ Taille de la population importante dont les rejets ne peuvent être traités par les autres procédés ;
- ✧ Sensibilité du milieu récepteur qui demande un bon rendement épuratoire ;
- ✧ La qualité de l'effluent qui est fortement chargé en DBO<sub>5</sub> et MES.
- ✧ La place nécessaire à l'installation de la station, ne permet pas un traitement par disque biologique ou lits bactériens, encore moi par lagunage.
- ✧ La faible sensibilité aux variations de températures du procédé à boues activées.
- ✧ Absence totale d'odeur et de mouche dans le procédé à boues activées.

#### IV-1-3-5-Caractéristiques du procédé à boues activées

##### ▲ La charge massique C<sub>m</sub>

Elle exprime par le rapport entre la pollution appliquée journallement en kg DBO<sub>5</sub> et la masse d'organismes épurateur, en kg de poids sec des boues contenues dans le réacteur biologique.

$$C_m = \frac{L_0}{X_a \cdot V} \dots\dots\dots(IV.1)$$

##### ▲ La charge volumique C<sub>v</sub>

Elle exprime le rapport de la pollution apporté par unité de volume de bassin :

$$C_v = \frac{L_0}{V} \dots\dots\dots(IV.2)$$

Avec :

- ✓ L<sub>0</sub> : Concentration moyenne de DBO<sub>5</sub> entrante en Kg/J.
- ✓ X<sub>a</sub> : Masse totale des MVS (des boues) dans l'aérateur en Kg.
- ✓ V : Volume de l'aérateur en m<sup>3</sup>.

Chapitre IV : Procédés d'épuration des eaux usées

Rapport entre la charge massique et la charge volumique :  $\frac{C_v}{C_m} = X_a \dots \dots \dots (IV.3)$

Selon les différents paramètres du procédé à boues activées on peut classer les modes de traitement de ce procédé comme dans le tableau suivant :

**Tableau IV.4 : Classification des procédés par boues activées. [9]**

Désignation	Charge massique $C_m$ (kgDBO <sub>5</sub> /kgMVS.j)	Charge volumique $C_v$ (kgDBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> .j)	Concentration en Boues (kgMVS/m <sup>3</sup> )	Age de Boues (j)	Rendement épuratoire.
<b>Aération prolongée</b>	$0.05 < C_m < 0.1$	$C_v < 0.30$	≈4	14	>95%
<b>Faible charge</b>	$0.1 < C_m < 0.2$	$0.3 < C_v < 0.6$		10 à 30	>90% Nitrification possible.
<b>Moyenne charge</b>	$0.2 < C_m < 0.5$	$0.5 < C_v < 1.5$	≈3	4 à 10	80 à 90 %
<b>Forte charge</b>	$0.5 < C_m < 1.2$	$1.5 < C_m < 3$	2 à 3	1.5 à 4	< 80%

▲ **Age des boues**

C'est le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur, et la masse journalière de boues en excès. Il précise le temps de séjour moyens des boues dans l'aérateur.

$$\Theta = \frac{X_t}{\Delta X} = \frac{X_a \cdot V}{\Delta X} \dots \dots \dots (VI.4)$$

Avec :

- ✓  $\Delta X$ : Masse des boues extraites quotidiennement en Kg/J.
- ✓  $X_a$ : Masse totale des MVS (des boues) dans l'aérateur en Kg.
- ✓  $V$ : Volume de l'aérateur en m<sup>3</sup>.
- ✓

▲ **Indice de Mohlmaan  $I_m$**

Cet indice appelé aussi indice des boues traduit l'état d'hydratation des boues.

$$I_m = \frac{V}{M} \dots \dots \dots (IV.5)$$

Avec :

- ✓  $M$ : Masse totale des MES dans le bassin de boue activée.
- ✓  $V$ : Volume des boues décantées en une demi-heure.

Plus l'indice de mohlmaan est élevé moins la boue est bien décantée. Une boue activée de bonne structure a un indice de mohlmaan compris entre 50 et 100 ml/g. [2]

▲ **Indice de Donaldson  $I_D$**

C'est l'inverse de l'indice de mohlmaan, la relation entre les deux indice est donnée comme suit :  $I_D \cdot I_m = 100 \dots \dots \dots (IV.6)$

#### **IV-1-5-Traitements tertiaires ou complémentaires**

Le traitement biologique permet l'élimination des matières organiques et minérales, mais pas les bactéries (virus...etc.) or dans certain cas une désinfection est nécessaire notamment dans les zones de baignade, et pour une réutilisation agricole des eaux.

Le choix d'un moyen de désinfection se fait normalement en considérant les contraintes techniques, économiques et environnementales qu'il présente.

##### **A- Le chlore**

Il est particulièrement efficace pour détruire les bactéries, mais moins efficace contre les virus. Economiquement c'est les procédés le plus avantageux.

Sur le plan sécurité, il nécessite d'importantes mesures de protection pour le personnel de la station d'épuration et constitue un risque pour la sécurité publique lors du transport.

Enfin, au plan environnemental, le chlore peut avoir un impact significatif sur la vie aquatique à cause de la toxicité, du chlore résiduel.

##### **B- La chloration-déchloration**

La déchloration permet d'éliminer la toxicité qui est associée au chlore. Tout comme pour la chloration, il s'agit d'une technique bien maîtrisée et relativement simple. Elle entraîne toutefois une augmentation des coûts et une augmentation des risques pour le personnel de la station d'épuration et pour la sécurité publique lors du transport.

Au plan environnemental, ce procédé est moins dommageable que la simple chloration mais il ne permet pas d'empêcher la formation de sous-produits o et les problèmes associés.

##### **C- L'ozone**

L'ozone a une action très rapide et efficace sur les bactéries et les virus, il génère peu de produits secondaires indésirables. Il est plus sécuritaire pour le personnel de la station d'épuration et la sécurité publique que la chloration mais il entraîne des coûts plus importants.

Au plan environnemental, l'ozonation prévient la formation de produits organochlorés. Aussi, même si l'ozone résiduel est très toxique il est instable donc rapidement détruit.

##### **D- Le rayonnement ultra violet**

Le rayonnement ultraviolet consiste à faire passer les eaux dans un canal ouvert muni de lampes à rayons ultraviolets. Ce procédé ne forme pas de produits secondaires indésirables donc ne présente pas d'impact sur l'environnement. C'est un procédé simple et sécuritaire, mais son efficacité diminue lorsque la concentration en matières en suspension augmente. Economiquement les prix sont comparables aux systèmes de chloration-déchloration.

#### **Conclusion**

Le rejet d'eaux usées non traitées dans le milieu naturel engendre une pollution importante du milieu récepteur provoquant des déséquilibres biologiques, et créant des maladies (cause de mortalité). Afin de lutter contre la pollution provoquée par les eaux usées, plusieurs procédés de traitement ont été mis en place. Cependant le choix du procédé le plus adéquat à l'épuration d'une eau usée n'est pas chose facile étant donné les nombreux paramètres qu'il faut prendre en considération.

Pour notre projet le choix du procédé d'épuration a porté sur les boues activées, car il demeure actuellement le plus utilisé, il nécessite des surfaces plus réduites et assure une meilleure qualité de l'effluent rejeté avec des rendements pouvant atteindre les 95%.

## **Introduction**

Le traitement des eaux résiduaires dans une station d'épuration est composé de deux filières à savoir, une filière eau dans la quelle l'eau est débarrassée de ses polluants et une filière boue dans la quelle les résidus générés pas la première filière sont traités.

Les boues produites par les stations d'épurations sont fortement chargés en matière organique, et certaines hautement fermentescibles, ce qui les rend nuisibles pour l'environnement si elles sont rejetées directement sans traitement dans le milieu naturel.

### **V-1-Origin et nature des boues**

Les boues urbaines sont produites à plusieurs stades du processus de traitement des eaux usées. Selon les étapes au cours desquelles elles sont recueillies, on distingue:

- ▲ **Les boues primaires** : dites "fraîches", elles sont obtenues au niveau du décanteur primaire, après séparation physique des matières en suspension par décantation.
- ▲ **Les boues physico-chimiques (décantation floculation)** : qui sont les agrégats formés après des traitements physico-chimiques. Dans ces boues nous retrouvons les produits de transformation des réactifs. L'ajout de réactif a pour effet d'augmenter la quantité de boues.
- ▲ **Les boues biologiques** : qui proviennent des traitements biologiques des eaux usées dont le principe est de faire dégrader les substances organiques présentes dans l'eau par les microorganismes qu'elles contiennent et que l'on cultive à cet effet. A la différence des deux types de boues précédentes, qui sont des matières brutes décantées, les boues biologiques résultent de la transformation des matières organiques contenues dans les eaux usées.  
Ces boues en excès ont une importance capitale pour la qualité des boues globales produites par la station d'épuration. [10]
- ▲ **Les boues mixtes** : Les boues mixtes regroupent les boues issues des traitements primaires et des traitements secondaires. Ces boues possèdent une bonne fermentescibilité du fait de la présence de boues primaires. [10]

### **V-2-Le traitement des boues**

#### **V-2-1-L'intérêt du traitement des boues**

Le traitement des boues vise à :

- ✧ Réduire la fermentation des boues pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs ;
- ✧ Réduire la teneur en eau des boues, visant à diminuer la quantité de boues à stocker et à épandre, ou améliorer leurs caractéristiques physiques;
- ✧ Eradiquer la charge en micro-organismes pathogènes (les traitements permettant cela ne sont mis en œuvre que dans des contextes particuliers).

#### **V-2-2-Les méthodes de traitement des boues**

Le traitement des boues se fait à travers les filières suivantes :

### **V-2-2-1-Epaississement des boues**

L'épaississement constitue le premier stade d'une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physico-chimiques des effluents urbains est conçue pour séparer l'eau interstitielle de boues suivant le mode de séparation solide liquide.

On distingue principalement deux types d'épaississements:

- ✧ Epaississement par flottation ;
- ✧ Epaississement par gravitation.

#### **A- Epaississement par flottation**

Dans ce type d'épaississement, les fines bulles d'air formées par dépressurisation s'accordent aux floes des boues, le mélange air matière s'élève à la surface où il est éliminé par raclage de surface. [1]

#### **B- Epaississement par gravitation**

C'est le procédé d'épaississement des boues qui est le plus utilisé. Les boues décantent gravitairement et se rassemblent au fond de l'ouvrage ce qui entraîne une concentration supérieure à la concentration initiale. Les boues sont soutirées et envoyées vers l'étape suivante du traitement, tandis que l'eau surnageant est évacuée de l'ouvrage et renvoyée en tête de station.

L'avantage de ce type d'épaississement est sa simplicité avec une dépense d'énergie modérée .L'inconvénient majeur réside dans la surface et volume important des ouvrages d'épaississement, donc des investissements importants. [10]

### **V-2-2-2-La stabilisation**

Mise en œuvre sur des boues riches en matière biodégradable. La stabilisation des boues vise donc à réduire le taux de matière organique de manière à assurer la réduction du caractère fermentescible des boues organiques, pour éviter les nuisances, notamment l'émission de mauvaises odeurs lors de leur stockage et de leur traitement de déshydratation.

Cette stabilisation est inutile pour les systèmes à boues activées en aération prolongée, et de lagunage naturel.

Les boues produites à l'état liquide peuvent être stabilisées par des procédés de traitement chimiques ou biologiques (aérobie ou anaérobie).

#### **A- Stabilisation chimique**

Le principe de la stabilisation chimique est l'élévation du pH par adjonction de chaux éteinte sous forme de lait de chaux, et ce afin de bloquer l'activité biologique. C'est une stabilisation temporaire, qui n'autorise pas un stockage de longue durée qui permettrait un retour de l'activité biologique par abaissement du pH jusqu'à des valeurs proches de la neutralité d'où l'intérêt d'une stabilisation biologique.

#### **B- Stabilisation biologique**

##### **▲ Stabilisation aérobie**

Consiste à aérer les boues, non nourries dans des ouvrages semblables aux bassins d'aération, pendant une période prolongée qui provoque le développement de micro-organismes aérobies conduisant à leur propre auto oxydation avec digestion des boues. Le taux de réduction des matières organiques est fonction :

- ✧ de la durée de stabilisation,

- ◇ de la charge volumique,
- ◇ de la température,
- ◇ de la nature de la boue. [2]

▲ **Stabilisation anaérobie (digestion anaérobie)**

La digestion anaérobie comprend deux phases, le premier est la liquéfaction qui conduit à la production d'acides volatiles ; La seconde est la phase de gazéification où les acides volatiles produisent du gaz méthane.

**V-2-2-3-Le conditionnement**

L'épaississement naturel des boues est limité par des phénomènes physiques. Des forces électriques de répulsion entre particules de boues empêchent leur rapprochement et, en conséquence, ne permettent pas l'évacuation d'une fraction- importante- de l'eau interstitielle. Les procédés employés pour vaincre cette stabilité des suspensions de boues, les techniques de conditionnement, sont d'ordres physiques et chimiques et interviennent par l'augmentation de la taille et de la densité des particules après modification des propriétés électriques, chimique et structurelles de celles-ci, c'est-à-dire la rupture de la stabilité colloïdale des boues, on distingue :

- ◇ Conditionnement chimique ;
- ◇ Conditionnement thermique ; [10]

**V-2-2-4-La déshydratation**

La déshydratation est destinée à diminuer le taux d'humidité et donc le volume de ces boues, de façon à faciliter les opérations d'évacuation.

Pour ce faire, de très nombreux procédés sont disponibles :

**A- Déshydratations artificielle**

Dont le séchage artificiel relevé de deux principes; celle de la filtration et de la centrifugation.

▲ **La filtration**

La filtration est le mode de déshydratation le plus utilisé jusqu'ici dans le traitement des boues provenant de l'épuration de l'eau. Cette filtration peut consister en un simple drainage sur lit de sable ou une filtration sous vide ou sous pression faisant appel à des matériaux plus élaborés.

▲ **La déshydratation par centrifugation**

Utilise des centrifugeuses du type décanteuse continue à un axe horizontal. L'avantage de cette technique réside dans son adaptation aux boues difficiles (boues huileuses). L'inconvénient majeur est la consommation importante d'énergie et l'usure rapide.

**Remarque**

La centrifugation sera employée lorsque le colmatage des autres procédés est trop rapide : cela correspond aux boues à forte compressibilité.

## **B- La déshydratation naturelle (séchage)**

### **▲ Les lits de séchage**

Les boues reposent sur un sol artificiel composé, de haut en bas, de 2 couches :

- ☞ Une couche de sable de 10 à 20 cm d'épaisseur (granulométrie : 0,5 à 1,5 mm) ;
- ☞ Une couche de gravillons à 30 cm (granulométrie 15-25 mm) ;
- ☞ Un système de drains à la base de cet ensemble assure l'évacuation des eaux.

Ces lits de séchage sont mis sous serre pour non seulement tirer partie du phénomène d'évaporation naturelle, mais aussi de l'accélérer par les rayons du soleil. On parle alors de séchage solaire. En sortie des lits de séchage, les boues sont solides.

### **▲ Lits de séchage plantés de roseaux**

C'est un procédé de traitement des boues qui permet l'épaississement, la minéralisation et le stockage. Les boues produites par les stations d'épurations sont directement extraites du bassin d'aération et alimentent le lit planté de roseaux. L'eau contenue dans les boues s'infiltré à travers le massif filtrant constitué de plusieurs couches de matériaux (sable, gravier, galets...) et est récupérée ensuite par des drains. La boue est retenue à la surface du massif.

## **V-2-2-5-Choix de la filière de traitement des boues**

Définir une filière de traitement des boues passe par deux étapes essentielles :

- 1) Définir leurs caractéristiques chimiques et physiques ;
- 2) Rechercher la voie la plus adaptée pour une destination finale prévue (valorisation, stockage, destruction).

## **V-2-3-Destination finale des boues**

Actuellement trois destinations ultimes sont possibles et pratiquées:

### **V-2-3-1-Valorisation des boues**

#### **A- Valorisation agricole**

Après traitement, les boues peuvent être valorisées en engrais organiques, susceptibles d'apporter des éléments fertilisants au sol et d'en stimuler l'activité biologique. Si elles sont chaulées dans de bonnes proportions, elles peuvent servir d'amendement basique afin de réduire l'acidité des sols. La pratique de l'épandage agricole constitue alors la phase ultime de la filière boue.

Les éléments toxiques ou nuisibles présents dans les boues peuvent être préjudiciable à l'utilisation agricole, parmi ces composés on cite :

- ✧ La présence des germes pathogènes, bactéries, virus, vers, larves de parasites, quand les boues sont susceptibles d'entrer en contact avec les végétaux destinés à l'alimentation humaine ;
- ✧ Les polluants organiques (de type pesticides, graisses...etc.) ;
- ✧ Les métaux lourds à caractère toxique.

Il faut savoir que :

- ✧ Tous les sols ne sont pas adaptés à recevoir des boues (sols argileux) ;
- ✧ L'utilisation agricole n'est possible que durant certaines périodes de l'année. on doit prendre en considération les types de culture pratiquées et le climat.

### **B- Valorisation énergétique**

Une autre manière de réduire les coûts d'exploitation et de diminuer l'empreinte écologique de l'élimination des boues d'épuration, consiste à diminuer l'énergie consommée par les installations voire à valoriser l'énergie produite (Méthanisation des boues).

Le séchage solaire présente ainsi l'intérêt direct de nécessiter de faibles consommations d'énergie : environ 250 kW par tonne d'eau évaporée, contre environ 850 kW par tonne évaporée pour le séchage direct et 950 kW pour le séchage indirect. [10]

### **C- Mise en décharge**

La mise en décharge est considérée comme la dernière solution en matière d'évacuation des boues. Ces boues doivent être mises en décharges contrôlées.

