الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Techniques

N° Ref :……

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : Sciences Hydrauliques.

THEME

CONCEPTION DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DE LA VILLE DE BOUGHERDAINE COMMUNE DE AMIRA AREES (WILAYA DE MILA)

Présenté par :

-BOUDRAA LOTFI
-CHAHLAT ABD EL MOUMIN

Soutenu devant le jury :

Mr	***MOUSSOUNI ABDERZAK***	***Président***
Mme	***BENCHAIBA LEILA***	***Promoteur***
Mr	***YAHIAOUI LAKHMISSI***	***Examinateur***

Année universitaire : 2016/2017

REMERCIRMENTS:

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs remerciement :

A mon promoteur **Mme:Benchaiba Leila, pour ces conseils et ses consultations qui m'ont tout aidé a la réalisation de mon projet.*

**Aux membres de jury qui auront à juger et à apprécier ce travail.*

**A tout le corps enseignants et le personnel de Centre universitaire Ab del Hafid Boussouf-Mila- qui ont contribué de prés où de loin a ma formation.*

**Je tien aussi à remercier mes amis qui ma aidé pendant la réalisation de projet.*

DEDICACE

A mes très chers parents qu'ont toujours été là pour moi et qui m'ont donné un magnifique modèle du beur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A ma grand-mère paternelle que Dieu la garde

A mes frères : fouad et le Petit frère Raid

A mes soeurs : manel et rania.

A mes oncles maternels et paternels et toute ma famille.

A mes amies :Sohib, Sami et Hhachem ,Walid, Rrachad , Aabd el Naser et Mohamed.B.

A toute ma promotion 2016-2017 sans exception et mes amies de centre université de abd el hafid boussouf-mila-.

A tous les enseignants de centre université de Abd El Hhafid Boussouf-Mila-. qui m'ont accompagné durant mes études.

A toute personne utilisant ce document pour un bon usage.

LOTFI.

Dédicace

Première mont et avant tout je remercie le dieu de m'avoir donné le courage et la force pour accomplir ce modeste

Travail, fruits de trois ans d'études.

Je voudrais dédie ce modeste travail à la lumière de mes jours, mes parant de mon Cœur et de ma vie maman Hadda que j'aime, à l'homme de ma vie ALI, mon exemple éternel, source de joie

Et de bonheur mon père.

A Mes chère frères : Imam, Anis Et Habib. Ma seule sœur : Abir.

A le couronne de famille mes grands-parents.

A Tout mes oncles et mes tentes.

A tout la famille CHAHLAT.

A tout mes amis sur tous : Lotfi, Farouk, Badis,

Fouad Et Imad. A mon encadreur Mme.

BEN CHIBA LAYLA

A tout les hommes que un relation avec moi.

Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire.

Enfin, je dédie ce mémoire à tous mes collègues

Du Master II et Master I.

MERCI.

