

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE URBAINE**

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

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

**Option: ASSAINISSEMENT**

**THEME DU PROJET :**

**DIMENSIONNEMENT DE LA STATION  
D'EPURATION DE LA VILLE DE BISKRA  
(W.BISKRA)**

**PRESENTE PAR :**

**M<sup>r</sup> : BOUHALI MOHAMED**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>me</sup> : MEDDI HIND	M.C.B	Présidente
M <sup>me</sup> : HADJ SADOK NABILA	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup> : HOULI SAMIA	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> : KAHLERRAS DJILALI	M.C.B	Examineur
M <sup>me</sup> : SAADOUNE SAMRA	M.A.B	Promotrice

**Septembre - 2015**

# ***Dédicace***

**À MA TRES CHERE MERE, POUR M'AVOIR MIS AU MONDE ET POUR M'AVOIR ACCOMPAGNE TOUT AU LONG DE MA VIE AVEC TANT D'AMOUR ET D'AFFECTION.**

**À MON CHER PERE, QUI, SANS LUI, JE NE SERAIS PAS ARRIVE JUSQU'ICI. J'ESPERE TOUJOURS RESTER FIDELE AUX VALEURS MORALES QU'IL M'A INCULQUE.**

**À MES FRERES SEDEK ET HAKIM .**

**À MES GRANDS PARENTS.**

**À MES SŒURS.**

**À MES COPAINS DE CHAMBRE , CHAMSOU,HAMZA,ET YACINE**

**À MES AMIS DE SIDI AISSA : HAMZA, REDOINE , ABDOU, YAHYA,ABDALAH,SALAH ...**

**À MES AMIS DE L'ENSH :TAKIEDINE, MASSI,ZAIDI , ZIANE, ALI,SALAH, LOTFI , ZOGLAMI , SALEM , ZAKI , BELKHIRI, KHALI MOH...**

**ENFIN, À TOUS CEUX QUE JE PORTE DANS MON CŒUR ET QUI SE RECONAITRONS A LA VUE DE CE PARAGRAPHE.**

# Remerciements

**Je remercie MES PARENTS en premier lieu qui m'ont permis et facilité les choses pour accomplir mes études.**

**je remercie aussi tous les autres membres de ma famille qui m'ont aidés et encouragés quel que soit les conditions, en particulier men frère Sadek**

**Je ne possède les mots pour exprimer ma gratitude envers m'as promotrice madame SADOUNE SAMRA Pour son soutien inestimable et ses précieux conseils qui m'ont aidé à mener à bien mon travail**

**A tout le personnel de la SETP de M'SSILA, à qui j'adresse mes remerciements, mes salutations ainsi que ma vive gratitude, pour m'avoir facilité l'accès à la STEP à chaque fois que j'en avais besoin et spécialement à M<sub>r</sub> BOURASS Zakaria**

**Je tiens à remercier aussi :**

**- M<sup>ème</sup> MEDDI Hind, présidente du jury**

**A tous les membres du jury :**

- M<sup>ème</sup> HOULI Samia ;**
- M<sup>ème</sup> HADJ SADOK Nabila ;**
- M<sub>r</sub> KAHLERRAS Djilali.**

**Qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail ;**

**A tous mes amis qu'ils soient de l'ENSH, de la Cité 03 ou autre, à qui j'ai une affection particulière.**

**A toute personne ayant contribué à la réalisation de mon MFE.**

## ملخص

عملنا الحالي يتضمن إقامة محطة تطهير المياه المستعملة على مستوى مدينة بسكرة و شتمه بولاية بسكرة. هذا يهدف إلى المحافظة على الوسط الطبيعي و حماية الصحة العمومية ضد كل تلوث و امكانية استعمال هذه المياه المطهرة في الفلاحة. تتضمن مذكرتنا هذه دراسة مفصلة لتجسيد المحطة بقدرة استيعاب متوسطة و ضئيلة على مرحلتين -الأولى تتمثل في معالجة المياه المستعملة في أفق 2030 بقدرة معالجة ل 373675 نسمة. أما الثانية فتتعلق بتوسيع المحطة من أجل ضمان رفع قدرة الاستيعاب إلى 552388 نسمة في أفق 2045.

## Résumé

Notre présent travail consiste à projeter une station d'épuration pour la ville de Biskra et Chetma (W. Biskra) dans le but de préserver le milieu naturel et protéger la santé publique contre toute nuisance et une éventuelle réutilisation de ces eaux usées épurées en agriculture.

Dans notre mémoire, nous avons dimensionné la station d'épuration des eaux usées par boues activées à moyenne charge et à faible charge et cette dernière est utilisée pour les collectivités de petites tailles, cette station se réalise en deux phases :

La première phase permettra de traiter la pollution de 373675 équivalent habitant à l'horizon 2030.

La deuxième phase (extension) correspond à une augmentation de la capacité initiale de la station soit de 552388 équivalent habitant à l'horizon 2045.

## Abstract

Our present work consists in carrying out a purification plant for the town of Biskra and Chetma (W. Biskra) with an aim of preserving the natural environment and protecting the public health initially and in second place in order improve the ecologic conditions of the province. In this work, we will size the treatment plant wastewater by activated sludge to average charge. The first phase will permit to treat pollution caused by the population of 373675 inhabitants in 2030 horizons. The second phase consists of extension workshops. These latter correspond to an increase of the initial capacity of the station to 552388 equivalent habitants.

# Table des matières

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

## Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

Introduction .....	02
I.1.Origine des eaux usées .....	02
I.1.1.Les eaux usées domestiques .....	02
I.1.2.Les eaux usées industrielles .....	02
I.1.3.Les eaux usées d'agricoles .....	02
I.1.4.Les eaux ruissellement .....	03
I.1.5.Les eaux résiduaires artisanales .....	03
I.1.6.les eaux parasites .....	03
I.2.Nature de la pollution .....	03
I.2.1.Pollution organique .....	03
I.2.2.Pollution minérale. ....	03
I.2.3. Pollution toxique.....	04
I.2.4.Pollution microbiologique .....	05
I.3.les principaux paramètres de pollution .....	05
I.3.1. Les paramètres physiques .....	05
I.3.1.1.Température .....	05
I.3.1.2. turbidité .....	05
I.3.1.3.L'odeur et Couleur .....	05
I.3.1.4. Conductivité .....	05
I.3.1.5. Matières en suspension (MES).....	06
I.3.1.6. Matières volatiles en suspension (MVS)...	06
I.3.1.7. Matières minérales en suspension(MMS) .....	06
I.3.1.8. Matières colloïdales .....	06
I.3.1.9. Les matières décantables (MD) et non décantables .....	07
I.3.2.Les paramètres chimiques.....	07
I.3.2.1.PH.....	07
I.3.2.2.Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	07
I.3.2.3.Demande chimique en oxygène (DCO) .....	07
I.3.2.4.Coefficient de biodégradabilité (DCO/DBO <sub>5</sub> ) .....	07
I.3.2.5.Le Carbone organique total (COT).....	08
I.3.2.6.Les nutriments .....	08
I.3.2.7. Métaux lourd .....	08
I.3.2.8. Matières oxydables ....	09
I.3.3.9. Eléments toxiques .....	09
I.3.3.Les paramètres biologiques.....	09

I.4.Estimation des rejets d'eau usée .....	10
I.4.1.L'Equivalent Habitant .....	10
I.4.2.Charges en DBO5 .....	10
I.4.3.Charges en MES.....	11
I.5.Les normes de rejet.....	11
Conclusion .....	12

## **Chapitre II : Procédé d'épuration par boues activées**

Introduction .....	13
II.1.Généralités sur l'épuration par boues activées (cultures libres).....	13
II.2. Composants d'une unité biologique .....	14
II.3.paramètres de fonctionnement en boues activées.....	15
II.3.1. Facteurs de Charge .....	15
II.3.2. Effet de température.....	17
II.3.3.Effet du pH.....	17
II.3.4. Indice de Mohlman .....	17
II.3.5.Besoins en nutriments .....	17
II.3.6.Effet de quelques toxiques.....	17
II.3.7.Consommation en oxygène .....	18
II.3.8. Différents types d'épuration par boue activée .....	19
II.3.9. Choix du procédé d'épuration.....	19
II.3.10. Evaluation d'une culture bactérienne.....	20
II.4. Le Traitement Secondaire.....	22
II.5.Traitement Tertiaire (Désinfection) .....	23
Conclusion.....	23

## **Chapitre III : Traitement des boues**

Introduction.....	24
III.1.Origine des boues résiduaires .....	24
III.1.1.Les boues primaires .....	24
III.1.2.Les boues physico-chimiques .....	24
III.1.3. Les boues secondaires .....	24
III.1.4. Les boues mixtes .....	24
III.2.Caractéristiques d'une boue.....	24
III.2.1.La siccité d'une boue.....	24
III.2.2.Le taux de Matières Volatiles Sèches .....	25
III.2.3.Consistance de la boue .....	25

III.3.Procédés de traitement des boues .....	25
III.3.1.L'intérêt du traitement des boues.....	25
III.3.2.Les principales méthodes de traitement des boues.....	25
III.3.2.1.Epaississement.....	26
III.3.2.1.1.Epaississement par gravitation.....	26
III.3.2.1.2. Epaississement dynamique.....	27
III.3.2.2.Stabilisation.....	28
III.3.2.2.1.Stabilisation biologique.....	28
III.3.2.2.2.Stabilisation chimique.....	28
III.3.2.3.Déshydratation des boues.....	29
III.3.2.3.1.Déshydratations naturelle.....	29
III.3.2.3.2.Déshydratations mécanique.....	29
III.4. Destination finale des boues.....	31
III.4.1.Valorisation agricole.....	31
III.4.2. Valorisation énergétique.....	31
III.4.3. Mise en décharge .....	31
Conclusion.....	31

## **Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude**

Introduction.....	32
IV.1.Situation géographique .....	32
IV.2.Zone d'implantation de la future station d'épuration.....	33
IV.3.Situation géologique et hydrogéologique de la zone d'étude.....	35
IV.3.1.Situation géologique et hydrogéologique.....	35
IV.3.2.Situation hydrographique .....	35
IV.4.Situation climatique.....	36
IV.4.1. Pluviométrie .....	36
IV.4.2. Les vents .....	37
IV.4.3.Température.....	38
IV.4.4. Humidité de l'air.....	38
IV.4.5. Evaporation du plan d'eau.....	39
IV.4.6.Ensoleillement.....	39
IV.4.7. Le sirocco.....	39
IV.5.Situation hydraulique.....	40
IV.5.1.Alimentation en eau potable.....	40
IV.5.2. Le réseau d'assainissement de la zone d'étude.....	40
IV.6.Situation démographique.....	41
IV.7.Analyse des eaux usées.....	42
IV.7.1.Prélèvement et échantillonnage.....	42
Conclusion.....	46

## Chapitre V : Dimensionnement de la station d'épuration

Introduction .....	47
V.1.Calculs de base pour le dimensionnement .....	47
V.1.1.Estimation des débits .....	47
V.1.2.Evaluation des rejets .....	48
V.1.3. Evaluation des charges polluantes .....	50
V.1.3.1.L'équivalent-habitant.....	50
V.1.3.2.La charge moyenne journalière en DBO <sub>5</sub> .....	51
V.1.3.3.La charge en MES .....	51
V.2. Dimensionnement des ouvrages de la Station d'épuration .....	52
V.2.1.Prétraitements .....	52
V.2.1.1.Dégrillage .....	52
V.2.1.2.Dessablage – Déshuilage.....	57
V.2.2.Le traitement primaire (décantation primaire).....	60
V.2.2.1.Dimensionnement de décanteur primaire.....	60
V.2.3. Traitement biologique.....	63
<b>Etude de la variante à moyenne charge</b>	
V.2.3.1.Dimensionnement du bassin d'aération.....	63
V.2.3.2.Concentration de l'effluent en DBO <sub>5</sub> .....	64
V.2.3.3.La charge polluante à la sortie .....	64
V.2.3.4.La charge polluante éliminée Le.....	64
V.2.3.5.Le rendement de l'épuration.....	64
V.2.3.6.Besoins théoriques en oxygène.....	65
V.2.3.7.Besoin réel en pointe en oxygène.....	65
V.2.3.8.Calcul des caractéristiques de l'aérateur.....	66
V.2.3.9.Bilan de boues .....	67
V.2.3.10. Calcul du clarificateur (décanteur secondaire).....	69
V.2.4. Traitement tertiaire (désinfection) .....	71
V.2.4.1.Dose du chlore à injecter.....	72
V.2.4.2.La dose journalière en chlore.....	72
V.2.4.3.Calcul de la quantité de l'eau javel.....	72
V.2.4.4.La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire.....	72
V.2.4.5.La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium.....	72
V.2.4.6.Dimensionnement du bassin de désinfection .....	72
V.2.5.Traitement des boues .....	73
V.2.5.1.Epaississement .....	73
V.2.5.2.Stabilisation.....	74
V.2.5.3.Déshydratation.....	74

### **Etude de la variante à faible charge**

V.3.Dimensionnement du bassin d'aération .....	80
V.3.1.Le volume du bassin .....	80
V.3.2.La hauteur du bassin .....	80
V.3.3.Surface horizontale du bassin.....	80
V.3.4.Calcul des dimensions du bassin.....	81
V.3.5.La masse de boues dans le bassin.....	81
V.3.6.Concentration de boues dans le bassin.....	81
V.3.7.Calcul du temps de séjour .....	81
V.4.Concentration de l'effluent en DBO <sub>5</sub> (S <sub>0</sub> ).....	81
V.4.1.La charge polluante à la sortie (Sf= 30mg/l) .....	81
V.4.2.La charge polluante éliminée Le.....	81
V.4.3.Le rendement de l'épuration.....	81
V.5.Besoins théoriques en oxygène.....	81
V.6.Besoin réel en pointe en oxygène.....	82
V.7.Calcul des caractéristiques de l'aérateur.....	82
V.8.Bilan de boues .....	83
V.9.Calcul du clarificateur (décanteur secondaire).....	84
V.10.Traitement tertiaire (désinfection) .....	86
V.11.Traitement des boues .....	86
V.11.1.Dimensionnement.....	87
Conclusion .....	89

## **Chapitre VI : Calcul hydraulique de la station d'épuration**

Introduction .....	90
VI.1.Emplacement des ouvrages dans le site de la station.....	90
VI.2.Déversoir d'orage .....	90
VI.2.1.Type de déversoir d'orage.....	90
VI.2.2.Dimensionnement du déversoir.....	91
VI.2.2.1.A l'amont du déversoir .....	91
VI.2.2.2.A l'aval du déversoir (vers la station).....	91
VI.2.2.3. Le débit déversé vers le milieu naturel (Qd).....	91
VI.2.2.4.Dimensionnement du déversoir d'orage.....	92
VI.2.2.5.la largeur du seuil déversant.....	92
VI.3.Profil hydraulique .....	92
VI.3.1. Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages .....	93
VI.3.1.1. Diamètre .....	93
VI.3.1.2.Longueurs des conduites .....	93
VI.3.1.3.Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages .....	94
VI.3.1.4.Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques.....	94
A-Conduite dégrilleur -désableur (A-B).....	94

B-Conduite dessaleur – Décanteur I (A-B).....	95
C-Conduite Décanteur I - bassin d'aération (A-B).....	95
D-Conduite bassin d'aération – décanteur II (A-B).....	96
E-Conduite décanteur II - bassin de désinfection (A-B).....	96

## **Chapitre VII : Gestion et exploitation de la station**

Introduction .....	98
VII.1. Exploitation.....	98
VII.2. Les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station .....	98
VII.3. Contrôle de fonctionnement.....	99
VII.3.1. Contrôle journalier .....	99
VII.3.2. Contrôles périodiques .....	99
VII.4. Entretien des ouvrages .....	100
VII.4.1. Les pré-traitements.....	100
VII.4.1.1. Le dégrilleur .....	100
VII.4.1.2. Déssableur-déshuileur .....	100
VII.4.2. Le traitement primaire.....	100
VII.4.3. Bassin d'aération .....	100
VII.4.4. Clarification .....	101
VII.4.5. Désinfection des eaux épurées .....	101
VII.4.6. Epaisseur .....	101
VII.4.7. Lits de séchage .....	101
VII.5. Hygiène et sécurité dans le travail.....	102
Conclusion .....	102
<b>Conclusion Générale</b> .....	<b>103</b>

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : Classification des pollutions..	04
Tableau I.2 : Minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité	06
Tableau I.3 : Le mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO <sub>5</sub> ).....	08
Tableau I.4: les maladies liées aux différents micro-organismes.....	10
Tableau I.5 : Les normes de rejet.....	12
Tableau II.1: Classement des procédés par boues activées.....	16
Tableau II.2: Avantages et inconvénients des différents procédés	20
Tableau III.1:Le pourcentage de siccité pour chaque état physique des boues.....	25
Tableau III.2: Comparaison des techniques de l'épaississement sur quelques paramètres.....	28
Tableau III.3 Comparaison des différents types de déshydratation.....	30
Tableau IV.1 : Pluviométrie moyenne mensuelle (2008).....	36
Tableau IV-2: La fréquence moyenne annuelle des vents (1991à2010).....	37
Tableau IV-3 : Vitesses moyennes mensuelles des vents	37
Tableau IV-4 : La température moyenne et extrême de la de la région d'étude (1991-	38
Tableau IV-5 : Humidités relatives moyennes interannuelles (1991à2010).....	38
Tableau IV.6: La répartition mensuelle de l'évaporation du plan d'eau.....	39
Tableau IV.7 : Insolations moyennes journalières.....	39
Tableau IV.8 : Fréquence du sirocco.....	39
Tableau IV.9: Population actuelle et future des deux villes d'El Biskra et chetma.....	42
Tableau IV.10. Méthodes d'analyses des principaux paramètres examinés. ....	44
Tableau IV.16 : Tableau récapitulatif englobant les Valeurs moyennes des matières polluantes, (mg/l) obtenues au niveau des exutoires examinés des deux villes Biskra et Chetma.....	45
Tableau V .1.consomption en eau pour les secteurs domestiques et équipements	48
Tableau V.2 : les valeurs des charges polluantes pour les divers types de réseau.....	50
Tableau V.3: les bases de dimensionnement des ouvrages d'épuration de la station.....	52
Tableau V.4:Espacement et épaisseur des barreaux	53
Tableau V.5:Les valeurs de $\beta'$ en fonction de la forme des barreaux.....	55
Tableau V.6:Les résultats de dimensionnement de dégrilleur pour les deux horizons.....	56
Tableau V.7:Dimensionnement du Dessableur-déshuileur.....	60
Tableau V.8:Les valeurs de la vitesse limite en fonction de $Q_{moyh}$ .....	61
Tableau V.9:Dimension du décanteur primaire pour les deux horizons.....	62
Tableau V.10:Résultats de calcul de l'aérateur pour les deux horizons.....	70
Tableau V.11:Résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons.....	73

Tableau V.12:Les résultats de dimensionnement de l'épaisseur, stabilisateur aérobie et le lit... de séchage (2030 et 2045).....	79
Tableau V.13 : Résultats de calcul d'aérateur et le décanteur secondaire pour les deux horizons.....	85
Tableau V.14:Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur et le lit de séchage (2030 et 2045).....	88
Tableau VI.1:Les valeurs de K, m et $\beta$ .....	92
Tableau VI.2: Cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.....	93
Tableau VI.3:Longueur réelles et équivalentes des conduites entre les ouvrages de la..... STEP.....	94
Tableau VII.4: Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.....	97

## Listes des figures

Figure II.1 : Principe de fonctionnement d'une station par boues activées.....	14
Figure II.2 : Schéma d'une station de traitement par boues activées.....	14
Figure II.3: Développement d'une culture bactérienne.....	20
Figure II.4 : Clarificateur .....	22
Figure III.1: Schéma des différentes étapes du traitement des boues.....	26
Figure III.2: Epaissement statique gravitaire.....	26
Figure III.3: Flottation.....	27
Figure III.4: Filtre-presse.....	30
Figure IV.1: Carte de la wilaya de Biskra .....	33
Figure .IV.2 : Site d'implantation de la station d'épuration.....	34
Figure IV. 3:variation de précipitation mensuelle .....	37

## **Liste des planches**

**Planche N°1** : Vue en plan de la station d'épuration de ville de Biskra  
(W.BISKRA)

**Planche N°2** : Profil hydraulique de la station d'épuration de la ville de  
Biskra (W.BISKRA)

**Planche N°3** : Ouvrages du traitement des eaux de la station  
d'épuration de la ville de Biskra (W.BISKRA)

**Planche N°4** : Ouvrages du traitement des boues de la station  
d'épuration de la ville de Biskra (W.BISKRA)

# INTRODUCTION

## GENERALE

# Introduction générale

Plus d'un milliard de personnes ne disposent pas de moyens d'assainissement satisfaisants. Le manque de moyen d'assainissement et le rejet des déchets domestiques et urbains dans les cours d'eau entraînent la dégradation de l'environnement et provoquent des soucis de santé publique, en effet les maladies infectieuses d'origine hydrique font jusqu'à 3.2 millions de morts par an, d'où l'importance de mettre en œuvre des solutions permettant de remédier à ce problème.

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.

Actuellement, le rejet des eaux usées de la commune de Biskra se déverse directement dans l'Oued de Sidi Zerzour sans aucun traitement préalable.

L'objectif principal de l'étude du système d'épuration des eaux usées de la ville de Biskra et Chetma consiste à protéger les eaux de l'Oued de Sidi Zerzour contre la pollution qui seront ensuite destinées à l'irrigation.

Et pour atteindre notre objectif nous avons suivi le plan de travail suivant :

- Introduction générale
- Chap. I : Généralités sur les eaux usées
- Chap. II : Procédé d'épuration par boues activées
- Chap. III: traitement des boues
- Chap. IV : Présentation de la zone d'étude
- Chap. V : Dimensionnement de la station
- Chap. VI : Calcul hydraulique
- Chap. VII : Gestion et exploitation de la station
- Conclusion générale



# Chapitre I

## Généralités sur les eaux usées

## 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.

Le problème de la pollution des eaux présente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'origine et la nature des eaux usées ainsi que les différents paramètres de pollution caractérisant la qualité de l'eau.

### I.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.

#### I.1.1. Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont essentiellement porteuses de pollution organique.

Ces eaux sont réparties comme suit :

- ❖ Eaux ménagères : qui ont pour origines les salles de bains et les cuisines, sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants et de débris organiques...
- ❖ Eaux vannes : sont les rejets des toilettes, chargés de matières organiques azotées et de germes fécaux.

#### I.1.2. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à une autre.

Les eaux évacuées par les industries sont :

- ❖ Les eaux de fabrication qui dépendent de la nature de l'industrie ;
- ❖ Les eaux de refroidissement qui dépendent de taux de recyclage ;
- ❖ Les eaux de lavage des machines.

En plus de matières organiques et les éléments nutritifs, les eaux usées industrielles peuvent contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures...

#### I.1.3. Les eaux usées agricoles

Les effluents agricoles renferment diverses substances, d'origine agricole ou animale. Elles se caractérisent par de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) issus des purins et lisiers d'élevage, ainsi que des solutions d'engrais lessivées par les sols fertilisés.

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.

### **I.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.

### **I.1.5. les eaux résiduaires artisanales**

Elles sont produites par les entreprises artisanales (abattoirs ....) et généralement sont rejetées dans les égouts. .

### **I.1.6. 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. [1]

## **I.2. Nature de la pollution**

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique.

La pollution se manifeste généralement sous quatre formes principales :

- ❖ Organique.
- ❖ Microbiologique.
- ❖ Minérale.
- ❖ Toxique (minérale et organique).

### **I.2.1. 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). 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. [2]

### **I.2.2. Pollution minérale**

Il s'agit principalement d'effluent industriels qui contiennent des substances minérales telles que : les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques le cuivre le mercure...

Elle est causée essentiellement par :

- ❖ Gravier ;
- ❖ Sables ;
- ❖ Métaux ;
- ❖ Sels minéraux.

Ces éléments ne sont pas biodégradable de ce fait un traitement tertiaire est souvent nécessaire.

### I.2.3. Pollution toxique

Les matières toxiques sont constituées de micropolluants minéraux (métaux lourds tels le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome) ainsi que d'autres substances telles que les cyanures ou les molécules organiques présentant une action d'inhibition des mécanismes biologiques.

Même à des doses très faibles, ils sont dangereux en raison de leur persistance et leur bioaccumulation.

Le tableau ci-dessus représente les différents types de pollution :

**Tableau I.1** : classification des pollutions [9].

Pollution	Constituants	Origine	Traitement
Organiques (biodégradables)	Plantes morte, excréments, protéines, lipides et corps gras (huiles, graisses, et savon) glucides	- Organismes vivants - Industries agro-alimentaires (laiteries, fromageries, abattoirs, sucreries) - Eaux ménagères	- Assainissement individuel - lagunage - Epuration biologique - Traitement physico-chimique
Organique (Difficilement biodégradables)	- Fibres, bois	- Papeteries - Industries textiles - Tanneries	- Lagunage - Epuration biologique et traitement physico-chimique
Toxiques	Détergents, phénols, hydrocarbure, pesticides, engrais synthétiques	- Industries chimiques et pétrochimiques - Raffineries de pétrole- Agriculture	
Minérales	Substances toxiques acides ou basiques, mercure, chrome, cyanures, plomb, fer, cuivre	Produits chimiques, Métallurgies, traitement de surfaces des métaux	- Transformation en composés insoluble, précipitations - Transformation en composés inoffensive,
Bactériologiques	- Germes pathogènes : Escherichia Coli, streptocoques, virus divers.	- Activités humaines et minérales, effluents des hôpitaux et des abattoirs	Filtration et stérilisation

### **I.2.4. Pollution microbiologique**

La pollution microbiologique est la présence en quantité excessive de germes, bactéries et virus (essentiellement), parmi lesquels certains sont pathogènes pour l'homme (virus de gastro-entérites, hépatites A, conjonctivites...). [3]

On les trouve dans les effluents hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ou encore dans le déversement de nombreuses industries agro-alimentaires (abattoirs, élevage agricoles,.....). On peut citer les virus, les bactéries, les protozoaires, les vers et les microchampignons. Ces différents éléments garantissent une masse permanente en germes utiles à l'épuration par biodégradation.

### **I.3. Les principaux paramètres de pollution**

#### **I.3.1. Les paramètres physiques**

##### **I.3.1.1. Température**

La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d'effluents industriels. Ce paramètre peut influencer sur la solubilité des sels, la concentration de l'oxygène dissout et l'activité microbienne. Aussi il rentre dans les formules de dimensionnement des stations d'épuration par lagunage naturel.

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. [1]

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

##### **I.3.1.2. 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. La turbidité de l'eau usée est intense pendant les premières pluies, car il y a un nettoyage des chaussés et toitures.

##### **I.3.1.3. L'odeur et couleur**

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

- ❖ La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdaux, on distingue :
- ❖ 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.

##### **I.3.1.4. Conductivité**

Elle donne une idée sur la salinité de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation dans une station d'épuration.

Le tableau suivant nous renseigne sur la minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité.[4]

**Tableau I.2 :** Minéralisation de l'eau en fonction de la conductivité

Conductivité	Appréciation
Conductivité <100 µs/cm	Minéralisation très faible
100 µs/cm < conduc < 200 µS/cm	Minéralisation faible
200 µs/cm < conduc < 333 µS/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 µs/cm < conduc < 666 µS/cm	Minéralisation moyenne
666 µs/cm < conduc < 1000 µS/cm	Minéralisation importante
Conductivité > 1000 µS/cm	Minéralisation excessive

### I.3.1.5. 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.

Deux techniques sont utilisées pour déterminer le taux de matières en suspension (MES) dans un échantillon :

- ❖ La méthode par filtration puis séchage à 105°C
- ❖ La méthode par centrifugation puis séchage à 105°C

Le choix de l'une ou de l'autre de ces méthodes est conditionné par la teneur en MES de l'échantillon à analyser. La technique par filtration est adaptée à des échantillons peu chargés et généralement applicable aux eaux de la ressource et aux eaux usées. La méthode par centrifugation est réservée à des échantillons présentant des concentrations plus élevées (supérieures à 300 mg/l) tels que les boues liquides et certaines eaux très chargées.) [5]

### I.3.1.6. Matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 550°C pendant deux heures d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles représentent environ 70 à 80 % des MES. Elles s'expriment en mg/L. [6]

### I.3.1.7. Matières minérales en suspension (MMS)

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

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

#### **Remarque :**

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

### I.3.1.8. 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.

**I.3.1.9. Les matières décantables (MD) et non décantables (MND)**

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant des conditions opératoires particulières (utilisation d'un cône Imhof ou Coin). Les matières non décantables sont celles qui restent dans le surnageant et qui vont donc être dirigées vers le procédé de traitement biologique ou chimique.

**I.3.2. Les paramètres chimiques****I.3.2.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique. Il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial :

- ❖ dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- ❖ dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5. [7]

**I.3.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO5)**

La demande biochimique en oxygène (DBO5), correspond à la quantité d'oxygène (O2) consommée dans les conditions de l'essai d'incubation durant cinq (05) jours à une température de 20°C et à l'obscurité, pour assurer la dégradation par voie biologique de la pollution biodégradable carbonée (oxydation) présentes dans l'eau. Elle est mesurée dans le but de connaître la quantité de matières biodégradables essentiellement organiques contenues dans l'eau. Elle est exprimée en milligrammes d'oxygène par litre (mgO2/l).

**I.3.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La mesure de la Demande Chimique en Oxygène, permet de façon indirecte d'évaluer la quantité de matières oxydables essentiellement organiques contenues dans l'eau. La DCO (demande chimique en oxygène) est la mesure de la quantité d'oxygène apportée par un réactif chimique (oxydant) pour détruire toutes les matières organiques biodégradables et non biodégradables. [5]

Pour déterminer la DCO, on mélange à l'eau à analyser une quantité volontairement excessive de réactif oxydant (dichromate de potassium). Pour que la réaction soit rapide et complète, on ajoute de l'acide sulfurique et on chauffe pendant deux heures. La DCO correspond à la différence entre la quantité d'oxydant initiale et celle subsistant après deux heures de réaction. Elle est exprimée en mgO2/l.

**I.3.2.4. Coefficient de biodégradabilité (DCO/DBO5)**

Le rapport (DCO/DBO5) exprime le degré de biodégradabilité de l'eau usée et nous renseigne donc sur le type de traitement à adopter. [6]

La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons...).

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient **K** donné par la relation suivante :

$$K = \frac{DCO}{DBO_5} \dots\dots\dots(I.2).$$

La connaissance de ces deux paramètres (DBO et DCO) permet aussi de définir l'origine de l'effluent.

Le tableau ci-dessous, nous renseigne sur le mode de traitement à adopter en fonction du rapport DCO/DBO. [6]

**Tableau I.3** : le mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO)

<b>Rapport : DCO/DBO</b>	<b>Mode de traitement</b>
1 < DCO/DBO < 2	Facilement biodégradable ↔ Traitement biologique (Concerne un effluent urbain)
2 < DCO / DBO < 3	Traitement biologique avec adaptation De la couche microbienne
DCO / DBO > 3	Traitement physico-chimique (Concerne un effluent industriel).