Ces déchets devront satisfaire aux contraintes suivantes:

- ☞ Siccité minimale 30 % de MS,
- ☞ pH compris entre 4 et 13 ;
- ☞ Caractère minéral et non fermentescible.

### **D- L'incinération**

La technique d'incinération est généralement utilisée pour les grandes stations d'épuration urbaines (manque de surface pour l'épandage ou la mise en décharge).

Le principe de l'incinération des boues est l'élimination totale d'eau interstitielle en réduisant les matières organiques par combustion.

L'incinération des boues présente l'avantage d'une réduction très considérable de la masse de déchets. Comme elle présente l'inconvénient d'engendrer un résidu (les cendres) où se trouvent concentrés les métaux lourds. [1]

### **Conclusion**

Le traitement des boues est une étape essentielle dans les stations d'épuration, car elle rentre dans le cadre de la protection de l'environnement.

Le choix du procédé à adopter pour le traitement des boues est une étape qui est déterminée selon la destination finale de ces dernières. En Algérie la valorisation agricole des boues est mal connue, malgré qu'elles soient données gratuitement. La valorisation énergétique, qui est un tout nouveau créneau dans le monde du recyclage des boues, est quant à elle inconnue ou presque.

## Introduction

Avant toute réalisation d'une station d'épuration, il est nécessaire de faire des enquêtes et investigations afin de collecter les données de base concernant la ville, le site et les rejets, et faire un bilan de la charge polluante pour pouvoir par la suite faire un dimensionnement correct des différents éléments constituant la station.

Un dimensionnement correct est celui qui permet de traiter la charge polluante et le débit arrivant à la station d'épuration pour rendre les eaux rejetées écologiquement compatibles avec le milieu naturel ou bien réutilisables dans le domaine agricole.

Dans ce chapitre nous allons procéder au dimensionnement des différents ouvrages constituant la station d'épuration pour les deux horizons 2027-2042.

### VI-1-Ouvrages de la station d'épuration

La station comportera les ouvrages suivants :

1. Un prétraitement comportant :
  - ✓ Le dégrilleur ;
  - ✓ Le désableur déshuileur ;
  - ✓ Le décanteur primaire.
2. Un traitement biologique comprenant :
  - ✓ Le bassin d'aération ;
  - ✓ Le clarificateur.
3. Un traitement tertiaire comprenant :
  - ✓ Le bassin de désinfection.
4. Traitement des boues comprenant:
  - ✓ Épaississeur ;
  - ✓ Une stabilisation aérobie ;
  - ✓ Lits de séchage.

### VI-2-Les prétraitements

#### VI-2-1-Le dégrillage

Nous avons opté pour deux grilles, une grille grossière arrondie et une grille fine.

##### A. Calcul de la largeur des grilles

La largeur de la grille sera déterminée par la méthode de KIRSCHMER :

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} (1 - \beta) \sigma} (m) \dots \dots \dots (VI.1)$$

Avec :

- ✓ S : Section mouillée de la grille  $S = \frac{Q_p}{V}$  (m<sup>2</sup>)
- ✓ Q<sub>p</sub> : Débit de pointe à temps sec (m<sup>3</sup>/s)
- ✓ V : Vitesse d'écoulement de l'effluent entre les barreaux, peut aller de 0.5 m/s à 1.5m/s (afin d'éviter de fortes pertes de charges et le colmatage des barreaux).
- ✓ L : Largeur de la grille (m).
- ✓ α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal =60°
- ✓ h<sub>max</sub> : Hauteur maximum admissible sur une grille (m). h<sub>max</sub> = (0,15 –1.5) [11]
- ✓ β : Fraction de surface occupée par les barreaux.

Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

$$\beta = \frac{d}{d + e} \dots\dots\dots(VI.2)$$

Tel que :

- ☞ d : épaisseur des barreaux (cm).
- ☞ e : espacement des barreaux (cm).

**Tableau VI.1:** Espacement et épaisseur des barreaux.

paramètres	Grilles grossières	Grilles fines
d (cm)	2,00	1,00
e (cm)	5à10	0,3 à 1

- ☞  $\sigma$  : Coefficient de colmatage de la grille.
  - La grille manuelle :  $\sigma = 0.25$
  - La grille mécanique :  $\sigma = 0.5$

**B. Calcul des pertes de charges**

Elles sont déterminées par la formule de KIRSCHMER qui suit :

$$\Delta H = \beta' \left(\frac{d}{e}\right)^3 \frac{V^2}{2g} \text{Sin}\alpha \dots\dots\dots(VI.3)$$

Avec:

- ☞  $\Delta H$ : perte de charge (m) ;
- ☞ e : espacement entre les barreaux (cm) ;
- ☞ d: épaisseur des barreaux ;
- ☞ g : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) ;
- ☞  $\alpha$ : angle d'inclinaison de la grille ( $\alpha = 60^\circ$ ) ;
- ☞ V : vitesse d'écoulement dans la grille (m/s) ;
- ☞  $\beta'$ : coefficient dépendant de la forme des barreaux.

Les valeurs de  $\beta'$  sont représentées dans le tableau suivant:

**Tableau VI.2 :** les valeurs de  $\beta'$ . [2]

Type de barreau	$\beta'$
Section rectangulaire	2,42
Section rectangulaire en semi-circulaire à l'amont	1,83
Section rectangulaire avec arrondi semi-circulaire à l'amont et à l'aval	1,67
Section circulaire	1,79
Section ovoïde avec une grande largeur à l'amont	0,76

**C. Calcul du volume de déchets retenus au niveau des grilles**

Le volume des déchets retenus par les grilles dépend :

- Du débit de l'effluent ;
- De la finesse du dégrillage.

Pour une eau usée urbaine, la quantité de déchets récupérée par les grilles par habitant et par an est estimée à :

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

- 5 à 10 l/hab/an pour une grille fine ;
- 2 à 5 l/hab/an pour une grille grossière.

Le volume des déchets retenus par jour est donné par la formule qui suit :

$$V = \frac{\text{Nombre d'habitants} \cdot V_{\text{retenu}}}{365} \quad (\text{m}^3/\text{j}) \dots\dots\dots (\text{VI.4})$$

### \* Horizon 2027

#### VI-2-1-1-Grille Grossière

- ✓  $Q_p = 0.112 \text{ m}^3/\text{s}$  ;
- ✓  $V = 1 \text{ m/s}$
- ✓  $S = 0.112 \text{ m}^2$
- ✓  $d = 2 \text{ cm}$
- ✓  $e = 8 \text{ cm}$
- ✓  $\beta = 0.29$
- ✓  $\alpha = 60^\circ$
- ✓  $h_{\text{max}} = 0.5 \text{ m}$
- ✓  $\delta = 0.5$  (Grille automatique)
- ✓  $\beta' = 1.79$  (forme circulaire des barreaux)

#### ▲ Largeur

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\text{max}} (1 - \beta) \sigma} = \frac{0.112 \times \sin 60^\circ}{0.5(1 - 0.29)0.5} = 0.48 \text{ m}$$

---

---

$$L = 0.5 \text{ m}$$

#### ▲ Les pertes de charge

$$\Delta H = \beta' \left( \frac{d}{e} \right)^{4/3} \frac{V^2}{2g} \sin \alpha = 1.79 (2/8)^{4/3} (1^2/2g) \sin 60 = 0.012 \text{ m}$$

---

---

$$\Delta H = 0.012 \text{ m}$$

#### ▲ Volume des déchets retenus

- $V_{\text{min}} = (44480 \times 2) 10^{-3} / 365 = 0.24 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $V_{\text{max}} = (44480 \times 5) 10^{-3} / 365 = 0.61 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $V_{\text{moy}} = (V_{\text{max}} + V_{\text{min}}) / 2 = 0.43 \text{ m}^3/\text{j}$ .

---

---

$$V_{\text{moy}} = 0.43 \text{ m}^3/\text{j}$$

#### VI-2-1-2-Grille fine

On prend les mêmes caractéristiques que pour la grille grossière sauf pour  $d$ ,  $e$  et  $\beta$  :

- ✓  $d = 1 \text{ cm}$
- ✓  $e = 0.5 \text{ cm}$
- ✓  $\beta = 0.67$

#### ▲ Largeur

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\text{max}} (1 - \beta) \sigma} = \frac{0.112 \times \sin 60^\circ}{0.5(1 - 0.67)0.5} = 1.18 \text{ m}$$

---

---

$$L = 1.2 \text{ m}$$

#### ▲ Les pertes de charge

$$\Delta H = \beta' \left( \frac{d}{e} \right)^{4/3} \frac{V^2}{2g} \sin \alpha = 1.79 (1/0.5)^{4/3} (1^2/2g) \sin 60 = 0.2 \text{ m}$$

---

---

$$\Delta H = 0.2 \text{ m}$$

▲ **Volume des déchets retenus**

- $V_{\min} = (44480 \times 5) \cdot 10^{-3} / 365 = 0.61 \text{ m}^3/\text{j}$
- $V_{\max} = (44480 \times 10) \cdot 10^{-3} / 365 = 1.22 \text{ m}^3/\text{j}$ .
- $V_{\text{moy}} = (V_{\max} + V_{\min}) / 2 = 0.92 \text{ m}^3/\text{j}$ .

---

**$V_{\text{moy}} = 0.92 \text{ m}^3/\text{j}$**

---

※ **Horizon 2042**

Pour l'horizon 2042 on effectue le même calcul pour le dégrilleur, les résultats de calcul pour les deux horizons sont reportés sur le tableau VI.4 qui suit :

**Tableau VI.3:** Dimensions des grilles.

Désignation	Unité	Horizons	
		2027	2042
Débit de la station	m <sup>3</sup> /s	0.112	0.139
<b>Grille grossière</b>			
Epaisseur des barreaux (d)	cm	2	2
Espacement des barreaux (e)	cm	8	8
Fraction de surface occupée par les barreaux β	-	0.29	0.29
Coefficient de forme des barreaux β'	-	1.79	1.79
Hauteur d'eau maximale à l'amont de la grille (h <sub>max</sub> )	m	0.5	0.5
Angle d'inclinaison de la grille α	°	60	60
Largeur de la grille (L)	m	0.5	0.7
Pertes de charges (ΔH)	m	0.012	0.012
Volume moyen des déchets retenus (V <sub>moy</sub> )	m <sup>3</sup> /j	0.43	0.54
<b>Grille fine</b>			
Epaisseur des barreaux (d)	cm	1	1
Espacement des barreaux (e)	cm	0.5	0.5
Fraction de surface occupée par les barreaux (β)	-	0.67	0.67
Coefficient de forme des barreaux (β')	-	1.79	1.79
Hauteur d'eau maximale à l'amont de la grille (h <sub>max</sub> )	m	0.5	0.5
Angle d'inclinaison de la grille α	°	60	60
Largeur de la grille (L)	m	1.2	1.5
Pertes de charges (ΔH)	m	0.2	0.2
Volume moyen des déchets retenus (V <sub>moy</sub> )	m <sup>3</sup> /j	0.92	1.16

**VI-2-2-Dessablage déshuilage**

Nous avons opté pour un déssableur déshuileur de type rectangulaire.

V<sub>s</sub> : Vitesse de sédimentation. (vitesse est :  $10 < V_s < 20 \text{ (m}^3/\text{m}^2/\text{h)}$ )

Le temps de séjour est de 3 à 5 min au débit de pointe. [1]

※ **Horizon 2027**

**1- Le volume du bassin**

Le volume du dessableur déshuileur est donné par la formule suivante:

$$V = Q_{pts} * ts \dots \dots \dots (VI.5)$$

Avec :

- Q<sub>pts</sub> : le débit de la station (m<sup>3</sup>/s);
- V : Volume du dessableur déshuileur (m<sup>3</sup>) ;
- Ts : Temps de séjour, On prend Ts= 5min.

$$V = Q_{pts} * ts = 0.112 * 5 * 60 = 33.6 m^3$$

---

---

$$V = 33.6 m^3$$

**2- La surface horizontale**

La surface horizontale S<sub>h</sub> est donnée par :

$$Sh = \frac{V}{H} \dots \dots \dots (VI.6)$$

Avec :

- S<sub>h</sub> : surface horizontale (m<sup>2</sup>)
- V : Volume du dessableur déshuileur (m<sup>3</sup>);
- H : Hauteur du dessableur déshuileur (m), on prend H=1.5m.

Donc on aura :

$$Sh = \frac{V}{H} = \frac{33.6}{1.5} = 22.4 m$$

---

---

$$Sh = 22.4 m^2$$

**3- La longueur**

Le dessableur déshuileur est de forme rectangulaire tel que :

$$L / l = 6 \quad \Leftrightarrow \quad l = L/6 \dots \dots \dots (VI.7)$$

Donc:

$$Sh = L^2/6 \quad \Leftrightarrow \quad L = \sqrt{6Sh} = 11.6 m$$

---

---

$$L = 11.6 m$$

**4- Largeur**

$$Sh = L * l \dots \dots \dots (VI.8)$$

$$l = Sh / L = 22.4 / 11.6 = 1.9 m$$

---

---

$$l = 1.9 m$$

**5- Le volume d'air à insuffler dans le dessableur**

La quantité d'air à insuffler varie de 1 à 1,5 m<sup>3</sup> d'air/m<sup>3</sup> d'eau. [3]

$$q_{air} = Q_{pts} * V \dots \dots \dots (VI.9)$$

- ✓ V : le volume d'air à injecter (m<sup>3</sup>). On prend V= 1.5 m<sup>3</sup> d'air/m<sup>3</sup> d'eau
- ✓ Q<sub>pts</sub> : débit de la station.

$$\text{Donc: } q_{air} = 0.112 * 1.5 = 0.168 m^3 \text{ d'air/s} = 604.8 m^3 \text{ d'air/h}$$

---

---

$$q_{air} = 604.8 m^3 \text{ d'air/h}$$

**6- Calcul de la quantité de matière éliminée par le dessableur**

Le dessableur permet d'éliminer 70% de la matière minérale en suspension (MMS) qui représente 30% de la matière minérale en suspension (MES) pour un effluent urbain.

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} \dots \dots \dots (\text{VI.10})$$

On a  $\text{MES}_{(2027)} = 5222.57 \text{ Kg/j}$ .

• **Quantité de matière volatile en suspension MVS à l'entrée du dessableur**

$$\text{MVS}_e = 70\% \text{ MES} = 0.7 \times 5222.57 = 3655.8 \text{ kg/j}$$

$$\underline{\underline{\text{MVS}_e = 3655.8 \text{ kg/j}}}$$

• **Quantité de MMS à l'entrée du dessableur :**

$$\text{MMS}_e = 30\% \text{ MES} = 0.3 \times 5222.57 = 1566.77 \text{ Kg/j}.$$

$$\underline{\underline{\text{MMS}_e = 1566.77 \text{ Kg/j}}}$$

• **Quantité de MMS éliminée :**

$$\text{MMS}_{\text{éliminée}} = 0.7 \text{ MMS} = 0.7 \times 1566.77 = 1096.74 \text{ Kg/j}.$$

$$\underline{\underline{\text{MMS}_{\text{éliminée}} = 1096.74 \text{ Kg/j}}}$$

• **Quantité de MMS à la sortie du dessableur**

$$\text{MMS}_s = \text{MMS}_e - \text{MMS}_{\text{éliminée}} = 1566.77 - 1096.74 = 470.03 \text{ Kg/j}$$

$$\underline{\underline{\text{MMS}_s = 470.03 \text{ Kg/j}}}$$

• **Quantité de MES à la sortie du dessableur**

$$\text{MES}_s = \text{MVS}_e + \text{MMS}_s = 3655.8 + 470.03 = 4125.83 \text{ Kg/j}.$$

$$\underline{\underline{\text{MES}_s = 4125.83 \text{ Kg/j}}}$$

✱ **Horizon 2042**

Pour l'horizon 2042, on dimensionne le dessableur déshuileur avec la différence des débits des deux horizons tel que :

$$Q_{\text{pte}} = Q_{\text{pte}(2042)} - Q_{\text{pte}(2027)}$$

$$\text{Donc : } Q_{\text{pte}} = 0.13971 - 0.11232 = \mathbf{0,0274 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Avec

✓  $Q_{\text{ptp}}$  : débit de la station (Débit de pointe).

Et la même chose pour les charges à l'entrée tel que :

$$\text{MES} = \text{MES}_{(2042)} - \text{MES}_{(2027)} = 6626.59 - 5222.57 = \mathbf{1404.02 \text{ Kg/j}}$$

On garde les mêmes caractéristiques du dessableur que celle pour l'horizon 2027

Le tableau suivant résume les résultats de dimensionnement du dessableur-déshuileur pour les deux horizons.

**Tableau VI.4:** Dimensions du déssableur-déshuileur.

Désignation	Unités	Horizons	
		2027	2042
Surface horizontale (Sh)	m <sup>2</sup>	22.4	5.48
Volume (V)	m <sup>3</sup>	33.6	8.22
Hauteur (H)	m	1.5	1.5
Largeur	m	1.9	0.95
longueur	m	11.6	5.7
Temps de séjour	min	5	5
Quantité d'air à injecter (q <sub>air</sub> )	m <sup>3</sup> d'air/h	604.8	41.1
Matières minérales en suspension totales (MMS)	Kg/j	1566.77	421.21
Matières minérales en suspension éliminées	Kg/j	1096.74	294.84
Matières minérales en suspension restantes	Kg/j	470.03	126.37
Matières volatiles en suspension totales	Kg/j	3655.8	982.81
Matières en suspension restantes	Kg/j	4125.83	1109.184

**VI-3-Traitement primaire**

Le calcul du décanteur primaire se fera en fonction de la vitesse de chute limitée des particules et du temps de séjour de l'effluent et de la charge de l'effluent en pollution. Le temps de séjour est compris entre 1 et 2 heures. La hauteur minimale du décanteur est de 2m.