ABD ELMOUMIN .SOHIB

SOMMAIRE

Introduction générale :.....1

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction :.....2

I.1. Présentation général de la commune d'AMIRRA ARRES :.....2

I.1.1. La commune D'AMIRA ARRES :.....2

I.1.2. Informations géographiques générales :.....2

I.1.3. Limites administratives :.....3

I.1.4. Relief, géologie, hydrographie :.....4

I.2. Présentation de la zone d'étude :.....4

I.2.1. Situation Géographique de ville de BOUGHERDAINE :.....4

I.2.2. Situation topographique :.....5

I.2.3. Situation hydraulique :.....5

I.2.3.1. Alimentation en eau potable :.....5

I.2.3.2 Caractéristiques du champ de captage :.....5

I.2.3.2.1 forages :.....5

I.2.3.2.2 Stockage :.....6

I.2.4. Situation climatique :.....6

1. Température :.....6

2. Pluviométrie :.....7

3. Vents :.....8

I.2.5. Situation Géologie :.....8

I.2.6. Situation Hydrographie :.....8

I.2.7. Situation démographique :.....8

I.2.8. Site d'implantation de la station d'épuration :.....10

I.2.9. Situation socio-économique :.....11

I.2.9.1. Agriculture :.....11

Conclusion :.....12

CHAPITRE II : LES EAUX USEES : ORIGINE ET CARACTERISATION

Introduction :.....13

II.1. Origine des eaux usées :.....13

II.1.1. Source domestiques :.....13

II.1.2. Source industrielles :.....13

II.1.3. Source naturelle :.....13

II.1.4. Source agricoles :.....14

II.2. Pollution de l'eau :.....14

II.2.1. L'origine de la pollution : 14
II.2.2. Les types de la pollution : 14
II.2.2.1. Pollution physique : 14
II.2.2.2. Pollution chimique : 15
A. Pollution organique : 15
B. Pollution minérale : 15
II.2.2.3. Pollution microbiologique : 16
A. Les virus : 16
B. Les bactéries : 16
C. Les protozoaires : 16
II.3. Caractéristiques des eaux usées : 16
II.3.1. Caractéristiques physiques : 16
A. Température : 16
B. Conductivité : 17
C. Turbidité : 17
D. Couleur et odeur : 17
E. Les charges pondérales : 17
II.3.2. Caractéristiques chimiques : 18
A. pH : 18
B. Oxygène dissous : 18
C. Demande biologique en oxygène (DBO5) : 19
D. Demande chimique en oxygène (DCO) : 19
E. Carbone organique total (COT) : 19
F. Azote : 20
G. Nitrites (NO2-) : 20
H. Nitrates (NO3-) : 20
II.3.3. Caractéristiques microbiologique : 20
II.3.4. Charges polluantes : 20
II.3.4.1. Charges en DBO5 : 20
II.3.4.2. Charges en MES : 21
II.3.4.3. Les normes de rejet : 21
II.4. Caractéristiques des eaux épurées biologiquement : 21
II.5. Réutilisation des eaux épurées : 22
Conclusion : 22

CHAPITRE III : PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES

Introduction : 23
III.1. Les déversements des eaux usées dans le milieu naturel : 23
III.1.1. La nécessité de l'épuration : 23
III.1.2. Les stations d'épuration (STEP) : 23
III.2. Épuration des eaux usées : 24
III.3. Études des méthodes de traitement des eaux usées : 24
III.3.1. Le traitement des eaux usées : 24
III.3.1.1. Prétraitement : 25
A. Dégrillage : 25
B. Dessablage : 26
C. Dégraissage déshuilage : 26
III.3.1.2. Traitement primaire : 27
1. Coagulation : 27
2. Floculation : 27
3. Neutralisation : 27
4. Décantation : 28
III.3.1.3. Traitement secondaire (traitement biologique) : 28
A. la voie anaérobie : 28
B. la voie aérobie : 29
III.3.1.3.1. Boues activés : 29
III.3.1.3.2. Lit bactérien : 30
III.3.2.2. Disques biologiques : 31
III.3.2.3. Lagunage : 31
A. Le lagunage naturel : 32
1. Bassins anaérobies : 33
2. Bassins facultatifs : 33
3. Bassin de maturation : 33
B. Lagunage aéré : 34
C. L'épandage des eaux : 35
III.4. Traitement Tertiaire : 35
A. Origine de l'azote et du phosphore : 36
B. Mode d'élimination de l'azote et du phosphore : 36
III.4.1. La désinfection : 38
Conclusion : 39

CHAPITRE IV : EPURATION PAR BOUES ACTIVEES

Introduction : 40
IV.1. Le procédé à boue activée : 40
IV.2. Principe de la boue activée : 40
IV.3. Paramètre de fonctionnement des stations à boues activées : 41
A. La charge massique (Cm) : 41
B. La charge volumique (Cv) : 41
C. Age des boues (A) : 42
IV.4. Décantabilité des boues : 42
IV.5. Aération dans les bassins à boues activées : 42
IV.5.1. Les systèmes d'aération : 42
A. Aération mécanique de surface : 42
B. Aération par air sur pressée : 43
IV.6. Paramètre influençant les bassins à boues activées : 43
IV.7. Micro-organisme des boues activées : 43
a. Microflore et microfaune des boues activées : 43
Conclusion : 44

CHAPITRE V : TRAITEMENT DES BOUES

Introduction : 45
V.1. Définition des boues : 45
V.4. Etapes de traitement des boues : 46
V.4.1. L'Epaississement : 46
V.4.1.1. Epaississement par flottation : 46
V.4.1.2. Epaississement gravitaire : la décantation (ou sédimentation) : 47
V.4.2. Stabilisation : 47
V.4.2.1. La stabilisation chimique : 47
V.4.2.2. La stabilisation biologique : 47
A. La stabilisation aérobie : 47
B. La stabilisation anaérobie : 47
V.4.3. Conditionnement : 48
V.4.3.1. Conditionnement chimique : 48
V.4.3.2. Conditionnement thermique : 48
V.4.4. La déshydratation : 48
V.4.4.1. Déshydratation artificielle : 48
A. La filtration : 48
B. La centrifugeuse : 49

V.4.4.2. Déshydratation naturelle (séchage) : 49
A. Le séchage : 49
B. Les lits de séchage : 49
C. Séchage solaire : 50
V.5. Destination finale des boues : 51
V.5.1. Valorisation des boues : 51
V.5.1.1. Valorisation agricole : 51
Conclusion : 52