### **I.3.2.5. Le carbone organique total (COT)**

Il correspond à une approche de la matière organique dont le carbone est le constituant essentiel. Il détermine 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. Le principe le plus courant de la mesure du C.O.T repose sur la combustion des matières organiques carbonées d'un effluent après passage au four à 950°C en présence de catalyseurs. Le CO<sub>2</sub> qui se forme est dosé dans un analyseur infra rouge. Les résultats sont exprimés en milligramme de carbone par litre d'eau.

### **I.3.2.6. Les nutriments**

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.

#### **❖ 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.

#### **❖ 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). [8]

### **I.3.2.7. Métaux lourds**

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). [1]

Résumé des principaux dangers des métaux lourds :

- + Ils remplacent ou substituent les minéraux essentiels ;
- + Ils ont un effet antibiotique, ce qui augmente la résistance des bactéries ;
- + Ils provoquent le cancer ;
- + Ils neutralisent les acides aminés utilisés pour la détoxification ;
- + Ils causent des allergies ;
- + Ils endommagent les cellules nerveuses

### **I.3.2.8. Matières oxydables (MO)**

Les matières oxydables correspondent à une moyenne pondérale de la DCO et de DBO<sub>5</sub> mesurées après une décantation de 2h.

Elles sont données par la formule suivante :

$$MO = (2DBO_5 + DCO) / 3 \dots\dots\dots (I.3).$$

### **I.3.2.9. Eléments toxiques**

On appelle "toxiques" matières capables de bloquer l'activité des espèces aquatiques vivantes, d'empêcher leur existence partiellement, ou totalement. L'effet de la toxicité peut se traduire immédiatement, entraînant une mortalité brutale : c'est la toxicité directe. Mais, il peut aussi intervenir sous un certain délai, après accumulation de composés toxiques dans l'organisme : c'est la toxicité indirecte.

Il existe une infinité de composés susceptibles d'être toxiques. On peut sommairement citer :

- + les métaux tels le chrome, le cadmium
- + les cyanures
- + les désinfectants
- + certains détergents
- + les hydrocarbures
- + les produits trop acides ou trop basiques.

La majorité des éléments toxiques proviennent des activités industrielles et artisanales.

### **I.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. [2] 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 fécale son :

- ✚ Les coliformes fécaux (l'Escherichia coli...etc.)
- ✚ Les streptocoques fécaux
- ✚ Les Clostridium sylfito-réducteurs

Le tableau ci-après résumé, les maladies liées aux différents organismes :

**Tableau I.4:** les maladies liées aux différents micro-organismes.

Germes	Organismes	Maladies
Les bactéries pathogènes	Salmonelles Schigelles Colibacilles Leptospires	Typhoïde dysenterie
Enté Bactéries vibrions	Mycobactéries Vibrions coma	tuberculose choléra
Les virus	Entérovirus Ribovirus Adénovirus Rotavirus	Poliomyélite, méningite Affections respiratoires Diarrhées
Les parasites		Lésions viscérales
Les champignons	Taenia, ascaris	Eczémas maladies de la Peau

#### I.4. Estimation des rejets d'eaux usées

##### I.4.1.L'Equivalent Habitant

Pour l'Algérie, la valeur de l'équivalent habitant n'est pas encore déterminée, de ce fait pour concevoir une station d'épuration d'eaux usées, on se base sur les normes européennes.

L'Equivalent Habitant : est l'unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et Par jour :

1 EH = 60 g de DBO5/jour (21,6 kg de DBO5/an.), 135g de DCO, 9,9g d'azote, 3,5g de phosphore.[5]

##### I.4.2.Charges en DBO5

La charge de DBO d'un rejet d'eaux usées est le produit de la DBO unitaire par son débit., elle constitue la charge de DBO5 du rejet.

La charge en DBO5 apportée par les eaux brutes est exprimée par jour et par habitant suivant le type de réseau :

- ✚ Réseau unitaire : 70 g/hab/jour ;
- ✚ Réseau séparatif : 55 g/hab/jour ;
- ✚ Réseau pseudo séparatif : 60 g/hab/jour [3].

### I.4.3.Charges en MES

Les charges en matières en suspension apportées par les eaux usées sont estimées suivant le type de réseau à :

- + Réseau unitaire : 70 à 90 g/hab/jour ;
- + Réseau séparatif : 70 g/hab/jour ;
- + Réseau pseudo séparatif : 80 g/hab/jour [3].

### I.5.Les normes de rejet

Dans le domaine de l'eau, on est tenu de respecter des normes très strictes car cela touche au domaine de la sante publique, et le moindre écart peut s'avérer très dangereux pour la sante de l'homme, la préservation des espèces aquatiques...etc.

Les normes de rejet ont pour but de maintenir, ou le cas échéant de restaurer, la qualité des eaux superficielles qui reçoivent les effluents traités.

Les systèmes d'épuration, ont donc pour mission de réduire au maximum les paramètres caractérisant un effluent (DBO, DCO; MES, NTK, PT).

Les normes de rejets appliquées en Algérie sont celles de l'OMS. Elles sont indiquées dans le tableau ci- dessous

**Tableau I.5** : Les normes de rejet des eaux usées.

Paramètres	Unités	Valeurs Limites	Tolérances aux valeurs limites Anciennes Installations
Température	°C	30	30
PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	"	30	40
Phosphore total	"	10	15
DCO	"	120	130
DBO <sub>5</sub>	"	35	40
Substances toxiques bioaccumulable	"	0,005	0,01
Cyanures	"	0,1	0,15
Fluor et composés	"	15	20
Indice de phénols	"	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	"	10	15
Huiles et Graisses	"	20	30
Cadmium	"	0,2	0,25
Cuivre total	"	0,5	1
Mercure total	"	0,01	0,05
Plomb total	"	0,5	0,75
Chrome Total	"	0,5	0,75

Source : Journal officiel de la République Algérienne. N°26 du 23/04/2006

### Conclusion

Aujourd'hui, le traitement des eaux usées est une obligation. Un rejet directement au milieu naturel représente une véritable menace pour l'être humain ainsi que pour l'environnement.

Déterminer et interpréter la qualité de l'eau s'avère 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.

# Chapitre II

Procédés d'épuration  
par boues activées

## Introduction

Le procédé à boue activée est une technique biologique d'épuration des eaux mise au point en 1914 à Manchester. Il représente une alternative efficace et relativement écologique (sans utilisation de produits chimiques) aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées. Il consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à des micro-organismes. Elle est constituée d'être vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires, ...etc.

La technique des boues activées est assurée par la combinaison de 3 dispositifs :

- Un réacteur biologique où se développe une biomasse apte à la décantation,
- Un système d'aération fournissant l'oxygène nécessaire à la biologie,
- Un ouvrage de séparation, essentiellement par décantation, où l'eau purifiée sera séparée de la biomasse formée

Le processus d'épuration peut comprendre plusieurs étapes :

- a. Les prétraitements.
- b. Le traitement primaire.
- c. Le traitement secondaire.
- d. Les traitements complémentaires.
- e. Le traitement de boues résiduelles.

### II.1. Généralités sur l'épuration par boues activées (cultures libres)

Le terme « cultures libres » regroupe les procédés où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de floccs au sein du liquide à traiter.

Pour cela, on utilise un bassin brassé, pour conserver en suspension la culture, dans lequel est maintenue :

- soit une concentration d'oxygène, pour les procédés aérobies ;
- soit une absence d'oxygène, pour les procédés anaérobies. **[10]**

Le procédé par « boues activées » est le plus commun des procédés par « cultures libres ». Il consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, Bactériologiquement très actifs. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et de l'effluent à traiter.

Une station d'épuration par boues activées est composée essentiellement d'un bassin d'aération précédé d'un décanteur primaire dont le but est d'éliminer les matières en suspension décantables et sera suivi d'un décanteur secondaire appelé également clarificateur qui assurera la séparation de l'effluent épuré des boues qui seront en partie recyclées dans le bassin d'aération pour son réensemencement et en partie extraites (boues en excès) vers le traitement des boues, cette figure nous montre le principe de fonctionnement d'une station d'épuration par boues activées.

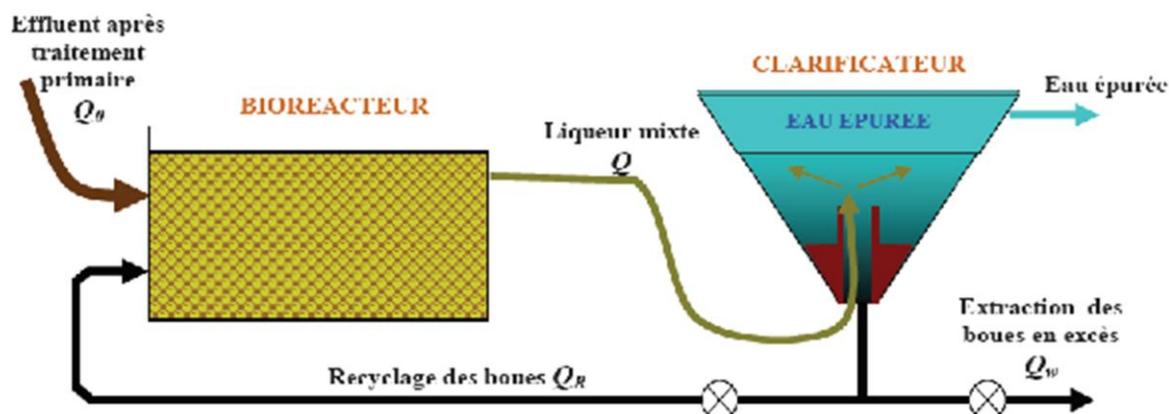


Figure II.1 : Principe de fonctionnement d'une station par boues activées

## II.2. Composants d'une unité biologique :

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation d'eau épuré et de la culture bactérienne.
- Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologique récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.
- Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le micro-organisme et la nourriture, d'éviter les dépôts de favoriser la diffusion de l'oxygène .

L'installation d'une station d'épuration par boue activées comprend successivement (Figure II.2) :

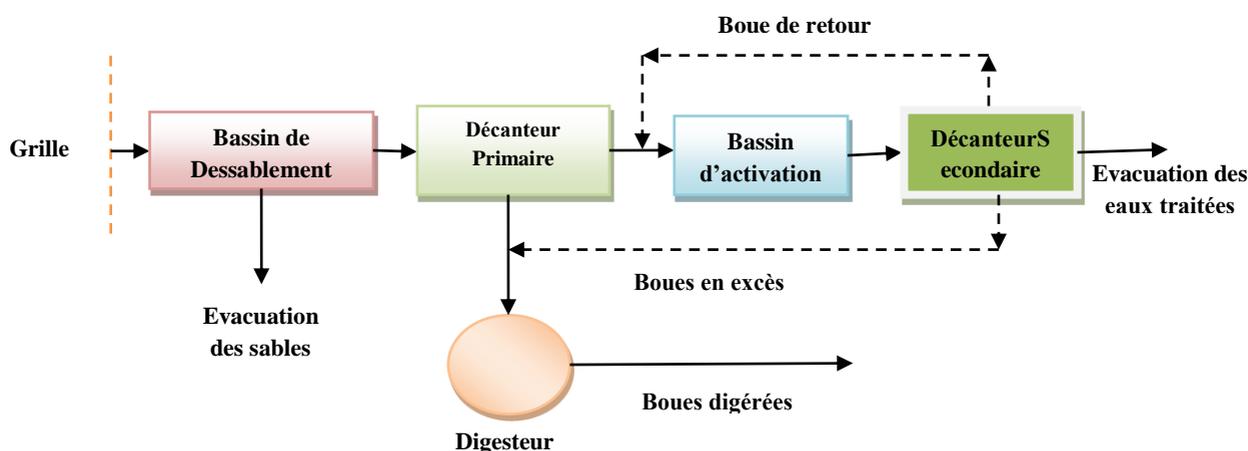


Figure II.2: schéma d'une station de traitement par boues activées [11]

## II.3. paramètres de fonctionnement en boues activées

### II.3.1. Facteurs de Charge

On définit les caractéristiques d'un bassin d'aération par deux paramètres :

- ✚ charge massique :  $C_m$
- ✚ charge volumique :  $C_v$

#### ❖ Charge massique

La charge massique  $C_m$  est le rapport entre la quantité journalière de pollution à éliminer et la masse de bactéries épuratrices mises en œuvre. [8]

La pollution est mesurée en kg DBO<sub>5</sub> et la quantité de bactéries est estimée par certains auteurs à la quantité de matières volatiles sèches (MVS) présentés dans le bassin d'aérations, par d'autre à la quantité de matière en suspension (MES).

Elle est déterminée t par le rapport suivant :

$$\text{Ou : } C_m = \frac{\text{Pollution journalière (DBO}_5\text{)}}{\text{Biomasse présente (MES)}} \quad \text{(II.1)}$$

$$C_m = \frac{\text{Débit (Q) x [DBO}_5\text{]}}{\text{Volume du bassin d'aération x [MVS] BA}} \quad \text{(II.2)}$$

Avec :

- Q : Débit journalier (m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>) entrant dans le bassin d'aération.
- [DBO<sub>5</sub>] : Concentration moyenne (kg.m<sup>-3</sup>) en DBO<sub>5</sub> de l'influent à l'entrée du bassin d'aération.
- VBA : Volume (m<sup>3</sup>) du bassin d'aération.
- [MVS] BA : Concentration en (kg.m<sup>-3</sup>) en MVS des boues dans le bassin d'aération.

#### ❖ Charge volumique

La charge volumique  $C_v$  correspond à la quantité journalière de pollution à dégrader (en kg DBO<sub>5</sub>/j) dans le volume V (m<sup>3</sup>) de l'ouvrage. Elle s'exprime en kg DBO<sub>5</sub> / (j. m<sup>3</sup>). [5]

Elle est déterminée par :

$$C_v = \frac{\text{Pollution journalière (DBO}_5\text{)}}{\text{Volume du bassin d'aération}} \quad \text{(II.3)}$$

Ou :

$$C_v = \frac{Q \times \text{[DBO}_5\text{]}}{\text{VBA}} \quad \text{(II.4)}$$

Avec :

- Q : Débit journalier (m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>) d'eau brute alimentant l'étage biologique.
- [DBO<sub>5</sub>] : Concentration (kg.m<sup>-3</sup>) en DBO<sub>5</sub> dans l'influent du réacteur biologique.
- VBA : Volume (m<sup>3</sup>) du bassin d'aération.
- $C_v/C_m$  = concentration des MVS dans le bassin

### ❖ Age des boues

L'âge des boues  $A_b$  est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues extraites. En plus de la charge massique appliquée, l'âge des boues constitue le paramètre fondamental à prendre en compte lors de dimensionnement des stations d'épuration. [5]

Il est calculé par :

$$A_b = \frac{X_t}{\Delta X} = \frac{X_a * V}{\Delta X} \dots \dots \dots (II.5)$$

➤  $X_a$  : concentration en biomasse.

Avec :  $X_a = \frac{C_v}{C_m} \quad (\text{kg} / \text{m}^3) \dots \dots \dots (II.6)$

➤  $\Delta X$  : la masse de boues extraites quotidiennement.

➤  $V$  : le volume de l'aérateur.

On classe les systèmes d'épuration suivant la charge appliquée ; le tableau ci-dessous représente le classement des systèmes d'épuration. [6]

**Tableau II.1** : classement des procédés par boues activées.

Appellation	Charge massique $C_m$ (Kg DBO <sub>5</sub> /Kg MES .j)	Charge volumique $C_v$ (KgDBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> .j)	Âges des boues en jour	Rendement R d'élimination de la DBO <sub>5</sub>
Faible charge	$C_m < 0,15$	$C_v < 0,40$	10 à 30	$R \geq 90\%$ Nitrification possible
Moyenne charge	$0,15 \leq C_m < 0,4$	$0,5 < C_v < 1,5$	4 à 10	$R = 80 \text{ à } 90\%$ Nitrification possible aux températures élevées
Forte charge	$0,4 \leq C_m < 1,2$	$1,5 < C_v < 3$	1,5 à 4	$R < 80\%$

### Remarque

- Les rendements annoncés sont donnés dans l'hypothèse d'une bonne séparation de tous les éléments décantables de la liqueur de boues activées.
- Sur des effluents industriels concentrés, les rendements d'épuration sont supérieurs à ceux annoncés ci-dessus.

### II.3.2. Effet de température

Les variations de température affectent tout processus biologique. La valeur optimale pour l'activité des micro-organismes intervenant au cours de l'épuration est comprise entre 25 et 30°C. Au-delà, la vitesse de réaction décroît très vite et le floc bactérien se trouve rapidement épuisé en oxygène. Ceci est valable dans le cas des boues activées à faible charge. Cependant, en fortes charges, le floc a tendance à se disperser, ce qui conduit à une mauvaise décantation des boues dans le clarificateur.

### II.3.3. Effet du pH

Les systèmes biologiques tolèrent une gamme de pH allant de 5 à 9 avec une zone optimale de 6 à 8.

### II.3.4. Indice de Mohlman

L'indice de Mohlman est le rapport entre le volume des boues décantées en 1/2 heure, et la masse de matière en suspension contenue dans ce volume. Il est donné par la formule suivante :

$$I_M = v/m \dots \dots \dots (II.7)$$

Cet indice est utilisé pour apprécier l'aptitude d'une boue à la décantation ou bien il permet de traduire la bonne aptitude ou non, des boues à la décantation.

- Si  $I_M$  inférieur à 50 ml/g : mauvaise décantation ;
- Si  $I_M$  compris entre 80 ml/g et 150 ml/g : bonne décantation ;
- Si  $I_M$  supérieur à 150 ml/g : très mauvaise décantation. [6]

### II.3.5. Besoins en nutriments

Pour la dégradation de pollution ; Les micro-organismes exigent comme tous les êtres vivants une alimentation équilibrée répondant à une formule globale voisine de leur composition ( $C_7H_9NO_3$  et  $C_7H_9NO_2$ ). Pour une eau usée domestique, l'alimentation fournie est équilibrée, par contre, les eaux industrielles, sont pauvres en azote et en phosphore.

L'ammoniaque est la forme la plus assimilable par les micro-organismes, car les autres composés doivent se transformer d'abord en ammoniaque avant leur utilisation. Aussi, un déséquilibre nutritionnel peut être la source du mauvais fonctionnement de l'épuration biologique à savoir un faible rendement d'épuration et le gonflement de boues.

Dans une station à boues activées, les rapports suivants doivent être respectés :

- $DBO_5/N=20$ .
- $DBO_5/p=100$ .
- $DBO_5/N/p=100$  à  $150/5/1$ . [12]

### II.3.6. Effet de quelques toxiques

La nature des toxiques est souvent d'origine métallique. La présence dans l'effluent à traiter de ces substances toxiques se traduira par une inhibition partielle ou totale de l'activité des micro-organismes.

### II.3.7. Consommation en oxygène

Les matières organiques contenues dans l'effluent en présence d'une suspension bactérienne dense en milieu oxygéné peuvent être :

- assimilées et transformées en matière cellulaire (anabolisme)
- dégradées par oxydation pour fournir de l'énergie nécessaire à aux synthèses cellulaires (catabolisme).
- absorbées et stockées par les cellules en cas d'une alimentation surabondantes.

La pollution éliminée que nous supposons exprimée directement en poids de matières organiques, est répartie donc en trois fractions :

- Une fraction est anabolisée.
- Une fraction est catabolisée
- Le reliquat se trouve stocké par les bactéries et joint aux réserves préexistantes.

Divers travaux ont permis de préciser une formule symbolique de la matière organique contenue dans un effluent urbain. Il s'agit de  $C_7H_{11}NO_3$ . En ce qui concerne la matière vivante (cytoplasme bactérien) deux formules sont proposées :  $C_5H_7NO_2$  ou bien  $C_7H_9NO_3$ .

La consommation d'oxygène dans l'unité de temps (notée  $qO_2$ ) peut être donnée sous forme d'une somme de deux termes, proportionnels l'un à la pollution dégradé, et le seconde la respiration endogène

Poids.  $O_2 = a' \cdot$  Poids DBO5 éliminée +  $b' \cdot$  Poids matières volatiles

D'où :

$$qO_2 = a' \cdot L_e + b' \cdot X_a \dots \dots \dots (II.8)$$

Avec :

- $qO_2$  : exprimé en kg/j.
- $L_e$  : DBO5 éliminée exprimée en kg/j.
- $X_a$  : masse totale de boue présente dans l'aérateur exprimé en kg
- $a'$  : la fraction de pollution transformée en énergie de synthèse au cours de l'épuration. C'est aussi la quantité d'oxygène à fournir aux bactéries pour qu'elles synthétisent la matière vivante à partir de 20g de pollution. Sa valeur est comprise entre 0,5 et 0,6 kg  $O_2$ /kg DBO5.j.
- $b'$  : coefficient lié à la respiration endogène. ( $b'=0,01-0,07$  kg  $O_2$ /kg MVS.j).

Les coefficients  $a'$  et  $b'$  sont déterminés expérimentalement au laboratoire, à partir de l'équation relative à l'oxydation de la matière vivante qui s'écrit :



On constate que 113g de matière vivante exige 160 g d' $O_2$  pour être minéralisées.

Si on appelle ( $b$ ) le coefficient représentant la quantité de matière vivante détruite par endogène pour fournir l'énergie d'entretien.

$$\text{On a : } b' = \frac{160}{113} b \text{ soit : } b' = 1,42b$$

**B** : est exprimé en kg MVS détruit / kg MVS .j

L'oxydation d'une cellule de formule  $C_5H_7NO_2$  requiert 1,42 fois son poids d'oxygène

D'où :  $a' = 1,42 am$ .

### **II.3.8. Différents types d'épuration par boue activée**

Le traitement des eaux usées par le procédé à boues activées peut être réalisé suivant deux procédés principaux : le mélange intégral et le mélange piston.

#### **❖ Le mélange intégral**

C'est un procédé permettant de mélanger instantanément les eaux décantées à travers la totalité du bassin d'aération. Ainsi, il existe dans le bassin une teneur constante des boues activées, une oxygénation homogène et une répartition uniforme de la pollution organique. De ce fait la charge organique appliquée est uniforme étant assurée par la dispersion de l'effluent.

#### **❖ Le mélange piston**

Dans le traitement en piston, et contrairement au traitement intégral, l'effluent circule lentement dans le sens longitudinal. L'effluent injecté à un instant donné progresse donc en bloc (en piston). On considère souvent un aérateur de ce type comme la succession de plusieurs cellules fictives en mélange intégral.

### **II.3.9. Choix du procédé d'épuration**

Pour arriver à dimensionner une station d'épuration il faut choisir une de ces procédés en prenant en considération leurs avantages et inconvénients qui sont cités dans le **tableau II.2**.

#### **II.3.9.1 Procédé à forte charge**

Le procédé à forte charge est consacré au traitement des effluents des collectivités de grandes importances.

#### **II.2.9.2 Procédé à moyenne charge**

Le procédé à moyenne charge est aussi consacré au traitement des effluents des collectivités de grandes importances.

#### **II.2.9.3 Procédé à faible charge**

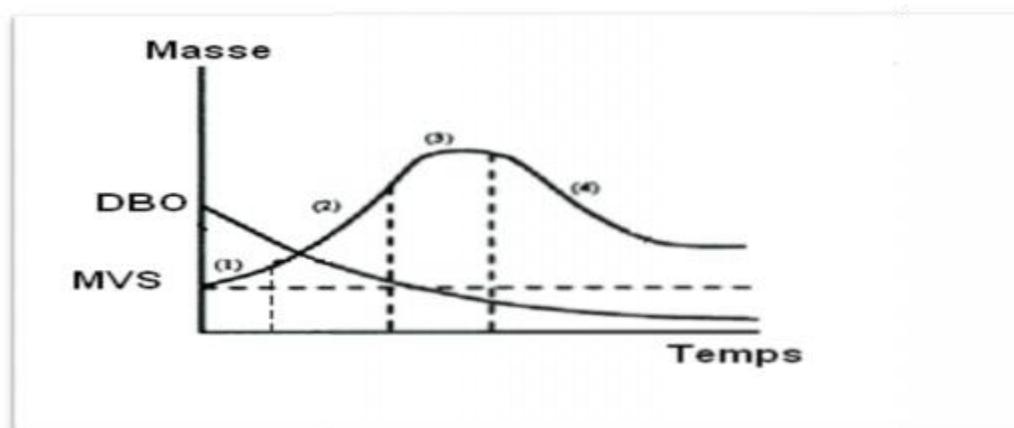
Ce procédé est utilisé pour le traitement des effluents à caractère domestique dominant de petites et moyenne collectivités.

**Tableau II.2 : Avantages et inconvénients des différents procédés [13]**

	<b>Avanta</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Forte charge</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un temps de contact relativement court entre l'eau à épurer et les boues activées ;</li> <li>- Très bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût d'investissement assez important ;</li> <li>- Consommation énergétique importante ;</li> <li>- La nitrification est incomplète ou difficile ;</li> <li>- Le bassin d'aération est précédé d'un décanteur primaire.</li> </ul>
<b>Moyen charge</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La consommation énergétique du poste d'aération est plus faible ;</li> <li>- Prend un espace moyen dans le terrain</li> <li>- Pour toute taille de collectivité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité du personnel qualifié et une surveillance régulière ;</li> <li>- Décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser.</li> </ul>
<b>Faible charge</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assure une bonne élimination de DBO5</li> <li>- Résiste mieux aux fluctuations de charge polluante ;</li> <li>- L'exploitation de telles stations est très simplifiée ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le temps de séjour dans le bassin ;</li> <li>- Investissement coûteux ;</li> <li>- Le bassin d'aération, plus large dimensionné ; les boues sont plus concentrées d'où la décantation dans le clarificateur est lente, il faut prévoir une surface très importante.</li> </ul>

### II.3.10. Evaluation d'une culture bactérienne

Si on insuffle de l'air dans une eau usée urbaine décantée qui contient naturellement une population microbienne variée, on assiste à une évolution progressive de la masse totale des micro-organismes qui croit, se stabilise puis décroît tandis que la DBO de l'effluent diminue d'une façon continue mais à un rythme variable. Une analyse plus poussée du phénomène permet de distinguer quatre phases principales comme le schéma ci-après le montre [6]

**Figure II.3 : Développement d'une culture bactérienne**

- **Phase N°1:** (croissance rapide) le milieu riche en nourriture permet un développement Rapide des bactéries. La DBO diminue rapidement, la consommation d'oxygène est Élevée par suite de l'activité intense de synthèse cellulaire et de métabolisme de la flore bactérienne. La masse des matières volatiles en suspension (MVS) augmente (car elle est retenue par les flocons bactériens).

La phase de croissance de la masse bactérienne en présence d'un substrat dans un milieu aéré, est décrite par une loi exponentielle de la forme :

$$X=X_0 \exp (\mu t) \dots\dots\dots (II.9)$$

Dans laquelle :

- X=masse bactérienne présente dans le milieu à l'instant t
- X<sub>0</sub>=masse bactérienne présente dans le milieu à l'instant t=0
- μ= est le taux de croissance des bactéries ;

Comme une fraction de la pollution est convertie en nouvelles cellules, on peut admettre qu'après un temps de réaction Δt, la masse bactérienne passe de X<sub>0</sub> à X<sub>1</sub> tel que :

$$X_1=X_0 + \Delta X \dots\dots\dots (II.10)$$

On définit un rendement de croissance a<sub>m</sub>=croissance totale/concentration du milieu

$$a_m = \Delta X / \Delta L \text{ Soit : } \Delta X = a_m (L_0 - L_1) = a_m L_e \dots\dots\dots (II.11)$$

Où

L<sub>e</sub>: représente la pollution BDO éliminée pendant le temps Δt pour une Croissance de boues égales à Δ X ; cette relation devient :

$$a_m (L_0 - L) = X_0 (\exp(\mu t) - 1) \dots\dots\dots (II.12)$$

Ou encore :

$$\text{Log} (1 + a_m (L_0 - L) / X_0) = \mu t \dots\dots\dots (II.13)$$

C'est l'équation d'une droite qui peut conduire à calculer μ en portant Log (1+a<sub>m</sub> (L<sub>0</sub>-L)/X<sub>0</sub>) en fonction de t. Ce terme est souvent interprété comme étant le temps nécessaire pour doubler la population bactérienne. Il est généralement utilisé pour le dimensionnement du bassin d'aération.

- **Phase N° 2 :** (croissance ralentie) au cours de cette phase il y a un ralentissement de la croissance bactérienne dû à l'insuffisance de la nourriture ; on observe alors un début de plafonnement de la masse de MVS.

Dans cette phase la nourriture devient un facteur limitant ; la vitesse d'oxydation de la DBO devient fonction de la concentration en DBO dans le milieu. On écrit alors :

$$-dL/dt=L*X*k \text{ ou encore } dL/L= -X*k*dt \dots\dots\dots (IV.14)$$

K est la croissance ralentie ; le signe (-) correspond a la disparition de la DBO,

Après intégration entre l'état final (caractérisé par L<sub>f</sub>) et l'état initial (caractérisé par L<sub>0</sub>) et en supposant une concentration moyenne en boues dans le bassin notée X<sub>a</sub>, il vient :

$$\text{Log} (L_f / l_o) = -X_a \times K \times t \text{ ou encore } L_o = L_f \exp (X_a \times k \times t) \dots\dots\dots (\text{II.15})$$

En utilisant le développement en série de la fonction expo  $\text{Exp} = 1 + x + x^2 / 2$  ; On peut écrire :

$$L_o / L_f = (1 / (1 + X_a \times K \times t)) \dots\dots\dots (\text{II.14})$$

- **phase N°3** : correspond à une phase **stationnaire**. Elle signifie qu'à ce moment les bactéries utilisent les réserves accumulées précédemment. Cette phase est marquée sur un appauvrissement du milieu en nourriture.
- **phase N°4** : (la phase **endogène** ou phase de **déclin**) dans laquelle le milieu est pauvre en matières organiques et se traduit par la mort de nombreux micro-organisme. C'est L'oxygène apporté est alors utilisé par les bactéries pour leur propre transformation en produits finaux (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>).

#### II.4. Le Traitement Secondaire (Clarificateur)

Le clarificateur est un ouvrage, placé en sortie du bassin d'aération, qui présente trois fonctions : une première fonction consistant en la séparation de la boue et de l'eau épurée, une seconde d'épaississement en permettant par la suite une recirculation de boues concentrées vers la zone anoxie et enfin un stockage temporaire des boues. De façon générale, le système fonctionnera tel que le flux ascendant d'eau clarifiée ne perturbe pas le flux descendant de boue.[14]

Pour que la décantation secondaire en boues activées soit efficace, deux conditions essentielles doivent être vérifiées:

- La surface de séparation des boues sédimentaires et du surnageant se maintient à une distance stable de la zone de sur verse.
- Cette distance doit être la plus importante possible.