La vitesse limite est donnée par la relation suivante :  $K = \frac{Q_{pts}}{Q_{moy}}$

Avec :

- ✓ Q<sub>pts</sub> : débit de pointe à temps sec. (m<sup>3</sup>/h)
- ✓ Q<sub>moy</sub> : débit moyen horaire. (m<sup>3</sup>/h)

Les valeurs de la vitesse limite en fonction de Q<sub>moy</sub> sont représentées dans le tableau VI.6 :

**Tableau VI.5 :** Valeurs de V<sub>limite</sub>.

K	2.5	3	5	8	10
V <sub>limite</sub> (m/h)	2	2.5	3.75	5	6

**\* Horizon 2027**

On a  $\frac{Q_{pts}}{Q_{moy}} = 1.82$  donc on prend V<sub>limite</sub> = 2m/h.

**1- La surface horizontale du décanteur**

$$S_h = \frac{Q_{pt}}{V_{limite}} \dots\dots\dots(VI.11)$$

$$S_h = 404.35 / 2 = 202.18 \text{ m}^2$$

Avec : Q<sub>pt</sub> : débit de pointe de la station.

---

**Sh= 202.18 m<sup>2</sup>**

---

**2- Volume du décanteur**

On prend  $t_s = 1h$

$$V = Q_{pt} \cdot T_s = 404.35 \times 1 = 404.35 \text{ m}^3$$

---

---

$$V = 404.35 \text{ m}^3$$

---

---

**3- La hauteur du décanteur**

$$H = V / S_h = 404.35 / 202.18 = 2$$

---

---

$$H = 2m$$

---

---

**Remarque**

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement de 0,75m; donc la hauteur totale est **H=2.75m**.

**4- Le diamètre du décanteur**

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

Avec :

- ✓ D : diamètre du décanteur (m) ;
- ✓ V : volume du décanteur (m<sup>3</sup>) ;
- ✓ h : hauteur du décanteur (m).

Donc on aura :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 404,35}{3,14 \cdot 2}} = 16.05m$$

---

---

$$D = 16.05m$$

---

---

**5- Détermination du temps du séjour**

Pour le débit moyen horaire :

$$T_s = V / Q_{moy} = 404.35 / 222.4 = 1.82 \text{ h}$$

---

---

$$T_s (Q_{moy}) = 1.82h$$

---

---

**6- Calcul de la quantité de boues éliminées**

Sachant que le décanteur primaire permet l'élimination de 35% de DBO<sub>5</sub> et 60% de MES et connaissant les charges de pollution à l'entrée du décanteur :

- ✓ DBO<sub>5</sub> = 2735.55 Kg/j.
- ✓ MES<sub>1</sub> = 4125.83 Kg/j.

Avec: MES<sub>1</sub>: charge en matière en suspension à la sortie du déssableur.

- Les charges éliminées par la décantation primaire sont donc :
  - DBO<sub>5</sub> éliminée = 0.35x DBO<sub>5</sub> = 0.35x2735.55= **957.44 Kg/j**
  - MES éliminée = 0.6 xMES<sub>1</sub>= 0.6 x4125.83= **2475.5 Kg/j**
- Les charges à la sortie du décanteur primaire :
  - MES<sub>s</sub>= MES<sub>1</sub>- MES<sub>éliminée</sub> = 4125.83– 2475.5 = **1650.33 Kg/j**
  - DBO<sub>5s</sub>= DBO<sub>5</sub> - DBO<sub>5éliminée</sub> =2735.55– 957.44 = **1778.11 Kg/j**

**\* Pour l'horizon 2042(extension)**

Pour cet horizon, on dimensionne le décanteur primaire avec la différence des débits des deux horizons :

$$Q_{pte} = Q_{pte(2042)} - Q_{pte(2027)}$$

$$\text{Donc : } Q_{pte} = 0.13971 - 0.11232 = \mathbf{0,0274 \text{ m}^3/s}$$

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

Avec :

✓  $Q_{\text{ptp}}$  : débit de la station (Débit de pointe).

Et la même chose pour les charges à l'entrée tel que :

$$\text{DBO}_5 = \text{DBO}_5(2042) - \text{DBO}_5(2027) = 3470.96 - 2735.55 = \mathbf{735.41 \text{ Kg/j}}$$

$$\text{MES} = \mathbf{1109.18 \text{ Kg/j}}$$
 (à la sortie du déssableur déshuileur)

Les résultats de dimensionnement de décanteur primaire pour les deux horizons sont représentés sur le tableau suivant :

**Tableau VI.6:** Dimensions du décanteur primaire pour les deux horizons.

désignation	Unité	Horizons	
		2027	2042
débit de la station (débit de pointe)	m <sup>3</sup> /s	0.112	0.0274
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	202.18	49.32
Volume	m <sup>3</sup>	404.35	98.64
Hauteur d'eau+hauteur de revanche	m	2.75	2.75
Diamètre	m	16.05	7.93
MES entrées	Kg /j	4125.83	1109.18
DBO <sub>5</sub> entrée	Kg /j	2735.55	735.41
MES éliminée	Kg /j	2475.5	665.51
DBO <sub>5</sub> éliminée	Kg /j	957.44	257.39
MES sorties	Kg /j	1650.33	443.67
DBO <sub>5</sub> sortie	Kg /j	1778.11	478.02

### VI-4-Le traitement secondaire

Le traitement biologique à boues activées sera réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

- ✓ Les bassins d'aération ;
- ✓ Les décanteurs secondaires (clarificateur).

Pour le traitement biologique, on étudiera les deux variantes à faible charge et moyenne charge.

#### VI-4-1-Variante à faible charge

Elle se caractérise par :

☞ **Charge massique :**

$$0.1 < C_m < 0.2 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg MVS j} \quad \text{On prendra:} \quad C_m = \mathbf{0.2 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg MVS j}}$$

☞ **Charge volumique**

$$0.3 < C_v < 0.6 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3\text{j} \quad \text{On prendra :} \quad C_v = \mathbf{0.5 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3\text{j}}$$

✱ **Horizon 2027**

**VI-4-1-1-Dimensionnement du bassin d'aération**

Le bassin d'aération sera de forme rectangulaire de hauteur H, largeur B, et longueur L. Le bassin sera de forme carrée donc L=B.

La charge polluante à l'entrée du bassin d'aération est :

☞ Charge polluante en DBO<sub>5</sub> (sans décanteur primaire):

$$L_0 = 2736 \text{ kg/j.}$$

☞ Concentration en DBO<sub>5</sub> :

$$[\text{DBO}_5] = 512.5 \text{ mg/l.}$$

**1- Le volume du bassin d'aération**

$$C_v = L_0/V \dots\dots\dots(\text{VI.12})$$

✓ C<sub>v</sub> : Charge volumique (kg DBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>.j). C<sub>v</sub> = **0.5 Kg DBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>/ j**

✓ L<sub>0</sub> : charge polluante à l'entrée du bassin (sans décantation primaire) (kg DBO<sub>5</sub>/j).

$$L_0 = 2736 \text{ kg/j}$$

D'ou :  $V = L_0/C_v = 2736 / 0,5 = 5472 \text{ m}^3$       ⇨      **V=5472 m<sup>3</sup>**

Etant donné le volume important du bassin d'aération et pour une meilleur gestion et facilité d'entretien, on prévoit deux bassins d'aérations de même volume V<sub>b1</sub>= V<sub>b2</sub>= V/2 = 2736 m<sup>3</sup>.

$$\text{V}_{b1} = \text{V}_{b2} = 2736 \text{ m}^3$$

**2- La hauteur du bassin**

Elle est prise généralement entre 3 et 5m donc on prend :      ⇨

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

La hauteur de revanche du bassin doit être h ≥ 80 cm. On prend **h=80cm**

**3- Surface horizontale du bassin**

$$S_h = V/H = 2736/4 = 684 \text{ m}^2$$

$$\text{S}_h = 684 \text{ m}^2$$

**4- Calcul des cotés du bassin**

On a opté pour un bassin de forme carrée S<sub>h</sub>= L<sup>2</sup>

$$L = \sqrt{684} = 26.15 \text{ m}$$

$$\text{L} = 26.15 \text{ m}$$

**5- Calcul de la masse totale des boues dans le bassin (X<sub>a</sub>)**

$$X_a = \frac{L_0}{C_m} \dots\dots\dots(\text{VI.13})$$

Avec :

✓ C<sub>m</sub> : Charge massique (kg DBO<sub>5</sub>/ kg MVS/j). C<sub>m</sub> = **0.2 Kg DBO<sub>5</sub>/ kg MVS/j**

✓ L<sub>0</sub> : charge polluante à l'entrée du bassin (sans décantation primaire) (kg DBO<sub>5</sub>/j). L<sub>0</sub> = **2736 kg/j**

$$X_a = \frac{L_0}{C_m} = \frac{2736}{0.2} = 13680 \text{ kg} \qquad \qquad \qquad \text{X}_a = 13680 \text{ Kg}$$

**6- Calcul de la concentration de boues dans le bassin [X<sub>a</sub>]**

$$[X_a] = \frac{X_a}{V} \dots\dots\dots(VI.14)$$

Avec :

- ✓ X<sub>a</sub> : masse totale des boues dans le bassin (Kg).
- ✓ V : Volume du bassin (m<sup>3</sup>)
- ✓ [X<sub>a</sub>] : concentration des boues dans le bassin (Kg/m<sup>3</sup>)

$$[X_a] = \frac{X_a}{V} = \frac{13680}{5472} = 2.5 \text{ kg/m}^3$$

---

**[X<sub>a</sub>]=2.5 Kg/m<sup>3</sup>**

---

**Remarque:** La concentration des boues dans l'aérateur peut également être déterminée par le rapport des charges volumique et massique.

$$[X_a] = \frac{Cv}{cm} = \frac{0.5}{0.2} = 2.5 \text{ kg/m}^3$$

---

**[X<sub>a</sub>]=2.5 Kg/m<sup>3</sup>**

---

**7- Calcul du temps de séjour**

$$T_s = \frac{V}{Q}$$

Avec :

- ✓ Q : Débit de la station (m<sup>3</sup>/h) ;
- ✓ V : Volume du bassin (m<sup>3</sup>) ;
- ✓ T<sub>s</sub> : Temps de séjour (h).

- Pour le débit moyen horaire

$$T_s = \frac{V}{Q_{moy.h}} = \frac{5472}{222.4} = 24.6 \text{ h}$$

---

**T<sub>s</sub>=24.6 h**

---

- Pour le débit de pointe

$$T_s = \frac{V}{Q_{pts}} = \frac{5472}{404.77} = 13.52 \text{ h}$$

---

**T<sub>s</sub>=13h.52h**

---

**VI-4-1-2-Calcul de la charge polluante à la sortie**

La charge polluante à la sortie a une concentration conforme aux normes de rejets fixées à 30 mg/l de DBO<sub>5</sub>.

$$L_f = [DBO_5]_f \cdot Q_{moyj}$$

Avec :

- ✓ Q<sub>moyj</sub> : Débit moyen journalier de la station (m<sup>3</sup>/j)
- ✓ [DBO<sub>5</sub>]<sub>f</sub> : Concentration finale de la DBO<sub>5</sub> à la sortie de la station (Kg/m<sup>3</sup>)
- ✓ L<sub>f</sub> : Charge polluante en DBO<sub>5</sub> à la sortie du bassin d'aération.

D'où la charge polluante à la sortie est :

$$L_f = [DBO_5]_f \cdot Q_{moyj} = 0,03 \cdot 5337.65 = 160.13 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$$

---

**L<sub>f</sub>=160.13 Kg DBO<sub>5</sub>/j**

---

**VI-4-1-3-Calcul de la charge polluante éliminée  $L_e$**

$$L_e = L_0 - L_f$$

Avec :

- ✓  $L_e$  : charge en  $DBO_5$  éliminée.
- ✓  $L_0$  : Charge polluante en  $DBO_5$  à l'entrée du bassin d'aération.
- ✓  $L_f$  : Charge polluante en  $DBO_5$  à la sortie du bassin d'aération.

$$L_0 = 2736 \text{ Kg/j}$$

$$L_f = 160.13 \text{ Kg/j}$$

$$L_e = 2735.55 - 160.13 = 2575.42 \text{ Kg } DBO_5/j$$

---


$$L_e = 2575.42 \text{ Kg } DBO_5/j$$


---

**VI-4-1-4-Le rendement épuratoire**

$$\eta_{ep} = (L_0 - L_f) / L_0$$

Avec :

- ✓  $L_0$  : Charge polluante en  $DBO_5$  à l'entrée du bassin d'aération.
- ✓  $L_f$  : Charge polluante en  $DBO_5$  à la sortie du bassin d'aération.
- ✓  $\eta_{ep}$  : Rendement épuratoire.

$$\eta_{ep} = \frac{2735.55 - 160.13}{2735.55} \cdot 100 = 94.15\%$$

---


$$\eta_{ep} = 94.15\%$$


---

**VI-4-1-5-Calcul des besoins en oxygène**

Le calcul théorique de la consommation d'oxygène est donné par la formule :

$$q_{O_2} = a' L_e + b' Xa \quad (\text{Kg/j}) \dots\dots\dots (VI.15)$$

- ✓  $L_e$  :  $DBO_5$  éliminée dans le bassin d'aération par jour (Kg).
- ✓  $Xa$  : quantité de boues (MVS) présentes par jour dans le bassin d'aération (Kg)
- ✓  $a'$  : la fraction de pollution transformé en énergie de synthèse au cours de l'épuration et c'est aussi la quantité d'oxygène à fournir aux bactéries pour qu'elles synthétisent la matière vivante à partir d'une pollution.

$$0.48 < a' < 0.65 \quad [5]$$

$$a' = 0,6$$

- ✓  $b'$  : Fraction d'oxygène correspondante à la quantité de matière détruite par endogène pour fournir l'énergie d'entretien.

$$0.07 < b' < 0.11 \quad [5]$$

$$b' = 0,1$$

**a- Les besoins journaliers en oxygène**

$$q_{O_2} = (0,6 \cdot 2575.42) + (0,1 \cdot 13680) = 2913.252 \text{ Kg } O_2/j.$$

---


$$q_{O_2} = 2913.252 \text{ Kg } O_2/j$$


---

**b- La quantité d'oxygène horaire**

$$q_{O_2/24} = 2913.252 / 24 = 121.39 \text{ Kg } O_2/h$$

---


$$q_{O_2} = 121.39 \text{ Kg } O_2/h$$


---

**c- La quantité d'oxygène nécessaire par  $m^3$  du bassin**

$$q_{O_2/m^3} = q_{O_2} / v = 2913.252 / 5472 = 0.53 \text{ Kg } O_2/m^3 j$$

---


$$q_{O_2/m^3} = 0.53 \text{ Kg } O_2/m^3 j$$


---

**d- La quantité d'oxygène nécessaire en cas de pointe**

$$q_{o2pte} = (a'Le/ Td) + (b'.Xa./24)$$

Td : période diurne en heures Td= 16h.

$$q_{o2pte} = (0,6. 2575.42/16) + (0,1. 13680 /24) = 167.38 \text{ Kg O}_2/\text{h}.$$

---



---


$$q_{O2pte}=167.38 \text{ Kg O}_2/\text{h}$$


---



---

**VI-4-1-6-Calcul des besoins réels en oxygène**

En réalité, le transfert d'air atmosphérique vers l'eau épurée se trouve gênée par la présence dans les eaux usées des matières en suspension (MES) et d'agent tensio-actif.

Le passage des conditions théoriques aux conditions réelles s'effectue à l'aide des coefficients correcteurs.

$$q_{O2 \text{ réel}} = \frac{q_{O2}}{\alpha.\beta} \dots\dots\dots (VI.16)$$

- ✓  $\alpha$ : Rapport des coefficients de transfert d'eau usée en eau propre. Les coefficients de transfert dépendants de la nature de l'eau (MES, tensio-actif) et du système d'aération.

$$\alpha = \frac{Cs (\text{eau usée})}{Cs (\text{eau épurée})} = 0.8 \text{ [6]}$$

- ✓  $\beta$  : Tel que :  $0.8 \leq \beta \leq 0.95$ , [6]                      On prend :  $\beta=0,85$

Horaires :             $q_{o2 \text{ réel}} = \frac{167.38}{0.8*0.85} = 246.15 \text{ Kg O}_2/\text{h}$

---



---


$$q_{O2\text{réel}}=246.15 \text{ Kg O}_2/\text{h}$$


---



---

Journalier :         $q_{o2 \text{ réel jour}} = \frac{2913.252}{0.8*0.85} = 4284.2 \text{ Kg O}_2/\text{j}.$

---



---


$$q_{O2\text{réel}}=4284.2 \text{ Kg O}_2/\text{j}$$


---



---

**VI-4-1-7-Calcul des caractéristiques de l'aérateur**

**1- Calcul des besoins en énergie dans le bassin d'aération (E<sub>n</sub>)**

Les apports spécifiques des aérateurs de surface ont souvent été compris entre 1et 2  $\text{kg O}_2 / \text{kwh}$

$$E_n = \frac{q_{O_2}}{E_a} \dots\dots\dots (VI.17)$$

- ✓ E<sub>n</sub>: Puissance de l'aération nécessaire.
- ✓ q<sub>o2</sub> : besoin réel en oxygène de pointe (kg/h)
- ✓ E<sub>a</sub>: quantité d'O<sub>2</sub> par unité de puissance.