CHAPITRE VI : ETUDE QUALITATIF DE REJET

Introduction : 53
VI.1. Pollution existantes dans la région d'étude : 53
VI.1. 1. Echantillonnage : 53
VI.1.2. Choix du point de prélèvement : 53
VI.1.3. Paramètres analytiques : 54
VI.2. Résultats de l'analyse chimique : 54
VI.3. Interprétation des résultats d'analyses obtenus : 55
VI.3.1. Température : 55
VI.3.2. pH : 55
VI.3.3 Les matières en suspension : 56
VI.3.4. La demande biochimique en oxygène (DBO5) : 56
VI.3.5. La demande chimique en oxygène DCO : 56
VI.3.6. La pollution azotée : 56
VI.3.7. Le phosphore : 57
VI.3.8. Métaux lourds (Cd, Cr, Pb et Zn) : 57
Conclusion : 59

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DE LA STEP

Introduction : 60
VII.1.Estimation des charges hydrauliques et charges polluantes : 60
VII.1.1. Les charges hydrauliques : 60
VII.1.2.Les charges polluantes : 60
VII.1.2.1.Charge moyenne en DBO5 : 62
VII.1.2.2.Charge moyenne en MES : 62
VII.1.2.3. Charge moyenne en DCO : 62
VII.2. Le Prétraitement : 63
VII.2.1. Dégrillage : 63
A. Calcul de la largeur de la grille : 63
B. Calcul des pertes de charges : 65
VII.2.2. Dessablage – déshuilage : 66

VII.2.2.1. Le dimensionnement du dessableur-déshuileur : 66
VII.2.2.2. Calcul des quantités des matières éliminées par le Dessableur : 69
VII.3. Le traitement primaire: 70
VII.3.1. Dimensionnement de décanteur primaire : 70
VII.3.2. Calcul de la quantité de boues éliminées : 72
VII.4. Les traitements secondaires : 73
VII.4.1. Etude de la variante à moyenne charge : 73
VII.4.1.1. Dimensionnement du bassin d'aération : 73
VII.4.1.2. Calcul du clarificateur (décanteur secondaire) : 78
VII.4.2. Etude de la variante à faible charge : 81
VII.5. Le traitement tertiaire (désinfection) : 83
VII.6. Dimensionnement des ouvrages de traitement des boues : 85
VII.6.1. Epaississeur : 85
VII.6.2. Digesteur : 86
VII.6.3. Lits de séchage : 86
Conclusion : 88

CHAPITRE VIII : LES CALCULS HYDRAULIQUES

Introduction 90
VIII.1. Déversoir d'orages : 90
VIII.1.1. Calcul du déversoir d'orage : 90
A. Application de la méthode rationnelle : 91
1. Temps de concentration : 92
2. Intensité pluviométrique : 92
3. Précipitations : 93
B. Application de la méthode rationnelle : 94
VIII.2. Dimensionnement de la conduite de fuite : 96
VIII.3. Profil hydraulique : 96
VIII.3.1. Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages : 96
Conclusion : 100

CHAPITRE IX : gestion et exploitation de la STEP

Introduction : 100
IX.1. Paramètres à mesurer et à contrôler dans la station : 100
IX.1.1. Mesure de la turbidité : 100
IX.1.2. La mesure des débits : 100
IX.1.3. Mesure de la teneur en oxygène dissous : 100
IX.1.4. Mesure de pH et température : 101
IX.1.5. Mesure concernant les boues : 101
IX.2.Suivi et entretien des ouvrages : 101
IX.2.1. Le dégrilleur : 101

IX.2.2. Dessableur-déshuileur : 101
IX.2.2.1 Dessableur : 101
IX.2.2.2 Déshuileur : 102
IX.2.3.3. Bassin d'aération : 102
IX.2.4. Clarificateur : 102
IX.2.5. Désinfection des eaux épurées : 102
IX.2.6. Epaississeur : 102
IX.2.7. Lits de séchage : 103
IX.3. Dispositifs facilitant l'exploitation : 103
Conclusion : 103
Conclusion générale 104

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les coordonnées de la ville de BOUGHERDAINE (Google EARTH). 5
Tableau I.2 : coordonnées des points de captage. 5
Tableau I.3 : Caractéristiques des forages. 6
Tableau I.4 : Réservoirs de stockage des eaux pour la ville de BOUGHARDAINE. 6
Tableau I.5 : Températures moyennes mensuelles. 6
Tableau I.6 : Répartition moyenne mensuelle de la pluie. 7
Tableau I.7 : Evaluation de la population pour différents horizons. 9
Tableau II .1: les normes de rejets en rivière des effluents urbains. 21
Tableau IV.1 : Classification des procédés à boues activées. 42
Tableau V.1 : Différents types de boues de STEP. 46
Tableau VI.1 : méthodes d'analyses des principaux paramètres. 54
Tableau VII.1 : Calcul du débit d'eau usée total. 61
Tableau VII.2 : Les charges hydrauliques. 62
Tableau VII.3 : Les charges polluantes. 63
Tableau VII.4 : Espacement et épaisseur des barreaux. 64
Tableau VII.5 : les valeurs deβ'. 65
Tableau VII.6 : Les caractéristiques de dégrilleur à l'horizon 2020 et 2030. 66
Tableau VII.7 : Récapitulatif des résultats. 69
Tableau VII.8 : les valeurs de la vitesse limite en fonction de Qmoy h. 71
Tableau VI.9 : dimensions du décanteur primaire pour les deux horizons. 73
Tableau VII.10 : valeurs de am, b, a', et b' en fonction du procédé d'épuration par boue activée. 75
Tableau VII.11 : Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur pour les 2 80
Horizons. 80
Tableau VII.12 : Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur pour les 2 horizons dans le cas de faible charge. 82
Tableau VII.13 : résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons. ... 85
Tableau VII.14 : Dimensionnement des ouvrages de traitement de boues. 88
Tableau VIII.1 : Coefficients de ruissellement relatifs à diverses surfaces et types d'occupation du sol. 91
Tableau VIII.2 : Côtes moyennes du terrain naturel de la zone d'implantation des différents ouvrages de la station. 96
TableauVIII.3 : Les valeurs de K, m et β. 97
TableauVIII.4 : Longueurs réelles des conduites entre les ouvrages de la STEP. 97
Tableau VIII.5 : Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP. 100