**Figure II.4** : Clarificateur

Il existe deux formes possibles pour le clarificateur, circulaire ou rectangulaire. Les rectangulaires présentent l'avantage d'une implantation au sol plus compacte mais possèdent un coût de fonctionnement plus élevé que dans le cas des clarificateurs circulaires. Ces derniers peuvent être cylindrique ou cylindro-conique c'est-à-dire avec une pente de fond, appelée radier, plus ou moins importante (10 à 15% minimum). Aujourd'hui, les clarificateurs sont généralement à fond plat de façon à améliorer le fonctionnement de l'installation. [14]

### **II.5. Traitement Tertiaire (Désinfection)**

Il a pour but de compléter plus ou moins l'épuration selon les normes de rejet applicables aux eaux épurées ou selon l'utilisation de ces eaux après traitement.

Ce traitement est absent ou peu nombreux dans le cas de rejet en rivière. L'évaluation du risque de contamination et l'efficacité de la désinfection sont généralement appréhendées via le dénombrement de germes indicateurs (coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux). Dans les effluents secondaires, après traitement par boues activées, on dénombre généralement pour les effluents urbains 105 à 108 coliformes totaux par 100 ml, 104 à 107 coliformes fécaux par 100 ml et 104 à 106 streptocoques fécaux par 100 ml. [14]

Il existe de nombreuses techniques de désinfection :

- \*Le chlore
- \*Désinfection utilisant le dioxyde de chlore
- \*L'hypochlorite de sodium (eau de Javel)
- \*Désinfection à l'ozone
- \*Désinfection par rayonnement UV

### **Conclusion :**

On a examiné tous les types de traitement par voie biologique et on propose l'adoption du processus par boue activée comme moyen de traitement, en raison du bon rendement épuratoire qu'il procure.

# Chapitre III

## Traitement des boues

## **Introduction**

Les boues d'épuration (urbaines ou industrielles) sont les principaux déchets produits par une station d'épuration à partir des effluents liquides. Ces sédiments résiduels sont surtout constitués de bactéries mortes et de matière organique minéralisée. La destination finale des boues conditionne le choix de traitement. Ces filières ont pour objectifs principaux, de produire une boue de meilleure qualité en moindre quantité et sans risques pour l'environnement.

### **III.1.Origine des boues résiduelles**

Selon leur origine, les boues ont une composition différente qu'elles proviennent d'un traitement d'eau potable, d'un procédé physico-chimique ou biologique, d'une eau usée urbaine ou industrielle. On peut distinguer les types de boues suivants :

#### **III.1.1.Boues primaires**

Résultent de la simple décantation des matières en suspension contenues dans les eaux usées brutes. Elles ne sont pas stabilisées.

Elles sont riches en matières minérales et contiennent des matières organiques susceptibles d'évolution. Elles présentent des concentrations élevées. Elles sont obtenues dans les décanteurs digesteurs ou dans les décanteurs primaires des stations d'épuration par boues activées. [12]

#### **III.1.2.Les boues physico-chimique**

Sont obtenues par l'adjonction de réactifs (sels de fer, d'aluminium ...) visant à coaguler la fraction colloïdale des matières contenues dans les eaux usées. Présentant des concentrations assez élevées, elles nécessitent une stabilisation et posent des problèmes spécifiques de destination finale du fait des ajouts de réactifs, et plus particulièrement de sels métalliques. [15]

#### **III.1.3.Les boues secondaires**

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. [16]

#### **III.1.4.Les boues mixtes**

Les boues mixtes regroupent les boues issues des traitements primaires et des traitements secondaires. Ces boues possèdent une bonne fermentescible du fait de la présence de boues primaires.[16]

### **III.2.Caractéristiques des boues**

#### **III.2.1.La siccité d'une boue**

La boue est essentiellement constituée d'eau et de matières sèches (MS). Le pourcentage d'eau représente l'humidité ; le pourcentage de matières sèches la siccité. Ainsi une boue à 10 % de siccité présente une humidité de 90 %.

### III.2.2. Le taux de Matières Volatiles Sèches

Les matières sèches (MS) sont composées de matières minérales (MM) et de matières organiques appelées matières volatiles sèches (MVS). La concentration des MVS est généralement exprimée en pourcentage par rapport aux MS : on parle de taux de MVS. Le contrôle de ce paramètre permet de suivre la stabilité de la boue.

### III.2.3. Consistance de la boue

La consistance de la boue est un critère essentiel pour le stockage, l'homogénéisation, la manutention, l'enfouissement, etc. La consistance de la boue est liée à son état physique. Quatre états physiques sont généralement définis en tenant compte de la siccité :

**Tableau III.1** : Pourcentage de siccité pour chaque état physique des boues. [12]

Etat physique des boues	Le pourcentage de siccité
Boue liquide	0 à 10 %
Boue pâteuse	12 à 25 %
Boue solide	supérieure à 25 %
Boue sèche	supérieure à 85 %

## III.3. Procédés de traitement des boues

### III.3.1. L'intérêt du traitement des boues

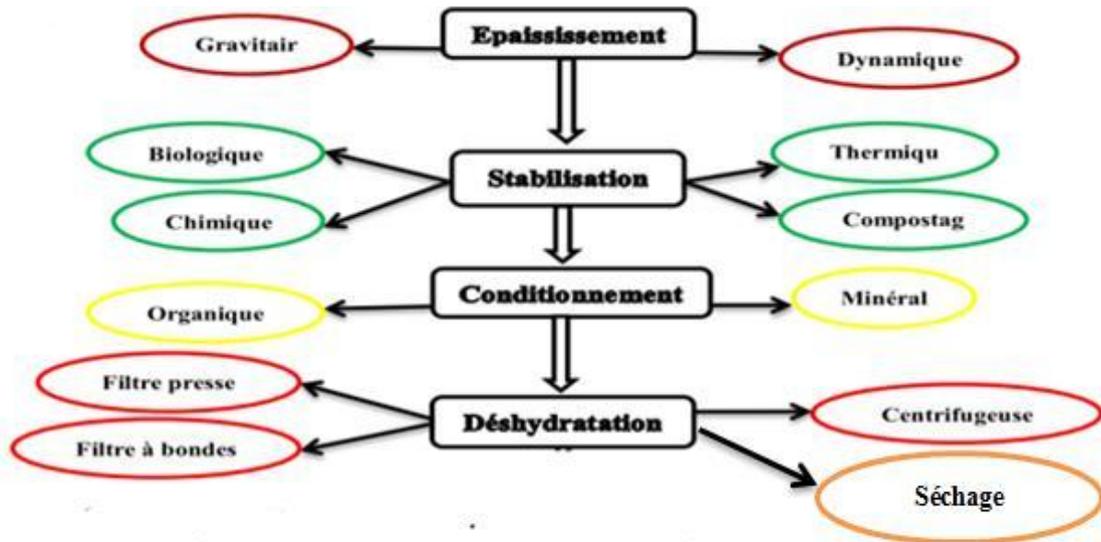
Le traitement des boues vise à :

- ❖ 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).

### III.3.2. Les principales méthodes de traitement des boues

Il existe quatre principales techniques qui peuvent être complémentaires :

- ❖ L'épaississement ;
- ❖ La stabilisation ;
- ❖ Le conditionnement ;
- ❖ La déshydratation.



**Figure III.1:** Schéma des différentes étapes du traitement des boues.

### III.3.2.1.Épaississement

L'épaississement est généralement la première étape du traitement des boues. C'est un procédé simple, consommant peu d'énergie. Il sert principalement à réduire le volume des boues brutes et constitue une étape préalable aux traitements suivants. Le taux de siccité obtenu peut atteindre jusqu'à 10% de matière sèche. Quelle que soit la technique utilisée, l'eau doit être recyclée en tête de STEP.

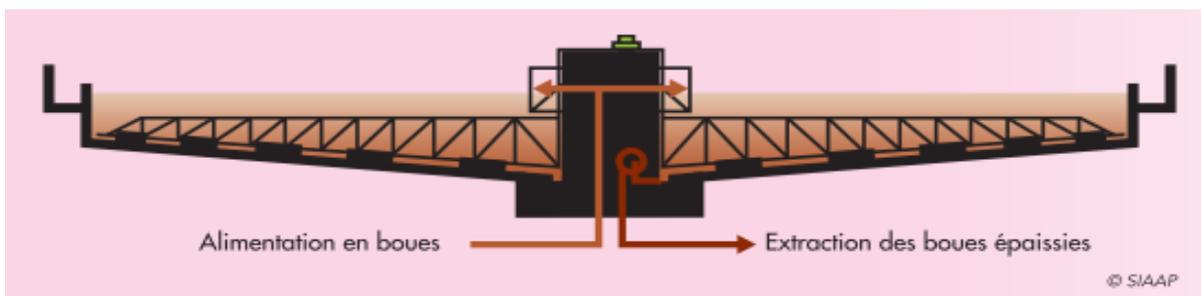
Diverses méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- ❖ Épaississement gravitaire ;
- ❖ Épaississement dynamique.

#### III.3.2.1.1.Épaississement par gravitation

Cette technique consiste à introduire la suspension boueuse dans un ouvrage appelé épaississeur de façon à permettre une concentration des boues au fond de l'ouvrage.

La hauteur de boues doit être telle qu'elle évitera toute turbulence dans l'appareil. Le temps de séjour des boues est assez élevé et il est de l'ordre de 10 à 15 jours. Cependant, selon la nature de la boue, le temps de séjour peut descendre à 5 jours afin d'éviter les phénomènes de fermentation. Une fois concentrées, les boues sont retirées de l'appareil et alimentent les autres maillons de la chaîne de traitement. [14]



**Figure III.2:** Épaississement statique gravitaire.

### III.3.2.1.2. Epaissement dynamique

#### ❖ Flottation

Bien adaptée aux boues biologiques, la flottation a l'avantage d'être un procédé rapide par rapport à la décantation et réalisée dans des installations compactes surtout avec les matières en suspension (MES) de faible décantabilité (siccité de 3,5-5%). Le procédé est basé sur une séparation de phases provoquée par une remontée à la surface des boues sous l'effet de la pression de fines bulles d'air. Les principaux inconvénients de cette technique sont les coûts d'exploitation élevés à cause d'une forte consommation énergétique (entre 60 à 100 kWh/tMS) et son fonctionnement délicat. Ce procédé est donc réservé principalement aux grandes stations (10 000 à 100 000 EH).[9]

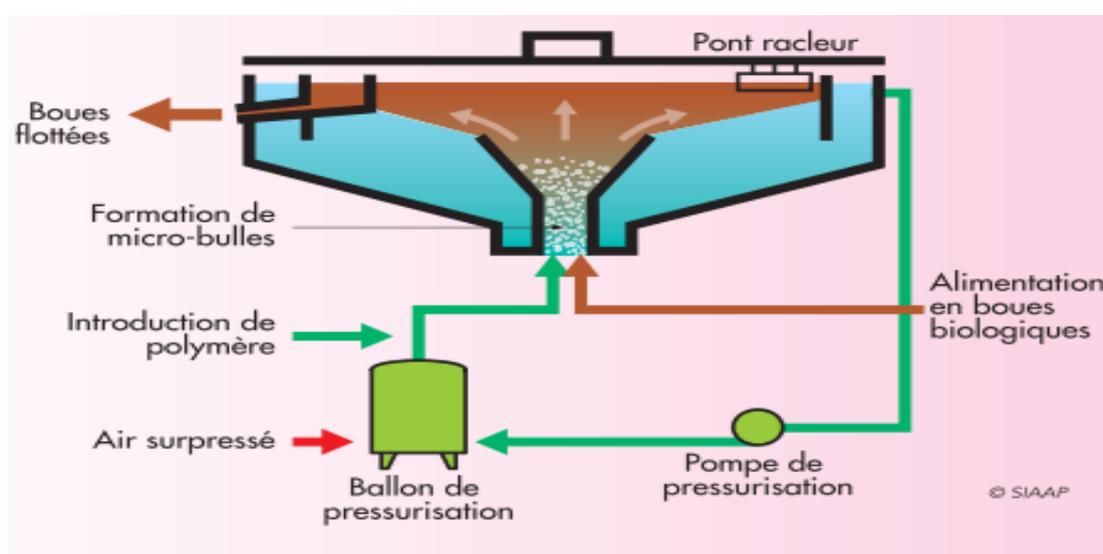


Figure III.3: Flottation.

#### ❖ La centrifugation

Cette technique, comparable à la flottation, est en général utilisée pour des boues biologiques ou de traitements tertiaires physico-chimiques. Elle est en général utilisée pour des STEP moyennes (20 à 100 000 Eq.Hab) ou dans des STEP compactes. Ce procédé est onéreux en investissement et en exploitation mais assure une excellente maîtrise des nuisances olfactives. [17]

#### ❖ L'égouttage

Cette technique est en général utilisée pour des petites STEP et avec des boues biologiques d'aération prolongée (5 à 10 g/l). Elle permet une réduction du volume de boues de l'ordre de 6 à 7 (siccité de l'ordre de 5 - 8 %). Souvent, la grille d'égouttage est associée à une déshydratation sur filtre bande. [17]

Le tableau suivant présente une comparaison des techniques de l'épaississement sur quelques paramètres :

**Tableau III.2:** Comparaison des techniques de l'épaississement sur quelques paramètres.[18]

Type d'épaississement	Energie (kWh/tMS)	conditionnement	Siccité (%)
Décantation	10 à 20	-	1.50 à 2.5
Flottation	60 à 100	-	3.5 à 5
Centrifugation	150 à 300	Polymère (5kg/tMS)	4 à 6
Drainage	30 à 60	Polymère (1.5kg/tMS)	4.5 à 6

### III.3.2.2.Stabilisation

Les techniques de stabilisation vont consister essentiellement à ralentir, voire stopper, les fermentations putrides génératrices de nuisances olfactives.

Il existe différents types de stabilisation des boues : stabilisation biologique aérobie ou anaérobie (digestion) et stabilisation chimique.

#### III.3.2.2.1.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. [1]

##### ❖ Stabilisation anaérobie

Dans ce procédé, la dégradation des matières organiques est réalisée par des bactéries anaérobies. La digestion anaérobie est donc une fermentation en absence d'oxygène qui permet de stabiliser les matières organiques en les transformant, le plus souvent, en gaz méthane et en gaz carbonique. On admet que la digestion anaérobie comprend deux phases:

- une première phase au cours de laquelle, des acides volatils sont formés par des bactéries acidifiantes.
- une deuxième phase qui est une phase de gazéification réalisée par des bactéries méthanogènes.

#### III.3.2.2.2.Stabilisation chimique

Le pouvoir fermentescible d'une boue peut être réduit par adjonction de réactifs chimique. Cet apport de réactifs ne modifie pas la quantité de matières organiques biodégradables mais agit essentiellement par son action bactéricide. La chaux, du fait de son coût réduit et de son alcalinité, est le réactif le plus utilisé.

### **III.3.2.3. Déshydratation des boues**

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30 % selon la nature des boues). La déshydratation représente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, elle améliore la stabilisation (temps de séjour augmenté) et facilite une utilisation en agriculture.

La déshydratation des boues est réalisée de deux manières :

- par des procédés naturels
- par des procédés mécaniques.

#### **III.3.2.3.1. Déshydratations naturelle**

Le séchage des boues sur des lits de sable réside en deux temps :

- Dans un premier temps, se fait une filtration de l'eau à travers le support, par des forces à très faible pression qui sont essentiellement des forces gravitaires. L'eau est recueillie par un système de drains disposés à la base du lit. Le temps de cette première phase est relativement rapide puisqu'il est de 1 jour pour les boues primaires et de 4 -5 jours pour un mélange de boues primaires et de boues secondaire.

- Dans un deuxième temps, a lieu l'évaporation de l'eau liée, en faisant appel à des forces extérieures comme les conditions météorologiques. L'apparition de fissures augmente la surface de contact avec l'atmosphère qui se traduit par une évaporation plus intense.

Cette deuxième phase dépend de divers facteurs tels que la température, l'humidité relative de l'air au contact de la boue et de l'épaisseur de la boue.[13]

#### **❖ 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.

#### **III.3.2.3.2. Déshydratations mécanique**

##### **❖ La filtration sous vide**

La boue préalablement conditionnée alimente en continu une auge dans laquelle est en partie immergé un tambour recouvert d'une toile filtrante. Ce tambour est constitué de compartiments étanches qui seront alternativement soumis à une pression atmosphérique.

La dépression, effective sur les 2/3 de la surface filtrante, permet de constituer un film épais de boue sur la toile lors de l'immersion du tambour, puis l'essorage du gâteau après son émergence. Le retour à la pression atmosphérique correspond aux phases successives de décharge de la boue déshydratée et de rinçage de la toile par une eau sous pression. [19]

### ❖ Filtres sous pression

Cette technique permet d'extraire l'eau libre et l'eau interstitielle contenue dans les boues. Les filtres sous-presse sont moins encombrants que les filtres sous vide. Le grand avantage du filtre-pressé est qu'il est le seul dispositif permettant d'assurer une filtration sous forte pression et d'atteindre des siccités élevées. Les inconvénients sont la discontinuité de l'alimentation qui implique de prévoir un stockage de la matière première, la nécessité d'une main d'œuvre importante pour le nettoyage des plaques et le remplacement des toiles.[13]



**Figure III.4:** Filtre-pressé.

### ❖ Les filtres à bande

Consiste en une compression et un cisaillement des boues entre deux toiles. Les premiers modèles (à basse et moyenne pression) ne permettaient d'atteindre que 15 à 17% de siccité. Les modèles plus récents (à haute pression) permettent d'atteindre jusqu'à 18 à 20%. En sortie, les boues se présentent sous forme de petites plaques.

### ❖ Centrifugation des boues

La centrifugation est une technique de séparation des phases liquides - solides dont le principe relève de la loi de la pesanteur et elle est basée sur l'action de la force centrifuge.

**Tableau III.3** Comparaison des différents types de déshydratation. [18]

Technique de déshydratation	Type des boues	Siccité obtenue	Conditionnement
Centrifugation	biologique	16-20 %	Polymère cationique 5-8kg/tMS
Filtre à bande		14-17 %	Polymère cationique 6kg/tMS
Filtre à plateaux		30-35 %	28-30% de chaux 8-10% FeCl <sub>3</sub>

### III.4. Destination finale des boues

#### III.4.1. 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.

Elle Consiste à épandre des boues traitées sur des terres agricoles pour tirer parti avec l'agriculteur, l'épandage doit être organisé par le producteur des boues, c'est à- dire l'exploitant des unités de collecte et de traitement des eaux usées. L'épandage est encadré par une réglementation stricte, qui fixe les modalités techniques et administratives, ainsi que la traçabilité.

#### III.4.2. 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. [16]

#### III.4.3. 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.

### 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



# **Chapitre IV**

Présentation de la  
zone d'étude

## Introduction

La conception du meilleur système d'épuration demande une bonne connaissance de toutes les caractéristiques de la ville et de son terrain, et ce, afin d'obtenir un bon dimensionnement de la station et donc de prévoir un bon rendement épuratoire.

L'évaluation des débits d'eau à traiter et l'analyse des eaux usées est une phase très importante dans la conception d'une usine de dépollution. Aussi, la connaissance de la vocation de la région d'étude (agricole ou industrielle) conditionne le choix du procédé de traitement, notamment le traitement tertiaire à envisager. Dans ce contexte, ce chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude sur le plan géographique, climatologique, démographique, hydraulique et Analyse des eaux usées.

### IV.1.Situation géographique

La ville de Biskra appartient administrativement dans la commune de Biskra constitue un trait d'union entre le nord, le sud, et l'ouest du fait de sa situation de côte sud-est de l'Algérie. La ville est située au sud de l'Algérie aux portes du Sahara. Avec une altitude de 100 m au niveau de la mer. Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie.

La ville de Biskra est située à 400 km au Sud-est de la capitale, Alger. se situe, entre **34° 51' 00"** Nord **5° 44' 00"** Est ;

La wilaya de Biskra s'étend sur une superficie de 21671 km<sup>2</sup>. Soit une densité de 1612 hab /km<sup>2</sup>.

Les limites administratives de Le territoire de la ville de Biskra, sont :

- Au Nord Est par la ville de DJEMOURAH,
- Au Nord par la ville de EL OUTAYA,
- Au ouest par la ville de TOLGA,
- Au sud par la ville de OURLAL.
- Au Est par la ville de MECHOUNECHE,



Figure IV.1: Carte de la wilaya de Biskra (SIG-Ceneap 2006)

#### IV.2. Zone d'implantation de la future station d'épuration :

La station d'épuration reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site. A cet égard, quelques règles doivent être précisées :

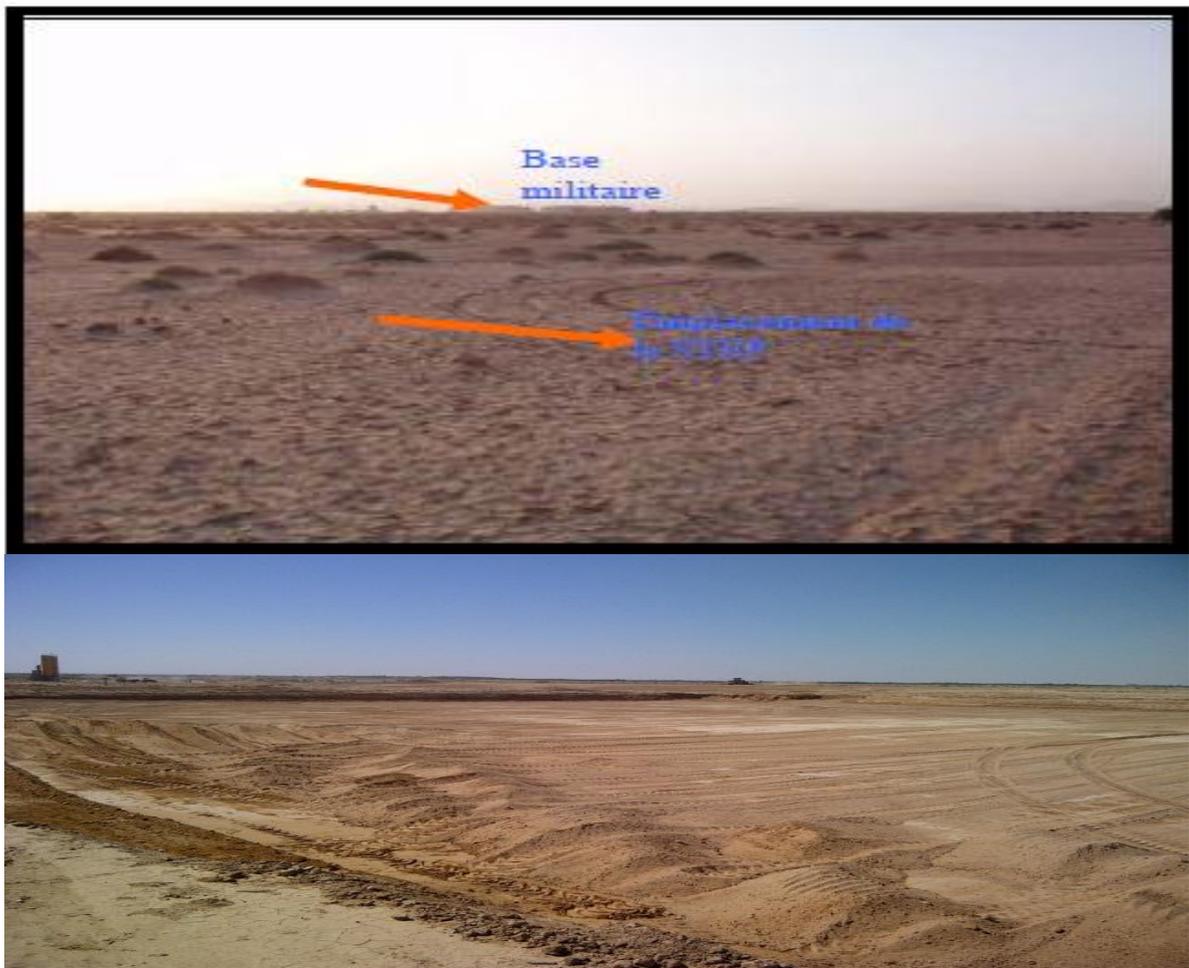
- éviter les zones inondables entraînant parfois des dysfonctionnements pendant de longues périodes ; sinon veiller à mettre les équipements électriques hors d'eau ;
- éviter de construire à proximité d'habitations, de zones d'activités diverses (sportives, touristiques, industrielles, ...). Dans la pratique, pour éviter tout contentieux avec le voisinage, on réserve une distance minimale de 200 m en tenant compte de la dominance des vents (si possible) ;
- s'éloigner le plus possible des zones de captage même si le périmètre de protection est respecté ;
- réaliser des études géotechniques (vérification de l'imperméabilité par exemple pour un lagunage). La portance du sol (tenue des ouvrages et des canalisations de liaison) et les qualités de sol conditionnent beaucoup le coût du génie civil ;

- prendre des précautions particulières lorsqu'un aquifère se situe à faible profondeur (clapets en fond de bassins, ...) ;
- ne pas implanter les ouvrages dans les zones plantées d'arbres à feuilles caduques (lit bactérien, lagunage, bassin d'aération...) ;
- penser aux extensions ou aux aménagements futurs (disponibilité et réservations de terrains).

Le choix du site a été conditionné par la disposition optimale du collecteur gravitaire d'amenée des eaux usées de 1500 mm de diamètre, la structure géologique des sols, l'absence d'habitations, etc.

Le site d'implantation de la future station d'épuration est situé au Sud-ouest de la ville de Biskra (au pied de la ville) à environ 3 à 4 Km. Le site de la future STEP est éloigné de toute agglomération, sa superficie est estimée à 20 ha. Sur les côtes de 76 à 90 m au-dessus de la mer.

Le choix du site pour la future station d'épuration se fait sur la base de PDAU (plan directeur d'aménagement et d'urbanisme) de la ville de Biskra.



**Figure .IV.2 : Site d'implantation de la station d'épuration**

### **IV.3.Situation géologique et hydrogéologique de la zone d'étude**

La présente étude est établie sur la base de la collecte et synthèse de données des observations des différentes caractéristiques climatiques et hydrologiques disponibles sur le réseau de postes et des stations hydrométriques et pluviométriques situés dans la zone d'étude. Le dépouillement des résultats des observations qui consistait en analyse et la généralisation des données obtenues a permis de calculer les caractéristiques des éléments du régime hydrométéorologique nécessaires pour le choix des paramètres des ouvrages à projeter de la station d'épuration des eaux usées de Biskra.

#### **IV.3.1.Situation géologique et hydrogéologique**

D'après la zonation physico géologique de l'Algérie le territoire étudié se trouve au piedmont sud de l'Atlas Saharien dans les limites de l'oasis Biskra.

L'alimentation en eau de cette zone dépend des précipitations dont la somme moyenne annuelle est de 400 mm. Les précipitations et leur intensité sont très irrégulières en temps et en surface. Le plus souvent ce sont des averses, et de ce fait les lits des oueds ne sont pas remplis d'eau que pendant une courte période.

Les terrains de cette région sont représentés le plus souvent par les formations du crétacé inférieur qui affleurent par endroits dans les noyaux des anticlinaux. Les ailes des anticlinaux sont constituées par les dépôts valanginiens-hautérviviens argileux par prédominance, et du barrémien-aptien-albien avec des grès à grains hétérogènes prédominants. Les formations du crétacé supérieur n'y font que de taches et sont relativement plus développés dans la direction Nord-Est.

La nappe est encaissée dans les grès du barrémien-aptien-albien qui remplissent quelques structures synclinales fermées. Elle est à l'origine de rares sources d'eau naturelles qui sont intensément exploitées par les puits d'eau. Les sources d'eau sont d'habitude descendantes et se trouvent dans les zones d'érosion, leurs débits sont de 0,05 à 2,9 l/s. Ces débits peuvent doubler au cours de l'année en fonction des précipitations. La minéralisation des eaux fait de 0,1 à 0,7 g/l.

Dans la direction nord-est les grès du crétacé inférieur sont recouverts par les marnes cénomaniennes. Les eaux souterraines encaissées dans ces formations ont une minéralisation plus forte.

Le site d'implantation de la station d'épuration des eaux usées se trouve sur le bord droit de l'Oued Biskra au Sud de la ville de Biskra. Le relief du site est assez plat, avec de dépressions de petite superficie. A la surface la coupe géologique est recouverte d'argiles brunes rougeâtres à faible teneur en gypse.

#### **IV.3.2.Situation hydrographique :**

Le site d'emplacement de la station d'épuration des eaux usées de Biskra se trouve dans le bassin versant de l'oued Biskra.

L'oued Biskra prend sa source du point de confluent des oueds El Hai et Djemmorah, le premier desquels est considéré comme une artère de l'ordre supérieur qui à son tour prend sa naissance du confluent des oueds Tilatou et Fedhala. C'est la source de l'oued Bou Aioun qui après le confluent avec l'oued Doufana forme l'oued Fedhala qui est pris au titre de la source de l'oued Biskra.

L'oued Bou Aioun prend sa source dans les monts Mahmel de la chaîne de l'Aurès. L'oued Tilatou descend des flancs des monts Belezma et en aval du confluent avec l'oued Fedhala il

s'appelle El Hai et draine les massifs Metlili, Mekrizane et Haouidja. Après le confluent avec Djemmorah l'oued El Hai sous le nom de l'oued Biskra draine les versants de l'est du massif Bou Rhezal. Après avoir atteint la partie nord du Sahara l'oued Biskra se jette dans l'oued Djeddi qui fait partie du bassin versant du Chott Melgrhir.

Le bassin de l'oued Biskra est limitrophe au bassin de l'oued El Abiod à l'Est, de l'oued El Djoucheni – à l'ouest, de l'oued Bou Lehilet – nord-est, de l'oued Bitam – au Nord-Ouest et de l'oued Barika – au Nord.

#### IV.4.Situation climatique

Les conditions climatiques de la région d'étude sont prédéterminées par la situation géographique de cette zone, notamment, de ce qu'elle se trouve à la limite des monts de l'Atlas et du Sahara, par la nature de circulation de l'air et par le relief environnant. Les conditions climatiques se forment sous l'influence des masses continentales de l'air du Sahara où le climat est sec et chaud et des masses de l'air provenant de la Méditerranée où le climat est plus doux et plus humide.

Les caractéristiques des facteurs climatiques principaux sont décrites sur la base des observations faites sur le réseau des stations météorologiques qui se trouvent dans la région étudiée ou à proximité de celle-ci, et qui possèdent de données les plus représentatives.