On prend : E<sub>a</sub>= 1.5 kgO<sub>2</sub>/ kwh [3]

$$\text{Donc : } E_n = \frac{246.15}{1.5} = 164.1 \text{ Kw}$$

---



---


$$E_n=164.1 \text{ Kw}$$


---



---

## 2- Puissance de brassage

Pour le brassage nous allons utiliser le système à aérateur mécanique de surface vu qu'il présente un très bon rendement, et sont largement utilisés de nos jours dans les stations d'épuration. Ils sont caractérisés par une vitesse élevée et un flux axial.

Les avantages de l'aérateur de surface sont :

- ✧ Coût d'investissement faible ;
- ✧ Maintenance et exploitation facile ;
- ✧ Bonne efficacité de transfert ;
- ✧ Bonne adaptation aux fluctuations de débit.

La puissance de brassage est donnée par la relation suivante :

$$E_b = S_h \cdot P_a \dots\dots\dots (VI.18)$$

✓  $P_a$  : puissance spécifique absorbée.

La puissance spécifique absorbée ( $P_a$ ) pour les aérateurs de surface est  $P_a=80\text{w/m}^2$  [6]

✓  $S_h$  : surface horizontale du bassin ( $\text{m}^2$ ).

$$\text{Donc : } E_b = S_h \cdot P_a = 684 \cdot 80 = 54.72 \text{ Kw.}$$

---

---

**$E_b=54.72 \text{ Kw}$**

---

---

## 3- Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin

Le brassage et l'oxydation seront assurés par un nombre d'aérateur ( $N_{\text{aérateur}}$ ) de surface à axe vertical déterminé par la formule suivante :

$$N_a = E_n / E_b$$

$$N_a = 161.1 / 54.72 = 2.95$$

On prend trois aérateurs ( $N_a=3$ ).

---

---

**$N_a=3$**

---

---

D'où le nombre d'aérateurs pour toute l'installation est de 6 aérateurs.

## VI-4-1-8-Bilan de boues

### 1- Calcul de la quantité des boues en excès

La quantité de boues en excès est déterminée par la formule d'ECKENFELDER :

$$\Delta X = X_{\min} + X_{dur} + a_m L_e - b X_a - X_{eff} \dots\dots\dots (VI.19)$$

Avec :

- ✓  $X_{\min}$  : Boues minérales (30 % de MES)
- ✓  $X_{dur}$  : Boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent 0,3 à 0,35 des MVS.
- ✓  $a_m$  : Coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées /g  $\text{DBO}_5$  éliminées).  
 $a_m$  varie entre 0,55 <  $a_m$  < 0,65. On prend  $a_m=0.6$ .
- ✓  $L_e$  : Quantité de  $\text{DBO}_5$  à éliminer (Kg/j).
- ✓  $b$  : Fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène.  
 $b=0,07$
- ✓  $X_a$  : Masse totale de MVS dans le bassin (Kg).
- ✓  $X_{eff}$  : Fuite des MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, on adopte généralement 30mg / l).

Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

La charge journalière en MES à la sortie du déssableur déshuileur est : **4125.83 Kg/j.**

•  $X_{\min} = 0,3 * 4125.83 = 1237.75 \text{ Kg/j}$

$X_{\min} = 1237.75 \text{ Kg/j}$

•  $X_{\text{dur}} = 0.3 \text{ MVS} = 0.3 (0.7 * 4125.83) = 866.424 \text{ kg/j}$

$X_{\text{dur}} = 866.424 \text{ kg/j}$

•  $a_m L_e = 0.6 * 2575.42 = 1545.252 \text{ Kg/j}$

$a_m L_e = 1545.25 \text{ Kg/j}$

•  $b X_a = 0.07 * 13680 = 957.6 \text{ Kg/j}$

$b X_a = 957.6 \text{ Kg/j}$

•  $X_{\text{eff}} = 0.03 * 5337.65 = 160.13 \text{ Kg/j}$

$X_{\text{eff}} = 160.13 \text{ Kg/j}$

Donc :  $\Delta X = 1237.75 + 866.424 + 1545.252 - 957.6 - 160.13 = 2531.51 \text{ Kg/j}$

$\Delta X = 2531.51 \text{ Kg/j}$

**2- Concentration de boues en excès**

$$X_m = \frac{1200}{I_m} \dots\dots\dots \text{(VI.20)}$$

Avec :

- ✓  $X_m$  : Concentration de boues en excès (kg/j).
- ✓  $I_m$  : L'indice de Mohlman. : Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette : (100 : 150 ml/g) [11]

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. [2]

On prend :  $I_m = 120 \text{ ml/g}$ .

D'où :  $X_m = \frac{1200}{120} = 10 \text{ g/l}$ .

$X_m = 10 \text{ g/l}$

**3- Le débit de boues en excès**

Ce débit est donné par :

$$Q_{b \text{ excès}} = \frac{\Delta X}{X_m} \dots\dots\dots \text{(VI.21)}$$

Avec :

- ✓  $\Delta X$  : Quantité de boues en excès ;
- ✓  $X_m$  : concentration des boues en excès.
- ✓  $Q_{b \text{ excès}}$  : Débit des boues en excès.

Donc on aura :  $Q_{b \text{ excès}} = \frac{2531.51}{10} = 253.15 \text{ m}^3/\text{j}$

$Q_{b \text{ excès}} = 253.15 \text{ m}^3/\text{j}$

**4- Le débit spécifique par m<sup>3</sup>de bassin**

Le débit spécifique est donné par la formule suivante :

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{V} \dots\dots\dots(VI.22)$$

Avec :

- ✓ V : volume de bassin (m<sup>3</sup>) ;
- ✓ ΔX : Quantité de boues en excès (Kg/j)

Donc :  $q_{sp} = \frac{2531.51}{5472} = 0.46 \text{ Kg/m}^3/\text{j}$

---

---

**q<sub>sp</sub>=0.46 Kg /m<sup>3</sup>/j**

---

---

**5- Les boues recyclées :**

Le recyclage des boues se fait à fin de maintenir une concentration moyenne de boues dans le bassin d'aération constante, éviter l'accumulation de boues dans le clarificateur et aussi pour avoir un bon rendement épuratoire par optimisation de l'activité de la biomasse bactérienne.

**6- Le taux de recyclage des boues « R »**

- ✓ Il peut varier de 15 à 100% de débit de l'effluent produit. [8]
- ✓ Il est donné par l'expression suivante :

$$R = \frac{[X_a]}{X_m - [X_a]} \dots\dots\dots (VI.23)$$

Avec :

- ✓ R : taux de recyclage(%)
- ✓ [X<sub>a</sub>] : concentration des boues dans le bassin = 2.5 Kg/m<sup>3</sup>

$$R = \frac{2.5}{10 - 2.5} \times 100 = 33.33 \%$$

---

---

**R= 33.33 %**

---

---

**7- Le débit des boues recyclées**

Le débit des boues recyclé est tributaire du débit journalier arrivant à la station d'épuration, il est donné par la formule qui suit :

$$Q_r = R Q_{moyj} \dots\dots\dots (VI.24)$$

Donc on aura :

$$Q_r = 0.3333 \times 5337.65 = 1779.04 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

**Q<sub>r</sub>=1779.04 m<sup>3</sup>/j**

---

---

**8- Age des boues**

C'est le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et celles extraites quotidiennement. Il précise le temps de séjour moyens des boues dans l'aérateur.

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta X} \dots\dots\dots (VI.25)$$

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

Avec :

- ✓  $A_b$  : Age des boues (j) ;
- ✓  $X_a$  : masse totale des boues dans l'aérateur (Kg)
- ✓  $\Delta X$  : Boues en excès (Kg/j)

$$A_b = \frac{13680}{2531.51} = 5.4 \text{ jours}$$

---

---

$$A_b = 5.4 \text{ jours}$$

---

---

### VI-4-1-9-Dimensionnement du clarificateur (décanteur secondaire)

Nous optons pour un décanteur de forme circulaire, muni d'un pont racleur de surface (récupération des flottants) et un racleur de fond pour une concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage d'où une partie est reprise pour le recyclage et l'autre partie des boues (la fraction en excès) est évacuée vers les ouvrages de traitement des boues.

Données de base :

- ✓ Le temps de séjour :  $t_s = (1,5 \div 2)$  heure. On prend  $t_s = 1,5h$ . [9]
- ✓ Le débit de pointe en temps sec (de la station) :  $Q_{pts} = 404.352 \text{ m}^3/h$

#### a. Le volume du clarificateur

$$V = Q_p \cdot t_s = 404.352 \cdot 1,5 = 606.53 \text{ m}^3$$

---

---

$$V = 606.53 \text{ m}^3$$

---

---

#### b. Hauteur du clarificateur

La hauteur du décanteur est :  $H = (3 \div 5)$  m.

On prend :  $H = 4$  m

---

---

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

---

---

#### c. La surface horizontale du décanteur

$$S_h = V/h = 606.53 / 4 = 151.63 \text{ m}^2$$

---

---

$$S_h = 151.63 \text{ m}^2$$

---

---

#### d. Le diamètre du décanteur

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{4 \times 606.53}{3.14 \times 4}} = 13.9 \text{ m}$$

---

---

$$D = 13.9 \text{ m}$$

---

---

#### e. Le temps de séjour

$$T_s = V / Q$$

- ✓ Pour le débit moyen horaire

$$T_{s(Q_{moy})} = V / Q_{moy} = 606.53 / 222.4 = 2.73 \text{ h}$$

---

---

$$T_{s(Q_{moy})} = 2.73 \text{ h}$$

---

---

#### \* Horizon 2042 (extension)

Pour l'horizon 2042, le clarificateur sera dimensionné avec la différence des débits des deux horizons, et le bassin d'aération avec la différence des charges polluantes.

##### ☞ Le débit

$$Q_p = Q_{p(2042)} - Q_{p(2027)} = 0.139 - 0.112 = 0.0274 \text{ m}^3/s.$$

Avec :

- ✓  $Q_p$  : Débit de pointe (débit de la station).

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

### ☞ La charge polluante

$$DBO_5 = DBO_5(2042) - DBO_5(2027) = 3470.96 - 2735.55 = 735.41 \text{ Kg/j.}$$

$$MES = 1109.184 \text{ Kg/j. (à la sortie du dessableur déshuileur)}$$

Les résultats de dimensionnement sont reportés sur le tableau VI.7 :

**Tableau VI.7 : Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur (2027 et 2042)**

Désignation	Unité	Horizons	
		2027	2042
<b>Données de base</b>			
-Débit moyen journalier $Q_{\text{moy j}}$	$\text{m}^3/\text{j}$	5337.65	1434.96
-Débit moyen horaire $Q_{\text{moy h}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	222.40	59.79
-Débit de pointe $Q_{\text{pts}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	404.352	98.64
-Charge polluante à l'entrée $L_o$	$\text{Kg/j}$	2735.55	735.41
-Concentration de l'effluent en $DBO_5$	$\text{mg/l}$	512.5	512.5
-La charge polluante à la sortie $L_f$	$\text{Kg}DBO_5/\text{j}$	160.13	43.05
-La charge polluante éliminée $L_e$	$\text{Kg}DBO_5/\text{j}$	2575.42	692.36
-Le rendement de l'épuration $\eta_{ep}$	%	94.15	94.15
<b>Dimensions du bassin d'aération</b>			
-Volume du bassin $V$	$\text{m}^3$	5472	2940
-Nombre de bassins	-	2	1
-Hauteur du bassin $H$	$\text{m}$	4.75	4.75
-Surface horizontale du bassin $Sh$	$\text{m}^2$	684	183.85
-Le coté du bassin $L$	$\text{m}$	26.15	13.56
-La masse de boues dans le bassin $X_a$	$\text{Kg}$	13680	3667.05
-Concentration de boues dans le bassin $[X_a]$	$\text{Kg} / \text{m}^3$	2.5	2.5
-Temps de séjours $T_s$			
• débit moyen horaire	$\text{h}$	24,6	24,6
• débit de la station (Débit de pointe)	$\text{h}$	13.52	14,9
<b>Besoins en oxygène</b>			
-Besoins journaliers en oxygène : $q_{O_2}$	$\text{Kg}O_2/\text{j}$	2913.252	782.121
-La quantité d'oxygène horaire $q_{O_2}/24$	$\text{Kg}O_2/\text{h}$	121.39	32.59
-La quantité d'oxygène nécessaire pour un $\text{m}^3$ du bassin $q_{O_2}/\text{m}^3$	$\text{Kg}O_2/\text{m}^3/\text{j}$	0.53	0.53
-Besoin en pointe horaire en oxygène $q_{O_2\text{pte}}$	$\text{Kg}O_2/\text{h}$	167.38	41.24
<b>Aérateur de surface</b>			
-Besoin réel de pointe en oxygène	$\text{Kg} O_2/\text{h}$	246.15	60.65
-La puissance nécessaire de l'aération	$\text{Kw}$	164.1	40.43
-puissance de brassage	$\text{kW}$	54.72	14.71
- nombre d'aérateurs dans le bassin	-	3	3

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

**Tableau VI.7 : Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur (2017 et 2042).**  
(Suite)

Désignation	Unité	Horizons	
		2027	2042
<b>Bilan des boues :</b>			
-Quantité des boues en excès $\Delta X$	Kg/j	2531.51	681.36
-Concentration de boues en excès $X_m$	Kg/m <sup>3</sup>	10	10
-Le débit de boues en excès $Q_{\text{bexcès}}$	m <sup>3</sup> /j	253.15	68.14
-Le débit spécifique par m <sup>3</sup> de bassin $q_{\text{sp}}$	Kg/m <sup>3</sup> .j	0.46	0.46
-Le taux de recyclage des boues R	%	33.33	33.33
-Le débit des boues recyclées $Q_r$	m <sup>3</sup> /j	1779.04	478.27
-Age des boues $A_b$	j	5.4	5.4
<b>Dimensions du clarificateur :</b>			
-forme	circulaire		
-Nombre de bassins	-	1	1
-Volume	m <sup>3</sup>	606.53	147.96
Hauteur	m	4	4
-Surface horizontale	m <sup>2</sup>	151.63	36.99
-Diamètre	m	13.9	6.86
- Temps de séjours $T_s$			
• débit moyen horaire	j	2.73	2.47
• débit de la station	j	1.5	1.5

### VI-4-2-Variante à moyenne charge

Elle se caractérise par :

☞ **Charge massique**

$0,2 < C_m < 0,5 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg.MVS.j}$  On prendra:  $C_m = 0.4 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg MVS j}$

☞ **Charge volumique**

$0,6 < C_v < 1,5 \text{ Kg DBO}_5/ \text{m}^3 / \text{j}$  On prendra :  $C_v = 1.2 \text{ Kg DBO}_5/ \text{m}^3 \text{j.}$

#### VI-4-2-1-Dimensionnement du bassin d'aération

Le bassin d'aération sera de forme rectangulaire de hauteur H, largeur B, et longueur L. Le bassin sera de forme carrée donc  $L=B$ .

La charge polluante à l'entrée du bassin d'aération est :

☞ Charge polluante en  $\text{DBO}_5$  (avec décanteur primaire):

$$L_0 = 1778.11 \text{ kg/j.}$$

☞ Concentration en  $\text{DBO}_5$  :

$$[\text{DBO}_5] = 512.5 \text{ mg/l.}$$

#### 1- Le volume du bassin d'aération

$$C_v = L_0/V$$

✓  $C_v$  : Charge volumique (kg  $\text{DBO}_5/ \text{m}^3 \text{j.}$ )  $C_v = 1.2 \text{ Kg DBO}_5/ \text{m}^3 / \text{j}$

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

- ✓  $L_0$  : charge polluante à l'entrée du bassin (sans décantation primaire) (kg DBO<sub>5</sub>/j).

$$L_0 = 1778.11 \text{ kg/j}$$

D'ou :  $V = L_0/C_v = 1778.11 / 1.2 = 1481.76 \text{ m}^3$

---

---

$$V = 1481.76 \text{ m}^3$$

### 2- La hauteur du bassin

Elle est prise généralement entre 3 et 5m donc on prend :  $H=4\text{m}$ .  
La hauteur de revanche du bassin doit être  $h \geq 80 \text{ cm}$ . On prend  $h=80\text{cm}$

---

---

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

### 3- Surface horizontale du bassin

$$S_h = V/H$$

Avec :

- ✓  $H$  : hauteur du bassin (pris =4m)

- ✓  $V$  : Volume du bassin (m<sup>3</sup>)

$$S_h = 1481.8/4 = 370.43 \text{ m}^2$$

---

---

$$S_h = 370.43 \text{ m}^2$$

### 4- Calcul des dimensions du bassin

$$S_h = L \times B = L^2 \quad \Rightarrow \quad L = \sqrt{370.43} = 19.25\text{m}$$

---

---

$$L = B = 19.25 \text{ m}$$

### 5- Calcul de la masse totale des boues dans le bassin ( $X_a$ )

$$X_a = \frac{L_0}{C_m}$$

Avec :

- ✓  $C_m$  : Charge massique (kg DBO<sub>5</sub>/ kg MVS/j).  $C_m = 0.4 \text{ Kg DBO}_5/\text{ kg MVS/j}$

- ✓  $L_0$  : charge polluante à l'entrée du bassin (sans décantation primaire) (kg DBO<sub>5</sub>/j).

$$L_0 = 2735.55 \text{ kg/j}$$

$$X_a = \frac{L_0}{C_m} = \frac{1778.11}{0.4} = 4445.3 \text{ kg}$$

---

---

$$X_a = 4445.3 \text{ Kg}$$

### 6- Calcul de la concentration de boues dans le bassin [ $X_a$ ]

$$[X_a] = \frac{X_a}{V}$$

Avec :

- ✓  $X_a$  : masse totale des boues dans le bassin (Kg) ;

- ✓  $V$  : Volume du bassin (m<sup>3</sup>) ;

- ✓ [ $X_a$ ] : concentration des boues dans le bassin (Kg/m<sup>3</sup>).

$$[X_a] = \frac{X_a}{V} = \frac{4445.3}{1481.76} = 3 \text{ kg/m}^3$$

---

---

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

**Remarque :** La concentration des boues dans l'aérateur peut également être déterminée par le rapport des charges volumique et massique.