Liste des figure

Figure I.1 : les Communes limitrophes de la commune d'AMIRA ARRES. 3
Figure I.2 : Situation Géographique du site. 4
Figure I.3 : Situation Géographique de ville de BOUGHERDAINE. 5
Figure I.4 : Histogramme de Répartition moyenne mensuelle de la température. 7
Figure I.5 : Histogramme de Répartition moyenne mensuelle de la pluie. 8
Figure I.6 : Histogramme de l'évolution de la population de la zone d'étude. 10
Figure I.7 : Localisation du site de la station d'épuration. 10
Figure I.8. Les cultures maraîchères couvertes et découvertes. 11
Figure III.1 : Différentes étapes du traitement des eaux usées. 24
Figure III.2 : Dégrillage (Source : http://www.hellopro.fr/degrilleurs-2006982-fr-1- feuille.html). 25
Figure III.3 : Grilles manuelles, Grille mécanique. 26
Figure III.4 : Dessaleur /dégraisseur, pont racleur. 26
Figure III.5 : schéma représente le phénomène de La floculation. 27
Figure III.6 : le phénomène de décantation. 28
Figure III.7 : Schéma général de l'épuration à boues activées. 29
Figure III.8 : Lit bactérien. 30
Figure III.9 : Procédé d'épuration par disque biologique. 31
Figure III.10 : lagunage naturel. 33
Figure III.11 : schéma général de la nitrification-dénitrification. 37
Figure IV.1 : Schéma général d'une station d'épuration par boues activées. 41
Figure V.1 : une centrifugeuse. 49
Figure V.2 : lit de séchage. 50
Figure V.3 : coupe d'un lit de séchage. 50
Figure V.4 : Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire. 51
Figure .VI.1 : Les deux figures représentent le rejet de la ville de BOUGHERDAINE. 54
Figure VIII.1 : schéma d'un déversoir d'orage. 90
Figure IX.1 : Le disque de Secchi. 100

Liste des planches

Planche N°01 : Schème de STEP.
Planche N°02 : Ouvrages De Traitement Des Eaux.
Planche N°03 : Ouvrages De Traitement Des Boues.
Planche N°04 : Profil Hydraulique de la STEP de BOUGHARDAINE. (W.Mila)

LISTE DES ABREVIATIONS

A : Age des boues.
a' : Fraction de pollution transformé.
a : Coefficient de rendement cellulaire.
a" : Coefficient global de transfert.
b : fraction de la masse cellulaire éliminée par jour.
b m : Taux de mortalité.
b' : Coefficient cinétique de respiration endogène.
C m : Charge massique.
C V : Charge volumique.
COT : Carbone organique total.
C : Coefficient de pointe.
D p : Diamètre du bassin.
DBO : Demande biochimique en oxygène.
D b : Diamètre de la conduite.
DCO : Demande chimique en oxygène.
Δ x : Masse des boues à extraire.
D c : Dose journalière de chlore.
d : Epaisseur du barreau.
e : Espacement entre les barreaux.
EH : Equivalent habitant
I_M : Indice de MOHALMAN
K_a : Constante caractérisant le dispositif d'aération.
k : Taux de croissance.
K : Coefficient de colmatage de la grille.
L_f : Charge polluant à la sortie.
MES : Matière en suspension.
MM : Matières minérales.
MM_e : Matières minérales éliminées.
MM_r : Matières minérales restantes.
MVS : Matières volatiles en suspension.
N aé : Nombre d'aérateurs.
N : Quantité totale d'oxygène transférée.
N_0 : Oxygène transféré dans le liquide.
N_{Lit} : Nombre des lits.
Q_a : Quantité annuelle d'hypochlorite.
Q : Débit entrant dans l'épaississeur.
$Q_é$: Débit d'hypochlorite nécessaire.
Q_{moyj} : Débit moyen journalier.
Q_{moyj}: Débit moyen horaire.
Q_p : Débit de pointe.
$Q_{(o2)}$: Quantité d'oxygène nécessaire dans le bassin.
$Q(o_2)_h$: Quantité d'oxygène horaire.
$Q_{(O2)j}$: Quantité d'oxygène journalière.