##### IV.4.1. Pluviométrie

Pluviométrie moyenne mensuelle sur une période d'observation de 20ans (1990 à 2009) a la Station de BISKRA. les données sont présentées dans le tableau IV.1

*\*Station de BISKRA :*

- **Code station : 061416**
- **X : 776.1 km**
- **Y : 178.2 km**
- **Z : 130 m**

**Tableau IV.1 : Pluviométrie moyenne mensuelle (2008)**

mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Moy Annuelle
<b>P (mm)</b>	16,9	11,9	16,3	13,6	24,6	11,8	18,35	17,2	6,95	3,51	0,5	1,56	11,93

**Source:** DRE (Biskra)

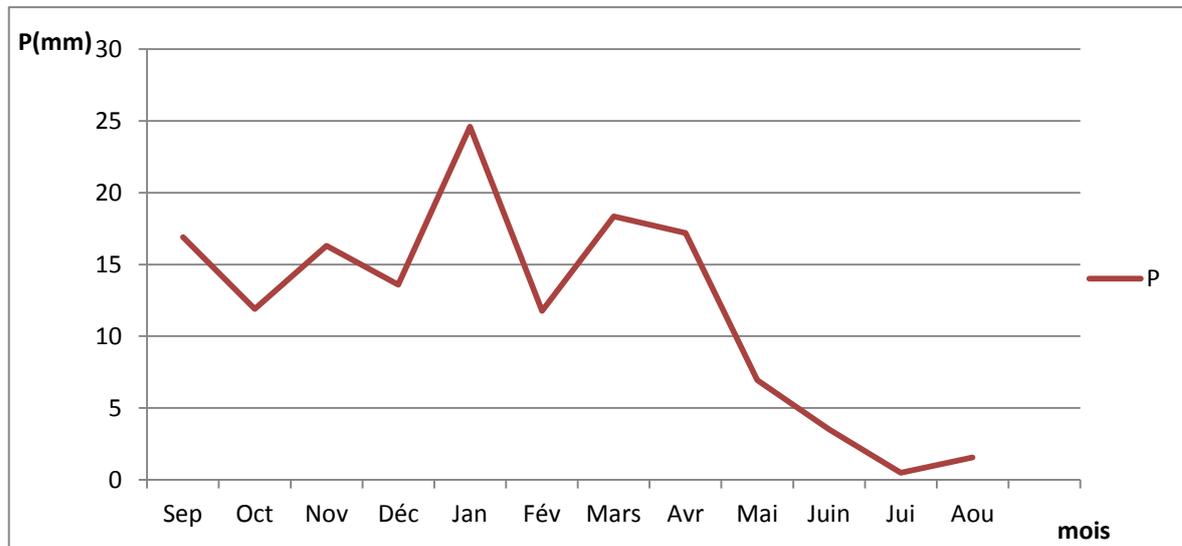
- La moyenne annuelle des précipitations sur une série de 20 ans est de 143.31mm
- La période la plus sèche correspond à Mai, Juin, Juillet et Août.
- La période la plus pluvieuse correspond à janvier.

L'analyse des données des observations des précipitations sur de la station météorologique permet de tirer les conclusions suivantes:

- la valeur des précipitations moyenne mensuelle est très variable;
- le régime des précipitations moyennes mensuelles et leurs quantités totales accusent bien l'influence de deux centres sur le climat de la région - du Sahara et de la Méditerranée.

La répartition moyenne mensuelle des précipitations accuse la présence de deux périodes bien distinctes: période humide (du septembre au mai), durant laquelle il tombe plus de 90% de la

somme annuelle des précipitations, et la période sèche (du juin à l'août). La valeur minimale des précipitations est au mois de juillet.



**Figure IV. 3:**variation de précipitation mensuelle

#### IV.4.2. Les vents :

La fréquence moyenne interannuelle des vents des directions différentes est donnée dans le tableau IV-2.

**Tableau IV-2:** La fréquence moyenne annuelle des vents (1991à2010)

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calme
Fréquence(%)	11.4	6.5	2.0	0.5	5.6	24.7	14.8	4.4	30.1

(Source :DRE. Biskra)

Le vent est un facteur très important, il nous contraint à donner une orientation géographique au site d'implantation en fonction de sa direction et de son intensité des vents. La fréquence du vent est estimée à la moyenne annuelle au cours de la période1998à2009.

La caractéristique du régime des vents est donnée d'après les relevés obtenus à la station météorologique de Biskra où les données des observations sont les plus complètes. Les vents prédominants sur le territoire étudié sont des vents de directions Sud-Ouest et Ouest.

Le tableau suivant représente la variation de vitesse au cours de l'année dans un période de 20 Ans (1991-2010) :

**Tableau IV-3 :** Vitesses moyennes mensuelles des vents (1991à2010)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
V(m/s)	4,2	4,0	4,3	4,2	4,2	4,5	4,8	5,9	5,6	4,9	4,1	4,0

Source :DRE (BISKRA)

- La vitesse maximale est de 5,9m/s, elle est observée au mois d'Avril.
- La vitesse minimale est de 4m/s, elle est observée au mois d'Octobre et mois d'Aout

#### IV.4.3. Température

Le climat de la région étudiée est caractérisé par un été sec et chaud et un hiver relativement doux.

La température moyenne annuelle de l'air est de 21,3°C.

L'été est très chaud, la température moyenne varie de 29,2°C à 32,3°C. Les valeurs maximales absolues varient de 46°C à 49,2°C, la température minimale de 16,4°C à 20,2°C.

L'hiver est relativement doux, les températures moyennes mensuelles varient de 11,1°C à 13,2°C. Les valeurs absolues maximales sont de 24°C à 28°C, les valeurs absolues minimales sont de l'ordre de (-1°C) à 0°C.

Le mois le plus froid est janvier, sa température moyenne est de 11,1°C; le mois le plus chaud est Août, avec une température moyenne de 32,3°C. Les températures extrêmes et moyennes sur une période d'observation de 20 ans (1991 à 2010), Sont représentées dans le tableau **IV-4**.

**Tableau IV-4** : La température moyenne et extrême de la de la région d'étude (1991-2010)

Température C°	MOIS												Année
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	
Moyenne	28.1	21.5	15.9	12.1	11.1	13.2	16.3	19.4	24.5	29.2	32.2	32.3	21.3
max abs.	43.5	38.4	29.5	26.5	24.0	28.0	31.3	38.0	40.0	46.0	47.5	49.2	49.2
min abs.	12.0	8.2	2.0	-1.0	-1.0	0.2	1.0	5.5	8.4	16.4	20.2	19.2	-1.0

(Source : DRE . Biskra)

D'après l'analyse du tableau **IV4** on remarque que la température diminue pendant les trois mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint le minimum de **-1.0°C** en janvier, elle augmente pendant les trois mois d'été (Juin, Juillet, Août) et atteint le maximum de 49.2°C en Août.

#### IV.4.4. Humidité de l'air :

La valeur moyenne mensuelle de l'humidité relative de l'air varie de 43% à 60% pendant la période hivernale et de 28% à 29% pendant la saison chaude de l'année. Donc, le climat dans la région étudiée est modérément sec pendant octobre-mai et très sec pendant la période du juin au septembre.

**Tableau IV-5** : Humidités relatives moyennes interannuelles (1991 à 2010)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuel
Hr(%)	58	50	43	37	33	28	26	29	41	47	54	60	42

Source :DRE(biskra)

**IV.4.5. Evaporation du plan d'eau:**

Pour l'estimation de la valeur de l'évaporation du plan d'eau nous avons utilisé les données du poste de jaugeage Foum El Gherza qui se trouve près de la zone d'étude.

La valeur moyenne interannuelle de l'évaporation du plan d'eau est de 2603mm. Le coefficient de variation est admis d'après les données des observations réelles, égal à  $C_v=0,17$ , le coefficient d'asymétrie est  $C_s=2C_v$ .

**Tableau IV.6:** La répartition mensuelle de l'évaporation du plan d'eau

Evaporation	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	moy Annuelle
mm	285	175	126	103	97	105	159	203	265	343	380	362	216,92
(%)	11.0	6.7	4.8	4.0	3.7	4.0	6.1	7.8	10.2	13.2	14.6	13.9	100

(Période : 1998 -2008 ; Source O.N.M)

D'après le tableau IV.6, on remarque un taux élevé d'évaporation de l'eau dans l'air pendant les mois chauds et une diminution à partir du mois d'Aout.

**IV.4.6. L'insolation :**

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau ci-après :

**Tableau IV.7 :** Insolations moyennes journalières

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (h)	6.9	8.3	8.3	9.6	10.4	11.1	11.8	11.1	9.0	8.4	7.7	7.3

**Source:** DRE (BISKRA)

L'insolation moyenne mensuelle enregistrée varie de 11.8 h en Juillet à 6.9 h en Janvier.

**IV.4.7. Le sirocco :**

Le sirocco, vent chaud et sec est observé pendant 62 jours/an, étalés sur 7 mois (d'avril à octobre) avec une fréquence plus élevée de 35 jours durant les deux mois de juillet et aout.

**Tableau IV.8 :** Fréquence du sirocco.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Jour/mois	0	0	0	0.1	7.3	14.5	19	16	4.7	0.4	0	62

**Source:** DRE (BISKRA)

## IV.5. Situation hydraulique

### IV.5.1. Alimentation en eau potable

Les régions sahariennes disposent d'un territoire immense qui couvre environ  $\frac{3}{4}$  du territoire national. Ces régions disposent aussi de ressources hydriques importantes constituées en majorité de réservoirs d'eau souterraine non renouvelable. Mais la difficulté de leur exploitation, conjuguée à la fragilité des écosystèmes sahariens et aux limites des ressources en sols (DRE.Biskra) .

#### ❖ Les ressources souterraines :

La nappe phréatique se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires. L'aquifère de cette nappe est de forme allongée de direction Nord-Sud. Cette forme a été façonnée par l'oued Biskra lequel est creusé dans les marines imperméables du miocène et remblayé par des dépôts alluvionnaires perméables, constitués de galets, graviers et sables, avec de faibles intercalation d'argile sableuse très discontinue. Le substratum doit être formé par une succession plus ou moins épaisse de passées argileuses ;

#### ➤ Exploitation de la nappe phréatique:

La nappe alluviale de l'Oued Biskra est exploitée par six (06) forages, se répartissant comme Suit :

- 2 forages alimentant en eau potable la ville de Biskra, fournissant annuellement 4959200 m<sup>3</sup> soit un débit fictif continu de 157 l/s F1(x=778.15km, 181.25km) et F2(x=780.05km, y=180.8km);
- 3 forages en travers de l'oued Biskra F1(x=778.085 km, y=180.69km); F2(x =778.21km, y=180.7km) et F3 (x=778.2km, y =180.95km);
- 1 forage situé sur la rive gauche, dans le prolongement des forages précédents, alimentait en eau potable l'agglomération de Felieche (x= 779 km, y= 175,7km).

#### ❖ Barrage de Biskra : ( Barrage de foug Gherza )

Un volume de 5,4 millions de m<sup>3</sup> d'eau provenant du barrage de Foug El Gherza sera exclusivement destiné à l'irrigation des exploitations agricoles de la région ; à l'irrigation des oasis orientales de la région des Ziban, Kerta, Serina, T'houda et Sidi-Okba, a été évaluée selon les besoins des exploitants.

Le barrage de Foug El Gherza est entré en exploitation vers 1950. Il dispose d'une capacité de stockage de 15 millions de m<sup>3</sup>, 10 millions de m<sup>3</sup> exploitables pour l'irrigation et 5 millions m<sup>3</sup> de « niveau mort » conservé dans le barrage.

Cet ouvrage hydraulique a atteint son niveau maximum au terme des précipitations enregistrées durant la dernière saison hivernale.

### IV.5.2. Le réseau d'assainissement de la zone d'étude

Suivant la dernière étude du schéma directeur du réseau d'assainissement de la ville de Biskra qui a été établie en 2008 par le bureau d'étude HPE, le réseau d'assainissement est de type unitaire, où l'ensemble des eaux usées et pluviales sont évacuées dans le même réseau, composé de (07) sept collecteurs principaux en béton armé qui sont indiqués comme suit:

#### ❖ Collecteur n°I (Sidi Ghazal)

Regroupe la totalité des eaux usées et pluviales de la zone ouest et sud -ouest de Biskra y compris les eaux usées du complexe Hammam Saline vers oued Zemora dimensionné par  $\phi = 1500$  et d'une pente de  $I=1.5\%$  à l'exutoire du collecteur.

#### ❖ Collecteur N°II (centre-ville)

Il débute au centre-ville et collecte les eaux de la zone sud-ouest du Biskra, où il se raccorde avec le collecteur (III)

#### ❖ Collecteur N°III (centre-ville)

Reçoit les eaux de la zone sud du centre-ville et est raccordé au le collecteur (II) au point de branchement qui rejeté dans le Oued Zemora avec un diamètre de  $\phi = 1500\text{mm}$  et d'une pente de  $I=2.5 \%$ .

#### ❖ Collecteur N° IV (centre-ville)

Evacue les eaux provenant du centre-ville, son rejet et l'oued Biskra à la rive droite de l'oued au niveau du point de rejet du collecteur (III), est prévu pour brancher au collecteur III avec un diamètre de  $\phi = 1000\text{mm}$  et  $I=7.45 \%$ .

#### ❖ Collecteur N° IX (zone sud -ouest)

Il a été réalisé pour évacuer les eaux de la zone de Sidi Ghazal et la zone basse de la zone industrielle vers le rejet de Sidi Ghazal, actuellement ce collecteur est raccordé avec le collecteur (I) au point de branchement, son diamètre est  $\phi = 1500\text{mm}$ .

#### ❖ Collecteur N° X (zone nord- est)

Utilisé pour évacuer toutes les eaux de la zone d' El-Alia drainée par les (04) quatre collecteurs (V, VI, VII et VIII) avec un diamètre  $\phi = 1500\text{mm}$  qui rejettera dans la rive gauche de l'oued Biskra, mais actuellement sa réalisation n'est pas terminée, et le collecteur rejette dans l'oued Chetma.

#### ❖ Collecteur de la ville de Chetma :

Par lequel la totalité des eaux de cette commune est évacuée directement vers l'oued Chetma. Il est de diamètre  $\phi = 800\text{mm}$  en béton armé. Il sera prévu de le raccorder avec le collecteur -X- d'El Allia avant de rejeter dans l'oued Biskra.

Les deux villes Biskra et Chetma est dotée d'un réseau d'assainissement de type unitaire dont les eaux usées ménagères et les eaux pluviales sont collectées par la même canalisation, avec un taux de raccordement des habitations aux réseaux de 100 %.

### IV.6.Situation démographique

L'évolution de la population communale depuis 1988 montre une tendance régressive du taux d'accroissement global. Cette évolution positive est sensiblement supérieure à la moyenne nationale; ceci s'explique par une augmentation sensible de la natalité et une régression très marquée de la mortalité due à l'amélioration des conditions de vie de la population.

La population 2008 de l'agglomération chef-lieu de :

- la ville de Biskra est estimée à 199 768 habitants (source DRE ; BISKRA).

-la ville de chetmat est estimée 10 866 habitants (**source** DRE ; BISKRA).

D'après la DRE . de la ville de Biskra , le taux d'accroissement de la population de la ville de biskra et la ville de chetma est de 2.64 %, il sera conservé constant pour l'estimation de la population entre 2008 et 2045.

Le calcul de la population s'effectue selon la relation ci-après :

$$P = P_0 (1+t)^n$$

..... (I-1)

Avec :

P = Population future à l'horizon considéré ;

Po = Population résidente à l'année considérée comme référence ;

n = Nombre d'année séparant l'année de référence et l'année prise en compte ;

t = Taux d'accroissement.

Les débits de calcul des eaux usées sont fonction des normes de rejet des eaux usées et de la dynamique d'accroissement de la population.

Les valeurs ainsi calculées sont consignées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.9:** Population actuelle et future des deux villes d'El Biskra et chetma

Nombre d'habitants en 2008, hab.	Taux d'accroissement moyen statistique, %	Nombre d'habitants aux horizons de calcul (hab.)				
		2010	2020	2025	2030	2045
210634	2,64	221903	287958	328029	373675	552388

le taux d'accroissement 2.64 % selon (**APC de Biskra**)

#### IV.7.Analyse des eaux usées

##### IV.7.1.Prélèvement et échantillonnage

Dans un projet de conception d'une station d'épuration, il est impératif de connaître la qualité des eaux usées à traiter.

Toutefois, compte tenu de la diversité de la nature des eaux résiduaires, il est difficile de définir une technique de prélèvement satisfaisante.

En effet, les erreurs liées au prélèvement sont souvent supérieures aux erreurs d'analyse.

Aussi, la composition des effluents résiduaires varie au cours de la journée, il importe donc de prélever les échantillons à des heures judicieusement réparties afin d'avoir un prélèvement correspondant à la composition moyenne. Il est à noter que les prélèvements se font généralement

à fort débit (masse importante des polluants en suspension), et au moment où le site de prélèvement est soumis à l'influence de toutes les sources de pollution.

❖ **le Prélèvements effectué**

Les échantillons ont été prélevés les 16.05.2012 et 17.05.2012 au moment du rejet maximum entre (08h:00-17h:00).

La concentration moyenne des polluants dans les eaux usées ménagères et industrielles est présentée dans le tableau IV.13.

❖ **Paramètres analysés**

Les analyses ont porté sur les paramètres physico-chimiques suivant :

- la température,
- le pH,
- la conductivité,
- les matières en suspension (MES),
- la demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>),
- la demande Chimique en Oxygène (DCO) .
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup>
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>),
- Ortho-phosphates (O-PO<sub>4</sub>),

Il est à noter que la température et le PH sont des paramètres déterminants dans l'optimisation du fonctionnement d'un système de traitement des eaux usées par boues activées. Ils agissent sur l'activité bactérienne responsable de l'épuration.

les matières en suspension MES constituent également un paramètre physique utilisé pour la caractérisation des eaux usées ; leur importance réside dans le fait que ces données exprimées en flux sont à la base des calculs de dimensionnement et des rendements épuratoires des systèmes d'épuration des eaux usées notamment par les boues activées.

Le rapport  $\frac{DCO}{DBO}$  permet d'apprécier la biodégradabilité de la matière organique. C'est un paramètre révélateur de la présence d'une pollution industrielle d'une part et du mode de traitement d'autre part.

❖ **Les méthodes d'analyses utilisées:**

Le tableau ci-joint illustre les méthodes d'analyses généralement utilisées pour les principaux paramètres examinés.

**Tableau IV.10.** Méthodes d'analyses des principaux paramètres examinés.

<b>Paramètres</b>	<b>Méthodes utilisées</b>
Température	Thermomètre
pH	PH-mètre
Oxygène dissous	Oxymètre
Conductivité	Conductivimètre
MES	Filtration
DCO	Bichromate de potassium
DBO <sub>5</sub>	Manométrique (DBO-mètre)
Phosphore, Sulfates, Chlorures	Colorimétrique

**❖ Résultats et interprétations**

Pour les calculs de dimensionnement des ouvrages épuratoires de la STEP et du degré d'épuration des eaux usées, nous avons pris les données des analyses de laboratoire. L'analyse étant faite sur les échantillons prélevés sur cinq rejets, les résultats sont présentés sur les tableaux IV-11, III- 12, IV- 13, IV-14, IV-15.

**Tableau IV.16 :** Tableau récapitulatif englobant les Valeurs moyennes des matières polluantes, (mg/l) obtenues au niveau des exutoires examinés des deux villes Biskra et Chetma (W .Biskra)

Paramètres	Unité	Résultats	Les normes algériennes
pH (Potentiel Hydrogène)	-	7,44	6,5 - 8,5
T° (Température)	°C	25,75	30
DBO <sub>5</sub>	mg/l	113,82	35
MES	mg/l	1125	35
DCO	mg/l	1082	120
Conductivité électro.	μ s/cm	4817	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,315	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	39,5	
PO <sub>4</sub>	mg/l	25,4	
DCO/ DBO <sub>5</sub>	-	9,5	>3
MES / DBO <sub>5</sub>	-	9,88	0.8-1.2

#### DRE de Biskra

#### ❖ Interprétation des résultats

Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eaux usées urbaines de l'aire d'études, qui furent obtenus, au niveau des cinq principaux exutoires, lors des deux campagnes de prélèvement d'eaux usées planifiées les 16.05.2012, ainsi que les 17.05.2012 peuvent être interprétés comme suite:

- La valeur du PH obtenu est proche de la neutralité et comparable aux valeurs trouvées pour les eaux usées des cinq rejets qui présentent généralement un PH neutre à légèrement basique. Aussi, cette valeur mesurée rentre dans la fourchette des valeurs de PH des effluents domestiques en effet le PH indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des micro-organismes qui ont un PH optimum variant de 6.5 à 7.5. Lorsque le PH est inférieur à 5 ou supérieur à 8.5, la croissance des micro-organismes dans systèmes biologiques est directement affectée.
- La température de l'échantillon des eaux usées analysées est inférieure à 30°C considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur.
- La valeur faible de la DBO<sub>5</sub> de l'échantillon analysé pourrait être expliquée par la pauvreté de la matière organique (débris ...), mais la valeur obtenue est hors les normes des rejets.
- la demande chimique en oxygène (DCO) est supérieure aux normes de rejet domestique; c'est dû essentiellement à la présence des rejets industrielle; qui sont :
  - ENICAB : UNITE CABLERIE ELECTRIQUE DE BISKRA  
Produits Services : Fil de cuivre, Câbles industriels Producteur - Transformateur
  - Usines de textiles
- le rapport DCO/DBO=9,51
  - DCO / DBO > 3 Traitement physico-chimique

**Conclusion**

La connaissance de la situation géographique, topographique, climatique et hydraulique de la zone d'étude est la première étape indispensable dans l'élaboration d'un projet de conception d'une station d'épuration. En effet, ces données de base servent pour le dimensionnement et le choix du site d'implantation de l'usine de dépollution.



# Chapitre V

Dimensionnement de  
la station d'épuration

## Introduction

Pour pouvoir étudier un projet de réalisation d'une STEP ou proposer un procédé de traitement d'une eau usée, il faut au préalable disposer de certaines données de bases requises pour la conception et le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées telles que :

- Le nombre d'équivalent habitant (EH).
- Débit total journalier ( $m^3/j$ ).
- Débit moyen horaire ( $m^3/h$ ).
- Débits de pointe ( $m^3/h$ ).
- Charge polluant ( $DBO_5$  et MES).

La station comprend outre un déversoir d'orage et un poste de relevage des eaux brutes :

- ❖ Un prétraitement comprenant :
  - 1- Dégrilleur
  - 2- Déssableur-déshuileur
  - 2- Décanteur primaire
- ❖ Un traitement biologique comprenant :
  - 1- Bassin d'aération
  - 3- Clarificateur
- ❖ Un traitement tertiaire comprenant :
  - Bassin de désinfection
- ❖ Traitement des boues comprenant:
  - 1- Épaississeur
  - 2- Stabilisateur aérobic
  - 3- Lit de séchage

## Remarque

On dimensionne le déversoir d'orage et le poste de relevage dans le chapitre concerné ou calcul hydraulique.

## V.1.Calculs de base pour le dimensionnement

On dimensionne tous les ouvrages de la station d'épuration à l'horizon 2030 et 2045.

### V.1.1.Estimation des débits

La détermination des débits des eaux usées à traiter constitue une étape importante d'un projet de conception d'une station d'épuration car il s'agit d'un facteur de base servant à établir la capacité des ouvrages.

Le calcul des débits des eaux usées rejetées se déduit de celui des besoins en eau potable par application d'un coefficient de rejet estimé à **80 %**.

Le débit des eaux potables est calculé en se basant sur deux débits partiels :

- Le débit de consommation en eau pour le secteur domestique.
- Le débit des eaux des équipements

Le débit total vaut :

Débit des eaux domestiques + débit des eaux des équipements

En effet, Le volume d'eau journalier consommé par habitant est estimé sur la base de la dotation hydrique. Cette dotation est prise égale à 200 l/ hab /j selon DRE de Biskra.

Aussi les besoins en eau des équipements sont évalués en utilisant un taux de majoration de **25%** de la consommation en eau potable de la population.

❖ **Calcul du débit de consommation en eau potable pour la population urbaine**

Ce débit est donné par la formule suivante :

$$Q_c = \text{Nbr hab} * D \dots\dots\dots (V-1)$$

Avec :

- ✓ N : nombre d'habitant.
- ✓ D : dotation (200 l/ hab /j).

❖ **Calcul du débit des équipements**

Il est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{equip}} = Q_c * 0,25 \dots\dots\dots (V-2)$$

Avec :

- ✓  $Q_c$  : Débit de consommation en eau potable.
- ✓ 0.25 : taux de majoration des besoins de la population en eau potable.

❖ **Calcul du débit total en eau potable**

C'est la somme des débits (débit de consommation et le débit des équipements).

$$Q_{\text{cons tot}} = Q_c + Q_{\text{equip}} \dots\dots\dots (V-3)$$

Les résultants des calculs des débits en eau potable pour les deux horizons sont résumés sur le tableau ci-dessous :

**Tableau V.1.** consommation en eau pour les secteurs domestiques et équipements pour les deux horizons.

Agglomération	HORIZONS	
	2030	2045
Population	373675	552388
Q consommé en eau potable (m <sup>3</sup> / j)	74735	110477,6
Q (besoins) d'équipement (m <sup>3</sup> / j)	18683,75	27619,4
Q <sub>cons total</sub> (m <sup>3</sup> / j)	93418,75	138097

**V.1.2. Evaluation des rejets**

Estimation des rejets en eaux usées comprend le calcul des débits suivant :

- a- Le débit journalier :  $Q_{\text{moy j}}$
- b- Le débit moyen horaire :  $Q_{\text{moy, h}}$
- c- Les débits de pointe de temps sec ( $Q_{\text{pts}}$ ) et de temps de pluie  $Q_{\text{ptp}}$

## Horizon 2030

### ➤ Débit journalier

Le débit rejeté par notre agglomération est estimé à 80% de la consommation en eau potable totale ; il est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moy,j}} = Q_{\text{const}} * C_{\text{rj}} \dots\dots\dots (V-4)$$

Avec :

- ✓  $Q_{\text{const}}$  : Débit totale en eau potable.
- ✓  $C_{\text{rj}}$  : coefficient de rejet = 0,8

$$\text{Donc : } Q_{\text{moy,j}} = 93418,75 * 0,8 = \mathbf{74735 \text{ m}^3/\text{j}} \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{moy,j}} = \mathbf{74735 \text{ m}^3/\text{j}}$$

### ➤ Débit moyen horaire

Il est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moy,h}} = \frac{Q_{\text{moy,j}}}{24} \dots\dots\dots (V-5)$$

$$Q_{\text{moy,h}} = \frac{74735}{24} = \mathbf{3113,96 \text{ m}^3/\text{h}} \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{moy,h}} = \mathbf{3113,96 \text{ m}^3/\text{h}}$$

### ➤ Débit de pointe

On distingue les débits suivants :

#### ➤ Débit de pointe en temps sec

On le calcule par la relation suivante :

$$Q_{\text{pts}} = K_{\text{p}} * Q_{\text{moy,j}} \dots\dots\dots (V-6)$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} K_{\text{p}} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{\text{m}}}} & \text{si } Q_{\text{moy,j}} \geq 2,8 \text{ l/s.} \\ K_{\text{p}} = 3 & \text{si } Q_{\text{moy,j}} < 2,8 \text{ l/s.} \end{cases}$$

Dans notre cas le  $Q_{\text{moy,j}} = \mathbf{864,99 \text{ l/s}}$  d'où le calcul du débit de pointe sera :

$$K_{\text{p}} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{864,99}} = 1,59$$

$$\Rightarrow Q_{\text{pts}} = 1,59 * 864,99 = \mathbf{1375,33 \text{ L/s}}$$

Dans nos calculs on prend le débit en temps sec égale :  $Q_{\text{pts}} = \mathbf{1,375 \text{ m}^3/\text{s}}$

#### ➤ Débit de pointe en temps de pluie (débit de la station)

Le débit de pointe en temps de pluie est donné par :

$$Q_{\text{ptp}} = (2 \div 5) Q_{\text{pts}} \dots\dots\dots (V-7)$$

Nous prenons  $Q_{\text{ptp}} = 2 * Q_{\text{pts}}$

$$\text{Donc } Q_{\text{ptp}} = 1,375 * 2 = \mathbf{2,75 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Il conviendrait de préciser que le réseau d'assainissement de notre zone d'étude est unitaire. Les ouvrages d'épuration seront donc dimensionnés sur la base d'un débit maximum ( $Q_{ptp}$ ) estimé à :  $Q_{ptp} = 9900 \text{ m}^3 / \text{h}$ .

### Remarque

On a choisi la dilution de 2, parce que la pluviométrie de notre zone est faible.

### V.1.3. Evaluation des charges polluantes

Il est important de bien évaluer les charges polluantes car le dimensionnement des ouvrages de traitement des eaux usées notamment le bassin d'aération dépend de ces derniers. En effet, la quantité de pollution exprimée en  $\text{DBO}_5$  et en matière en suspension (MES) rejetée par un équivalent-habitant et par jour varie en fonction du réseau d'assainissement adopté.

Ces paramètres de pollution sont donnés dans le tableau suivant [3] :

**Tableau V.2** : les valeurs des charges polluantes pour les divers types de réseau.

Type de réseau	$\text{DBO}_5 \text{ g / EH / j}$	MES g / EH / j
Séparatif	54	70
unitaire	70	70 à 90
Pseudo séparatif	60	80

Pour pouvoir calculer les charges polluantes à traiter au niveau de la future station d'épuration de Biskra, sachant que le réseau est unitaire, nous avons adopté les valeurs suivantes :

- 1- Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours ( $\text{DBO}_5$ ) : 70 g/EH/j ;
- 2- Matières En Suspension (MES) : 80 g/EH/j ;

#### V.1.3.1.L'équivalent -habitant

L'équivalent -habitant est une unité conventionnelle qui représente le flux moyen de charge polluante engendrée par habitant et par jour dans un volume variant de 150 à 200 l d'eau usée. Cette unité de mesure est un paramètre utilisé pour fixer la taille d'une station d'épuration et déterminer son dimensionnement.

En effet, dans un réseau unitaire, transite des eaux usées d'origines diverses (domestiques, industrielles et pluviales). Cependant, il est nécessaire de calculer la population équivalente pour pouvoir déterminer les charges polluantes admises à la station.

La population équivalente appelée également nombre d'habitant est supérieure à la population réelle d'une collectivité. [20]

#### ❖ Calcul de la population équivalente

Le nombre d'équivalent habitant est donné par la relation suivante :

$$N_{EH} = \text{nombre d'habitant} + n \dots \dots \dots (V-8)$$

Avec :

✓  $N_{EH}$  : nombre d'équivalent habitant.

✓ n : nombre d'équivalent habitant correspond aux équipements.

➤ Calcul du nombre d'équivalent habitant correspondant aux rejets des équipements :

Le débit d'eau usée rejeté par les équipements est donné par la relation suivante :

$$Q_r = Q_{eq} \times 0.8 = 18683,75 \times 0.8 = \mathbf{14947 \text{ m}^3/j}$$

Sachant que le volume usé rejeté par un habitant et par jour est donné par cette relation :

$$V = D \times C \dots\dots\dots (V-9)$$

Avec :

✓ D : dotation en eau potable = 200 l/ hab /j.