---

---

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

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

$$[Xa] = \frac{Cv}{Cm} = \frac{1.2}{0.4} = 3 \text{ kg/m}^3$$

### 7- Calcul du temps de séjour

$$T_s = \frac{V}{Q}$$

Avec :

- ✓ Q : Débit de la station (m<sup>3</sup>/h) ;
- ✓ V : Volume du bassin (m<sup>3</sup>) ;
- ✓ T<sub>s</sub> : Temps de séjour (h).

#### - Pour le débit moyen horaire

$$T_s = \frac{V}{Q_{\text{moy.h}}} = \frac{1481.76}{222.4} = 6.66\text{h}$$

**T<sub>s</sub>=6.66 h**

#### - Pour le débit de pointe

$$T_s = \frac{V}{Q_{\text{pts}}} = \frac{1481.76}{404.77} = 3.66\text{h}$$

**T<sub>s</sub>=3.66h**

### VI-4-2-2-Calcul de la charge polluante à la sortie

La charge polluante à la sortie a une concentration conforme aux normes de rejets fixées à 30 mg/l de DBO<sub>5</sub>.

$$L_f = [\text{DBO}_5]_f \cdot Q_{\text{moy j}}$$

Avec :

- ✓ Q<sub>moy j</sub> : Débit moyen journalier de la station (m<sup>3</sup>/j) ;
- ✓ [DBO<sub>5</sub>]<sub>f</sub> : Concentration finale de la DBO<sub>5</sub> à la sortie de la station (Kg/m<sup>3</sup>)
- ✓ L<sub>f</sub> : Charge polluante en DBO<sub>5</sub> à la sortie du bassin d'aération.

D'où la charge polluante à la sortie est :

$$L_f = [\text{DBO}_5]_f \cdot Q_{\text{moy j}} = 0,03 \cdot 5337.65 = 160.13 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$$

**L<sub>f</sub>=160.13 Kg DBO<sub>5</sub>/j**

### VI-4-2-3-Calcul de la charge polluante éliminée L<sub>e</sub>

$$L_e = L_0 - L_f$$

Avec :

- ✓ L<sub>e</sub> : charge en DBO<sub>5</sub> éliminée.
- ✓ L<sub>0</sub> : Charge polluante en DBO<sub>5</sub> à l'entrée du bassin d'aération.
- ✓ L<sub>f</sub> : Charge polluante en DBO<sub>5</sub> à la sortie du bassin d'aération.

$$L_0 = 1778.11 \text{ Kg/j}$$

$$L_f = 160.13 \text{ Kg/j}$$

$$L_e = 1778.11 - 160.13 = 1617.98 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$$

**L<sub>e</sub>=1617.98 Kg DBO<sub>5</sub>/j**

**VI-4-2-4-Le rendement épuratoire**

$$\eta_{ep} = (L_0 - L_f) / L_0$$

Avec :

- ✓  $L_0$ : Charge polluante en DBO<sub>5</sub> à l'entrée du bassin d'aération.
- ✓  $L_f$ : Charge polluante en DBO<sub>5</sub> à la sortie du bassin d'aération.
- ✓  $\eta_{ep}$ : Rendement épuratoire.

$$\eta_{ep} = \frac{1778.11 - 160.13}{1778.11} \cdot 100 = 90.1\%$$

---

**$\eta_{ep} = 90.1\%$**

---

**VI-4-2-5-Calcul des besoins en oxygène**

Le calcul théorique de la consommation d'oxygène est donné par la formule :

$$q_{o_2} = a' L_e + b' Xa \quad (\text{Kg/j})$$

- ✓  $L_e$  : DBO<sub>5</sub> éliminée dans le bassin d'aération par jour (Kg).
- ✓  $Xa$  : quantité de boues (MVS) présentes par jour dans le bassin d'aération (Kg)
- ✓  $a'$  : la fraction de pollution transformé en énergie de synthèse au cours de l'épuration et c'est aussi la quantité d'oxygène à fournir aux bactéries pour qu'elles synthétisent la matière vivante à partir d'une pollution.

$$0.48 < a' < 0.65$$

$$a' = 0,6$$

- ✓  $b'$  : Fraction d'oxygène correspondante à la quantité de matière détruite par endogène pour fournir l'énergie d'entretien.

$$0.07 < b' < 0.11$$

$$b' = 0,1$$

- ✓ **Les besoins journaliers en oxygène**

$$q_{o_2} = (0,6 \cdot 1617,98) + (0,1 \cdot 4445,3) = 1415,32 \text{ Kg O}_2/\text{j}.$$

---

**$q_{o_2} = 1415,32 \text{ Kg O}_2/\text{j}$**

---

- ✓ **La quantité d'oxygène horaire**

$$q_{o_2/24} = 1415,32 / 24 = 58,97 \text{ Kg O}_2/\text{h}$$

---

**$q_{o_2} = 58,97 \text{ Kg O}_2/\text{h}$**

---

- ✓ **La quantité d'oxygène nécessaire par m<sup>3</sup> du bassin**

$$q_{o_2/m^3} = q_{o_2} / v = 1415,32 / 1481,76 = 0,96 \text{ Kg O}_2/\text{m}^3/\text{j}$$

---

**$q_{o_2/m^3} = 0,96 \text{ Kg O}_2/\text{m}^3/\text{j}$**

---

- ✓ **La quantité d'oxygène nécessaire en cas de pointe**

$$q_{o_2pte} = (a' L_e / T_d) + (b' \cdot Xa / 24)$$

$T_d$  : période diurne en heures  $T_d = 16\text{h}$ .

$$q_{o_2pte} = (0,6 \cdot 1617,98 / 16) + (0,1 \cdot 4445,3 / 24) = 75,63 \text{ Kg O}_2/\text{h}.$$

---

**$q_{o_2pte} = 75,63 \text{ Kg O}_2/\text{h}$**

---

**VI-4-2-6-Calcul des besoins réels en oxygène**

En réalité, le transfert d'air atmosphérique vers l'eau épurée se trouve gênée par la présence dans les eaux usées des matières en suspension (MES) et d'agent tensio-actif.

Le passage des conditions théoriques aux conditions réelles s'effectue à l'aide des coefficients correcteurs .

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

$$q_{O_2 \text{ réel}} = \frac{q_{O_2}}{\alpha \cdot \beta}$$

- ✓  $\alpha$  : Rapport des coefficients de transfert d'eau usée en eau propre. Les coefficients de transfert dépendants de la nature de l'eau (MES, tensio-actif) et du système d'aération.

$$\alpha = \frac{Cs \text{ (eau usée)}}{Cs \text{ (eau épurée)}} = 0.8$$

- ✓  $\beta$  : Tel que :  $0,8 \leq \beta \leq 0,95$  , On prend :  $\beta = 0,85$

Horaires :  $q_{O_2 \text{ réel}} = \frac{75.63}{0.8 \cdot 0.85} = 111.22 \text{ Kg } O_2/h$

---

---

$$q_{O_2 \text{ réel}} = 111.22 \text{ Kg } O_2/h$$

---

---

Journalier :  $q_{O_2 \text{ réel jour}} = \frac{1415.32}{0.8 \cdot 0.85} = 2081.35 \text{ Kg } O_2/j.$

---

---

$$q_{O_2 \text{ réel}} = 2081.35 \text{ Kg } O_2/j$$

---

---

### VI-4-2-7-Caractéristiques de l'aérateur

#### 1- Calcul des besoins en énergie dans le bassin d'aération ( $E_n$ )

Les apports spécifiques des aérateurs de surface ont souvent été compris entre 1 et 2  $kg O_2 / kwh$ .

$$E_n = \frac{q_{O_2}}{E_a}$$

- ✓  $E_n$ : Puissance de l'aération nécessaire.  
✓  $q_{O_2}$  : besoin réel en oxygène de pointe (kg/h)  
✓  $E_a$ : quantité d' $O_2$  par unité de puissance.

On prend :  $E_a = 1.5 \text{ kg } O_2 / kwh$

$$\text{Donc : } E_n = \frac{111.22}{1.5} = 74.15 \text{ Kw}$$

---

---

$$E_n = 74.15 \text{ Kw}$$

---

---

#### 2- Puissance de brassage

Pour le brassage nous allons utiliser le système à aérateur mécanique de surface vu qu'il présente un très bon rendement, et sont largement utilisés de nos jours dans les stations d'épuration. Ils sont caractérisés par une vitesse élevée et un flux axial.

Les avantages de l'aérateur de surface sont :

- ✧ Coût d'investissement faible ;
- ✧ Maintenance et exploitation facile ;
- ✧ Bonne efficacité de transfert ;
- ✧ Bonne adaptation aux fluctuations de débit.

La puissance de brassage est donnée par la relation suivante :

$$E_b = S_h \cdot P_a$$

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

✓  $P_a$  : puissance spécifique absorbée.

La puissance spécifique absorbée ( $P_a$ ) pour les aérateurs de surface est  $P_a=80\text{w/m}^2$

✓  $S_h$  : surface horizontale du bassin ( $\text{m}^2$ ).

$$\text{Donc : } E_b = S_h \cdot P_a = 370.44 \cdot 80 = 29.64 \text{ Kw.}$$

---

---

$$E_b = 29.64 \text{ Kw}$$

---

---

### 3- Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin

Le brassage et l'oxydation seront assurés par un nombre d'aérateur ( $N_{\text{aérateur}}$ ) de surface à axe vertical déterminé par la formule suivante :

$$N_a = E_n / E_b$$
$$N_a = 74.15 / 29.64 = 2.5$$

On prend trois aérateurs ( $N_a=3$ ).

---

---

$$N_a = 3$$

---

---

### VI-4-2-8-Bilan de boues

#### 1- Calcul de la quantité des boues en excès

La quantité de boues en excès est déterminée par la formule d'ECKENFELDER :

$$\Delta X = X_{\min} + X_{\text{dur}} + a_m L_e - b X_a - X_{\text{eff}}$$

Avec :

- ✓  $X_{\min}$  : Boues minérales (30 % de MES)
- ✓  $X_{\text{dur}}$  : Boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent 0,3 à 0,35 des MVS.
- ✓  $a_m$  : Coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées /g  $\text{DBO}_5$  éliminées).  
 $a_m$  : Varie entre 0, 55 <  $a_m$  < 0, 65. On prend  $a_m = 0.6$ .
- ✓  $L_e$  : Quantité de  $\text{DBO}_5$  à éliminer ( $\text{Kg/j}$ ).
- ✓  $b$  : Fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène.  
 $b = 0,07$
- ✓  $X_a$  : Masse totale de MVS dans le bassin ( $\text{Kg}$ ).
- ✓  $X_{\text{eff}}$  : Fuite des MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, on adopte généralement 30mg / l).

La charge journalière en MES à la sortie du decanteur primaire est : **1650.33 Kg/j**.

$$X_{\min} = 0,3 \cdot 1650.33 = 495.1 \text{ Kg/j}$$

$$X_{\text{dur}} = 0.3 \text{ MVS} = 0.3 (0.7 \cdot 1650.33) = 346.57 \text{ kg/j}$$

$$a_m L_e = 0.6 \cdot 1617.98 = 970.788 \text{ Kg/j}$$

$$b X_a = 0.07 \cdot 4445.3 = 311.171 \text{ Kg/j}$$

$$X_{\text{eff}} = 0.03 \cdot 5337.65 = 160.13 \text{ Kg/j}$$

Donc on aura :

$$\Delta X = 495.1 + 346.57 + 970.788 - 311.171 - 160.13 = 1129.16 \text{ Kg/j}$$

---

---

$$\Delta X = 1129.16 \text{ Kg/j}$$

---

---

## 2- Concentration de boues en excès

$$X_m = \frac{1200}{I_m}$$

Avec :

- ✓  $X_m$  : Concentration de boues en excès (kg/j).
- ✓  $I_m$  : L'indice de Mohlman. : Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette : (100 :150 ml/g)

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 :  $I_m = 120$  ml/g.

$$\text{D'où : } X_m = \frac{1200}{120} = 10 \text{ g/l.}$$

---

---

$$X_m = 10 \text{ g/l}$$

---

---

## 3- Le débit de boues en excès

Ce débit est donné par :

$$Q_{b \text{ excès}} = \frac{\Delta X}{X_m}$$

Avec :

- ✓  $\Delta X$  : Quantité de boues en excès ;
- ✓  $X_m$  : concentration des boues en excès.
- ✓  $Q_{b \text{ excès}}$  : Débit des boues en excès.

$$\text{Donc on aura : } Q_{b \text{ excès}} = \frac{1129.16}{10} = 112.92 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

$$Q_{b \text{ excès}} = 112.92 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

## 4- Le débit spécifique par m<sup>3</sup> de bassin

Le débit spécifique est donné par la formule suivante :

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{V}$$

Avec :

- ✓  $V$  : volume de bassin (m<sup>3</sup>) ;
- ✓  $\Delta X$  : Quantité de boues en excès (Kg/j)

$$\text{Donc : } q_{sp} = \frac{1129.16}{1481.76} = 0.76 \text{ Kg/m}^3/\text{j}$$

---

---

$$q_{sp} = 0.76 \text{ Kg /m}^3/\text{j}$$

---

---

## 5- Les boues recyclées

Le recyclage des boues se fait à fin de maintenir une concentration moyenne de boues dans le bassin d'aération constante, éviter l'accumulation de boues dans le clarificateur et aussi pour avoir un bon rendement épuratoire par optimisation de l'activité de la biomasse bactérienne.

## 6- Le taux de recyclage des boues « R »

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

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

$$R = \frac{[X_a]}{X_m - [X_a]}$$

- R : taux de recyclage(%)

-  $[X_a]$  : concentration des boues dans le bassin = 2.5 Kg/m<sup>3</sup>

$$R = \frac{3}{10-3} \times 100 = 42.85 \%$$

---

---

$$R = 42.85 \%$$

---

---

### 7- Le débit des boues recyclées

Le débit des boues recyclé est tributaire du débit journalier arrivant à la station d'épuration, il est donné par la formule qui suit :

$$Q_r = R Q_{\text{moy j}}$$

Donc on aura:

$$Q_r = 0.4285 \times 5337.65 = 2287.56 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

$$Q_r = 2287.56 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

### 8- Age des boues

C'est le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et celles extraites quotidiennement. Il précise le temps de séjour moyens des boues dans l'aérateur.

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

Avec :

- ✓  $A_b$  : Age des boues (j) ;
- ✓  $X_a$  : masse totale des boues dans l'aérateur (Kg)
- ✓  $\Delta X$  : Boues en excès (Kg/j)

$$A_b = \frac{4445.3}{1129.16} = 3.94 \text{ jours}$$

---

---

$$A_b = 3.94 \text{ jours}$$

---

---

### VI-4-2-9-Dimensionnement du clarificateur (décanteur secondaire)

Nous optons pour un décanteur de forme circulaire, muni d'un pont racleur de surface (récupération des flottants) et un racleur de fond pour une concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage d'où une partie est reprise pour le recyclage et l'autre partie des boues (la fraction en excès) est évacuée vers les ouvrages de traitement des boues.

#### Données de base

- ✓ Le temps de séjour :  $t_s = (1,5 \div 2)$  heure. On prend  $t_s = 1,5\text{h}$ .
- ✓ Le débit de pointe (débit de la station) :  $Q_{\text{pts}} = 404.352 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Remarque

Le dimensionnement du clarificateur est le même que pour la variante à faible charge.

#### \* Horizon 2042 (extension)

Pour l'horizon 2042, le clarificateur sera dimensionné avec la différence des débits des deux horizons, et le bassin d'aération avec la différence des charges polluantes.

#### ☞ Le débit

$$Q_p = Q_{p(2042)} - Q_{p(2027)} = 0.139 - 0.112 = 0.0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

Avec :

- ✓  $Q_p$  : Débit de pointe (débit de la station).

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

### ☞ La charge polluante (à la sortie du décanteur primaire)

DBO<sub>5</sub> = 478.02 Kg/j.

MES = 443.67 Kg/j.