$Q_{(O2)\,p}$: Quantité d'oxygène en cas de pointe.
R_c: Taux de recirculation des boues.
S_0 : Surface de passage de l'effluent.
S_c : Surface horizontal.
S_h : Surface unitaire du lit de séchage.
S_u : Concentration en DBO_5 à l'entrée du bassin d'aération.
S_1 : La concentration des boues à l'entrée de l'épaississeur.
S_2 : La concentration des boues à la sortie de l'épaississeur
S_f : La concentration en DBO_5 à la sortie du bassin d'aération.
T : Température.
Td : Période diurne.
Ts : Temps de séjour.
V : Vitesse de l'écoulement.
Va : Vitesse ascensionnelle des particules.
Vs : Vitesse du passage des particules.
Wa : Puissance de brassage.
W_{ab} : Puissance absolue.
W_m : Puissance de brassage et de maintien des solides en suspension.
X : Masse bactérienne.
Xa : Concentration des boues dans le bassin.
X_{dur} : Quantité des matières sèches non dégradables.
X_{eff} : Fuite de MES avec l'effluent.
Xmin : Quantité des matières minérales éliminées.
Xr : Concentration des boues recyclées.
Xt : Masse des boues dans le bassin.
α : Angle d'inclinaison de la grille.
β : Fraction de surface occupée par les barreaux.
β_0 : Coefficient de forme.

$\eta_{ép}$: Rendement de l'épuration.
λ : Coefficient de perte de charge.
ΔH : Perte de charge.
ONA : Office National de l'Assainissement.
DAISA : Bureau D'étude.

Résumé :

La protection des ressources en eau, de l'environnement et de la santé publique rendent l'installation d'une station d'épuration pour la région de BOUGHARDAINE, commune D'AMIRA ARRES (W.MILA) plus que nécessaire vu le danger que présentent ces rejets notamment sur oued ELKIBIR. Dans notre travail, nous avons étudié le rejet de la ville de BOUGHARDAINE, qui nous a permis de dimensionner la STEP par un procédé à boues activée à moyenne charge pour les deux horizons, 2030 et 2040. Le premier horizon permettra d'épurer les eaux usées après de 12500 équivalent habitant puis le deuxième horizon, qui est une extension permettre de traiter les rejets pour 15691 équivalents habitant.

Mots clés : STEP, boues activées, eaux usées, caractérisation, dimensionnement, DBO5, DCO.

الملخص

ان حماية الموارد المائية والبيئة والصحة العامة جعل تركيب وحدة لمعالجة مياه منطقة بوغر داين بلدية عميرة اراس ولاية ميلة أكثر من اللازم بسبب خطر التلوث الذي تسببه لوادي الكبير في عملنا هذا نحن قمنا بدراسة قنوات الصرف لمنطق بوغر داين والذي سمح لنا بحساب حجم محطة التطهير والتي تعمل بالحمئة متوسطة الحمولة في افاق2030-2040 والمرحلة الأولى معالجة المياه المستعملة في افاق2030 ذات قدرة معالجة12500 نسمة وفي المرحلة الثانية توسيع المحطة لضمان رفع قدرة استيعاب المياه المستعملة الى 15691 نسمة في افاق2040.

الكلمات المفتاحية محطة تصفية المياه المستعملة حمئة منشطة مياه الصرف الصحي وصف

Abstract:

Protection of water resources, environment, and public health make installation of purification plant in BOUGHARDAINE, commune D'AMIRA ARRES (W.MILA) more than necessary because of the danger of pollution it causes on the dam of BENI HAROUN. In this dissertation, we sized the treatment plant wastewater by activated sludge with two variants: average charge and weak charge. This station is made in two phases. The first one will treat pollution caused by the population of 12500 inhabitants in 2030. The second phase, which is an extension, will treat the pollution caused by the population of 15691 inhabitants in 2040.

Keywords: WTP, activated sludge's, wastewaters, characterization, sizing, BOD_5, COD.

INDRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau a acquis au fil du temps une importance telle qu'elle en devient un acteur majeur dans l'économie mondiale, en effet, c'est devenu une ressource naturelle essentielle au vue du rôle stratégique qu'elle joue dans l'agriculture et l'industrie.

Parallèlement, la dégradation de la qualité de l'eau ne cesse de s'intensifier réduisant ainsi le potentiel hydrique de la planète, en effet le pouvoir auto-épurateur de la nature s'avère insuffisant face aux multiples rejets issus des différents usages domestiques et industriels.