✓ Cr: coefficient de rejet = 0,8

$$V = 200 \times 0,8 = 160 \text{ l/hab/j}$$

On a alors :

$$1 \text{ hab} \rightarrow 160 \text{ l}$$

$$n \rightarrow 14947.10^3 \text{ l}$$

**n = 93419 habitant**

Donc le nombre d'équivalent- habitant total (nombre d'habitant) est :

$$N_{EH} = 373675 + 93419 = \mathbf{467094 \text{ habitant.}}$$

### V.1.3.2. La charge moyenne journalière en DBO<sub>5</sub>

$$L_0 \text{ (kg/j)} = DBO_5 * N_{EH} = 70 * 467094.10^{-3} = \mathbf{32696,58 \text{ kg/j}} \Rightarrow \mathbf{L_0 = 32696,58 \text{ kg/j}}$$

$$C_{DBO_5} = \frac{L_0}{Q_j \text{ (m}^3 / j)} \dots\dots\dots (V-10)$$

$$C_{DBO_5} = \frac{32696,58}{74735} = 0,437 \text{ g/l} \Rightarrow \mathbf{C_{DBO_5} = 437 \text{ mg/l}}$$

✓ L<sub>0</sub> : charge moyenne journalière en DBO<sub>5</sub>.

✓ C<sub>DBO<sub>5</sub></sub> : la concentration en DBO<sub>5</sub> moyenne.

✓ Q<sub>j</sub> : débit moyen journalier en m<sup>3</sup> /j.

### V.1.3.3. La charge en MES

$$N_o = MES * N_{EH} = 80 * 467094.10^{-3} = \mathbf{37367,52 \text{ kg/j}} \Rightarrow \mathbf{N_o = 37367,52 \text{ kg/j}}$$

$$C_{MES} = \frac{N_o}{Q_j \text{ (m}^3 / j)} \dots\dots\dots (V-11)$$

$$C_{MES} = \frac{37367,52}{74735} = 0,5 \text{ g/l} \Rightarrow \mathbf{C_{MES} = 500 \text{ mg/l}}$$

✓ N<sub>o</sub> : charge moyenne journalière en MES.

✓ C<sub>MES</sub> : la concentration moyenne en MES.

**Remarque**

On utilise la même méthode de calcul pour l'horizon 2045 et les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau V.3:** les bases de dimensionnement des ouvrages d'épuration de la station pour les deux horizons.

Désignation des données de base du projet	Horizon 2030	Horizon 2045
Coefficient de rejet.	80 %	80 %
Consommation en eau potable totale (m <sup>3</sup> /j)	93418,75	138097
Population équivalente (EH).	467094	690485
Débit moyen en eaux usées (m <sup>3</sup> /j)	74735	110477,3
Débit moyen horaire de rejet (m <sup>3</sup> /h)	3113,96	4603,23
Coefficient de pointe par temps sec	1,59	1,57
Débit de pointe par temps sec (m <sup>3</sup> /h)	4950	7236
Coefficient de pointe par temps de pluie (C <sub>pl</sub> )	2	2
Débit de pointe en temps de pluie (débit de la station) (m <sup>3</sup> /h)	9900	14472
<b><u>Charges polluantes (DBO<sub>5</sub>, MES)</u></b>		
Charge journalière en (DBO <sub>5</sub> ) (kg/j)	32696,58	48333,95
Concentration de l'effluent en (DBO <sub>5</sub> ) (mg/l)	437	437
Charge journalière en (MES) (kg/j)	37367,52	55238,8
Concentration de l'effluent en (MES) (mg/l)	500	500

**V.2. Dimensionnement des ouvrages de la Station d'épuration****V.2.1. Prétraitements**

Les traitements mécaniques permettent de retirer de l'effluent brut les déchets volumineux, sables et graisses de façon à protéger les ouvrages en aval et faciliter le traitement biologique.

**V.2.1.1. Dégrillage**

Cette opération constitue une phase préliminaire à tout traitement, car elle permet de protéger la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptibles d'endommager les différents ouvrages de la station.

L'efficacité de cette opération est fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille.

On distingue :

- Dégrillage grossier qui arrête les objets volumineux (appelé aussi pré dégrillage), l'écartement entre les barreaux est supérieur à 40mm.
- Dégrillage moyen retient les détritrus de moyennes dimensions.
- On opte dans notre étude pour une grille courbe car ce type de grille est utilisé dans les petites et moyennes installations, pour des eaux pas trop chargées et pour des faibles débits, avec une profondeur de canal variant entre 0.15 et 1.8m

Pour le calcul de la grille, on utilise la méthode de KIRSCHMER.  
La largeur de la grille est donnée par l'expression :

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} (1 - \beta) \delta} (m) \dots\dots\dots (V-12)$$

- ✓  $L$  : Largeur de la grille (m).
- ✓  $\alpha$  : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal =60°
- ✓  $h_{\max}$  : Hauteur maximum admissible sur une grille (m).  $h_{\max} = (0,15 - 1.8)$
- ✓  $\beta$  : Fraction de surface occupée par les barreaux.[8]

$$\beta = \frac{d}{d + e} \dots\dots\dots (V-13)$$

Tel que :

- ✓  $d$  : épaisseur des barreaux (cm).
- ✓  $e$  : espacement entre les barreaux (cm).

**Tableau V.4:** Espacement et épaisseur des barreaux. [8]

Paramètres	Grilles grossières	Grilles moyennes
d (cm)	2,00	1à2
e (cm)	5à10	1à3

- ✓  $\delta$  Coefficient de colmatage de la grille.
  - La grille manuelle :  $\delta = 0.25$
  - La grille mécanique :  $\delta = 0.5$
- ✓  $S$  : Surface de passage de l'effluent tel que :

$$S = \frac{Q_{ptp}}{V} \dots\dots\dots (V-14)$$

- ✓  $Q_{ptp}$  : Débit de pointe (débit de la station) (m<sup>3</sup>/s).
- ✓  $V$  : vitesse de passage à travers la grille (m/s).

La vitesse d'écoulement de l'effluent est comprise entre (0,6 -1,4) m/s et cela pour éviter le colmatage en profondeur des barreaux et pour ne pas provoquer des pertes de charge trop importantes.

Une vitesse de passage inférieure à 0.6m/s provoque un dépôt de sable au fond du canal.  
L'expression de la largeur devient alors :

$$L = \frac{Q_{ptp} \times \sin \alpha}{V \times h_{\max} (1 - \beta) \delta} (m) \dots\dots\dots (V-15)$$

## Horizon 2020

### ❖ Pour le dégrillage grossier

- ✓  $\alpha = 60^\circ$
- ✓  $Q_{ptp} = 9900 \text{ m}^3/\text{h} = 2,75 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓  $V = 1,4 \text{ m/s}$
- ✓  $h_{\text{max}} = 1,4 \text{ m}$
- ✓  $d = 2 \text{ cm}$
- ✓  $e = 9 \text{ cm}$
- ✓  $\beta = 0,18$
- ✓  $\delta = 0,5$  grille mécanique

\* La Surface de passage de l'effluent

$$S = \frac{Q_{ptp}}{V}$$

Alors :

$$S = 2,75 / 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

$$S = 1,96 \text{ m}^2$$

\*La largeur :

$$L = \frac{Q_{ptp} \times \sin \alpha}{V \times h_{\text{max}} (1 - \beta) \delta} (m)$$

Alors :

$$L = \frac{2,75 \sin 60^\circ}{1,4 \cdot 1,4 \cdot (1 - 0,18) \cdot 0,5} = 2,96 m$$

$$L = 2,96 m$$

La largeur commerciale est égale 2. m

Donc on installe un grille de largeur de 2m.et l'autre de 1m

### ❖ Pour le dégrillage moyenne

- $d = 1 \text{ cm}$
- $e = 1 \text{ cm}$
- $\beta = 0,5$

En utilisant la même formule, on obtient.

$$L = \frac{2,75 \sin 60^\circ}{1,4 \cdot 1,4 \cdot (1 - 0,5) \cdot 0,5} = 4,86 m$$

La largeur commerciale est égale 2m

Donc on installe deux grilles chaqu'un de largeur de 2m.et l'autre de 1m

On place la grille grossiere avant le déversoir d'orage et la grille moyenne après ce dernier.

### ❖ Calcul des pertes de charge

On détermine la perte de charge dans un dégrilleur par la relation de KIRSCHMER :

$$\Delta H = \beta' \left(\frac{d}{e}\right)^3 \frac{V^2}{2g} \text{Sin}\alpha \dots\dots\dots (V-16)$$

Avec:

- ✓ ΔH: perte de charge (m).
- ✓ β' : : coefficient dépendant de la forme des barreaux (forme circulaire : β' : =1,79).
- ✓ e : espacement entre les barreaux (cm).
- ✓ d: épaisseur des barreaux
- ✓ g : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>).
- ✓ α : : angle d'inclinaison de la grille ( α =60°).
- ✓ V : Vitesse dans la grille.

Les valeurs de β' sont représentées dans le tableau suivant:

**Tableau V.5** : les valeurs de β' en fonction de la forme des barreaux. [6]

Type de barreau	β'
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

➤ **Grille grossière**

$$\Delta H = 1,79 \times (2/9)^{1,33} \times ((1,4)^2 / 19,62) \times 0,87 = 0,01\text{m}$$

**Δ H=0,021m**

➤ **Grille moyenne**

$$\Delta H = 1,79 \times (1/1)^{1,33} \times ((1,4)^2 / 19,62) \times 0,87 = 0,07\text{m}$$

**Δ H=0,15m**

❖ **Evaluation des refus des grilles**

Le volume des débris retenus par la grille est fonction de l'espacement entre les barreaux et de la qualité des eaux à épurer.

Soit :

$$\frac{12}{e} \leq V \leq \frac{15}{e} \dots\dots\dots (V-17)$$

e: espacement entre les barreaux en cm.

➤ **Grille grossière**

$$V_{\max} = 15/e = 15/9 = 1.66 \text{ L/EH /an.}$$

$$V_{\min} = 12/e = 12/9 = 1.33 \text{ L/ EH /an.}$$

➤ **Grille moyenne**

$$V_{\max} = 15/e = 15/1 = 15 \text{ L / EH /an.}$$

$$V_{\min} = 12/e = 12/1 = 12 \text{ L/ EH/an.}$$

Les caractéristiques de dégrilleur à l'horizon 2030 et 2045 sont représentées sur le tableau suivant car on a utilisé les mêmes méthodes de calcul.

### Remarque

-Pour le choix de dégrilleur,

On opte pour deux dégrilleurs grossier de 2m et 1m de longueur avant le poste de relevage et trois dégrilleurs fin après ce dernier, ayants les caractéristiques suivantes :

- ✓ deux grilles grossières droite à nettoyage alternatif par l'amont qui se fait grâce à une poche pivotante qui remonte périodiquement les détritrus le long du champ de grilles, et redescend en position écartée du champ de grilles.
- ✓ On prévoit un canal by-pass, équipé d'une grille manuelle de secours pour les besoins d'entretien et de réparation et faisant également office de trop-plein de sécurité en cas de colmatage accidentelle.
- ✓ trois grilles fines de 2m et 1m, droites à nettoyage continue par l'amont. Sachant qu'à court terme on fait fonctionner deux dégrilleurs, et le troisième de secours et à long terme on les fait fonctionner tous au même temps.
- ✓ Les dégrilleurs sont équipés de bac d'égouttage, où les refus sont placés avant d'être transporté.

**Tableau V.6 :** les résultats de dimensionnement de dégrilleur pour les deux horizons.

Ouvrage : dégrilleur	Unité	Horizon 2020	Horizon 2035
Débit de la station.	m <sup>3</sup> /s	2.75	4.02
<b><i>Grille grossière</i></b>			
Epaisseur des barreaux d	Cm	2	2
Espacement des barreaux e	Cm	9	9
$\beta$	/	0.18	0.18
Perte de charge	M	0.021	0.021
Largeur du dégrilleur	M	2.96	4.33
Volume max	l/EH/j	1.66	1.66
Volume min	l/EH/j	1.33	1.33
h max	M	1.4	1.4
<b><i>Grille moyenne</i></b>			
Epaisseur des barreaux d	Cm	1	2
Espacement des barreaux e	Cm	1	2
$\beta$	/	0.5	0.5
Perte de charge	M	0.15	0.15
Largeur du dégrilleur	M	4.86	7.10
Volume max	l/EH/j	15	15
Volume min	l/EH/j	12	12
h max	M	1.4	1.4

**V.2.1.2. Dessablage - Déshuilage**

Il est toujours à craindre une présence importante de sable, matières minérales en suspension et d'huiles qui peuvent perturber le traitement biologique.

Cette phase de prétraitement sera réalisée dans un dessaleur- déshuileur de type aéré longitudinal, l'injection de l'air assure une turbulence constante qui évite le dépôt des matières organiques.

Il est composé de deux zones :

- l'une aéré pour le dessablage : les sables et les matières lourdes sont récupérées au fond de l'ouvrage.
- les huiles et les graisses sont récupérées en surface. (dans une zone de tranquillisation et sont déversées dans un puisard à graisse pour être acheminées par camion vers une décharge).

➤ **Dimensionnement du bassin de dessablage –déshuilage**

Le bassin sera équipé d'un pont racleur sur lequel sera suspendue une pompe d'extraction des sables, les huiles seront raclées vers une fosse par les racleurs de surface.

Pour qu'il y ait sédimentation des particules il faut que l'inégalité suivante soit vérifiée :

$$\frac{L}{H} \leq \frac{V_e}{V_s} \dots\dots\dots (V-18)$$

Où :

Ve : la vitesse horizontale (vitesse d'écoulement Ve :  $0.2 < V_e < 0.5$  (m/s)

- ✓ Vs : vitesse de sédimentation. (vitesse Vs :  $40 < V_s < 70$  (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h)
- ✓ L : Longueur de bassin.
- ✓ H : Profondeur de bassin.
- ✓ L/H = (10-15).
- ✓ Le temps de séjour et compris entre 3 à 10 minute au débit de pointe.
- ✓ H = (1 – 2.5) m [8]

On opte pour un dessableur-déshuileur de forme rectangulaire.

### Horizon 2030

On prend :

- ✓  $Q_{ptp} = 2.75 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- ✓  $V_e = 0.4 \text{ m/s}$ .
- ✓  $V_s = 50 \text{ (m}^3/\text{m}^2/\text{h)} = 0.014 \text{ m/s}$ .
- ✓ H = 2 m
- ✓ Ts = 5 min

➤ **Le volume**

$$V = Q_{ptp} * t_s = 2,75 * 5 * 60 = 825 \text{ m}^3 \quad \Rightarrow \quad V = 825 \text{ m}^3$$

Avec :

- ✓  $Q_{ptp}$  : le débit de pointe en temps de pluie.

➤ **La surface horizontale**

On a : H=2 m.

La surface horizontale Sh sera :

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{825}{2} = 412,5m^2 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{Sh= 412,5 m^2}$$

➤ **La largeur**

$$l = \sqrt{\frac{S_H}{2}} = \sqrt{\frac{412.5}{2}} = \mathbf{14.36 m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{l= 14.36 m}$$

➤ **Longueur**

On sait que notre bassin est de forme rectangulaire de surface : Sh=L× l

$$\Rightarrow L= Sh / l = 412.5 / 14.36 = 28.72m \quad \Rightarrow \quad \mathbf{L= 28.72 m}$$

**Remarque**

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

➤ **Le volume d'air à insuffler dans le déssableur**

La quantité d'air à insuffler varie de 1 à 1,5m<sup>3</sup>d'air/m<sup>3</sup>d'eau. [6]

$$q_{air} = Q_{ptp} \cdot V \dots\dots\dots (V-19)$$

On prend V=1.5 m<sup>3</sup>d'air/m<sup>3</sup>d'eau

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

Donc:  $q_{air} = 9900 * 1,5 = 14850m^3 d'air / h \quad \Rightarrow \quad \mathbf{q_{air}=14850 m^3 d'air/h}$

➤ **Estimation du volume de sable extrait**

$$v_s (L/EH.an) = \mathbf{5 \text{ à } 12}$$

$$v_s \text{ min} = (5 \times 467094) / 365 \quad \mathbf{v_s \text{min} = 6398.55 L/j}$$

$$v_s \text{ max} = (12 \times 467094) / 365 \quad \mathbf{v_s \text{max} = 15356.52 L/j}$$

➤ **Estimation de la quantité de graisses**

La quantité de graisse par habitant et par an exprimée en L/j à la sortie de déssableur-déshuileur a une concentration de 50 g/l, soit un volume annuel de 15 L/hab.an.

$$v_g = (15 \times 467094) / 365 \quad \mathbf{Vg = 19195.64 L/j}$$

➤ **Calcul des quantités des matières éliminées par le déssableur**

Les MES contiennent 30% de MM (matières minérales) et 70% de MVS (matières volatiles en suspension), c'est-à-dire :

$$\mathbf{MES=70\% MVS + 30\% MM} \dots\dots\dots (V-20)$$

➤ La charge en MES à l'entrée de déssableur est : **MES = 37367,52 Kg/j**

- Les matières volatiles en suspension MVS contenues dans les MES sont :

$$MVS = 37367,52 \times 0,7 = 26157,26 \text{ Kg/j} \quad \mathbf{MVS=26157,26 \text{ Kg/j}}$$

- Les matières minérales contenues dans les MES sont :

$$MM = 37367,52 \times 0,3 = 11210,25 \text{ Kg/j} \quad \mathbf{MM = 11210,25 \text{ Kg/j}}$$

- Les matières minérales éliminées

Un déssableur permet d'éliminer 70% des matières minérales totales

$$MMe = 11210,25 \times 0,7 = 7847,17 \text{ Kg/j} \quad \mathbf{MMe= 7847,17 \text{ Kg/j}}$$

- Les matières minérales à la sortie de déssableur

$$MMs = MMt - MMe$$

$$MMs = 11210,25 - 7847,17 = 3336,08 \text{ kg/j} \quad \mathbf{MMs=3336,08 \text{ kg/j}}$$

- Les MES à la sortie de déssableur :

$$MESs = MVS + MMs$$

$$MESs = 26157,26 + 3336,08 = 29493,34 \text{ kg/j} \quad \mathbf{MESs=29493,34 \text{ kg/j}}$$

### Remarque

La quantité de sable extrait du déssableur est d'environ 4 à 8 l/an/Eq.

### Pour l'horizon 2045

Pour cet horizon, on dimensionne le déssableur-déshuileur avec la différence des débits des deux horizons :

$$Q_{ptp} = Q_{ptp(2045)} - Q_{ptp(2030)}$$

$$\text{Donc : } Q_{ptp} = 4,02 - 2,75 = \mathbf{1,27 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Avec :

- ✓  $Q_{ptp}$  : débit de la station (débit en temps de pluie).
- ✓ MES à l'entrée =  $55238,8 - 37367,52 = 17871,28 \text{ kg/j}$ .

On opte aussi pour la même forme de déssableur-déshuileur (rectangulaire) avec les caractéristiques suivantes :

- ✓  $T_s$ : 5minute.
- ✓  $H = (1 - 2,5) \text{ m}$ . On prend  $H=2\text{m}$

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

**Tableau V.7:**Dimensionnement du déssableur-déshuileur.

Désignation	Unités	Horizons	
		2030	2045
Surface horizontale (Sh)	m <sup>2</sup>	412,5	190.5
Volume (V)	m <sup>3</sup>	825	381
Hauteur (H)	m	2	2
Largeur	m	14.36	9.76
Longueur	m	28.72	19.52
Temps de séjour par temps sec	min	5	5
Quantité d'air à injecter (q <sub>air</sub> )	m <sup>3</sup> d'air/h	14850	6858
Matières minérales en suspension totales (MM)	Kg/j	11210.25	5361.38
Matières minérales en suspension éliminées	Kg/j	7847.17	3752.97
Matières minérales en suspension restantes	Kg/j	3336.08	1608.41
Matières volatiles en suspension totales	Kg/j	26157.26	12509.9
Matières en suspension restantes	Kg/j	29493,34	14118.31

### V.2.2.Le traitement primaire (décantation primaire)

La décantation primaire permet une séparation de deux phases liquide solide, par simple gravité. En effet, une décantation primaire est mise en œuvre pour alléger la charge à l'entrée du bassin d'aération ; elle permet donc l'élimination de 50% à 60% de la charge initiale en matière en suspension(MES) et 20% à 30 % de la charge organique entrante exprimée en DBO<sub>5</sub>. [5]

Le décanteur primaire permet donc de limiter la variation de charge et la perturbation des MES dans l'aérateur .Cependant, il produit des boues instables (boues primaires) qui peuvent être une source non négligeable de nuisances olfactives (mauvaise odeurs).

Dans notre étude, on opte pour un décanteur circulaire car ce type présente quelques avantages par rapport au décanteur rectangulaire ; leur construction est relativement économique en raison de la faible épaisseur des parois circulaires de béton armé et de la faible densité d'armatures.

Aussi, les parties mobiles immergées ne sont pas sujettes à l'abrasion.

#### V.2.2.1.Dimensionnement de décanteur primaire

Les principaux paramètres de calcul du décanteur sont :

- La charge superficielle (vitesse limite de chute) qui est définie par :

$$V_{\text{lim}} = Q_{\text{ptp}} / S \dots\dots\dots (V-21)$$

- Q : débit de la station.
- S : surface totale
- Le temps de séjours est compris entre 1 et 2 heures. [8]
- La hauteur d'eau dans l'ouvrage : la hauteur minimum est de 2m

### Horizon 2030

Pour un réseau unitaire la vitesse limite est déterminée en fonction du rapport  $Q_{pts}/Q_{moy h}$

**Tableau V.8:** les valeurs de la vitesse limite en fonction de  $Q_{moy h}$ [6]

$K = Q_{pts}/Q_{moy h}$	2.5	3	5	8	10
$V_{lim} (m/h)$	2	2.5	3.75	5	6

$$K = Q_{pts} / Q_{moy h} = 4950 / 3113.96 = 1,6$$

donc d'après ce tableau on tire la Vitesse  $V_{lim} = 2m/h$

Avec

- ✓  $Q_{pts}$ : débit de pointe au temps sec.
- ✓  $Q_m$ : débit moyen horaire.

➤ **La surface horizontale du décanteur**

$$Sh = Q_{ptp} / V_{lim} = 9900 / 2 = 4950 \text{ m}^2$$

$$Sh = 4950 \text{ m}^2$$

- ✓  $Q_{ptp}$ : débit de la station.

➤ **Volume du décanteur**

On prend  $t_s = 1 \text{ h}$

$$V = Q_p \cdot T_s = 9900 \cdot 1 = 9900 \text{ m}^3$$

$$V = 9900 \text{ m}^3$$

- ❖ On peut utiliser quatre décanteurs tel que :

$$Q_i = Q/4 \quad (Q_i : \text{débit de chaque décanteur})$$

$$Q_i = 2475 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **La surface horizontale :**  $Sh = Q_{ptp} / V_{lim} = 2475/2$

$$Sh = 1237.5 \text{ m}^2$$

- **Volume du décanteur :**  $V = Q_{ptp} \cdot T_s = 2475 \cdot 1$

$$V = 2475 \text{ m}^3$$

- **La hauteur du décanteur :**  $H = V / Sh = 2475/1237,5$

$$H = 2 \text{ m}$$

**Remarque :**

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement ; donc on prend  **$H = 2.75 \text{ m}$** .

- **Le diamètre du décanteur :**

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2475}{3,14 \cdot 2}} = 39.56 \text{ m}$$

On prend quatre décanteurs de diamètres

$$D = 40 \text{ m}$$

- **Détermination du temps du séjour**

- ✓ pour le débit de pointe par temps de pluie.

$$T_s = V / Q_{ptp} = 9900 / 9900 = 1 \text{ h}$$

- ✓ pour le débit de pointe par temps sec.

$$T_s = V / Q_{pts} = 9900 / 4950 = 2 \text{ h}$$

➤ **Calcul de la quantité de boues éliminées**

Sachant que le décanteur primaire permet l'élimination de 30% de DBO<sub>5</sub> et 60% de MES et connaissant les charges de pollution à l'entrée du décanteur : [6]

- $DBO_5 = 32696,58 \text{ Kg/j}$ .

- $MES' = 29493,34 \text{ Kg/j}$ .

➤ **Les charges éliminées par la décantation primaire sont donc :**

- $DBO_{5e} = 0,3 \cdot DBO_5 = 0,3 \cdot 32696,58 = \mathbf{9808.97 \text{ Kg/j}}$

- $MES_e = 0,6 \cdot MES' = 0,6 \cdot 29493,34 = \mathbf{17696 \text{ Kg/j}}$

➤ **Les charges à la sortie du décanteur primaire**

- $MES_s = MES - MES_e = 29493,34 - 17696 = \mathbf{11797.34 \text{ Kg/j}}$

- $DBO_{5s} = DBO_5 - DBO_{5e} = 32696,58 - 9808.97 = \mathbf{22887.61 \text{ Kg/j}}$

### Pour l'horizon 2045

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

$$Q_{\text{ptp}} = Q_{\text{ptp}(2045)} - Q_{\text{ptp}(2030)}$$

Donc :  $Q_{\text{ptp}} = 4.02 - 2.75 = \mathbf{1.27 \text{ m}^3/\text{s}}$

Avec :

✓  $Q_{\text{ptp}}$  : débit en temps de pluie (débit de la station).

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

$$DBO_5 = DBO_5(2045) - DBO_5(2030) = 48333.95 - 32696.58 = \mathbf{15637.37 \text{ Kg/j}}$$

$$MES' = \mathbf{14118.31 \text{ Kg/j}}$$

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

**Tableau V.9:** dimensions du décanteur primaire pour les deux horizons

Désignation	Unité	2030	2045
Débit	m <sup>3</sup> /s	2.75	1.27
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	1237.5	1143
Volume	m <sup>3</sup>	2475	2286
Hauteur d'eau + hauteur de revanche	M	2.75	2.75
Diamètre	M	40	39
MES entrées	Kg /j	29493,34	14118.31
DBO <sub>5</sub> entrée	Kg /j	32696,58	15637.37
MES éliminée	Kg /j	17696	8470.99
DBO <sub>5</sub> éliminée	Kg /j	9808.97	4691.21
MES sorties	Kg /j	11797.34	5647.32
DBO <sub>5</sub> sortie	Kg /j	22887.61	10946.16

**Remarque**

Pour l'horizon 2045 Le volume du décanteur est grand donc on opte pour un décanteur de volume 2286 m<sup>3</sup> .

**V.2.3. Traitement biologique**

Le traitement biologique est réalisé dans les ouvrages suivant:

- ✓ Le bassin d'aération ;
- ✓ Le décanteur secondaire.

**Etude de la variante à moyenne charge****V.2.3.1. Dimensionnement du bassin d'aération**

Le bassin d'aération est dimensionné sur la base des charges massique et volumique.

Le bassin sera de forme rectangulaire, de longueur L, de largeur B et de hauteur H.

Le procédé proposé est basé sur le principe des boues activées à moyenne charge. Les bassins d'aération sont des réservoirs rectangulaires ouverts où arrivent les eaux usées prétraitées à partir des décanteurs.

Le traitement à boues activées à moyenne charge est caractérisé par les paramètres suivants :

- La charge massique (Cm) :  
0,2 < Cm < 0,5 Kg DBO<sub>5</sub>/Kg.MVS.j [5]

Le calcul de la station sera basé sur la valeur suivante de Cm:

$$C_m = 0,4 \text{ Kg DBO}_5 / \text{Kg MVS j}$$

La charge volumique (Cv) : [5]

- 0,6 < Cv < 1,5 Kg DBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup> /j

Le calcul de la station sera basé sur la valeur suivante de Cv :

$$C_v = 1.4 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{j}$$

Cv permet d'estimer la capacité du bassin d'aération

- **le volume du bassin :**

$$V_a = L_0 / C_v \dots\dots\dots (V-22)$$

- ✓ C<sub>v</sub> : Charge volumique (kg DBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>.j). C<sub>v</sub> = 1.4 Kg DBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>/ j
- ✓ L<sub>0</sub> : charge polluante à l'entrée du bassin (kg DBO<sub>5</sub>/j). L<sub>0</sub> = 22887.61 kg/j

D'ou :  $V = L_0 / C_v = 22887.61 / 1,4 = 15257.80 \text{ m}^3$  **V = 15258 m<sup>3</sup>**

- Nous optons pour deux bassins rectangulaires, avec les caractéristiques suivantes :

- **Le volume**

$$V_1 = V_2 = V / 2 = 15258 / 2 \qquad \qquad \qquad \mathbf{V_1 = V_2 = 7629 \text{ m}^3}$$

- **La hauteur du bassin**

Elle est prise généralement entre 3 et 5m donc on prend : **H = 5 m**

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

➤ **Surface horizontale du bassin**

$$S_h = V / H = 7629 / 5 = 1525.8$$

$$S_h = 1525.8 \text{ m}^2$$

➤ **Les dimensions du bassin**

$$L = (S_h)^{0.5} = (1525.8)^{0.5} = 39.06 \text{ m}$$

$$L = 39.06 \text{ m}$$

➤ **La masse de boues dans le bassin**

$$X_a = \frac{L_o}{C_m} = \frac{22887.61}{0,4} = 45775.22 \text{ Kg}$$

$$x_a = 45775.22 \text{ kg}$$

➤ **Concentration de boues dans le bassin**

$$[X_a] = \frac{X_a}{V} = \frac{45775.22}{15258} = 3 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

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

V : Volume du bassin d'aération.

➤ **Calcul du temps de séjour**

1. Pour le débit de pointe par temps sec

$$T_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{7629}{2475} = 3.08 \text{ h}$$

$$T_s = 3.08 \text{ h}$$

2. Pour le débit de pointe en temps de pluie.

$$T_s = \frac{V}{Q_{pfp}} = \frac{7629}{4950} = 1.54$$

$$T_s = 1.54 \text{ h}$$

**V.2.3.2. Concentration de l'effluent en DBO5**

$$S_o = L_o / Q_{\text{moy j}} = 22887.61 / 74735 = 306.25 \text{ mg/l}$$

$$S_o = 306.25 \text{ mg/l}$$

**V.2.3.3. La charge polluante à la sortie (Sf = 30 mg/l)**

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

D'où la charge :

$$L_f = S_f \cdot Q_{\text{moy j}} = 0,03 \cdot 74735 = 2242.05 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$$

$$L_f = 2242.05 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$$

**V.2.3.4. La charge polluante éliminée Le**

$$L_e = L_o - L_f = 22887.61 - 2242.05 = 20645.56 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$$

$$L_e = 20645.56 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$$

**V.2.3.5. Le rendement de l'épuration**

$$\eta_{ep} = (L_o - L_f) / L_o = (20645.56 / 22887.61) \cdot 100 = 90.20\%$$

$$\eta_{ep} = 90.20 \%$$

### V.2.3.6. Besoins théoriques en oxygène

Les bactéries constituant la boue activée ont besoin d'oxygène d'une part pour se nourrir et de se développer à partir de la pollution éliminée et d'autre part par la dégradation de la matière organique ; cet oxygène est apporté généralement par des aérateurs.

La quantité théorique d'oxygène est la somme de celle nécessaire à la synthèse cellulaire plus celle nécessaire à la respiration endogène.