Les résultats de dimensionnement sont reportés sur le tableau VI.8:

**Tableau VI.8:** Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur pour les deux horizons 2027 et 2042.

Désignation	Unité	Horizons	
		2027	2042
<b>Données de base</b>			
-Débit moyen journalier $Q_{moy j}$	m <sup>3</sup> /j	5337.65	1434.96
-Débit moyen horaire $Q_{moy h}$	m <sup>3</sup> /h	222.40	59.79
-Débit de pointe $Q_{pts}$	m <sup>3</sup> /h	404.352	98.64
-Charge polluante à l'entrée $L_o$	Kg/j	1778.11	478.02
-Concentration de l'effluent en DBO <sub>5</sub>	mg/l	512.5	512.5
-La charge polluante à la sortie $L_f$	KgDBO <sub>5</sub> /j	160.13	43.05
-La charge polluante éliminée $L_e$	KgDBO <sub>5</sub> /j	1617.98	434.97
-Le rendement de l'épuration $\eta_{ep}$	%	90.1	90.1
<b>Dimensions du bassin d'aération</b>			
-Volume du bassin V	m <sup>3</sup>	1481.76	398.35
-Nombre de bassins	-	1	1
-Hauteur du bassin H	m	4.75	4.75
-Surface horizontale du bassin $S_h$	m <sup>2</sup>	370.44	99.59
-Le coté du bassin L	m	19.3	10
-La masse de boues dans le bassin X <sub>a</sub>	Kg	4445.3	1195.05
-Concentration de boues dans le bassin [X <sub>a</sub> ]	Kg / m <sup>3</sup>	3	3
-Temps de séjours T <sub>s</sub>			
• débit moyen horaire	h	6.66	6.66
• débit de la station (Débit de pointe)	h	3.66	4.04
<b>Besoins en oxygène</b>			
-Besoins journaliers en oxygène : $q_{O_2}$	KgO <sub>2</sub> /j	1415.32	382.29
-La quantité d'oxygène horaire $q_{O_2/24}$	KgO <sub>2</sub> /h	58.97	15.93
-La quantité d'oxygène nécessaire pour un m <sup>3</sup> du bassin $q_{O_2/m^3}$	KgO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> .j	0.96	0.96
-Besoin en pointe horaire en oxygène $q_{O_2pte}$	KgO <sub>2</sub> /h	75.63	21.29
<b>Aérateur de surface</b>			
-Besoin réel de pointe en oxygène	Kg O <sub>2</sub> /h	111.22	31.31
-La puissance nécessaire de l'aération	Kw	74.15	20.87
-puissance de brassage	kW	29.64	7.97
- nombre d'aérateurs dans le bassin	-	3	3
<b>Bilan des boues</b>			
-Quantité des boues en excès $\Delta X$	Kg/j	1129.16	360.55
-Concentration de boues en excès X <sub>m</sub>	Kg/m <sup>3</sup>	10	10
-Le débit de boues en excès $Q_{bexcés}$	m <sup>3</sup> /j	112.92	36.06
-Le débit spécifique par m <sup>3</sup> de bassin $q_{sp}$	Kg/m <sup>3</sup> .j	0.76	0.91

Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

**Tableau VI.8:** Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur pour les deux horizons 2027 et 2042.(suite)

Désignation	Unité	Horizons	
		2027	2042
-Le taux de recyclage des boues R	%	0.76	42.85
-Le débit des boues recyclées Q <sub>r</sub>	m <sup>3</sup> /j	42.85	614.89
-Age des boues A <sub>b</sub>	j	2287.56	3.31
		3.94	
<b>Dimensions du clarificateur</b>			
-forme	circulaire		
-Nombre de bassins	-	1	1
-Volume	m <sup>3</sup>	606.53	147.96
Hauteur	m	4	4
-Surface horizontale	m <sup>2</sup>	151.63	36.99
-Diamètre	m	13.9	6.86
- Temps de séjours T <sub>s</sub>			
• débit moyen horaire	j	2.73	2.47
• débit de la station	j	1.5	1.5

**VI-5-Le traitement tertiaire (la désinfection)**

Pour des raisons économiques et de disponibilité, la désinfection se fera par l'hypochlorite de sodium aussi appelé eau de javel.

Le traitement tertiaire est le même pour les deux variantes, à faible et moyenne charge.

**\* Horizon 2027**

**VI-5-1-Calcul de la dose de chlore à injecter**

Pour traiter un effluent dans des conditions normales, la dose de chlore nécessaire varie de 5 à 10 mg/l pour un temps de contact de 30 minutes. [14]

On utilisera une dose de 10 mg/l. La dose journalière en chlore sera donc:

$$D_j = Q_{\text{moy j}} * Cl_2 = 5337.65 * 0.01 = 53.38 \text{ Kg/j.}$$

---

**D<sub>j</sub>=53.38 Kg/j**

---

**VI-5-2-Calcul de la quantité d'eau de javel**

On prend une solution d'hypochlorite à 20°C. [8]

1° de chlorométrie	→	3.17 g de Cl <sub>2</sub> /l NaClO	}	C <sub>javel</sub> = 20 * 3.17/1 = 63.4g Cl <sub>2</sub> /NaClO
20° de chlorométrie	→	C <sub>javel</sub>		

---

**C<sub>javel</sub>=63.4g Cl<sub>2</sub>/l NaClO**

---

**VI-5-3-Quantité journalière d'hypochlorite de sodium**

1m <sup>3</sup> de NaClO	→	63.4 Kg de Cl <sub>2</sub>	}	Q <sub>j</sub> = 53.38/63.4 = 0.84 m <sup>3</sup> NaClO/j
Q <sub>j</sub>	→	53.38Kg		

---

**Q<sub>j</sub> = 0.84 m<sup>3</sup> NaClO/j**

---

**VI-5-4-Quantité annuelle d'hypochlorite de sodium**

$$Q_a = Q_j * 365 = 306.6 \text{ m}^3 \text{ NaClO/an}$$

---

---

$$Q_a = 306.6 \text{ m}^3 \text{ NaClO/an}$$

---

---

**VI-5-5-Dimensionnement du bassin de désinfection**

- $Q_{pts} = 404.35 \text{ m}^3/\text{h}$  (débit de pointe);
- $T_s = 30 \text{ mn}$  ;
- Le bassin est de forme rectangulaire ;

**1- Le volume du bassin**

$$V = Q_{pte} * T_s = 404.35 * 30/60 = 202.18 \text{ m}^3$$

---

---

$$V = 202.18 \text{ m}^3$$

---

---

**2- La hauteur du bassin**

On fixe  $H = 3\text{m}$

---

---

$$H = 3\text{m}$$

---

---

**3- La surface horizontale**

$$S_h = V/H = 202.18 / 3 = 67.39 \text{ m}^2$$

---

---

$$S_h = 67.39 \text{ m}^2$$

---

---

**4- La largeur et la longueur**

On prend :  $L = 2 * B$

Donc on aura:  $B = \sqrt{(S_h / 2)} = 5.8\text{m}$

---

---

$$B = 5.8\text{m}$$

---

---

Alors :  $L = 2 * 5.8 = 11.6\text{m}$

Avec :

- ✓ L : longueur du bassin de désinfection.
- ✓ B : largeur du bassin de désinfection.

---

---

$$L = 11.6\text{m}$$

---

---

**\* Horizon 2042**

Pour l'horizon 2042 on dimensionne le bassin de désinfection avec la différence des débits des deux horizons à savoir :

☞ **Le débit moyen journalier**

$$Q_{moy j} = Q_{moy j(2042)} - Q_{moy j(2027)} = 6772.61 - 5337.65 = 1434.96 \text{ m}^3/\text{j}$$

☞ **Le débit de la station**

$$Q_p = Q_{p(2042)} - Q_{p(2027)} = 0.139 - 0.112 = 0.0274 \text{ m}^3/\text{s}$$

La forme du bassin de désinfection reste la même pour les deux horizons. Les résultats de dimensionnement pour les deux horizons sont reportés dans le tableau suivant :

**Tableau VI.9 :** Dimensions du bassin de désinfection.

Caractéristiques du bassin	Unité	Horizon	
		2027	2042
Dose journalière en chlore (D <sub>j</sub> )	Kg/j	53.38	14.35
Quantité d'hypochlorite journalière (Q <sub>j</sub> )	m <sup>3</sup> /j	0.84	0.23
Quantité d'hypochlorite annuelle (Q <sub>a</sub> )	m <sup>3</sup> /an	306.6	82.61
Volume	m <sup>3</sup>	202.18	49.32
Hauteur	m	3	3
surface horizontale	m <sup>2</sup>	67.38	16.44
Longueur	m	11.6	5.74
Largeur	m	5.8	2.87

**VI-6-Traitement des boues**

**VI-6-1-Variante à faible charge**

\* **Horizon 2027**

**VI-6-1-1-Epaississeur**

Etant donné l'absence du décanteur primaire dans la variante à faible charge, l'épaississeur reçoit les boues secondaires uniquement :

**1- Les boues issues du décanteur secondaire**

Les boues secondaires représentent les boues en excès : DX<sub>s</sub>= 2531.51 Kg/j.

$$\underline{\underline{DX_s = 2531.51 \text{ Kg/j}}}$$

**2- La concentration des boues**

A l'entrée de l'épaississeur les boues fraîches ont les concentrations moyennes suivantes :

- Boues secondaire : (10÷30) g/l [11]

**3- Le débit arrivant du décanteur secondaire (le débit total)**

$$Q_t = Q_2 = DX_s / S_2 = 2531.51 / 10 = \mathbf{253.15 \text{ m}^3/\text{j}}$$

On prendra S<sub>2</sub>=10 g/l

$$\underline{\underline{Q_t = 253.15 \text{ m}^3/\text{j}}}$$

**4- Le volume de l'épaississeur**

$$V = Q_t \cdot T_s = 253.15 * 2 = 506.3 \text{ m}^3$$

T<sub>s</sub> : temps de séjours = 2j

$$\underline{\underline{V = 506.3 \text{ m}^3}}$$

**5- La surface horizontale**

Pour une profondeur de H = 4m. On calcule :

$$S_h = V / H = 506.3 / 4 = 126.58 \text{ m}^2$$

$$\underline{\underline{S_h = 126.58 \text{ m}^2}}$$

**6- Le diamètre**

Notre épaississeur a une forme circulaire de diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_h}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 126.58}{\pi}} = 12.7 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{D = 12.7 \text{ m}}}$$

**7- Calcul du débit des boues épaissies**

La concentration des boues après épaississement par décantation est de l'ordre de 80 à 100 g/l. [9] on prend :  $C_{be} = 85 \text{ g/l}$ .

$$Q_d = DX_t / 85 = 2531.51 / 85 = 29.78 \text{ m}^3/\text{j}.$$

---

---

$$Q_d = 29.78 \text{ m}^3/\text{j}.$$

**VI-6-1-2-Lits de séchage**

**1- Calcul des lits de séchage**

Nous avons choisi les dimensions suivantes

$$b=8\text{m}; L=20\text{m}; H=0.4\text{m}$$

**2- Le volume de boues épandues sur chaque lit**

$$V = b * L * H$$

---

---

$$V = 64\text{m}^3$$

**3- La quantité des boues à extraire quotidiennement**

Le séchage des boues se fera quotidiennement avec une période de latence correspondant à la période d'enlèvement des boues séchées et de nettoyage des lits.

La concentration des boues du stabilisateur varie entre 80 à 100 g/l. [4]

on la prend = 85 g/l.

D'où le volume journalier des boues à extraire est :  $V_1 = 29.78 \text{ m}^3$ .

---

---

$$V_1 = 29.78\text{m}^3$$

**4- Nombre de lits nécessaires à chaque épandage**

$N > v_1 / v = 29.78/64 = 0.46$  on prend  $n=1$

---

---

$$N=1$$

**5- Volume des boues épandues par lit et par an**

Il est généralement admis que chaque lit sert 12 fois par an :

$$V_2 = 12 * V = 12 * 64 = 768\text{m}^3$$

---

---

$$V_2 = 768\text{m}^3$$

**6- Volume des boues à sécher par an**

$$V_{ba} = v_1 * 365 = 29.78 * 365 = 10869.7\text{m}^3$$

---

---

$$V_{ba} = 10869.7\text{m}^3$$

**7- Nombre de lits nécessaire**

$N > v_{ba} / v_2 = 10869.7 / 768 = 14.15$  lits

**8- Surface nécessaire**

$$S = S_0 * N$$

Où :  $S_0$  c'est la surface du lit de séchage :  $S_0 = L * b = 20 * 8 = 160\text{m}^2$

$$S = 160 * 15 = 2400 \text{ m}^2.$$

---

---

$$S = 2400 \text{ m}^2.$$

**\* Horizon 2042**

Le dimensionnement de l'épaississeur pour l'horizon 2042 est basé sur le le même principe que pour 2027. Les résultats de dimensionnement pour les deux horizons sont reportés dans le tableau suivant :

**Tableau VI.10:** Dimensionnement de l'épaisseur et lit de séchage (2027 et 2042).

Désignations	unité	Horizons	
		2027	2042
<b>Dimensions de l'épaisseur</b>			
Boues issues du décanteur secondaire	kg/j	2531.51	681.36
Le débit total de boues issues du décanteur secondaire	m <sup>3</sup> /j	253.15	68.14
Hauteur	m	4	4
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	126.58	34.07
Volume	m <sup>3</sup>	506.3	136.28
Diamètre	m	12.7	6.6
<b>Lits de séchage</b>			
Le volume de boues épandues sur chaque lit	m <sup>3</sup>	64	64
Le volume des boues à extraire / j	m <sup>3</sup> /j	29.78	8.02
Volume des boues épandues par lit et par an	m <sup>3</sup>	768	768
Volume des boues à sécher par an	m <sup>3</sup>	10869.7	2927.3
Nombre de lits nécessaire	-	14	4
Surface nécessaire	m <sup>2</sup>	2400	640

**VI-6-2-Variante à moyenne charge**

✱ **Horizon 2027**

**VI-6-2-1-L'épaisseur**

Il reçoit les boues issues du décanteur primaire et secondaire.

La production journalière des boues est de:

**1- Boues issues du décanteur primaire**

La boue primaire :  $DX_p = DBO_{5\text{éliminée}} + MES_{\text{éliminée}}$

$$DX_p = 957.44 + 2475.5 = 3432.94 \text{ Kg/j}$$

**2- Boues issues du décanteur secondaire**

Boues secondaire  $DX_s = 2531.51 \text{ Kg/j}$  (Représente les boues en excès)

**3- La quantité totale journalière des boues sera**

$$DX_t = DX_p + DX_s = 3432.94 + 2531.51 = 5964.45 \text{ Kg/j}$$

---


$$DX_t = 5964.45 \text{ Kg/j}$$


---

**4- La concentration des boues**

A l'entrée de l'épaisseur les boues fraîches ont les concentrations moyennes suivantes :

- Boues primaires : (20÷30) g/l [11]

- Boues secondaire : (10÷30) g/l [11]

**5- Calcul du débit journalier reçu par l'épaisseur**

Calcul du débit journalier de boues entrant dans l'épaisseur :

**a- Le débit arrivant du décanteur primaire**

$$Q_1 = DX_p / S_1$$

$DX_p$  : quantité issues du décanteur primaire

$S_1$  : concentration des boues. On prendra  $S_1 = 25 \text{ g/l}$

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

$$Q_1 = 3432.94 / 25 = 137.32 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

$$Q_1=137.32 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

### **b- Le débit arrivant du décanteur secondaire**

$$Q_2 = DX_s / S_2$$

S<sub>2</sub>: concentration des boues. On prendra S<sub>2</sub>=10 g/l

$$Q_2 = 2531.51 / 10 = 253.15 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

$$Q_2=253.15 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

### **c- Le débit total (Q<sub>t</sub>)**

$$Q_t = Q_1 + Q_2 = 137.32 + 253.15 = 290.47 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

$$Q_t=290.47 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

### **d- La concentration du mélange (S)**

$$S = DX_t / Q_t = 5964.45 / 290.47 = 20.53 \text{ Kg/m}^3$$

---

---

$$S=20.53 \text{ Kg/m}^3$$

---

---

### **6- Le volume de l'épaississeur**

$$V = Q_t \cdot T_s = 290.47 \cdot 2 = 580.94 \text{ m}^3$$

T<sub>s</sub> : temps de séjours = 2j.

---

---

$$V= 506.3 \text{ m}^3$$

---

---

### **7- La surface horizontale**

Pour une profondeur de H = 3m. On calcule :

$$S_h = V / H = 506.3 / 3 = 168.77 \text{ m}^2$$

---

---

$$S_h=168.77 \text{ m}^2$$

---

---

### **8- Le diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_h}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 168.77}{\pi}} = 14.66 \text{ m}$$

---

---

$$D=14.66\text{m}$$

---

---

### **9- Caractéristiques des boues épaissies**

La concentration des boues après épaississement par décantation est de 1 ordre de 80 à 100 g/l.

### **10- Calcul du débit des boues épaissies**

$$C_{be} = 85 \text{ g/l.}$$

$$Q_d = DX_t / 85 = 5964.45 / 85 = 70.17 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

$$Q_d = 70.17 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

## **VI-6-2-2-Stabilisateur aérobie**

Le but de la stabilisation est d'éliminer dans la phase de respiration endogène 45% de MVS contenues dans les boues.

L'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface ou insufflation d'air pour maintenir une concentration d'oxygène au moins égale à 2mg / l. [4]

### **1- La quantité de MVS contenue dans les boues**

$$MES = 4125.83 \text{ kg/j}$$

$$MM = 1237.75 \text{ kg/j}$$

$$MVS = 2888.08 \text{ kg/j}$$

### **2- La quantité de MVS à la sortie du bassin de stabilisation**

$$MVS_s = MVS - 0,45 \cdot MVS = 2888.08 - 0,45 \cdot 2888.08 = 1588.44 \text{ kg/j}$$

---

---

$$MVS_s=1588.44 \text{ kg/j}$$

---

---

### **3- Temps de séjour**

L'élimination des MVS est souvent traduite par la relation suivante :

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

$$B_a = B_{a0} \cdot 1^{K_s T} \dots\dots\dots(VI.26)$$

- ✓  $B_{a0}$  : représente la quantité de MVS au temps initiale ;
- ✓  $B_a$  : représente la quantité de MVS au temps  $t$  ;
- ✓  $K_s$  : le taux d'élimination des MVS qui dépend de la boue, de la température et également des traitements précédant la digestion.

Les valeurs de  $K_s$  varient entre 0,5 et 0,05, nous prenons  **$K_s=0,05$** .