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans le milieu naturel récepteur sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer.

Pour parer à cela, un effort est observé depuis plusieurs dizaines années. Dans l'optique d'une obligation générale de dépollution des eaux usées, la station d'épuration reste l'outil fondamental.

Le but de ce travail est donc de faire l'étude d'un projet de station d'épuration située dans la wilaya de Mila, dans la commune da AMIRA ARRES. Notre stage de fin d'étude a été effectué. Ce dernier a été proposé par l'ONA de Mila au sein du quel notre projet de fin d'étude a été effectué. Pour atteindre l'objectif fixé, le travail s'artiabé sur les chapitres suivants :

- Dans le premier chapitre nous avons présenté la zone d'étude.
- Dans le deuxième chapitre nous avons définir l'eau usée, ses caractéristiques ainsi que les exigences en matière de qualité.
- Les procédés des eaux usées ont été développés respectivement dans le troisième chapitre, ainsi que l'épuration par a boues active dans le quatrième chapitre.
- Traitement des boues et étude de rejet sont développés dans le cinquième et le sixième chapitre.
- Le dimensionnement de la STEP à l'horizon 2030 et 2040, de même que le calcul hydraulique respectivement dans le septième et le huitième chapitre.
- En fin dans le neuvième chapitre, nous avons parlé sur la gestion et l'exploitation de la STEP.

CHAPITRE I : Présentation de la zone d’étude

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction :

La présente étude vise à dimensionner une station d'épuration des eaux usées rejetées par les agglomérations situées au Sud Est de la ville de BOUGHARDAINE (SARADJ, BOUYLEF).

Actuellement les eaux usées de cette région sont directement rejetées dans les drains des terres agricoles sans traitement et celles-ci agressent l'environnement et présentent un risque de pollution important notamment que ces agglomérations occupent une grande partie de oued l'Akbar qui alimenter barrage bini Haroun d'où la nécessité d'un traitement.

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

Les études préliminaires à réaliser sont :

1) Etude géographique.
2) Etude topographique.
3) Situation hydraulique.
4) Situation climatique.
5) Etude Géologie.
6) Etude Hydrographique.
7) Etude démographique.
8. Site d'implantation de la station d'épuration.
9) Situation socio-économique.

I.1. Présentation générale de la commune d'AMIRRA ARRES :

I.1.1. La commune D'AMIRA ARRES :

AMIRA ARRES est une ville algérienne, située dans le daïra de Terrai BAINEN et la wilaya de Mila.

La ville s'étend sur 82 km² et compte 19 405 habitants depuis le dernier recensement de la population. La densité de population est de 236,6 habitants par km² sur la ville.

Entourée par SIDI KHELIFA, AÏN Smara et IBN ZIAD, AMIRA ARRES est située à 11 km au nord-ouest d'AIN SMARA la plus grande ville à proximité.

Située à 1094 mètres d'altitude, la commune d'AMIRA ARRES a pour coordonnées géographiques Latitude : 36° 19' 19" Nord, Longitude : 6° 23' 47" Est.

I.1.2. Informations géographiques générales :

AMIRA ARRES dont l'altitude varie entre un minimum de 225 mètres et un maximum de 1 365 mètres pour une altitude moyenne de 795 mètres couvre une superficie de 8200 hectares soit 82,00 k^2.

La commune dont la mairie se situe à 1 094 mètres d'altitude n'accueille aucune réserve naturelle sur son territoire.

Caractérisée par un Climat méditerranéen avec été chaude (Classification de KÖPPEN : Csa), la commune se situe dans le fuseau horaire UTC +1:00 (AFRICA/ALGIERS). L'heure d'été corresponde à UTC+1:00 tandis que l'heure d'hiver à UTC +1:00.

I.1.3. Limites administratives :

La commune de AMIRA ARRES représente une portion territoriale, aux couffins Nord des hauts plateaux, elle est limitée par :

- Au Nord : par la commune BOUCIF OULED ASKEUR (JIJEL).
- Au Sud : par les communes de ROUACHED et OUED ENDJA.
- A l'Ouest : par les communes de TERRAI BAINEN et OUED ENDJA.
- A l'Est : par les communes de TESSALA LEMTAI et ROUACHED.