Le calcul théorique de la consommation d'oxygène est donné par la formule suivante :

$$q_{o_2} = a' L_e + b' Xa \quad (\text{Kg/j})$$

- ✓  $L_e$  :  $DBO_5$  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. [8]

$$0.48 < a' < 0.65$$

$$a' = 0,55$$

- ✓  $b'$  : coefficient cinétique de respiration endogène [8]

$$0.07 < b' < 0.11$$

$$b' = 0,08$$

#### ❖ les besoins journaliers en oxygène

$$q_{o_2} = 0,55 \cdot 20645,56 + (0,08 \cdot 45775,22) = 15017,07 \text{ Kg O}_2/\text{j}$$

#### ❖ La quantité d'oxygène horaire

$$q_{o_2/24} = 15017,07 / 24 = 625,71 \text{ Kg O}_2/\text{h}$$

#### ❖ La quantité d'oxygène nécessaire par m<sup>3</sup> du bassin

$$q_{o_2/m^3} = q_{o_2} / v = 15017,07 / 15258 = 0,98 \text{ Kg O}_2/\text{m}^3/\text{j}$$

#### ❖ Les besoins en pointe horaire en oxygène :

$$q_{o_2pte} = (a' L_e / T_d) + (b' \cdot Xa / 24) \dots\dots\dots (V-23)$$

$T_d$  : période diurne en heures  $T_d = 16\text{h}$ .

D'où :  $q_{o_2pte} = 0,55 \cdot 20645,56 / 16 + (0,08 \cdot 45775,22 / 24) = 862,28 \text{ Kg O}_2/\text{h}$ .

### V.2.3.7. Besoin réel en pointe 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. [19]

$$q_{o_2réel} = \frac{q_{o_2}}{\alpha \cdot \beta} \dots\dots\dots (V-24)$$

- ✓  $\alpha$  : 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.

$$\alpha = \frac{C_s(\text{eau usee})}{C_s(\text{eau epure})} = 0,8 \quad \dots\dots\dots (V-25)$$

✓  $\beta$  : tel que  $0,8 \leq \beta \leq 0,95$  [19]

On prend :  $\beta = 0,85$

$$q(o_2)_{\text{réel\_pte}} = \frac{862,28}{0,85 \times 0,8} = 1268,06 \quad \text{kgO}_2/\text{h}$$

$$\text{En moyenne : } q(o_2)_{\text{réel\_jour}} = \frac{15017,07}{0,85 \times 0,8} = 22083,93 \quad \text{kgO}_2/\text{j}$$

### V.2.3.8. Calcul des caractéristiques de l'aérateur a surface libre

#### ❖ Calcul de la puissance de l'aération nécessaire ( $E_n$ ) :

Les apports spécifiques des aérateurs de surface ont souvent été compris entre 1 et 2  $\text{kg O}_2 / \text{kwh}$ .

$$E_n = \frac{q_{O_2}}{E_a} \quad \dots\dots\dots (V-26)$$

✓  $E_n$  : 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 :  $E_a = 1.5 \text{ kgO}_2 / \text{kwh}$  [6]

$$\text{Donc : } E_n = \frac{862.28}{1.5} = 574.85 \text{kw} \quad \quad \quad \mathbf{E_n=574.85 Kw}$$

#### ❖ puissance de brassage :

La puissance de brassage est donnée par la relation suivante

$$E_b = Sh * Pa \quad \dots\dots\dots (V-27)$$

✓  $Pa$  : puissance spécifique absorbée.

La puissance spécifique absorbée ( $Pa$ ) pour les aérateurs de surface est  $Pa=80\text{w/m}^2$

✓  $Sh$  : surface horizontale du bassin. [19]

$$\text{Donc : } E_b = Sh * Pa = 3051.6 * 80 = \mathbf{244128 w.} \quad \quad \quad \mathbf{E_b=244.128 Kw}$$

#### ❖ Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :

$$N_a = E_n / E_b = 574.85 / 244.128 = \mathbf{2.35}$$

On prend trois aérateurs ( $N_a=3$ ).

**V.2.3.9. Bilan de boues****❖ Calcul de la quantité des boues en excès :**

La quantité de boues en excès est déterminée par la formule d'ECKENFELDER :

$$\Delta X = X_{\min} + X_{dur} + a_m L_e - b X_a - X_{eff} \dots\dots\dots (V-28)$$

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. [6]
- ✓  $a_m$  : Coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées /g DBO<sub>5</sub> éliminées).
- ✓  $a_m$  : Varie entre 0,55 <  $a_m$  < 0,65. On prend  $a_m = 0,6$ . [6]
- ✓  $L_e$  : Quantité de DBO<sub>5</sub> 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).

La charge journalière en MES à la sortie de décanteur primaire est **11797.34 Kg/j**

$$X_{\min} = 0,3 \cdot 11797,34 = 3539,20 \text{ kg/j}$$

$$X_{dur} = 0,3 \cdot MVS$$

$$X_{dur} = 0,3(0,7 \cdot 11797,34) = 2477,44 \text{ Kg /j}$$

$$a_m L_e = 0,6 \cdot 20645,56 = 12387,34 \text{ Kg/j}$$

$$b X_a = 0,07 \cdot 45775,22 = 3204,26 \text{ Kg/j}$$

$$X_{eff} = 0,03 \cdot 74735 = 2242,05 \text{ Kg/j}$$

Alors :

$$\Delta X = 3539,20 + 2477,44 + 12387,34 - 3204,26 - 2242,05$$

$$\Delta x = \mathbf{12957,67 \text{ kg/j}}$$

**❖ Concentration des boues en excès :**

$$X_m = \frac{1200}{I_m} \dots\dots\dots (V-29)$$

Avec :

- ✓  $X_m$  : Concentration de boues en excès (kg/j).
- ✓  $I_m$  : L'indice de Mohlman.
- ✓  $I_m$  : Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette :  
(100 ÷ 150) . [5]
- ✓ 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 :  $I_m = 125 \text{ ml/g}$

$$\text{D'où : } X_m = \frac{1200}{125} \Rightarrow \mathbf{X_m = 9,6 \text{ kg/m}^3}$$

❖ **Le débit de boues en excès :**

Ce débit est donné par :  $Q_{\text{excès}} = \frac{\Delta X}{X_m} = \frac{12957.67}{9.6} = 1349.76$

$$\mathbf{Q_{\text{excès}} = 1349.76 \text{ m}^3/\text{j}}$$

❖ **Le débit spécifique par m<sup>3</sup> de bassin :**

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{V} \dots\dots\dots (V-30)$$

✓ V : volume de bassin

Donc :  $q_{sp} = \frac{12957.67}{15258} = 0.84 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow \mathbf{q_{sp} = 0,84 \text{ Kg / m}^3}$

❖ **Les boues recyclées :**

Dans le but de maintenir une concentration moyenne constante de boues dans le bassin, on procède à un recyclage d'une partie des boues dans le bassin d'aérations. En effet, si la quantité de boues recyclées est insuffisante, le volume des boues stockées dans le décanteur secondaire sera trop important.

Dans ce cas, on assiste à un passage en anaérobiose qui provoque une remontée des boues dans le clarificateur.

❖ **Le taux de recyclage :**

- ✓ Il peut varier de 15 à 100% de débit de l'effluent produit. [14]
- ✓ Il est donné par l'expression suivante :

$$R = \frac{100[X_a]}{\frac{1200}{I_m} - [X_a]} \dots\dots\dots (V-31)$$

- R : taux de recyclage(%)

-  $[X_a]$  : concentration des boues dans le bassin =  $3 \text{ Kg/m}^3$

$$R = \frac{100 * 3}{\frac{1200}{125} - 3} \Rightarrow \mathbf{R = 45.45\%}$$

❖ **Le débit des boues recyclées :**

$$Q_r = R Q_j \dots\dots\dots (V-32)$$

Donc :  $Q_r = 0.45 * 74735 = 33630.75 \text{ m}^3/\text{j} \Rightarrow \mathbf{Q_r = 33630.75 \text{ m}^3/\text{j}}$

**Remarque :**

Le débit des boues recyclé est tributaire du débit journalier arrivant à la station d'épuration. En règle générale ; il est compris entre 50 et 200 % du débit moyen journalier.

❖ **Age des boues :**

C'est le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et la quantité de boues retirées quotidiennement.

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta X} \dots\dots\dots (V-33)$$

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta X} = \frac{45775.22}{12957.67} = 3.53 \text{ jours} \qquad \qquad \qquad \mathbf{A_b = 3.53 \text{ jours}}$$

**V.2.3.10. Calcul du clarificateur (décanteur secondaire)**

Le but du décanteur secondaire est la séparation de floc biologique de l'eau épurée. Les boues déposées dans le clarificateur sont renvoyées vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une concentration quasi constante en bactéries et les boues en excès sont évacuées vers les installations de traitement de boues (épaississement, déshydratation).

Nous optons pour un décanteur de forme circulaire, muni d'un pont racleur de fond et de surface, conduisant les boues dans les fosses d'où elles sont reprises pour le recyclage et l'extraction de la fraction en excès.

**Données de base :**

✓ Le temps de séjour :  $t_s = (1,5 \div 2)$  heure .On prend  $t_s = 1,5h$ . (CARLIER, 1986)

✓ Le débit de pointe en temps de pluie (de la station) :  $Q_{pt} = 9900 \text{ m}^3/h$

❖ **Le volume du décanteur :**

$$V = Q_p * t_s = 9900 * 1,5 = 14850 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad \mathbf{v = 14850 \text{ m}^3}$$

On opte pour quatre décanteurs avec les caractéristiques suivantes :  $V_1 = V/4 = 3712.5$

❖ **Hauteur du clarificateur :**

Hauteur du décanteur est :  $H = (3 \div 5)$  m. (GAÏD, 1984)

On prend :  $H = 5m$

❖ **La surface horizontale du décanteur :**

$$S_h = V/h = 3712.5/5 = 742.5 \text{ m}^2$$

❖ **Le diamètre du décanteur :**

Sachant que notre bassin a une forme circulaire donc le diamètre est donné par la relation suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4.V}{\pi.H}} = \sqrt{\frac{4 * 3712.5}{3,14 * 5}} = 30.74m. \qquad \qquad \qquad \mathbf{D = 31m}$$

❖ **Le temps de séjour :**

$$T_s = v / Q_{pts}$$

- Au débit de pointe par temps sec

$$T_s = V / Q_{pts} = 14850/4950 = 3 \text{ h}$$

$$t_s = 3\text{h}$$

- Au débit de pointe par temps de pluie

$$T_s = v / Q_{ptp} \Rightarrow t_s = 14850 / 9900 = 1.5 \text{ h}$$

$$t_s = 1.5\text{h}$$

### Pour l'horizon 2045

Pour cet horizon, on dimensionne l'aérateur et le clarificateur avec la différence des débits des deux horizons :

- **Débit de la station :**

$$Q_{ptp} = Q_{ptp(2045)} - Q_{ptp(2030)}$$

$$Q_{ptp} = 14472 - 9900 = 4572 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Débit moyen journalier :**

$$Q_{moy j} = Q_{moy j(2045)} - Q_{moy j(2030)}$$

$$Q_{moy j} = 110477.3 - 74735 = 35742.3 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **La charge en MES à la sortie du décanteur primaire** : est de : **5647.32kg/j**

**Tableau V.10.** Résultats de calcul d'aérateur pour les deux horizons

Désignations	Unité	2030	2045
<b><u>Données de base</u></b>			
Débit moyen journalier $Q_{moy j}$	$\text{m}^3/\text{j}$	74735	35742.3
Débit moyen horaire $Q_{moy h}$	$\text{m}^3/\text{h}$	3113.96	1489.27
Débit de pointe en temps de pluie $Q_{ptp}$	$\text{m}^3/\text{h}$	9900	4572
Charge polluante à l'entrée du bassin $L_o$	$\text{Kg}/\text{j}$	22887.61	10946.16
Concentration de l'effluent en $\text{DBO}_5$ $S_o$	$\text{mg}/\text{l}$	306.25	306.25
La charge polluante à la sortie $L_f$	$\text{KgDBO}_5/\text{j}$	2242.05	1072.69
La charge polluante éliminée $L_e$	$\text{KgDBO}_5/\text{j}$	20645.56	9873.47
Le rendement de l'épuration $\eta_{ep}$	%	90.2	90.2
<b><u>Dimensionnement du bassin d'aération</u></b>			
Volume du bassin $V$	$\text{m}^3$	7629	7294.44
Nombre	-	2	1
Hauteur du bassin $H$	$\text{m}$	5	5
Surface horizontale du bassin $Sh$	$\text{m}^2$	1525.8	1458.89
Le coté du bassin $L$	$\text{m}$	39.06	38.19
La masse de boues dans le bassin $X_a$	$\text{Kg}$	45775.22	21892.32
Concentration de boues dans le bassin $[X_a]$	$\text{Kg} / \text{m}^3$	3	3
Temps de séjours $T_s$ - débit de pointe par temps sec	$\text{h}$	3.08	3.20
- débit de pointe en temps de pluie	$\text{h}$	1.54	1.6

<b><u>Besoin en oxygène</u></b>			
Besoins journaliers en oxygène : $q_{O_2}$	KgO <sub>2</sub> /j	15017.07	7181.79
La quantité d'oxygène horaire $q_{O_2}/24$	KgO <sub>2</sub> /h	625.71	299.24
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	0.98	0.98
Besoins en pointe horaire en oxygène $q_{O_2pte}$	KgO <sub>2</sub> /h	862.28	412.37
<b><u>Calcul de l'aérateur de surface à installer</u></b>			
Besoin réel de pointe en oxygène :	KgO <sub>2</sub> /h	1268.06	606.43
Calcul de puissance de l'aération nécessaire :	Kw	574.85	274.91
puissance de brassage :	kW	244.128	116.711
Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :	-	3	3
<b><u>Bilan de boues</u></b>			
Calcul de la quantité des boues en excès $\Delta x$	Kg/j	12957.67	6199.49
Concentration de boues en excès $X_m$	Kg/m <sup>3</sup>	9.6	9,6
Le débit de boues en excès $Q_{excès}$	m <sup>3</sup> /j	1349.76	645.78
Le débit spécifique par m <sup>3</sup> de bassin $q_{sp}$	Kg/m <sup>3</sup> .j	0.84	0.84
Le taux de boues recyclées R	%	45.45	45.45
Le débit des boues recyclées $Q_r$	m <sup>3</sup> /j	33630.75	16084.03
Age des boues $A_b$	j	3.53	3.53
<b><u>Caractéristiques du clarificateur</u></b>			
Forme	circulaire	circulaire	Circulaire
Nombre de bassins	-	4	2
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	742.5	685.8
Diamètre	m	31	30
Volume	m <sup>3</sup>	3712.5	3429
Hauteur	m	5	5
Temps de séjour pour le pour le débit de pointe par temps de pluie	h	1.5	1.5
Temps de séjour pour le débit de pointe par temps sec	h	3	3

#### V.2.4. Traitement tertiaire (désinfection) :

Le traitement biologique ne permet pas à lui seul d'éliminer de façon satisfaisante les germes pathogènes ; ce qui implique en cas de réutilisation de l'eau épurée, une désinfection. La chloration est utilisée depuis longtemps pour son action bactéricide et apparaît comme élément complémentaire de traitement indispensable dès lors que les eaux sont destinées à l'agriculture.

En Algérie, l'hypochlorite de sodium (eau javel) est le produit désinfectant le plus utilisé dans les stations d'épuration à cause de sa disponibilité sur le marché et son fiable coût.

**V.2.4.1.Dose du chlore à injecter**

La dose du chlore nécessaire dans les conditions normales pour un effluent traité est de 5 à 10 mg/l pour un temps de contact de 30 minutes. [19]

On utilise une dose de 10 mg/l pendant un temps de contact de 30 mn.

**V.2.4.2.La dose journalière en chlore**

$$D_j = Q_{\text{moy } j} * (Cl_2) = 74735 * 0,01 = \mathbf{747.35 \text{ Kg/j}}$$

**V.2.4.3.Calcul de la quantité de l'eau javel**

On prend une solution d'hypochlorite à 48° [19]

1° de chlorométrie → 3,17 g de Cl<sub>2</sub>/ NaClO

48° de chlorométrie → X

$$X = 3,17. 48 / 1 = \mathbf{152,16 \text{ g de Cl}_2/ \text{NaClO}}$$

**V.2.4.4.La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire**

$$1 \text{ m}^3 (\text{NaClO}) \rightarrow 152.16 \text{Kg de Cl}_2$$

$$Q_j \rightarrow 747.35$$

$$Q_j = 747.35 / 152.16 = \mathbf{4.9 \text{ m}^3 (\text{NaClO}) / j}$$

**V.2.4.5.La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium**

$$Q_a = Q_j . 365 = 4.9 . 365 = \mathbf{1788.5 \text{ m}^3 (\text{NaClO}) / \text{an}}$$

**V.2.4.6.Dimensionnement du bassin de désinfection**

$$Q_{\text{pp}} = \mathbf{9900 \text{ m}^3 / \text{h}}$$
 (débit de pointe au temps de pluie)

$$T_s = \mathbf{30 \text{ mn}}$$

**❖ Le volume du bassin :**

$$V = Q_{\text{pte}} * T_s = 9900 . 30 / 60 = 4950 \text{m}^3$$

$$\mathbf{V = 4950 \text{ m}^3}$$

- On utilise deux bassins tels que :  $V = 2475 \text{ m}^3$

**❖ La hauteur du bassin :**

$$\text{On fixe } H = 3 \text{m}$$

$$\mathbf{H = 3 \text{ m}}$$

**❖ La surface horizontale :**

$$Sh = V / H = 2475 / 3 = 825 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{Sh = 825 \text{ m}^2}$$

**❖ La largeur et la longueur :**

Notre bassin a une forme rectangulaire de surface  $Sh = L * B$

$$\text{On prend : } L = 2 * B$$

$$B = \sqrt{(Sh / 2)} = \mathbf{20.31 \text{ m.}}$$
 On prend:

$$\mathbf{B = 20.31 \text{ m}}$$

$$\text{Alors : } L = 2 * 20.31 = 40.62 \text{ m}$$

⇒

$$\mathbf{L = 57.44 \text{ m}}$$

Avec :

L : longueur du bassin de désinfection.

B : largeur du bassin de désinfection.

### Pour l'horizon 2045

Pour cet horizon, on dimensionne le bassin de désinfection avec la différence des débits des deux horizons :

✓ **Débit de la station**

$$Q_{\text{ptp}} = Q_{\text{ptp}(2045)} - Q_{\text{ptp}(2030)}$$

$$Q_{\text{ptp}} = 14472 - 9900 = 4572 \text{ m}^3/\text{h}$$

✓ **Débit moyen journalier**

$$Q_{\text{moy j}} = Q_{\text{moy j}(2045)} - Q_{\text{moy j}(2030)}$$

$$Q_{\text{moy j}} = 110477,3 - 74735 = 35742,3 \text{ m}^3/\text{j}$$

On garde toujours la même forme du bassin (rectangulaire)

Les résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons sont représentés sur le tableau suivant :

**Tableau V.11** : résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons.

Caractéristiques du bassin	Unité	Horizon	
		2030	2045
• Volume	m <sup>3</sup>	2475	2286
• Hauteur	m	3	3
• Surface horizontale	m <sup>2</sup>	825	762
• Longueur	m	40.62	39.04
• Largeur	m	20.31	19.52
• Dose journalière en chlore	Kg/j	747.35	357.42
• La quantité d'hypochlorite nécessaire :	m <sup>3</sup> /j	4.9	2.35
• La quantité annuelle d'hypochlorite :	m <sup>3</sup> /an	1788.5	857.75

#### V.2.5. Traitement des boues

Les boues provenant du décanteur primaire et secondaire sont admises dans une Filière de traitement qui comporte l'épaississement, la stabilisation et la déshydratation.

D'une façon générale, les équipements de la filière boue doivent être dimensionnés pour pouvoir traiter la totalité de la production de boue de la station sans provoquer d'accumulation anormale et prolonger de boue dans le décanteur primaire et le décanteur secondaire.

##### **V.2.5.1. Epaississement**

L'épaississeur constitue la première étape des filières de traitement des boues. Il sera dimensionné en fonction des charges polluantes éliminées dans les décanteurs primaires et secondaires.

### V.2.5.2. Stabilisation

La stabilisation est un processus qui limite les fermentations en vue de favoriser la valorisation agricole des boues. On distingue les stabilisations chimiques ou biologiques. Pour ce dernier cas, les phénomènes peuvent être aérobies ou anaérobies. Il s'agit alors de l'étape de digestion des boues.

Pour la stabilisation chimique ; Le composé de choix est la chaux vive. Son incorporation se réalise à une boue déjà floculée égouttée. Un mélange intime est indispensable. Celui-ci est obtenu avec un malaxeur à vis. L'addition de chaux provoque une forte élévation de température et par conséquent une évaporation de l'eau.

Dans notre cas on choisit la technique de stabilisation aérobie, très utilisée dans les stations de traitement de moyenne importance.

### V.2.5.3. Déshydratation

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide.

Dans notre cas, on choisit une déshydratation naturelle sur lits de séchage afin de réduire les frais d'exploitation de la station (minimiser les dépenses d'énergies).

#### ❖ Dimensionnement

##### ➤ Epaisseur

Il reçoit les boues issues du décanteur primaire et secondaire.

La production journalière des boues est de :

#### ▪ Boues issues du décanteur primaire

Boues primaires :  $DX_p = DBO_{5e} + MESe$

$$DX_p = 9808.97 + 17696 = 27504.97 \text{ Kg/j}$$

#### ▪ Boues issues du décanteur secondaire

Boues secondaires  $DX_s = 12957.67 \text{ Kg/j}$  (Représente les boues en excès)

#### ▪ la quantité totale journalière des boues sera

$$DX_t = DX_p + DX_s = 27504.97 + 12957.67 = 40462.64 \text{ Kg/j}$$

#### ▪ La concentration des boues

A l'entrée de l'épaisseur les boues fraîches ont les concentrations moyennes suivantes :

- Boues primaires : (20÷30) g/l
- Boues secondaire : (10÷30) g/l [8]

#### ▪ Calcul du débit journalier reçu par l'épaisseur

Le débit journalier de boues entrant dans l'épaisseur correspond aux débits de boues issus des deux décanteurs.

#### ○ Le débit arrivant du décanteur primaire

$$Q_1 = DX_p / S_1 = 27504.97 / 25 = 1100.20 \text{ m}^3/\text{j}$$

$DX_p$  : quantité issues du décanteur primaire

$S_1$  : concentration des boues.

On prendra  $S_1 = 25 \text{ g/l}$

○ **Le débit arrivant du décanteur secondaire**

$$Q_2 = DX_s / S_2 = 12957.67 / 10 = 1295.77 \text{ m}^3/\text{j}$$

$S_2$ : concentration des boues. On prendra  $S_2 = 10 \text{ g/l}$

○ **Le débit total ( $Q_t$ )**

$$Q_t = Q_1 + Q_2 = 1100.20 + 1295.77 = 2395.97 \text{ m}^3/\text{j}$$

○ **La concentration du mélange ( $S$ )**

$$S = DX_t / Q_t = 40462.64 / 2395.97 = 16.89 \text{ Kg/m}^3$$

▪ **Le volume de l'épaisseur**

$T_s$  : temps de séjours (1 à 15 j). on prend  $T_s = 2 \text{ j}$ .

$$V = Q_t \cdot T_s = 2395.97 \cdot 2 = 4791.94 \text{ m}^3$$

$$V = 4791.94 \text{ m}^3$$

❖ On utilise quatre épaisseurs:

$$V' = V/4 = 4791.94/4 = 1197.98 \text{ m}^3$$

$$V' = 1197.98 \text{ m}^3$$

▪ **La surface horizontale**

Pour une profondeur de  $H = 5 \text{ m}$ . On calcule :

$$Sh = V' / H = 1197.98 / 5 = 239.6 \text{ m}^2$$

▪ **Le diamètre**

Notre épaisseur a une forme circulaire de diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Sh}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 239.6}{3,14}} = 17.47 \text{ m} = 17.5 \text{ m}$$

▪ **Caractéristiques des boues épaissies**

La concentration des boues après épaissement par décantation est de l'ordre de 80 à 100 g/l.

▪ **Calcul du débit des boues épaissies**

$$C_{be} = 85 \text{ g/l}$$

$$Q_d = DX_t / 85 = 40462.64 / 85 = 476.03 \text{ m}^3/\text{j}$$

❖ **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 2 mg / l. [8]

➤ **La quantité de MVS contenue dans les boues**

$$MES = 29493,34 \text{ kg/j}$$

$$MM = 11210,25 \text{ kg/j}$$

$$MVS = 18283,09 \text{ kg/j}$$

➤ **La quantité de MVS à la sortie de la stabilisation**

(MVS) sortie =  $MVS - 0,45 \cdot MVS = 18283,09 - (0,45 \cdot 18283,09) = 10055,7 \text{ kg/j}$   
 $\Rightarrow$  (MVS) sortie = **10055.7 kg/j**

➤ **Temps de séjour**

L'élimination des MVS est souvent traduite par la relation suivante :

$$B_a = B_{a0} \cdot 1^{K_s T} \dots \dots \dots (V-34)$$

- ✓  $B_a$  : représente la quantité de MVS au temps  $t$  ;
- ✓  $B_{a0}$  : représente la quantité de MVS au temps initiale ;
- ✓  $K_s$  : le taux d'élimination des MVS qui dépend de la boue, de la température et également des traitements précédant la digestion.

Les valeurs de  $K_s$  s'échelonnent 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 :

$$B_a = B_{a0} \cdot 1^{K_s T} = 0,95 \cdot B_{a0} \dots \dots \dots (V-35)$$

Et la fraction volatile stabilisée sera :

$$(1 - 0,95) \cdot B_a = 45\% \text{ de MVS stabilisé}$$

$$0,05 B_a = 0,45 \cdot 18283,09 = \mathbf{8227,4 \text{ kg}}$$

$$\text{Alors } \mathbf{B_a = 164547,81 \text{ kg}}$$

L'extraction journalier est de 10055.7 Kg MVS /J, l'âge des boues en stabilisation sera donc :

$$T = \frac{164547,81}{10055,7} = 16,36 \text{ jours}$$

➤ **Boues en excès dans le stabilisateur**

$$Q_{\text{excès}} = MM + (MVS)_{\text{sortie}} = 11210,25 + 10055,7 = \mathbf{21265,95 \text{ kg de boues / jour}}$$

➤ **Dimensionnement du bassin de stabilisation**

▪ **La masse de boue à maintenir dans le stabilisateur ( $M_b$ )**

$$M_b = Q_{\text{excès}} \cdot t = 21265,95 \cdot 16,36 = \mathbf{347910,9 \text{ kg}}$$

Sachant que les boues épaissies peuvent atteindre des taux de concentration  $C_{be}$  de 80 à 100 g/l, on prend  **$C_{be} = 85 \text{ g/l}$** .

▪ **Volume du bassin de stabilisation**

$$V = M_b / C_{be} = 347910,9 / 85 = \mathbf{4093,07 \text{ m}^3}$$

On utilise deux stabilisateurs avec :

$$V' = V/2 = 2046,53 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad \mathbf{V' = 2046,53 \text{ m}^3}$$

▪ **Surface horizontale**

On prend la profondeur du bassin de stabilisation  **$H = 5 \text{ m}$**

$$S_h = V/H = 2046,53 / 5 = \mathbf{409,30 \text{ m}^2}$$

- **La largeur de bassin**

Notre stabilisateur a une forme rectangulaire et la surface est donnée par :  $S_H = L * l$

On a  $L=2.l$

$$l = (S_H/2)^{0.5} = \mathbf{14.31m}$$

- **La longueur de bassin**

$$L=2.l=2 * 14.31 = \mathbf{28.62 m}$$

- **Aération du bassin de stabilisation**

La quantité d'air nécessaire s'effectuera à l'aide des aérateurs  $2 \text{ kg O}_2 / \text{kg MVS détruit}$ .

-La masse des boues détruites par jour est de **8227.4 kg/j**.

$$DO_2 = 2 * 8227.4 = 16454.8 \text{ kg O}_2/\text{j} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{DO_2 = 16454.8 \text{ kg O}_2/\text{j}}$$

### ❖ lits de séchage

Les boues épaissies sont épandues sur des lits pour y être déshydratées naturellement. Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes. Ils sont constitués d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier. Les drains, disposés sous la couche support, recueillent les eaux d'égouttage pour les ramener en tête de station. L'épaisseur maximale (H) de boues à admettre sur les lits de séchage est 40 cm.

Les opérations successives de remplissage d'un lit doivent être faites à intervalles rapprochés, soit 2 à 3 jours. La durée de séchage est de 4 à 6 semaines suivant les climats et les saisons.

Une largeur (b) optimum de 8 m et une longueur (L) de 20 à 30 m est conseillée si le lit n'est alimenté qu'en un seul point. [9]

### ❖ Calcul des lits de séchage

Nous avons choisi les dimensions suivantes

$$b=8\text{m}; L=30\text{m}; H=0,4\text{m}$$

#### ➤ Le volume de boues épandues sur chaque lit

$$V = b * L * H \dots\dots\dots (V-36)$$

$$V = \mathbf{96 \text{ m}^3}$$

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 :

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 :

$$Q_f = (\text{MVS})_{\text{sortie}} = \mathbf{10055.7 \text{ kg/j}}$$

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 :

$$V_1 = 10055.7 / 85 = \mathbf{118.3 \text{ m}^3/\text{j}}$$

➤ **Nombre de lits nécessaires à chaque épandage**

$N > v_1 / v = 118.3 / 96 = 1.23$  on prend  $n=2$

➤ **Volume des boues épandues par lit et par an**

Il est généralement admis que chaque lit sert 12 fois par an

$$V_2 = 12 * v = 12 * 96 = \mathbf{1152 \text{ m}^3}$$

➤ **Volume des boues à sécher par an**

$$V_{ba} = v_1 * 365 = 118.3 * 365 = \mathbf{43179.5 \text{ m}^3}$$

➤ **Nombre de lits nécessaire**

$$N > v_{ba} / v_2 = 43179.5 / 1152 = \mathbf{38 \text{ lits}}$$

➤ **Surface nécessaire :**

$$S = S_0 * N$$

Où :  $S_0$  c'est la surface du lit de séchage :  $S_0 = L * b = 30 * 8 = \mathbf{240 \text{ m}^2}$

$$S = 240 * 38 = \mathbf{9120 \text{ m}^2}.$$

**Pour l'horizon 2045**

Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur, stabilisateur aérobie et le lit de séchage pour les deux horizons sont représentés sur le tableau suivant :

**Tableau V .12.** Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur, stabilisateur aérobie et le lit de séchage (2030 et 2045).