L'alimentation se faisant régulièrement une fois par jour et le mélange étant inégale, la fraction volatile de boues maintenues dans le bassin sera telle que :

$$B_a = B_{a0} 1^{K_s T} = 0.95 \cdot B_{a0}$$

Et la fraction volatile stabilisée sera :

$$(1-0.95) B_a = 45\% \text{ de MVS stabilisé}$$

$$0,05 B_a = 0.45 \cdot 1588.44 = 714.8 \text{ kg} \Rightarrow B_a = 14296 \text{ kg}$$

---

---

$$B_a = 14296 \text{ kg}$$

---

---

L'extraction journalier est de 1588.44 Kg MVS /J, l'âge des boues en stabilisation sera donc :

$$T = \frac{14296}{1588.44} = 9 \text{ jours}$$

---

---

$$T = 9 \text{ jours}$$

---

---

### 4- Boues en excès dans le stabilisateur

$$Q_{\text{exces}} = MM + (MVS)_{\text{sortie}} = 1237.75 + 1588.44 = 2826.19 \text{ Kg de boues / jour}$$

---

---

$$Q_{\text{exces}} = 2826.19 \text{ Kg/ jour}$$

---

---

### 5- Dimensionnement du bassin de stabilisation

#### a- La masse de boue à maintenir dans le stabilisateur ( $M_b$ )

$$M_b = Q_{\text{exces}} \cdot t = 2826.19 \cdot 9 = 25435.71 \text{ Kg}$$

---

---

$$M_b = 25435.71 \text{ Kg}$$

---

---

Sachant que les boues épaissies peuvent atteindre des taux de concentration  $C_{be}$  de 80 à 100 g/l, on prend  **$C_{be} = 85 \text{ g/l}$** .

#### b- Volume du bassin de stabilisation

$$V = M_b / C_{be} = 25435.71 / 85 = 299.24 \text{ m}^3$$

---

---

$$V = 299.24 \text{ m}^3$$

---

---

#### c- Surface horizontale

On prend la profondeur du bassin de stabilisation  **$H = 4 \text{ m}$**

$$S_h = V / H = 299.24 / 4 = 74.81 \text{ m}^2$$

---

---

$$S_h = 74.81 \text{ m}^2$$

---

---

#### d- La largeur de bassin

Notre stabilisateur a une forme rectangulaire et la surface est donnée par :  $S_h = L \cdot l$

$$\text{On a : } L = 2.1 \Rightarrow l = \sqrt{S_h / 2} = 6.12 \text{ m}$$

---

---

$$l = 6.12 \text{ m}$$

---

---

#### e- La longueur de bassin

$$L = 2.1 = 2 \cdot 6.12 = 12.24 \text{ m}$$

---

---

$$L = 12.24 \text{ m}$$

---

---

**f- Aération du bassin de stabilisation**

La quantité d'air nécessaire s'effectuera à l'aide des aérateurs de surface 2 kg O<sub>2</sub> /kg MVS détruit

-La masse des boues détruites par jour est de 1588.44 kg/j

$$DO_2 = 2 \cdot 1588.44 = 3176.88 \text{ kg O}_2/\text{j}$$

---

---

$$DO_2 = 3176.88 \text{ kg O}_2/\text{j}$$

---

---

**VI-6-2-3-Lits de séchage**

**1- Calcul des lits de séchage**

Nous avons choisi les dimensions suivantes :

b=8m; L=20m; H=0,4m.

$$V = b * L * H$$

---

---

$$V = 64 \text{ m}^3$$

---

---

**2- Le volume de boues épandues sur chaque lit**

Le séchage des boues se fera quotidiennement avec une période de latence correspondant à la période d'enlèvement des boues séchées et de nettoyage des lits.

La quantité des boues à extraire quotidiennement est :

$$Q_f = (MVS)_{\text{sortie}} = 1588.44 \text{ kg/j.}$$

La concentration des boues du stabilisateur varie entre 80 à 100 g/l. on la prend =85 g/l.

D'où le volume journalier des boues à extraire est :

$$V_1 = 1588.443/85 = 18.69 \text{ m}^3/\text{j.}$$

---

---

$$V_1 = 18.69 \text{ m}^3/\text{j}$$

---

---

**3- Nombre de lits nécessaires à chaque épandage**

$$N > V_1/V = 18.69/64 = 0.29 \text{ on prend } n=1$$

**4- Volume des boues épandues par lit et par an**

Il est généralement admis que chaque lit sert 12 fois par an :

$$V_2 = 12 * V = 12 * 64 = 768 \text{ m}^3$$

---

---

$$V_2 = 768 \text{ m}^3$$

---

---

**5- Volume des boues à sécher par an**

$$V_{ba} = V_1 * 365 = 18.69 * 365 = 6821.85 \text{ m}^3$$

---

---

$$V_{ba} = 6821.85 \text{ m}^3$$

---

---

**6- Nombre de lits nécessaire**

$$N > V_{ba} / V_2 = 6821.85/768 = 8.88 \text{ lits}$$

---

---

$$N = 9 \text{ lits}$$

---

---

**7- Surface nécessaire**

$$S = S_0 * N$$

Où : S<sub>0</sub> c'est la surface du lit de séchage : S<sub>0</sub> = L \* b = 20 \* 8 = 160m<sup>2</sup>

$$S = 160 * 9 = 3040 \text{ m}^2.$$

---

---

$$S = 3040 \text{ m}^2$$

---

---

**\* Horizon 2042**

Les résultats de dimensionnement de l'épaisseur, stabilisateur aérobie et le lit de séchage pour les deux horizons sont représentés sur le tableau suivant :

## Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages.

**Tableau VI.11:** Dimensions de l'épaississeur, stabilisateur aérobie et lit de séchage.

Désignations	unité	Horizons	
		2027	2042
<b>Dimensions de l'épaississeur</b>			
Boues issues du décanteur primaire	kg/j	3432.94	922.9
Boues issues du décanteur secondaire	kg/j	2531.51	681.36
la quantité totale journalière des boues	Kg/j	5964.45	1604.26
Le débit total	m <sup>3</sup> /j	290.47	105.06
La concentration du mélange	Kg/m <sup>3</sup>	20.53	15.27
Débit des boues épaissies	m <sup>3</sup> /j	70.17	18.87
Hauteur	m	3	3
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	168.77	70.04
Volume	m <sup>3</sup>	580.94	210.12
Diamètre	m	14.66	9.45
<b>Stabilisateur aérobie</b>			
La quantité de MVS contenue dans les boues - MES -MM	kg/j	2961.26 740.32	2108.8 527.2
La quantité de MVS à la sortie de la stabilisation	kg/j	1480.63	869.88
Temps de séjour	j	9	9
Boues en excès dans le stabilisateur	Kg /j	2826.19	1444.66
La masse de boue à maintenir dans le stabilisateur (Mb)	kg	25435.71	13001.94
Hauteur	m	4	4
Volume du bassin de stabilisation	m <sup>3</sup>	299.24	152.96
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	74.81	38.24
La longueur de bassin	m	12.24	8.75
La largeur de bassin	m	6.12	4.37
Quantité d'air par jour Do <sub>2</sub>	Kg o <sub>2</sub> /j	3176.88	2223.82
<b>Lit de séchage</b>			
Le volume de boues épandues sur chaque lit	m <sup>3</sup>	64	64
la quantité des boues à extraire	Kg/j	1588.44	1111.91
Volume des boues épandues par lit et par an	m <sup>3</sup>	768	768
Volume des boues à sécher par an	m <sup>3</sup>	6821.85	4774.67
Nombre de lits nécessaire	-	9	7
Surface nécessaire :	m <sup>2</sup>	3040	2240

### Conclusion

Dans ce chapitre on a pu dimensionner les différents ouvrages pour les deux variantes de traitement à savoir faible et moyenne charge et pour les deux horizons (2027-2042).

Le choix de la variante la plus adéquate pour notre agglomération s'est orienté vers la variante à moyenne charge, et ce en raison de la qualité de l'effluent ainsi que la taille des ouvrages qui pourront être accueillis par le terrain choisis à cet effet. Cela dit une étude économique permettrait un choix plus clair.

## Chapitre VII : Calculs hydrauliques.

### Introduction

Une fois les différents ouvrages constituant la station d'épuration dimensionnés, il est nécessaire de procéder au dimensionnement des conduites reliant ces derniers, ainsi que la conduite de refoulement.

Le réseau d'assainissement de notre région d'étude étant de type séparatif, le dimensionnement d'un déversoir d'orage ne sera pas nécessaire.

Un bon fonctionnement hydraulique de la station d'épuration nécessite la détermination des côtes radier et des côtes piézométriques des différents ouvrages la constituant.

### VII-1-Calcul des dimensions de la conduite d'amenée

On calcule le diamètre de l'émissaire qui véhiculera le débit d'eau total :

$$Q_v = 0.112 \text{ m}^3/\text{s}; \quad I = 0.9 \text{ \%}.$$

#### ▲ D'après l'abaque de Bazin (Annexes 01 et 02)

- ✓  $D_e = 400 \text{ mm}$
- ✓  $Q_{ps} = 0.124 \text{ m}^3/\text{s}$  (débit à pleine section).
- Avec les paramètres hydrauliques :
- ✓  $r_Q = Q_v/Q_{ps} = 0.903$  (rapport des débits).
- ✓  $r_H = H_e/D_e = 0.75 \Rightarrow H_e = 0.75 \cdot 400 = 300 \text{ mm}$  (hauteur de remplissage).

### VII-2- Relevage

Le poste de relevage permet d'acheminer les eaux arrivant à la station à un point bas vers les ouvrages de traitement.

#### VII-2-1-Dimensionnement du puisard

Le puisard sera de forme rectangulaire, son volume est donné par la relation suivante :

$$V = Q_{pt} * t_s / 4 \dots\dots\dots (VII.1)$$

Avec :

- ✓  $Q_{pt}$  : Débit total pompé =  $0.112 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- ✓  $t_s$  : temps de séjour ( $t_s = 10 \text{ minutes}$ )
- ✓ La hauteur du puisard ne doit pas dépasser 5m. On prend  $H = 4 \text{ m}$ .
- ✓ On fixe la longueur du puisard (L) à 3m.

Les résultats de dimensionnement du puisard sont regroupés dans le tableau qui suit :

**Tableau VII.1 : Dimensions du puisard.**

Désignation	Volume (V)	Hauteur (H)	Surface (S)	Longueur (L)	Largeur (B)
Unités	$\text{m}^3$	m	$\text{m}^2$	m	m
Valeurs	16.85	4	4.21	3	1.4

#### VII-2-2- La conduite de refoulement

On a :  $Q_{pt} = 404.35 \text{ m}^3/\text{h}$ .

On prend une vitesse de :  $V = 1.5 \text{ m/s}$ .

#### Le diamètre :

La vitesse d'écoulement est :  $V = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots (VII.2)$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = 0.308 \text{ m}$$

**$D_n = 400 \text{ mm}$**

**VII-2-3- Calcul de la hauteur manométrique de la pompe**

$$H = H_g + \Sigma h_{p \text{ lin}} + \Sigma h_{p \text{ sin}} + P_{\text{exh}} \dots\dots\dots (VII.3)$$

Où :

- ✓ H : pertes de charge totale dans la conduite sous pression (m);
- ✓ H<sub>g</sub> : différence des cotes (partie souterraine et surface) (m);
- ✓ ΔH=Σh<sub>p lin</sub> + Σh<sub>p sin</sub> : pertes de charge linéaire et singulière = 1,05 Σh<sub>p lin</sub>
- ✓ P<sub>exh</sub> : pression à l'exhaure P<sub>exh</sub>= (1:1.5) m

▲ **La hauteur géométrique**

$$H_g = h_2 - h_1 \dots\dots\dots (VII.4)$$

$$H_g = 192.6 - 176.7 = 15.9\text{m.}$$

---

**H<sub>g</sub>=15.9m**

---

Nous avons choisi le PEHD (Polyéthylène à haute densité), comme matériau pour notre conduite car il présente une bonne caractéristique du point de vue dureté, étanchéité et résistance à la corrosion et faible rugosité.

Pour le PEHD, on a : K=0,0001052 et m=4,774 et β=1,77. [4]

L'expression de perte de charge linéaire s'écrit :

$$\Delta H_{\text{lin}} = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} \dots\dots\dots (VII.5)$$

Avec :

- ✓ K : coefficient de perte de charge (K=0,0001051)
- ✓ Q : débit pompé qui est de 0.112 m<sup>3</sup>/s
- ✓ L : longueur de la conduite qui est de 80.35m
- ✓ D : diamètre de la conduite 400 mm
- ✓ β : coefficient dépendant du régime d'écoulement β= 1,77 pour le régime turbulent rugueux.
- ✓ m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite (m=4,774)

Donc :

$$\Delta H = 1.05 \left( \frac{0,0001051 * 80.35 * 0.112^{1.77}}{0.4^{4.774}} \right) = 0.015\text{m}$$

$$HMT = 15.9 + 0.015 + 1 = 15.92\text{m}$$

---

**HMT=15.92 m**

---

**VII-2-4- Choix de la pompe**

On utilise des pompes d'assainissement à axe horizontal fonctionnant à sec, pour le relevage des eaux usées du puisard vers l'ouvrage d'entrée.

Le nombre de pompe est de 2, une qui fonctionne et une autre de secours identiques.

**VII-3-Profil hydraulique**

Le profil hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, qui nous renseignent sur la position de la ligne de charge.

Les Cotes moyennes du terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages sont représentées sur le tableau ci-dessous :

**Tableau VII.2:** Cotes terrain naturel moyenne d'implantation des différents ouvrages.

Ouvrages	Dégrilleur	Déssableur Déshuileur	Décanteur Primaire	Bassin d'aération	Décanteur secondaire	Bassin de désinfection
CTN (m)	192.6	191.9	190.37	187.79	181.98	176

**A- Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages**

Nous avons choisi le PEHD comme matériau du fait qu'il présente aussi une bonne caractéristique de point de vue dureté, étanchéité et résistance à la corrosion et faible rugosité.

L'expression de perte de charge est exprimée par la formule de DARCY WEISBACH :

$$\Delta H_T = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = C_{pA} - C_{pB} \dots\dots\dots (VII.6)$$

Avec :

- ✓ K : coefficient de perte de charge
- ✓ Q : débit en m<sup>3</sup>/s ;(Q=0,112m<sup>3</sup>/s )
- ✓ L : longueur de la conduite
- ✓ D : diamètre de la conduite
- ✓ β : coefficient dépendant du régime d'écoulement
- ✓ m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite
- ✓ Cp<sub>A</sub> : Côte du plan d'eau au point A
- ✓ Cp<sub>B</sub> : Côte du plan d'eau au point B

**A-1-Diamètre**

D'après la formule (VIII.12) le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{(C_{pA} - C_{pB})}} \dots\dots\dots (VII.7)$$

**A-2-Longueurs des conduites**

Pour les calculs des longueurs, on utilise les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières.

$$L_{eq} = 1,05 * L_{réelle} \dots\dots\dots (VII.8)$$

Dans notre cas on a des distances faibles donc on néglige les pertes de charges singulières c'est à dire on prend les longueurs réelles.

Les longueurs sont représentées sur le tableau suivant

**Tableau VII.3:** Longueurs réelles des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Ouvrages	L réelle (m)
Dégrilleur -Déssableur-déshuileur	9.17
Déssableur-déshuileur - Décanteur I	21.11
Décanteur I - Bassin d'aération	10.63
Bassin d'aération - Décanteur II	14.67
Décanteur II - Bassin de désinfection	13

**VII-3-1- Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages**

On calcule les cotes piézométriques d'après l'équation de BERNOULLI donnée par :

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + H_{1-2} \dots\dots\dots (VII.9)$$

Avec:

- ✓  $P_1/W$  et  $P_2/W$  : énergies de pression dans les sections (1) et (2).
- ✓  $V_1/2g$  et  $V_2/2g$  : énergies cinétiques en (1) et (2).
- ✓  $Z_2$  et  $Z_1$  : cotes des points (1) et (2).
- ✓  $H_{1-2}$  : pertes de charges dans le tronçon (1-2).

La variation de vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées il vient :

$$P_1/W + Z_1 = P_2/W + Z_2 + H_{1-2}$$

On pose :  $P_1/W = H_1$  et  $P_2/W = H_2$

Donc :  $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2}$

$C_{p1} = H_1 + Z_1$  : cote piézométrique au point (1).

$C_{p2} = H_2 + Z_2$  : cote piézométrique au point (2).

$$C_{p1}' = C_{p2} + H_{1-2} \dots\dots\dots (VII.10)$$

**VII-3-2-Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques**

**a- Conduite dégrilleur -désableur (A-B)**

On a :

- ✓ Côte du radier du dégrilleur(A) : 192.6m, Hauteur d'eau : 0.5m  
D'où :  $C_{pA} = 192.6 + 0.5 = 193.1$  m
- ✓ Côte du radier du désableur-déshuileur(B) : 189.9m ; Hauteur d'eau : 1.5m  
D'où :  $C_{pB} = 191.4$ m
- ✓  $L = 9.17$ m
- ▲ **Diamètre :**

$$D = \sqrt[4.774]{\frac{0.0001052 * 9.17 * (0.112)^{1.77}}{(193.1 - 191.4)}} = 0.15\text{m}$$

**D<sub>n</sub> = 150mm**

▲ **Cote piézométrique :**

D'où on aura :  $C_{pB}' = C_{pA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m}$

**C<sub>pB</sub>' = 191.4m**

Le calcul est le même pour les autres conduites, Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau ci- dessous :

## Chapitre VII : Calculs hydrauliques.

**Tableau VII.4:** Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.

Désignation	Cote terrain naturel (m)	Cote du radier (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)	Diamètre (mm)
-Dégrilleur	192.6	192.6	0.5	193.1	150
-Désableur-déshuileur	191.9	189.9	1.5	191.4	
-Décanteur primaire	190.37	188.4	2	190.4	200
-Bassin d'aération	187.79	185.85	4	189.85	200
-Décanteur secondaire	181.98	182.98	4	186.98	150
-Bassin de désinfection	176	181.1	3	184.55	150

### **Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de déterminer les différents diamètres des conduites reliant les ouvrages de la station d'épuration ainsi que les côtes piézométriques et les côtes radier afin d'assurer le bon fonctionnement de la station d'un point de vue hydraulique.