Selon la carte d'état-major : Saint Donat (échelle 1/50000), Le centre présente les coordonnées Lambert suivants :

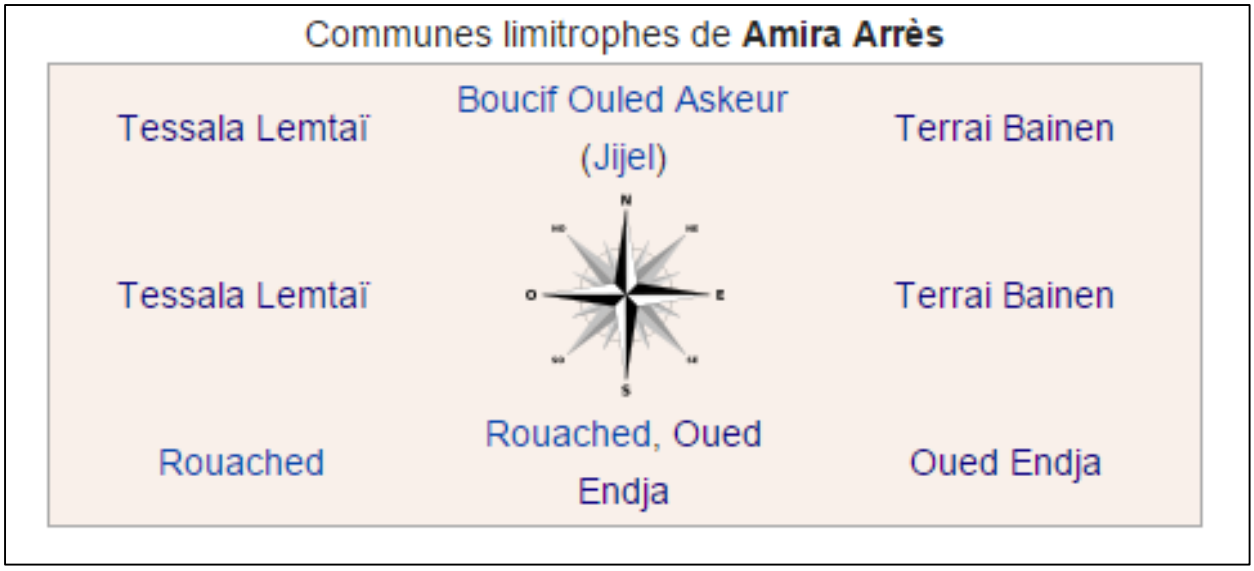


Figure I.1 : les Communes limitrophes de la commune d'AMIRA ARRES. (Wikipédia)

La figure suivante représente la situation géographique de commune AMIRA ARRES et la ville de BOUGHARDAINE.

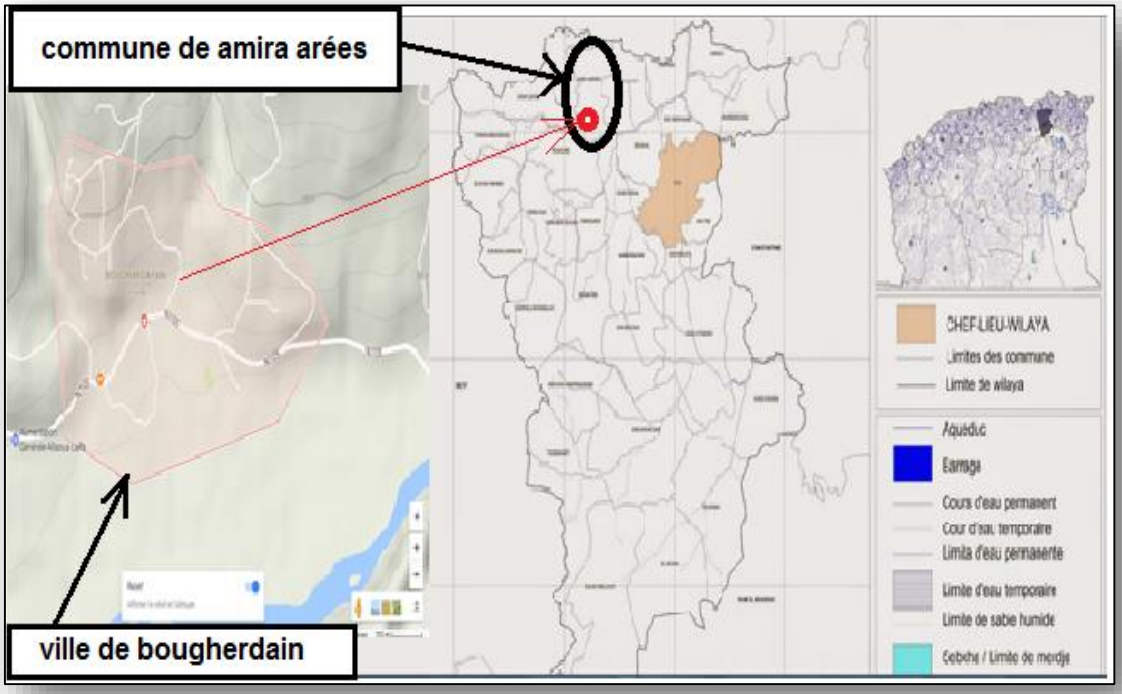


Figure I.2 : Situation Géographique du site.(Wikipédia)

I.1.4. Relief, géologie, hydrographie :

La commune est traversée en plein milieu par le massif montagneux à près de 1 300 mètres, recouvert par une forêt où culmine le djebel BOUGHARA à 1 365 mètres. Au nord du massif une colline descend jusqu'aux gorges de l'Oued GRAYOU, au sud le terrain décline lentement jusqu'au lit de l'Oued el KEBIR.