Désignations	Unité	2030	2045
<b>Dimensionnement de l'épaississeur</b>		<b>4</b>	<b>2</b>
• Boues issues du décanteur primaire	kg/j	27504.97	13162.2
• Boues issues du décanteur secondaire	kg/j	12957.67	6199.49
• la quantité totale journalière des boues	Kg/j	40462.64	19361.7
• Le débit total	m <sup>3</sup> /j	2395.97	1146.44
• La concentration du mélange :	Kg/m <sup>3</sup>	16.89	16.89
• Débit des boues épaissies	m <sup>3</sup> /j	476.03	227.78
• Hauteur	M	5	5
• Surface horizontale	m <sup>2</sup>	239.6	229.29
• Volume	m <sup>3</sup>	1197.98	1146.44
• Diamètre	M	17.5	17.08
<b>Stabilisateur aérobie</b>		<b>2</b>	<b>1</b>
• La quantité de MVS contenue dans les boues - MES -MM - MVS	kg/j	29493,34 11210.25 18283.09	14118.3 5361.38 8756.93
• La quantité de MVS à la sortie de la	kg/j	10055.7	4816.31
• Temps de séjour :	J	16.36	16.36
• Boues en excès dans le stabilisateur :	Kg /j	21265.95	10177.69
• La masse de boue à maintenir dans le stabilisateur (Mb)	Kg	347910.9	166507
• Hauteur	M	5	5
• Volume du bassin de stabilisation	m <sup>3</sup>	2046.53	1958.9
• Surface horizontale	m <sup>2</sup>	409.30	391.78
• La longueur de bassin	M	28.62	28
• La largeur de bassin	M	14.31	14
• Quantité d'air par jour Do <sub>2</sub>	Kg o <sub>2</sub> /j	16454.8	7881.24
<b>Lit de séchage</b>			
• Le volume de boues épandues sur chaque lit	m <sup>3</sup>	96	64
• la quantité des boues à extraire	Kg/j	10055.7	4816.31
• Volume des boues épandues par lit et par an	m <sup>3</sup>	1152	1152
• Volume des boues à sécher par an	m <sup>3</sup>	43179.5	20681.8
• Nombre de lits nécessaire	-	38	18
• Surface nécessaire	m <sup>2</sup>	9120	4320

## Etude de la variante à faible charge

Etant donné que les ouvrages de prétraitement ne dépendent pas de la charge de pollution à l'entrée de la station, leur dimensionnement reste identique à celui du procédé du système à boues activées à moyenne charge.

Il s'agit des ouvrages suivants :

- ✓ Le dégrilleur
- ✓ Le déssableur-déshuileur.

Le traitement biologique par boues activées à faible charge abouti à la formation d'une boue stable non fermentescible en admettant l'eau brute simplement dégrossie (sans décantation primaire c.à.d. le décanteur primaire sera supprimé dans le traitement à faible charge.)

Les paramètres du procédé à boues activées à faible charge sont :

➤ **Charge massique**

$$0,1 < C_m < 0,2 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg MVS j}$$

On prendra :  $C_m = \mathbf{0,19 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg MVS j}}$ [5]

➤ **Charge volumique**

$$0,3 < C_v < 0,6 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3\text{j}$$

On prendra :  $C_v = \mathbf{0,5 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3\text{j}}$ [5]

### V.3.Dimensionnement du bassin d'aération

Le bassin d'aération est dimensionné sur la base des charges massique et volumique.

Le bassin sera de forme rectangulaire, de longueur L, de largeur B et de hauteur H.

#### V.3.1.le volume du bassin

$$V_a = L_0 / C_v$$

✓  $C_v$  : Charge volumique (kg DBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>.j).  $C_v = \mathbf{0.5 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3/\text{j}}$

✓  $L_0$  : charge polluante à l'entrée du bassin (sans décantation primaire) (kg DBO<sub>5</sub>/j).

$$\mathbf{L_0 = 32696,58 \text{ kg/j}}$$

D'ou :  $\mathbf{V = L_0/C_v = 32696,58 \text{ kg} / 0,5 = 65393.16} \qquad \mathbf{V = 65393.16 \text{ m}^3}$

Vu que le volume du bassin est important, on projette 8 bassin de volume identique de  $V=8174.14 \text{ m}^3$

#### V.3.2.La hauteur du bassin

Elle est prise généralement entre 3 et 5m donc on prend :  $\mathbf{H = 5 \text{ m}}$

La hauteur de revanche du bassin doit être  $h \geq 80 \text{ cm}$ . On prend  $\mathbf{h=80 \text{ cm}}$ .

#### V.3.3.Surface horizontale du bassin

$$S_h = V / H = 8174.14 / 5 = 1634.83 \qquad \mathbf{Sh= 1634.83 \text{ m}^2}$$

**V.3.4. Calcul des dimensions du bassin**

On prend :  $S_h = L^2$  alors :  $B = (S_h)^{0.5}$  **L = 40.43m**

**V.3.5. La masse de boues dans le bassin**

$X_a = L_0 / C_m = 32696,58 / 0,2 = 163482.8$  **x<sub>a</sub> = 163482.8 kg**

**V.3.6. Concentration de boues dans le bassin**

$[X_a] = X_a / V = 163482.8 / 65393.16 = 2.5 \text{ kg/m}^3$

**V.3.7. Calcul du temps de séjour hydraulique**

1. Pour le débit de pointe par temps sec

$$T_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{8174.14}{618.75} = 13.21h$$

**T<sub>s</sub> = 13.21 h**

2. Pour le débit de pointe en temps de pluie.

$$T_s = \frac{V}{Q_{p,tp}} = \frac{8174.14}{1237.5} = 6.61$$

**T<sub>s</sub> = 6.61h**

**V.4. Concentration de l'effluent en DBO<sub>5</sub> (S<sub>0</sub>)**

$S_0 = L_0 / Q_{\text{moy j}} = 32696,58 / 74735 = 0,437 \text{ mg/l}$  **So = 437 mg/l**

**V.4.1. La charge polluante à la sortie (S<sub>f</sub> = 30 mg/l)**

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

D'où la charge :

$L_f = S_f \cdot Q_{\text{moy j}} = 0,03 \cdot 74735 = 2242.05 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$  **L<sub>f</sub> = 2242.05 Kg DBO<sub>5</sub>/j**

**V.4.2. La charge polluante éliminée Le**

$L_e = L_0 - L_f = 32696,58 - 2242.05 = 30454.51 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$  **Le = 30454.51 Kg DBO<sub>5</sub>/j**

**V.4.3. Le rendement de l'épuration**

$\eta_{ep} = (L_0 - L_f) / L_0 = (30454.51 / 32696,58) \cdot 100 = 93.14\%$  **\eta<sub>ep</sub> = 93.14 %**

**V.5. Besoins théoriques en oxygène**

Le calcul théorique de la consommation d'oxygène est donné par la formule :

$$q_{o_2} = a' L_e + b' X_a \quad (\text{Kg/j})$$

- ✓ Le : DBO<sub>5</sub> éliminée dans le bassin d'aération par jour (Kg).
- ✓ X<sub>a</sub> : 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 elle exprimée en kg O<sub>2</sub> /kg DBO<sub>5</sub>.

$0.48 < a' < 0.65$  **a' = 0,55**

- ✓ b' : coefficient cinétique de respiration endogène elle exprimée en kg O<sub>2</sub> /kg MVS

$$0.07 < b' < 0.11$$

$$b' = 0,08$$

➤ **les besoins journaliers en oxygène**

$$q_{o_2} = 0,55 \cdot 30454,51 + (0,08 \cdot 163482,8) = 29828,55 \text{ Kg O}_2/\text{j}$$

➤ **La quantité d'oxygène horaire**

$$q_{o_2/24} = 29828,55 / 24 = 1242,86 \text{ Kg O}_2/\text{h}$$

➤ **La quantité d'oxygène nécessaire par m<sup>3</sup> du bassin**

$$q_{o_2/m^3} = q_{o_2} / v = 29828,55 / 65393,16 = 0,46 \text{ Kg O}_2/\text{m}^3/\text{j}$$

➤ **Les besoins en pointe horaire en oxygène**

$$q_{o_2\text{pte}} = (a'Le/Td) + (b' \cdot Xa./24)$$

$$D'où : q_{o_2\text{pte}} = 0,55 \cdot 30454,51 / 16 + (0,07 \cdot 163482,8/24) = 1591,82 \text{ Kg O}_2/\text{h.}$$

**V.6. Besoin réel en pointe en oxygène**

$$q_{o_2\text{réel}} = \frac{q_{o_2}}{\alpha \cdot \beta}$$

$$\alpha = \frac{C_s(\text{eau usee})}{C_s(\text{eau epure})} = 0,8$$

$$\checkmark \beta : \text{tel que } 0,8 \leq \beta \leq 0,95$$

$$\text{On prend : } \beta = 0,85$$

$$q(o_2)_{\text{réel pte}} = \frac{1591,82}{0,85 \times 0,8} = 2340,91 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

$$\text{En moyenne : } q(o_2)_{\text{réel jour}} = \frac{29828,55}{0,85 \times 0,8} = 43865,51 \text{ kgO}_2/\text{j}$$

**V.7. Calcul des caractéristiques de l'aérateur :**

➤ **Calcul de la puissance de l'aération nécessaire ( E<sub>n</sub> ) :**

Les apports spécifiques des aérateurs de surface ont souvent été compris entre 1 et 2 kg O<sub>2</sub> / kwh .

$$E_n = \frac{q_{o_2}}{E_a}$$

$$\text{On prend : } E_a = 1,5 \text{ kgO}_2/\text{ kwh}$$

$$\text{Donc : } E_n = \frac{1591,82}{1,5} = 1061,21 \text{ kw}$$

$$E_n = 1061,21 \text{ Kw}$$

➤ **puissance de brassage :**

$$E_b = Sh * Pa \quad \text{avec : } Pa = 80w/m^2$$

$$\text{Donc : } E_b = Sh * Pa = 1634.83 * 80 = \mathbf{130786.4 w.} \quad \mathbf{E_b = 130.786 Kw}$$

➤ **Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :**

$$Na = En / Eb = (1061.21 / 8) / 130.786 = \mathbf{1.01}$$

On prend deux aérateurs ( $Na=2$ ).

### V.8. Bilan de boues

➤ **Calcul de la quantité des boues en excès :**

La quantité de boues en excès est déterminée par la formule d'ECKENFELDER :

$$\Delta X = X_{\min} + X_{dur} + a_m L_e - b X_a - X_{eff}$$

✓ La charge journalière en MES à la sortie de déssableur-déshuileur est **29493,34 Kg/j**

$$X_{\min} = 0,3. 29493,34 = 8848 \text{ kg/j}$$

$$X_{dur} = 0,3.MVS$$

$$X_{dur} = 0,3(0,7. 29493,34) = 6193.6 \text{ Kg /j}$$

$$a_m L_e = 0,6. 30454.51 = 18272.7 \text{ Kg/j}$$

$$b X_a = 0,07. 163482.8 = 11443.8 \text{ Kg/j}$$

$$X_{eff} = 0,03.74735 = 2242.05 \text{ Kg/j}$$

Alors :

$$\Delta X = 8848 + 6193.6 + 18272.7 - 11443.8 - 2242.05 = 15292.93$$

$$\Delta X = \mathbf{19628.45 \text{ kg/j}}$$

➤ **Concentration des boues en excès**

$$X_m = \frac{1200}{I_m}$$

✓  $I_m$  : Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette :

$$(100 \div 150) . (\text{Office international de l'eau, 2005})$$

$$\text{On prend : } I_m = 125 \text{ ml / g}$$

$$\text{D'où : } X_m = \frac{1200}{125}$$

⇒

$$\mathbf{X_m = 9,6 \text{ kg/m}^3}$$

▪ **Le débit de boues en excès**

$$\text{Ce débit est donné par : } Q_{\text{excès}} = \frac{\Delta X}{X_m} = \frac{19628.45}{9.6} = 2044.63$$

$$\mathbf{Q_{\text{excès}} = 2044.63 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- **Le débit spécifique par m<sup>3</sup> de bassin**

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{V}$$

Donc :  $q_{sp} = \frac{19628.45}{65393.16} = 0.30 \text{ kg / m}^3 \Rightarrow \mathbf{q_{sp} = 0,30 \text{ Kg / m}^3}.$

- **Le taux de recyclage**

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

- R : taux de recyclage(%)

- [X<sub>a</sub>] : concentration des boues dans le bassin = **3.33Kg/m<sup>3</sup>**

$$R = \frac{100 * 2.5}{\frac{1200}{125} - 2.5} = 35.21 \Rightarrow \mathbf{R = 35.21\%}$$

- **Le débit des boues recyclées**

$$Q_r = R Q_j$$

Donc :  $Q_r = 0.3521 * 74735 = 26314.19 \text{ m}^3/\text{j} \Rightarrow \mathbf{Q_r = 26314.19 \text{ m}^3/\text{j}}$

- **Age des boues**

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

$$A_b = \frac{X_t}{\Delta X} = \frac{163482.8}{19628.45} = 8.33 \text{ jours} \quad \mathbf{A_b = 8.33 \text{ jours}}$$

**Remarque :**

Cette valeur obtenue est conforme à la faible charge dont l'âge des boues est compris entre 10 et 30 jours

**V.9. Calcul du clarificateur (décanteur secondaire)**

- ❖ **Données de base**

✓ Le temps de séjour : **ts = (1,5 ÷ 2) heure** . On prend **ts = 1,5h**.

✓ Le débit de pointe en temps de pluie (de la station) : **Q<sub>tp</sub> = 9900 m<sup>3</sup>/h**

**N.B :** Le dimensionnement du décanteur secondaire est identique à celui de la première variante.

**Pour l'horizon 2045**

Pour cet horizon, on dimensionne l'aérateur et le clarificateur avec la différence des débits des deux horizons :

✓ **Débit de la station**

$$Q_{\text{ptp}} = Q_{\text{ptp}(2045)} - Q_{\text{ptp}(2030)}$$

$$Q_{\text{ptp}} = 14472 - 9900 = \mathbf{4572 \text{ m}^3/\text{h}}$$

✓ **Débit moyen journalier**

$$Q_{\text{moy j}} = Q_{\text{moy j}(2045)} - Q_{\text{moy j}(2030)}$$

$$Q_{\text{moy j}} = 110477,3 - 74735 = \mathbf{35742.3 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- La charge en MES à la sortie du déssableur-déshuileur est de : **14118.31kg/j**
- La charge en DBO5 à la sortie du déssableur-déshuileur est de : **15637.37 kg/j**

✓ Pour l'aérateur on garde la même forme (rectangulaire).

✓ pour le clarificateur on garde aussi la même forme (circulaire)

Les résultats de dimensionnement de l'aérateur et le décanteur secondaire pour l'horizon 2045 sont représentés sur le tableau suivant :

**Tableau V.13.** Résultats de calcul d'aérateur et le décanteur secondaire pour les deux horizons.

<b>Désignations</b>	<b>Unité</b>	<b>2030</b>	<b>2045</b>
<b><u>Données de base</u></b>			
Débit moyen journalier $Q_{\text{moy j}}$	$\text{m}^3/\text{j}$	74735	35742.3
Débit moyen horaire $Q_{\text{moy h}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	3113,96	1489.27
Débit de pointe en temps de pluie $Q_{\text{ptp}}$	$\text{m}^3/\text{h}$	9900	4572
Charge polluante à l'entrée du bassin $L_o$	<b>Kg/j</b>	32696,58	15637.37
Concentration de l'effluent en $\text{DBO}_5$ : $S_o$	mg/l	437	437
La charge polluante à la sortie $L_f$	<b>Kg<math>\text{DBO}_5/\text{j}</math></b>	2242.05	1072.27
La charge polluante éliminée $L_e$	<b>Kg<math>\text{DBO}_5/\text{j}</math></b>	30454.51	14565.1
Le rendement de l'épuration $\eta_{\text{ep}}$	%	93.14	93.14
<b><u>Dimensionnement du bassin d'aération</u></b>			
Volume du bassin $V$	$\text{m}^3$	8174.14	7818.68
Nombre	-	8	4
Hauteur du bassin $H$	M	5	5
Surface horizontale du bassin $S_h$	$\text{m}^2$	1634.83	1563.74
Le coté du bassin $L$	M	40.43	39.54
La masse de boues dans le bassin $X_a$	<b>Kg</b>	163482.8	78186.85
Concentration de boues dans le bassin $[X_a]$	<b>Kg / <math>\text{m}^3</math></b>	2.5	2.5
Temps de séjours $T_s$ - débit de pointe par temps sec	H	13.21	6.13
-débit de la station	H	6.61	3.20

<b><u>Besoin en oxygène</u></b>			
Besoins journaliers en oxygène : $q_{O_2}$	KgO <sub>2</sub> /j	29828.55	14265.75
La quantité d'oxygène horaire $q_{O_2}/24$	KgO <sub>2</sub> /h	1242.86	594.41
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	0.46	0.46
Besoins en pointe horaire en oxygène $q_{O_{2pte}}$	KgO <sub>2</sub> /h	1591.82	761.3
<b><u>Calcul de l'aérateur de surface à installer</u></b>			
-Besoin réel de pointe en oxygène :	KgO <sub>2</sub> /h	2340.9	1119.56
-Calcul de puissance de l'aération nécessaire :	kW	1061.21	507.53
-puissance de brassage :	kW	130.786	69.5
-Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :	-	2	2
<b><u>Bilan de boues</u></b>			
-Calcul de la quantité des boues en excès $\Delta x$	Kg/j	19628.45	9394.06
-Concentration de boues en excès $X_m$	Kg/m <sup>3</sup>	9.6	9.6
-Le débit de boues en excès $Q_{excès}$	m <sup>3</sup> /j	2044.63	978.55
-Le débit spécifique par m <sup>3</sup> de bassin $q_{sp}$	Kg/m <sup>3</sup> .j	0.30	0.30
-Le taux de boues recyclées R	%	35.21	35.21
-Le débit des boues recyclées $Q_r$	m <sup>3</sup> /j	26314.19	12584.86
-Age des boues $A_b$	J	8.33	8.33
<b><u>Caractéristiques du clarificateur</u></b>			
-forme	circulaire	Circulaire	Circulaire
-Nombre de bassins	-	4	2
-Surface horizontale	m <sup>2</sup>	742.5	985.8
-Diamètre	m	31	29.6
-Volume	m <sup>3</sup>	3712.5	3429
-Hauteur	m	5	5
-Temps de séjour pour le débit moyen horaire	h	4.77	2.2
-Temps de séjour pour le débit de pointe par temps sec	h	3	1.38

### V.10. Traitement tertiaire (désinfection)

Les mêmes dimensions pour le bassin de désinfection et les résultats de dimensionnement sont représentés sur le Tableau V.11

### V.11. Traitement des boues

Les boues du traitement par boues activées à faible charge sont fortement minéralisées donc, il n'est pas nécessaire de les traiter dans le stabilisateur.

Après épaissement, les boues sont envoyées directement aux lits de séchage.

### V.11.1. Dimensionnement

#### ➤ Epaisseur

Il reçoit les boues issues du décanteur secondaire.

La production journalière des boues est de :

#### ➤ Boues issues du décanteur secondaire

Boues secondaires DXs = **19628.45 Kg/j** (Représente les boues en excès)

#### ➤ La concentration des boues

A l'entrée de l'épaisseur les boues fraîches ont les concentrations moyennes suivantes :

- Boues secondaire : (10÷30) g/l

#### ➤ Le débit arrivant du décanteur secondaire (le débit total)

$$Q_t = Q_2 = DXs / S_2 = 19628.45 / 10 = \mathbf{1962.85 \text{ m}^3/\text{j}}$$

On prendra **S2=10 g/l**

#### ➤ Le volume de l'épaisseur

$$V = Q_t \cdot T_s = 1962.85 \cdot 2 = 3925.7 \text{ m}^3 \quad \mathbf{V = 3925.7 \text{ m}^3}$$

Ts : temps de séjours = 2j.

❖ On utilise deux épaisseurs:  $V' = V/4 = 3925.7/4 = 1962.85 \text{ m}^3$

#### ➤ La surface horizontale

Pour une profondeur de H = 5m. On calcule :

$$Sh = V / H = 1962.85 / 5 = \mathbf{392.57 \text{ m}^2}$$

#### ➤ Le diamètre

Notre épaisseur a une forme circulaire de diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Sh}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 392.57}{3.14}} = 22.35 \text{ m} = \mathbf{22.5 \text{ m}}$$

#### ➤ Calcul du débit des boues épaissies :

La concentration des boues après épaisseur par décantation est de l'ordre de 80 à 100 g/l. on prend :  $C_{be} = 85 \text{ g/l}$ .

$$Q_d = DXt / 85 = 19628.45 / 85 = \mathbf{230.92 \text{ m}^3/\text{j}}$$

#### ➤ Lits de séchage :

Nous avons choisi les dimensions suivantes

b=8m; L=30m; H=0,4m

#### ➤ Le volume de boues épandues sur chaque lit :

$$V = b \cdot L \cdot H$$

$$\mathbf{V = 96 \text{ m}^3}$$

**La quantité des boues à extraire quotidiennement :**

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 :  $V_1 = 230.92 \text{ m}^3/\text{j}$ .

➤ **Nombre de lits nécessaires à chaque épandage**

$N > v_1 / v = 230.92 / 96 = 2.41$  on prend  $n=3$

➤ **Volume des boues épandues par lit et par an**

Il est généralement admis que chaque lit sert 12 fois par an

$V_2 = 12 * v = 12 * 96 = 1152 \text{ m}^3$

➤ **Volume des boues à sécher par an**

$V_{ba} = v_1 * 365 = 230.92 * 365 = 84285.8 \text{ m}^3$

➤ **Nombre de lits nécessaire**

$N > v_{ba} / v_2 = 84285.8 / 1152 = 73 \text{ lits}$

➤ **Surface nécessaire**

$S = S_0 * N$

Où :  $S_0$  c'est la surface du lit de séchage :  $S_0 = L * b = 30 * 8 = 240 \text{ m}^2$

$s = 240 * 73 = 17520 \text{ m}^2$ .

**Pour l'horizon 2045**

Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur et le lit de séchage pour les deux horizons sont représentés sur le tableau suivant :

**Tableau V.14.** Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur et le lit de séchage (2030 et 2045).

Désignations	unité	2030	2045
<b>Dimensionnement de l'épaississeur</b>		<b>2</b>	<b>1</b>
• Boues issues du décanteur secondaire	kg/j	19628.45	9394.06
• Le débit total	$\text{m}^3/\text{j}$	1962.85	939.41
• Débit des boues épaissies	$\text{m}^3/\text{j}$	230.92	110.52
• Hauteur	m	5	5
• Surface horizontale	$\text{m}^2$	392.57	375.76
• Volume	$\text{m}^3$	1962.85	1878.82
• Diamètre	m	22.35	22
<b>Lit de séchage</b>			
• Le volume de boues épandues sur chaque lit	$\text{m}^3$	96	96
• Le volume des boues à extraire / j	$\text{m}^3/\text{j}$	230.92	110.52
• Volume des boues épandues par lit et par an	$\text{m}^3$	1152	1152
• Volume des boues à sécher par an	$\text{m}^3$	84285.8	40339.8
• Nombre de lits nécessaire	-	73	35
• Surface nécessaire	$\text{m}^2$	17520	8400

## 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 (2030-2045). 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 VI**

## **Calcul Hydraulique de la station d'épuration**

## Introduction

Dans ce chapitre, nous allons procéder au calcul des ouvrages qui assurent la circulation de l'eau d'un bassin à un autre, Ces calculs auront pour but le dimensionnement des différentes conduites reliant les ouvrages ainsi que le déversoir d'orage qui sera appelé à régulariser les apports qui rentre a la station.

Les cotes de radier et piézométriques des différents ouvrages sont a déterminées pour assurer le bon fonctionnement de la station de point de vue hydraulique. Le dimensionnement adéquat de ces ouvrages est tributaire du débit de pointe en tenant compte de la dilution.

Afin de ne pas affecter le rendement épuratoire de la station d'épuration ; ces derniers doivent être adéquatement dimensionnés.

### VI.1.Emplacement des ouvrages dans le site de la station :

Avant l'emplacement des déversoirs d'orage il faut connaître :

- Le milieu récepteur et son équilibre après le rejet des effluents dont il faut établir un degré de dilution en fonction du pouvoir auto épurateur du milieu récepteur.
- Les valeurs du débit compatibles avec la valeur de dilution et avec l'économie générale du projet, c'est à dire rechercher le facteur de probabilité de déversement de façon à limiter la fréquence des lâchées d'effluents dans le milieu récepteur.
- La capacité et les surfaces des ouvrages de la station d'épuration pour éviter les surcharges et le mauvais fonctionnement.
- Le régime d'écoulement et le niveau d'eau dans les canalisations amont et aval.
- La topographie du site et les variations des pentes.

### VI.2.Déversoir d'orage

Le principe de fonctionnement de cet ouvrage en système unitaire est d'effectuer le Déversement dans le milieu naturel des débits d'orage et de ne dérivé vers la station que les Débits de pointe en temps de pluie.

Dans notre cas on optera pour un déversoir à seuil frontal.

#### VI.2.1.Type de déversoir d'orage

Le choix du type de déversoir ne se fera pas à la base des connaissances de son mode de calcul, mais en tenant compte du régime d'écoulement, des niveaux d'eau de l'émissaire, de la position de l'exutoire et de la topographie du terrain.

Le type frontal est utilisé lorsque le point d'arrivée de l'exutoire (rejet) se trouve dans l'itinéraire du collecteur sur lequel se trouve le déversoir et que le milieu récepteur (STEP collecteur..) se trouve latéralement. De même ce type de déversoir trouve son emplacement lorsque :

- La STEP se situe dans la même direction que le collecteur et que le milieu, récepteur dans la position latérale.
- Lorsque le terrain est en forte pente, dans le but de briser l'énergie cinétique dans ce cas il sera précédé d'un collecteur ovoïde aplati.

### VI.2.2. Dimensionnement du déversoir d'orage

Après avoir calculé le débit au temps de pluie (en tient compte de la dilution) on a :

- Le débit acheminé vers la station d'épuration:  $Q_{ptp} = 4.02 \text{ m}^3/\text{s}$
- Le débit pluvial  $Q_{pl} = 1.6 \text{ m}^3/\text{s}$  (source : DRE de Biskra)
- le débit de pointe des eaux usées  $Q_{ps} = 7236 \text{ m}^3/\text{h} = 2.01 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc le collecteur principal véhiculera un débit de :

$$Q_v = Q_{ptp} + Q_{pl} \dots\dots\dots (VI-1)$$

On estime que le débit pluvial pendant une crue va doubler donc on peut dimensionner le déversoir d'orage pour protéger la station d'épuration contre l'inondation

$$Q_v = 2.01 + 3.2 = 5.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_v = 5.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### VI.2.2.1. A l'amont du déversoir

On calcule le diamètre du collecteur qui véhiculera le débit d'eau total en 2045:

$$Q_v = 5.21 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad I = 1.3 \text{ \%}$$

##### ❖ D'après l'abaque de Bazin (01 et 02)

- ✓  $D_e = 1500 \text{ mm}$  (diamètre à l'entrée du déversoir).
- ✓  $Q_{ps} = 5.75 \text{ m}^3/\text{s}$  (débit à pleine section).
- ✓  $V_{ps} = 3.3 \text{ m/s}$  (vitesse à pleine section).

Avec les paramètres hydrauliques :

- ✓  $r_Q = Q_v / Q_{ps} = 5.21 / 5.75 = 0.91$  (rapport des débits).
- ✓  $r_H = H_e / D_e = 0.75 \Rightarrow H_e = 0.75 \cdot 1500 = 1125 \text{ mm}$  (hauteur de remplissage).
- ✓  $r_V = V / V_{ps} = 1.13 \Rightarrow V = 1.13 \cdot 3.3 = 3.68 \text{ m/s}$  (vitesse).

#### VI.2.2.2. A l'aval du déversoir (vers la station)

- ✓  $Q_{ptp} = 4.02 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓  $I = 2 \text{ \%}$ .

##### ❖ D'après l'abaque de Bazin (01 et 02)

- ✓  $D_s = 1500 \text{ mm}$ .
- ✓  $Q_{ps} = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- ✓  $V_{ps} = 3.50 \text{ m/s}$ .

Avec les paramètres hydrauliques :

- ✓  $r_Q = Q_{ptp} / Q_{ps} = 4.02 / 7 = 0.57$  (rapport des débits).
- ✓  $r_H = H_s / D_e = 0.54 \Rightarrow H_s = 0.54 \cdot 1500 = 810 \text{ mm}$  (hauteur de seuil).
- ✓  $r_V = V / V_{ps} = 1.029 \Rightarrow V = 1.029 \cdot 3.5 = 3.6 \text{ m/s}$  (vitesse).

#### VI.2.2.3. Le débit déversé vers le milieu naturel ( $Q_d$ )

$$Q_d = Q_v - Q_{ptp} = 5.21 - 4.02 = 1.19 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = 1.19 \text{ m}^3/\text{s}$$

**VI.2.2.4. Dimensionnement du déversoir d'orage**

- ✓ La hauteur d'entrée  $H_e = 1125$  mm
- ✓ La hauteur de seuil  $H_s = 810$  mm
- ✓ La lame d'eau déversée est donnée par :

$$H_d = (H_e - H_s) \dots\dots\dots (VI-2)$$

$$H_d = (1125 - 810) = 315 \text{ mm}$$

**VI.2.2.5. la largeur du seuil déversant**

$$Q_{dev} = Q_{dév} = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h_s^{3/2} \dots\dots\dots (VI-3)$$

$$\text{Donc } b = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q_{dév}}{0,60 (2.g)^{0,5} (h_s)^{1,5}} \dots\dots\dots (VI-4)$$

Avec :

- ✓  $\mu$  : coefficient de débit dépend de la forme du seuil et varie également suivant la hauteur de la lame d'eau déversée pour les crêtes minces  $\mu = 0,6$ .
- ✓  $g$  : L'accélération de la pesanteur  $m^2/s$ .

$$b = (3 * 1,19) / 2 * 0,6 * (2 * 9,81)^{1/2} * 0,315^{1/5} = 3.8 \text{ m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{b = 3.8m}$$

**VI.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 VI.1:** Cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)
Dégrilleur	87
Déssableur-déshuileur	86,5
Décanteur primaire	85
Bassin d'aération	82
Décanteur secondaire	81
Bassin de désinfection	79,5

### VI.3.1. Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages

Nous avons choisi le PEHD, comme matériau qui 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 :

$$\Delta H_T = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB} \dots\dots\dots (VI-5)$$

Avec :

- ✓ K : coefficient de perte de charge
- ✓ Q : débit en m<sup>3</sup>/s ;(Q=2.75m<sup>3</sup>/s)
- ✓ L : longueur de la conduite (m)
- ✓ D : diamètre de la conduite (mm)
- ✓ β : coefficient dépendant du régime d'écoulement
- ✓ m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite
- ✓ C<sub>PA</sub> : Côte du plan d'eau au point A(m)
- ✓ C<sub>PB</sub> : Côte du plan d'eau au point B(m)

**Tableau VI.2** : Les valeurs de K, m et β.

Tuyau	K	m	β
Acier	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Fonte	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Amiante ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,774	1,77

#### VI.3.1.1. Diamètre

D'après la formule (VIII-13) le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{(C_{PA} - C_{PB})}} \dots\dots\dots (VI-6)$$

#### VI.3.1.2. Longueurs des conduites

Pour les calculs des longueurs ; ils utilisent les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières.

$$L_{\text{éq}} = 1,15. L_{\text{réelle}} \dots\dots\dots (VI-7)$$

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 VI.3.** Longueurs réelles des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Ouvrages	L réelle (m)
Dégrilleur -Déssableur-déshuileur	11
Déssableur-déshuileur - Décanteur I	22.5
Décanteur I - Bassin d'aération	16
Bassin d'aération - Décanteur II	24
Décanteur II - Bassin de désinfection	34

**VI.3.1.3. Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages**

On calcule les cotes piézométriques d'après l'équation de BERNOULLI donnée par :

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (VI-8)$$

- $P_1/W$  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).