## **Introduction**

Après dimensionnement de la station d'épuration, il est nécessaire de prendre des dispositions constructives en vue d'améliorer son fonctionnement, faciliter son exploitation et de rentabiliser davantage l'effort consenti par les collectivités pour protéger les milieux naturels.

### **VIII-1-Dispositifs facilitant l'exploitation**

Une bonne exploitation de la station, respectant les prescriptions, passe par un certains nombres de dispositions qui sont :

- ✧ Installer des barres de guidage et des potences équipées de treuil ou palans pour remonter les équipements souvent lourds installés dans le poste ;
- ✧ Eviter les pièces métalliques non protégées contre la corrosion (boulons,...) ;
- ✧ Prescriptions pour éviter les accidents ;
- ✧ Prévoir des appareillages de maintenance, nettoyage et contrôle ;
- ✧ Une fiche technique par équipement, faisant apparaître ses caractéristiques, mais aussi les coordonnées du fabricant et des fournisseurs ;
- ✧ Tout événement important doit être enregistré dans le rapport d'exploitation et mis à la disposition lors des contrôles ;
- ✧ Un calendrier indiquant les dates et la fréquence des opérations à réaliser sur les principales pièces électromécaniques (moteur. ...) ;

### **VIII-2- Paramètres à mesurer et à contrôler dans la station**

Un certains nombres de paramètres doivent être régulièrement contrôlé et mesurés afin d'assurer une bonne pérennité des ouvrages et un bon rendement de la station.

Les principaux paramètres à mesurer sont :

- ✧ Le débit ;
- ✧ Le débit de boues recirculées ;
- ✧ La turbidité car elle permet de savoir le degré d'épuration atteint après la décantation secondaires ;
- ✧ Le pH et la température ;
- ✧ La quantité d'oxygène dissous (COT),
- ✧ La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) ;
- ✧ La demande chimique en oxygène (DCO) ;
- ✧ La quantité d'azote et de phosphore ;
- ✧ Le taux d'aération du bassin d'aération ;

### **VIII-3- Dispositifs d'entretien des ouvrages**

#### **1- Le dégrilleur**

- Assurer une évacuation quotidienne des déchets, le nettoyage des parois par un jet d'eau et enlever les matières adhérentes putrescibles par les râtaux ;
- Noter les quantités de refus journaliers,
- vérifier le niveau d'huile et de graisse des chaînes d'entraînement,
- vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement électromécanique de l'installation ;

#### **2- Déssableur-déshuileur**

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté,

## Chapitre VIII : Gestion et exploitation de la station

- Vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement de l'installation,
- Vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement du pont roulant et des procédés de raclage, suivi du déroulement complet d'un cycle de fonctionnement,
- Faire fonctionner 24h/24h le pont roulant et l'insufflation d'air.

### **3- Bassin d'aération**

- Contrôler quotidiennement et intervenir pour tous les équipements d'aération fonctionnant convenablement,
- Vérifier et entretenir les procédures automatiques de démarrage et d'arrêt des aérateurs,
- Noter les paramètres de fonctionnement tel que le débit et l'oxygène,
- Mesurer et noter quotidiennement la charge en DBO entrante, indice de « MOHLMAN » et la concentration des boues dans le bassin.

### **4- Clarificateur**

- Maintenir le clarificateur en état de propreté,
- Vérifier tous les six mois le bon fonctionnement des dispositifs d'isolation du clarificateur,
- Vérifier quotidiennement le bon fonctionnement des dispositifs de pompes des écumes,
- Analyser contractuellement l'eau après clarification (DBO, DCO, MES),
- vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôle et entretien des structures immergées.

### **5- Désinfection des eaux épurées**

- Maintenir le poste en état de propreté,
- Respecter les procédures de mise en marche et d'arrêt des installations fournies par les constructeurs,
- Faire fonctionner régulièrement le circuit de secours de chloration,
- Ne jamais utiliser l'eau dans les circuits véhiculant du chlore,

### **6- Epaisseur**

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté,
- Mesurer quotidiennement la hauteur du voile de boue, le garde boue ne doit pas être inférieur à 2 m,
- Contrôler et noter chaque jour le pH des eaux surversées et des boues épaissies,
- Relever les volumes des boues soutirées des épaisseuriers,
- Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôler les structures immergées.

### **7- Lits de séchage**

- Préalablement à l'épandage des boues liquides, le lit de sable devra être soigneusement désherbé et ratissé
- Les quantités de boues à admettre sur les lits de séchage ne devront pas dépasser une épaisseur de 40 cm,

## Chapitre VIII : *Gestion et exploitation de la station*

- Après deux à trois utilisations du lit, la couche superficielle est renouvelée par un sable propre,
- Tous les deux ans, il faut changer les lits de séchage (les lits seront refaits complètement car les drains seront colmatés ou brisés),
- Entre deux épandages de boues, le lit pourra être protégé par un film plastique destiné à éviter la prolifération de la végétation et le tassement des matériaux filtrants par les précipitations.

### **VIII-4-Contrôle du bon fonctionnement de la station**

Le bon fonctionnement de la station exige le contrôle des ouvrages et équipements la constituant, ces contrôles peuvent être périodiques ou quotidiens, parmi ces contrôles on peut citer:

- ✧ Les ouvrages métalliques doivent être repeints en moyenne tous les 5 ans pour éviter leur corrosion ;
- ✧ Lubrifier et graisser les équipements mécaniques et électromécaniques ;
- ✧ Faire la vidange des équipements immergés une fois par an ;
- ✧ Assurer la propreté de l'ensemble de la station par le nettoyage des rigoles, caniveaux, murs ...etc.
- ✧ Le nettoyage des orifices de diffusion d'air ;
- ✧ Vérifier l'étanchéité, détecter les fissures et les ruptures des joints de dilatation des ouvrages en béton.

### **VIII-5- Hygiène et sécurité**

Parmi les aspects importants à prendre en considération dans la gestion des stations d'épuration on trouve l'hygiène et sécurité du travail.

Parmi les mesures de sécurité et d'hygiène à considérer dans les stations d'épuration on peut citer :

- ✧ La circulation sur les passerelles d'accès aux aérateurs ne doit pas être entravée par des obstacles divers ;
- ✧ Des systèmes d'alarme sont à installer aux points sensibles ;
- ✧ Assurer la ventilation des locaux fermés et prévoir des systèmes de ventilation des ouvrages susceptibles de provoquer des dégagements gazeux importants,
- ✧ Les zones de circulation et de travail devront être munies de garde-corps conformément à la réglementation en vigueur ;
- ✧ Pour prévenir les risques de chutes, on utilisera des dispositifs appropriés (grilles, barreaudage...);
- ✧ Des perches et des bouées doivent être judicieusement placées en bordure des bassins.
- ✧ Toute intervention humaine dans un espace confiné fermé doit être précédée par un contrôle de l'atmosphère, la présence d'hydrogène sulfuré est particulièrement à redouter dans ce cas.

### **Conclusion**

La gestion et l'exploitation d'une station d'épuration n'est pas chose facile et repose essentiellement sur l'entretien des différents ouvrages, la propreté de la station en nettoyant régulièrement cette dernière permettant ainsi d'assurer sa pérennité, mais aussi sur la sécurité et l'hygiène au travail par la mise en place de dispositifs de sécurité et veiller à leur respect.

## **Conclusion générale**

Il ressort de cette étude que la région de Béni Douala présente un climat de type méditerranéen avec des étés très chauds et des hivers très froids. Le relief est très en pente ce qui favorise l'écoulement gravitaire.

Au terme de ce travail on peut conclure que l'installation d'une station d'épuration pour la région de Béni Douala est une nécessité en vue de protéger le barrage de Taksebt de la pollution engendrée par les rejets d'eaux usées de cette région.

Béni Douala ne dispose pas d'unités industrielles importantes, elles sont limitées à la présence importante d'huileries qui même si leur activité est saisonnière, augmente la pollution et rendent celle-ci difficilement maitrisable.

L'analyse des eaux usées a montré le caractère urbain et biodégradable de l'effluent de Béni Douala qui est de ce fait aptes à être traitées biologiquement, cela dit un traitement séparé des rejets des huileries doit être préconisé.

Pour notre projet le choix du procédé d'épuration a porté sur les boues activées, car il demeure actuellement le plus utilisé, il nécessite des surfaces plus réduites et assure une meilleure qualité de l'effluent rejeté avec de bon rendements épuratoires ; Quant au choix de la variante il s'est arrêté sur la variante à moyenne charge, et ce en raison de la qualité de l'effluent ainsi que la taille de l'agglomération et aussi la taille des ouvrages qui pourront être accueillis par le terrain choisis à cet effet. Les agriculteurs de la région pourront bénéficier de ce fait des eaux épurées ainsi que des boues d'épurations.

La gestion et l'exploitation d'une station d'épuration n'est pas chose facile et reposent essentiellement sur l'entretien des différents ouvrages, la propreté de la station en nettoyant régulièrement cette dernière permettant ainsi d'assurer sa pérennité, mais aussi sur la sécurité et l'hygiène au travail par la mise en place de dispositif de sécurité et veiller à leur respect.

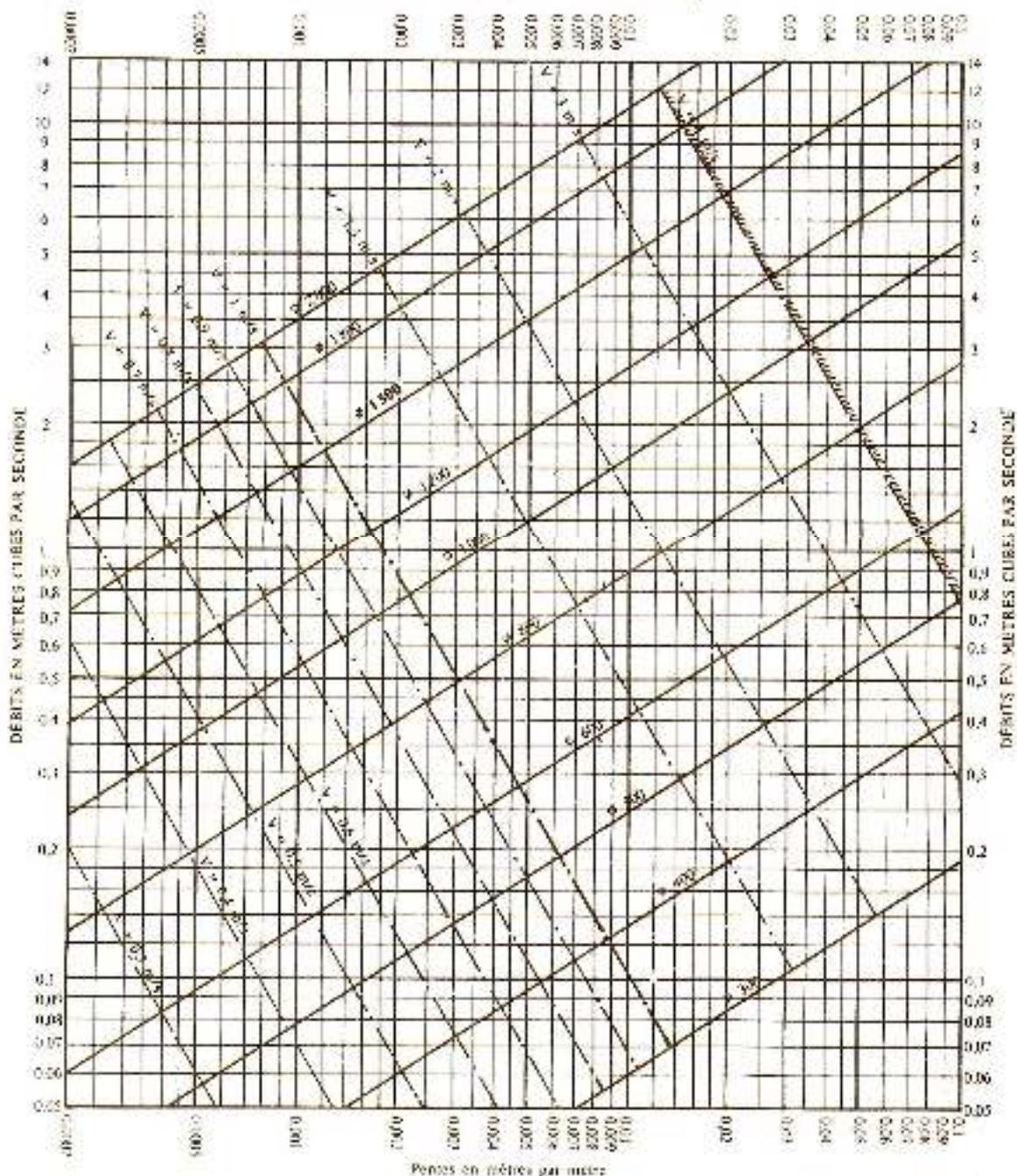
## Références bibliographiques

- [1] SAIDI N ; ZAFANE D ; 2007 : Contribution à l'étude de la protection de la cuvette du barrage de Taksebt. Dimensionnement et mise en place de systèmes d'épuration : Cas de sous bassin versant de Béni Douala. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie, Univ MM Tizi-Ouzou Algérie, 180p.
- [2] Belah K ; 2011 : Conception de la station d'épuration de la ville d'Azazga (W.Tizi-Ouzou). Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, ENSH Blida Algérie. 148p.
- [3] Surberg-marecleau : Site Surbeg-marecleau projet life [en ligne]. <http://www.Surbeg-marecleau.eu/projet-life-marecleau/le-projet>
- [4] Nekkah I ; 2012 : Dimensionnement de la station d'épuration de la ville d'Ouadhia (W.Tizi-Ouzou). Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, ENSH Blida Algérie. 105p.
- [5] DEGREMONT, 1978 : Mémento technique de l'eau, Tome I et II, édition du cinquanteenaire, paris.
- [6] DEGREMONT, 1989 : Mémento technique de l'eau, Tome I et II, édition du cinquanteenaire, paris.
- [7] PERERA P ; BAUDOT B ; 2001 : Guide procédés extensif d'épuration des eaux usées : Adapté aux petites et moyennes collectivités. Office des publications officielles des communautés européennes, Luxembourg, 40p.
- [8] Office international de l'eau : conception /dimensionnement : le traitement par boues activées-[en ligne]: DFE/CNFME/:\utilisât\JP\F07\DOCPDA~1\Traitement par boues activées RP F7.doc\05/04/2005.
- [9] Nicolas B ; 2012 : Traitement biologique des eaux usées, INRA-Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement. 20p
- [10] Actu-environnement : Traitement des boues d'épuration [en ligne]. [http://www.actuenvironnement.com/Le traitement des boues d'épuration.htm](http://www.actuenvironnement.com/Le%20traitement%20des%20boues%20d'epuration.htm) (consulté le 24/04/2013).
- [11] DEGREMONT ; 2005 : Mémento technique de l'eau, Tome.-1.-10e ed.- Paris.785p.
- [12] Etienne P ; 2010: Dimensionnement d'une station d'épuration capacité nominale 130000 EH BEZIERS. Projet de fin d'étude, INSA. TOULOUSE.FRANCE.
- [13] M.CARLIER ; 1986: Hydraulique générale et appliquée : Edition EYROLLS. Paris France 534p.
- [14] Hadjrabah M ; 2005 : Contribution à l'étude de traitabilité de la station d'épuration de Réghaia. Mémoire d'ingénieur d'état option hydraulique. ENP Alger Algérie.120p

# ANNEXE 1

## ANNEXE VII

### RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF (Canalisations circulaires - Formule de Bazin)



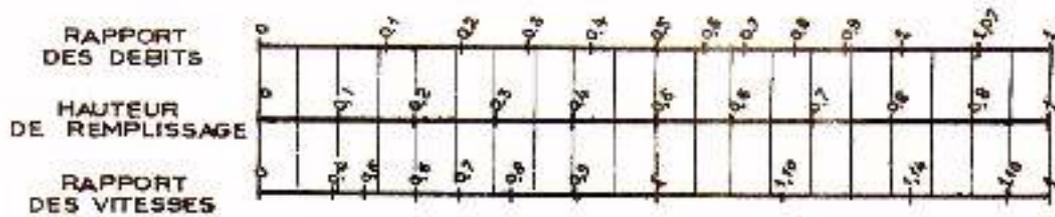
# ANNEXE 2

## ANNEXE X

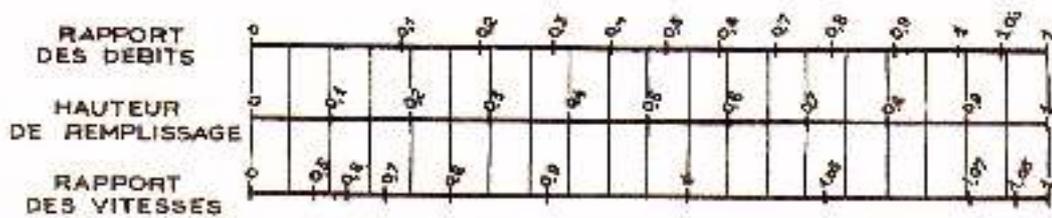
### VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(d'après la formule de Bazin)

a) *Ouvrages circulaires*



b) *Ouvrages ovoïdes normalisés*



Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux 3/10, le débit est les 2/10 du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les 78/100 de la vitesse correspondant au débit à pleine section