$C_{p1}' = C_{p2} + H_{1-2} \dots \dots \dots (VI-8)$

**VI.3.1.4. Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques****A-Conduite dégrilleur -déssableur (A-B)**

On a grand débit donc on utilise deux conduite de même diamètre tel que :

$$Q=2.75/2=1.38 \text{ m}$$

- Côte du radier du Dégrilleur (A) : 86 m ;
- Hauteur d'eau : 1.4m
- D'où :  $C_{pA}=87,4\text{m}$
- Côte du radier du déssableur-déshuileur(B) : 84m ;
- Hauteur d'eau : 2 m
- D'où :  $C_{pB}:86\text{m}$
- $L=11\text{m}$

## ❖ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{(C_{PA} - C_{PB})}} \Rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001052 * 11 * 1.38^{1.77}}{(87.4 - 86)}} = 0.413$$

$$D_c = 413\text{mm} \quad \Rightarrow \quad D_n = 500\text{mm}$$

## ❖ Cote piézométrique

$$D'ou\ on\ aura : C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} \Rightarrow C_{PB}' = 86.84\text{m}$$

**B-Conduite dessaleur – Décanteur I (A-B)**

- $C_{PA}' = 86.84\text{m}$
- Côte du radier du bassin de décantation (B) : 83m ;
- Hauteur d'eau : 2 m
- D'où :  $C_{PB} : 85\text{m}$
- $L = 22.5\text{m}$

## ❖ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{(C_{PA} - C_{PB})}} \Rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001052 * 22.5 * 1.38^{1.77}}{(86.84 - 85)}} = 0.452$$

$$D_c = 452\text{mm} \quad \Rightarrow \quad D_n = 500\text{mm}$$

## ❖ Cote piézométrique

$$D'ou\ on\ aura : C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} \Rightarrow C_{PB}' = 85.69\text{m}$$

**C-Conduite Décanteur I - bassin d'aération (A-B)**

- $C_{PA}' = 85.69\text{m}$
- Côte du radier d'aérateur (B) : 80m ;
- Hauteur d'eau : 5 m
- D'où :  $C_{PB} : 85\text{m}$
- $L = 16\text{m}$

## ❖ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{(C_{PA} - C_{PB})}} \Rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001052 * 16 * 1.38^{1.77}}{(85.69 - 85)}} = 0.520$$

$$D_c = 520\text{mm} \quad \Rightarrow \quad D_n = 600\text{mm}$$

## ❖ Cote piézométrique

$$D'ou\ on\ aura : C_{pA}' = C_{pA}' - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} \Rightarrow C_{pB}' = 85.34\ m$$

**D-Conduite bassin d'aération – décanteur II (A-B)**

- $C_{pA}' = 85.34\ m$
- Côte du radier du bassin de clarification (B) : 79m ;
- Hauteur d'eau : 5 m
- D'ou :  $C_{pB} : 84\ m$
- $L = 24\ m$

## ❖ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{(C_{pA} - C_{pB})}} \Rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001052 * 24 * 1.38^{1.77}}{(85.34 - 84)}} = 0.490$$

$$D_c = 490\ mm \Rightarrow D_n = 500\ mm$$

## ❖ Cote piézométrique

$$D'ou\ on\ aura : C_{pB}' = C_{pA}' - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} \Rightarrow C_{pB}' = 84.19\ m$$

**E-Conduite décanteur II - bassin de désinfection (A-B)**

- $C_{pA}' = 84.19\ m$
- Côte du radier du bassin de désinfection (B) : 77.5m ;
- Hauteur d'eau : 3 m
- D'ou :  $C_{pB} : 80.5\ m$
- $L = 34\ m$

## ❖ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{(C_{pA} - C_{pB})}} \Rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001052 * 34 * 1.38^{1.77}}{(84.19 - 80.5)}} = 0.425$$

$$D_c = 425\ mm \Rightarrow D_n = 500\ mm$$

## ❖ Cote piézométrique

$$D'ou\ on\ aura : C_{pB}' = C_{pA}' - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 82.46 \Rightarrow C_{pB}' = 82.46\ m$$

Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau ci- dessous :

**Tableau VI.4** : récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.

Désignations	Cote du terrain (m)	Cote du radier (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)
-Dégrilleur	87	86	1,4	87.4
-Déssableur-déshuileur	86,5	84.84	2	86.84
-décanteur primaire	85	83.69	2	85.69
-bassin d'aération	82	80.34	5	85.34
-décanteur secondaire	81	79.19	5	84.19
-bassin de désinfection	79,5	79,46	3	82.46

**Conclusion :**

Le calcul hydraulique effectué dans ce chapitre nous a permis de :

- Dimensionner le déversoir d'orage à l'entrée de la station;
- Déterminer les cotes terrains naturels des différents ouvrages dans la station;
- Déterminer les longueurs, les diamètres et des conduites reliant ces ouvrages;
- Calculer les pertes de charge et les cotes piézométriques dans chaque point.

# **Chapitre VII**

Gestion et exploitation  
de la station d'épuration

## Introduction

Afin d'obtenir un bon fonctionnement de la station d'épuration et d'assurer la pérennité des équipements et leur performances épuratoires, une bonne gestion et un entretien quotidien s'impose. Ce chapitre aura pour objectif d'apporter les différentes mesures préventives permettant une exploitation optimale de la station et ainsi pouvoir répondre aux exigences en matière de normes de rejet dans le milieu récepteur pour la sauvegarde de l'environnement.

### VII.1. Exploitation

Pour qu'une exploitation efficace et conforme aux prescriptions soit possible, les documents et moyens auxiliaires suivants concernant l'installation doivent être tenus à disposition:

- ✓ Plans et description de l'installation livrée
- ✓ Manuel d'utilisation remis par l'entreprise qui a fourni/fabriqué/planifié l'installation.
- ✓ Instructions pour l'exploitation
- ✓ Prescriptions sur la prévention des accidents
- ✓ Plans d'alerte
- ✓ Journal d'exploitation, rapports d'exploitation
- ✓ Appareillages pour la maintenance, le nettoyage et le contrôle.

### VII.2. Les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station

Un certain nombre de mesures et de contrôles entrant dans le cadre de l'exploitation et la gestion de la station doivent être effectués, dont les principaux sont :

- ✓ Mesure du débit
  - ✓ Mesure du pH et de la température,
  - ✓ Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)
  - ✓ Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO5)
  - ✓ Mesure de la quantité d'oxygène dissous
  - ✓ Mesure de la quantité de la quantité des sels nutritifs (azote et phosphore)
  - ✓ Recherche des substances toxiques
  - ✓ Temps de marche journalier des principales machines tournantes (pompes, aérateurs).
  - ✓ Mesure concernant les boues : pour obtenir un réglage adéquat de la station d'épuration, on doit jouer essentiellement sur :
    - Le taux de recirculation des boues.
    - Le taux d'aération.
- Pour régler ces paramètres on aura besoin de savoir :
- La teneur en oxygène dans le bassin d'aération
  - Le pourcentage de boues dans le bassin d'aération
  - La teneur des MVS dans le bassin d'aération
  - En fonction des résultats de ces mesures, on fait varier le débit de recirculation, la durée d'aération et le débit de boues en excès jusqu'à savoir une valeur optimale de 4g MVS / l.

Si :

- $MVS > 4g/l$  on augmente le temps de recirculation et la durée d'aération.
- $MVS < 4g/l$  on diminue le temps de recirculation et la durée d'aération.

### VII.3. Contrôle de fonctionnement

- ✓ la propreté et le nettoyage de l'ensemble de la station en nettoyant les rigoles, caniveaux, murs...etc.
- ✓ Les ouvrages métalliques doivent être repeints en moyenne tous les cinq ans afin de les protéger contre la corrosion.
- ✓ Les ouvrages en béton doivent être régulièrement inspectés. Les vérifications doivent porter sur l'étanchéité, la détection des fissures, les ruptures des joints de dilatation.
- ✓ Il faut lubrifier et graisser régulièrement tous les équipements mécaniques et électromécaniques et veiller à leur fonctionnement.
- ✓ Pour les équipements immergés, une vidange une fois par ans des ouvrages où ils sont disposés est nécessaire pour leur entretien.
- ✓ Les équipements d'aération doivent être également inspectés régulièrement en nettoyant les orifices de diffusion de l'air.

Ce qui nous mène à exiger une attention distinctive afin d'assurer de façon continue l'épuration conforme des effluents. Elle doit s'exercer à plusieurs niveaux .

#### VII.3.1. Contrôle journalier

- ✓ Le test de décantation et de turbidité.
- ✓ Les odeurs.
- ✓ Les couleurs des boues.
- ✓ Le manque d'oxygène se fait sentir par une odeur désagréable, et une couleur de boue grise noire.

#### Remarque

Chaque contrôle journalier, doit toujours être fait à la même heure pour être représentatif.

#### VII.3.2. Contrôles périodiques

Les investigations complémentaires qu'il est souhaitable de mener dans le cadre de ces visites sont :

- ✓ Une mesure de l'oxygène dans le bassin d'aération.
- ✓ Une analyse des boues prélevées dans le bassin d'aération après un fonctionnement de 15 à 20 mn des aérateurs, ayant pour objet de déterminer (la décantabilité, la teneur en MES, la teneur en MVS).
- ✓ Une analyse de l'effluent épuré sur un prélèvement instantané, considérant que la quantité de l'effluent épuré varie généralement très peu dans une journée sur une station d'épuration.
- ✓ Faire le tour de l'ouvrage pour déceler toutes anomalies (odeur, couleur, débit, départ de boues)
- ✓ Vérifier le déversoir d'orage.
- ✓ Vider le panier de dégrillage du poste de relèvement.

- ✓ Nettoyer les prétraitements et évacuer les déchets.
- ✓ Nettoyer les parois des bassins.
- ✓ Nettoyer le canal de comptage.
- ✓ Contrôle du fonctionnement des moteurs, des voyants et compteurs de l'armoire électrique.

#### **VII.4. Entretien des ouvrages**

##### **VII.4.1. Les prétraitements**

Les ouvrages constituant le prétraitement jouent un rôle primordial dans le bon fonctionnement des ouvrages qui les succèdent, en effet ils permettent d'améliorer le rendement épuratoire global.

##### **VII.4.1.1. Le dégrilleur**

- ✓ Les déchets seront évacués quotidiennement, le nettoyage des parois des grilles se fait par un jet d'eau et l'enlèvement des matières adhérentes putrescibles par les râpeaux.
- ✓ Noter les quantités de refus journalier.
- ✓ vérifier le niveau d'huile et de graisse des chaînes d'entraînement.
- ✓ vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement électromécanique de l'installation.

##### **VII.4.1.2. Dessableur-déshuileur**

- ✓ Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté.
- ✓ vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement de l'installation.
- ✓ vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement du pont roulant.
- ✓ faire fonctionner 24/24h le pont roulant et l'insufflation d'air.

##### **VII.4.2. Le traitement primaire**

- ✓ Une extraction régulière des boues est nécessaire afin de maintenir un faible volume de boue en fond du décanteur. Le maintien d'une concentration en boue inférieure à  $15 \text{ g.l}^{-1}$  permet de limiter le temps de séjour de la boue.
- ✓ Le décanteur primaire ayant souvent vocation à être une étape de finition des prétraitements, les flottants devront être évacués régulièrement vers la filière boue et non retournés en tête de station.
- ✓ En cas de sous-charge de l'installation et dans la mesure du possible, il est fortement souhaitable de by-passer cet ouvrage. Dans ce cas, il est important de veiller au bon fonctionnement des étapes du prétraitement et de maîtriser l'aération dans le bassin d'aération.

##### **VII.4.3. Bassin d'aération**

- ✓ contrôler et intervenir pour tous les équipements d'aération.
- ✓ Vérifier et entretenir les procédures automatiques de démarrage et d'arrêt des aérateurs.
- ✓ Noter les paramètres de fonctionnement (débit et oxygène).
- ✓ Mesurer et noter quotidiennement la charge en  $\text{DBO}_5$  entrante, et la concentration des boues dans le bassin.

#### **VII.4.4. Clarification**

Un clarificateur doit être en mesure d'assurer simultanément trois fonctions complémentaires :

- ✓ retenir un maximum de particules en suspension (clarification) ;
- ✓ concentrer les boues avant leur réintroduction dans le bassin d'aération pour minimiser le dimensionnement des pompes (recirculation et extraction) ;
- ✓ stocker provisoirement des boues en cas de surcharge hydraulique temporaire (protection hydraulique).
- ✓ Maintenir le clarificateur en état de propreté.
- ✓ Vérifier tous les six mois 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.

#### **VII.4.5. 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.
- ✓ Au cours de toute intervention dans les locaux de stockage et dosage, respecter les consignes de sécurité.

#### **VII.4.6. 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 2m.
- ✓ Contrôler et noter chaque jour le pH des eaux surverse et des boues épaissies.
- ✓ Relever les volumes des boues soutirées des épaisseurs.
- ✓ Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôler les structures immergées.

#### **VII.4.7. Lits de séchage**

- ✓ Préalablement à l'épandage des boues liquides, le lit de sable devra être soigneusement désherbé et ratissé afin de détasser la masse filtrante et la régulariser.
- ✓ Les quantités de boues à admettre sur les lits de séchage ne devront pas dépasser une épaisseur de 40cm.
- ✓ 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 séchages (les lits seront refaits complètement, 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.

### **VII.5. Hygiène et sécurité dans le travail**

Parmi les aspects techniques du traitement des eaux, ceux qui ont trait à l'hygiène et la sécurité du personnel revêtent une importance de premier plan.

Le préposé à l'exploitation d'une station de traitement a la responsabilité d'assurer à son personnel un milieu de travail sur et salubre. Parmi les moyens à caractère général qu'il doit prendre, il convient de signaler les suivants :

- ✓ conserver un dossier précis et complet sur chaque accident de travail,
- ✓ assurer la disponibilité et le bon ordre de tous les dispositifs de protection jugés nécessaire à la sécurité y compris les trousse de premiers soins,
- ✓ maître en évidence les numéros de téléphone de divers services d'urgence,
- ✓ se familiariser avec la réglementation gouvernementale portant sur la sécurité en milieu de travail,
- ✓ voir à la formation de tous les membres du personnel en ce qui a trait à la sécurité,
- ✓ mettre au point en ce qui concerne l'exploitation et l'entretien des modes opératoires tenant compte de la sécurité, promulguer des règles à suivre et veiller à leur respect,
- ✓ encourager le personnel à suivre des cours de secourisme,
- ✓ veiller à l'entretien ménager et bon ordre.

### **Conclusion**

L'exploitant doit rendre compte clairement du fonctionnement de la station. Il doit recevoir un enseignement général portant sur l'expression écrite, le calcul Mathématique (unités, rendement) et l'expression graphique des résultats.

Un bon suivi d'une station d'épuration se traduit par des rendements épuratoires satisfaisants et conformes aux normes exigées par le constructeur et assure également la pérennité des ouvrages composant la station.

# CONCLUSION GENERALE

## **Conclusion générale**

La conception des stations d'épuration en Algérie, est devenue aujourd'hui une grande nécessité, surtout avec la crise du manque de l'eau potable, c'est pour cela qu'on ne doit plus irriguer avec de l'eau potable mais avec de l'eau épurée.

Au terme de ce travail on a montré que l'implantation de la STEP de Biskra est une nécessité pour protéger le milieu récepteur qui a un caractère socio-économique très important stratégiquement soit à l'échelle locale ou nationale et conserver aussi le milieu naturel qui a un caractère rural et agricole.

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.

Le choix de la variante dépend de la taille de l'agglomération étudiée, de l'impact sur l'environnement et des coûts d'investissements. Vu la taille de notre agglomération et l'impact qu'aura une telle implantation sur l'environnement et aussi dans le but de réduire au maximum les coûts d'investissements nous avons opté pour la variante à moyenne charge.

Enfin nous espérons que notre étude à englober tous les points indispensables pour le dimensionnement de la future station d'épuration de la ville de Biskra, et qui peut servir comme document de sensibilisation des responsables locaux de la région sur les problèmes divers engendrés par la pollution des eaux et on souhaite que ce travail représente vraiment les efforts qu'on a mis à disposition pour l'effectuer.

Mais aujourd'hui, il ne suffit pas de construire des stations d'épuration mais il faut savoir comment les gérer car une station d'épuration sans une bonne gestion ne peut pas tenir longtemps ; car les performances épuratoires sont obtenues par un bon entretien des ouvrages de la station, un contrôle quotidien des équipements et des paramètres indiquant la qualité d'eau à épurer.

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

**Références bibliographiques**

- [1] **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.
- [2] **Surberg-marecleau** : Site Surbeg-marecleau projet life [en ligne]. <http://www.Surbeg-marecleau.eu/projet-life-marecleau/le-projet>.
- [3] **ABDELKADER, G**; Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome 1 et 2, OPU, Alger,1984.23p.
- [5]**Office international de l'eau**, conception / dimensionnement : Le traitement par boues activées.- disponible sur : DFE/CNFME/L:\utilisât\JP\F07\DOCPDA~1\Traitement par boues activées RP F7.doc\05/04/2005.
- [6] **ABDELKADER, G**; Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome 1 et 2, OPU, Alger,1984.
- [7] **Beadry, J P** , 1992 le griffon d'argil " chimie des eaux" Tome I Ed EYROLLES. Paris.
- [8] **DEGREMONT, 2005** : Mémento technique de l'eau, Tome I et II, édition du cinquanteaire, paris.785p
- [9] **AKROUR Zehira et AOUDAD Sonia**, étude des performances et des procédés d'un système d'épuration en vue de la réalisation d'une STEP cas de sous bassin versant Mechtras. MFE (ingénieur) U.M.M.T.O promotion 2005/2006.
- [10] **OLIVIER, A, et All**; Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, FNDAE n°22 Document technique.
- [11]**E. Edeline**, L'épuration biologique des eaux : théorie et technologie des reacteurs –Paris : Lavoisier -Tec &Doc, 1996.- 303p.
- [12] **ROGER Pujol , ALAIN Vachon et GY Martin**, guide technique sur le foisonnement des boues activées. Fonds national pour le développement des adductions d'eau sous direction du développement rural 19.avenue de Maine. 75015 Paris,octobre 1990.

- [13] **HOULI S**, thèse : étude des performances épuratoires de la station d'épuration de Béni Merad W. Blida-octobre 1990.
- [14] **Claude, C**; Techniques appliquées au traitement de l'eau, Edition Ellipses, 1999.245p.
- [15] **PHILIPPE, D** ; les systèmes de traitement de boues des stations d'épuration des petites collectivités ; documentation technique FNDAE N°9.
- [16] **Actu-environnement** : Traitement des boues d'épuration [en ligne] [http://www.actuenvironnement.com/Le traitement des boues d'epuration.htm](http://www.actuenvironnement.com/Le_traitement_des_boues_d'epuration.htm) (consulté le 24/04/2013).
- [17] **ABIDI, S, N** ; thèse : conception de la station d'épuration de la ville de ELBAYADH, ENSH,2007-2008.
- [18] **AMORCE, Boues** de station d'épuration : techniques de traitement, valorisation et élimination, série technique, 2012-36p.
- [19] **HADJRABAH Mansour**, MEF : Contribution à l'étude de traitabilité de la station d'épuration de Réghaia. Promoteur Mr M.NAKIB 2004/2005 (ENP)
- [20] **MARC, S, BECHIR, S** ; Guide technique de l'assainissement, 3ème édition, Paris, 1999, 726p.

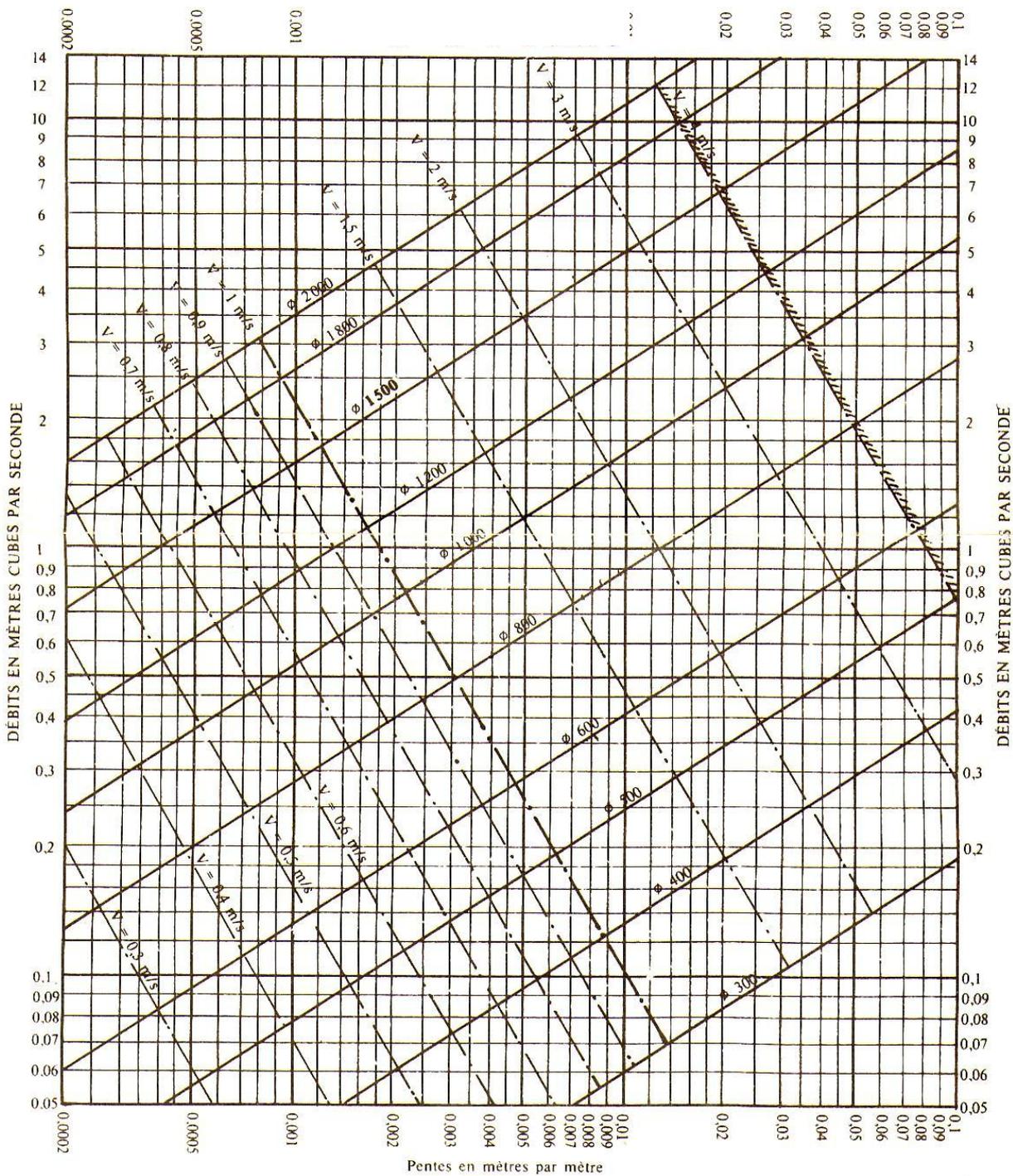


# ANNEXES

ANNEXE I

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF

( le Bazin)

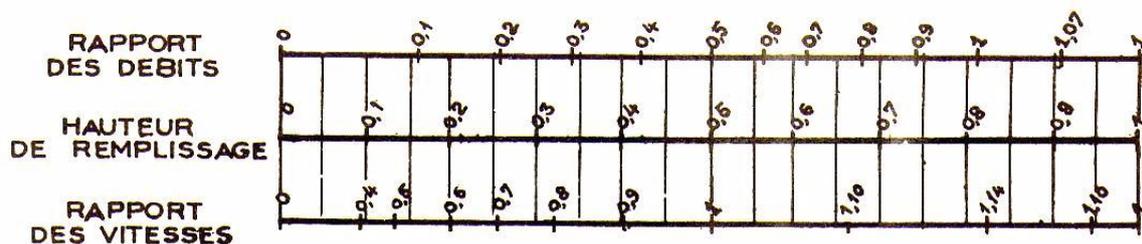


ANNEXE II

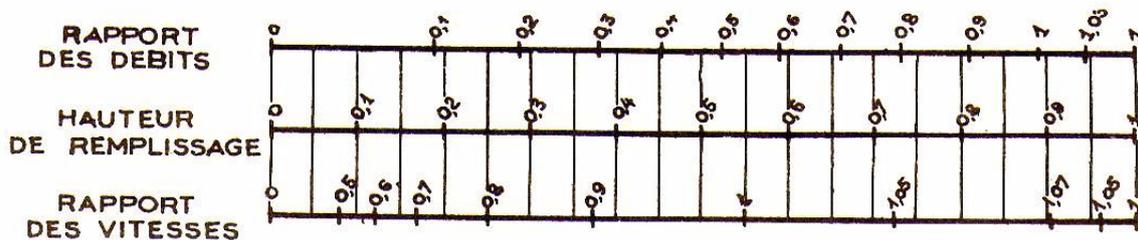
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES  
EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(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

Lieu de prélèvement : Biskra Origine d'eau: Rejet N°1 Biskra

**Tableau IV.11 : Résultats des analyses Mesures physico- chimiques**

Paramètres Date prélèvement	Température °C		pH		Conductivité électr. µ s/cm		M.E.S. à 105°C		DCO		DBO <sub>5</sub>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub>	
	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17
Date 16.05.12	25,0	24,0	7,61	7,16	6700	4700	1300	400	1340	720	112,8	37,8	0,0	0,0	45,0	35,0	0,0	0,0	25,0	30,0
Date 17.05.12	24,0	27,0	7,47	7,26	6200	4100	400	1340	1040	800	50,3	125,3	0,0	0,0	48,0	38,0	0,0	0,0	25,0	25,0
Valeur moyenne mg/l	24,5	25,5	7,54	7,21	6450	4400	850	870	1190	760	81,55	81,55	0,0	0,0	46,5	36,5	0,0	0,0	25,0	27,5

Lieu de prélèvement : Biskra Origine d'eau: Rejet N°2 Biskra

**Tableau IV.12: Résultats des analyses Mesures physico- chimiques**

paramètres Date prélèvement	Température °C		pH		Conductivité électr. µ s/cm		M.E.S. à 105°C		DCO		DBO <sub>5</sub>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub>	
	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17
Date 16.05.12	26,0	26,5	7,48	7,31	4300	4200	1660	700	1160	1140	137,8	162,8	0,0	0,0	38,0	38,0	0,0	0,0	15,0	40,0
Date 17.05.12	24,0	26,5	7,63	7,96	4800	4600	120	1380	520	1260	50,3	137,8	0,0	0,0	43,0	45,0	0,0	0,0	25,0	30,0
Valeur moyenne mg/l	25,0	26,5	7,55	7,64	4550	4400	890	1040	840	1200	94,05	150,3	0,0	0,0	40,5	40,5	0,0	0,0	20,0	35,0

Lieu de prélèvement : Biskra Origine d'eau: Rejet N° 3 Biskra

**Tableau IV.13: Résultats des analyses Mesures physico- chimiques**

Paramètres Date prélèvement	Température °C		PH		Conductivité électr. µ S/cm		M.E.S. à 105°C		DCO		DBO <sub>5</sub>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub>	
	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17
<b>Date 16.05.12</b>	26,5	24,5	7,52	7,25	4800	5100	220	520	1140	1000	137,8	112,8	0,0	0,0	28,0	55,0	0,0	0,0	15,0	35,0
<b>Date 17.05.12</b>	26,0	29,0	7,37	7,18	4500	3800	2900	2560	1360	1040	100,3	200,0	0,0	0,315	43,0	20,0	0,0	0,0	22,50	17,3
<b>Valeur moyenne mg/l</b>	<b>26,25</b>	<b>26,75</b>	<b>7,45</b>	<b>7,22</b>	<b>4650</b>	<b>4450</b>	<b>1560</b>	<b>1540</b>	<b>1250</b>	<b>1250</b>	<b>119</b>	<b>156,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,315</b>	<b>35,5</b>	<b>37,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>18,75</b>	<b>26,15</b>

Lieu de prélèvement : Biskra Origine d'eau: Rejet N° 4 Biskra

**Tableau IV.14: Résultats des analyses Mesures physico- chimiques**

Paramètres Date prélèvement	Température °C		PH		Conductivité électr. µ S/cm		M.E.S. à 105°C		DCO		DBO <sub>5</sub>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub>	
	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17
<b>Date 16.05.12</b>	26,5	24,5	7,52	7,25	4800	5100	220	520	1140	1000	137,8	112,8	0,0	0,0	28,0	55,0	0,0	0,0	15,0	35,0
<b>Date 17.05.12</b>	26,0	29,0	7,37	7,18	4500	3800	2900	2560	1360	1040	100,3	200,0	0,0	0,315	43,0	20,0	0,0	0,0	22,50	17,3
<b>Valeur moyenne mg/l</b>	<b>26,25</b>	<b>26,75</b>	<b>7,45</b>	<b>7,22</b>	<b>4650</b>	<b>4450</b>	<b>1560</b>	<b>1540</b>	<b>1250</b>	<b>1250</b>	<b>119</b>	<b>156,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,315</b>	<b>35,5</b>	<b>37,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>18,75</b>	<b>26,15</b>

Lieu de prélèvement : Biskra Origine d'eau: Rejet N° 5 Chetma

**Tableau IV.15:** Résultats des analyses Mesures physico- chimiques

Paramètres Date prélèvement	Température °c		PH		Conductivité électr. $\mu$ s/cm		M.E.S.à 105°C		DCO		DBO <sub>5</sub>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		PO <sub>4</sub>	
	Heure	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8	17	8
<b>Date 16.05.12</b>	26,5	24,5	7,52	7,25	4800	5100	220	520	1140	1000	137,8	112,8	0,0	0,0	28,0	55,0	0,0	0,0	15,0	35,0
<b>Date 17.05.12</b>	26,0	29,0	7,37	7,18	4500	3800	2900	2560	1360	1040	100,3	200,0	0,0	0,315	43,0	20,0	0,0	0,0	22,50	17,3
<b>Valeur moyenne mg/l</b>	<b>26,25</b>	<b>26,75</b>	<b>7,45</b>	<b>7,22</b>	<b>4650</b>	<b>4450</b>	<b>1560</b>	<b>1540</b>	<b>1250</b>	<b>1020</b>	<b>119</b>	<b>156,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,315</b>	<b>35,5</b>	<b>37,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>18,75</b>	<b>26,15</b>