I.2. Présentation de la zone d'étude :

I.2.1. Situation Géographique de ville de BOUGHERDAINE :

Le village de BOUGHERDAINE est situé au sud de la commune D'AMIRA ARRES. Loin du siège de la municipalité 3 Km de la commune et 25 Km et de la wilaya de Mila.

Délimitée sur le côté sud en Oued ENDJA, sur le côté nord par TASSAFT, an ouest par BOUILAF, à l'Est par TEGHLISSA [Figure I.2].

BOUGHERDAIN occupe une superficie de 50 hectares, avec une population de 3260 habitants (ONS, 2008). Et est considéré comme une zone d'agriculture, compté sur les puits artésiens pour l'irrigation. Le village de BOUGHERDAIN comprend les équipements suivants :

- Ecole primaire.

- Salle de traitement.

- Mosquée.

- Complexe administratif.

- Poste centrale.

- Salle de multiples activités.

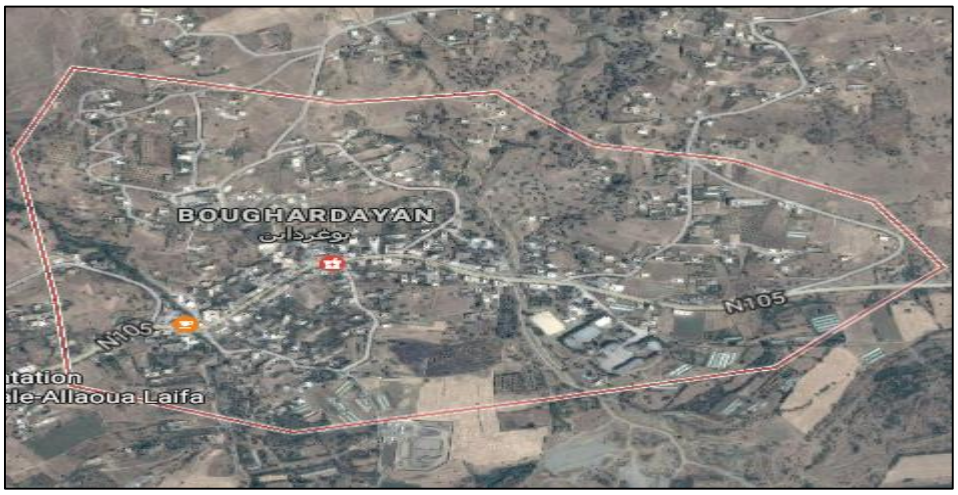


Figure I.3 : Situation Géographique de la ville de BOUGHERDAINE. (Google Earth)

I.2.2. Situation topographique :

Cette zone est caractérisée par un terrain semi-plat, direction vers la vallée avec un changement au niveau des altitudes internes, où l'altitude varie entre 225 à 365 m.

Tableau I.1 : Les coordonnées de la ville de BOUGHERDAINE (Google EARTH).

Nom de site	**Coordonnée géographique (système géodésique international WGS 84)**		
	Longitude	**Latitude**	**Altitude**
La ville de BOUGHERDAINE	6°23'47" EST	36°19'19"NORD	340m

I.2.3. Situation hydraulique :

La situation hydraulique comprend l'étude de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement de la zone d'étude (état actuel de la région).

I.2.3.1. Alimentation en eau potable :

L'alimentation en eau potable de l'agglomération de BOUGHERDAIN est assurée par un champ de captage composé de 02 forages :

1- le forage BOUGHERDAIN (N°1) AM 6 de débit 25 l/s.

2- le forage BOUGHERDAIN (N°2) AM 7 de débit 20 l/s.

I.2.3.2 Caractéristiques du champ de captage :

I.2.3.2.1 forages :

Tableau I.2 : coordonnées des points de captage.

Points	**(Est)**	**(Nord)**
Forage BOUGHERDAIN AM 6	38".11'.6°.03	47".69'.6°.02
Forage BOUGHERDAIN AM 7	22".25'.36°.29	27".81'.36°.29

Les caractéristiques des forages du Champs de captage sont reproduites dans le tableau I.3:

Tableau I.3 : Caractéristiques des forages.

Forages	Coordonnées	Débit	L'altitude
FORAGE AM 6	(Est)=38".11'.6°.03 (Nord)=47".69'.6°.02	25 L/s	215 m
FORAGE AM 7	(Est)=22".25'.36°.29 (Nord)=27".81'.36°.29	20 L/s	221 m

Observations :

Actuellement l'agglomération de BOUGHARDAINE est alimentée par deux réservoirs.

I.2.3.2.2 Stockage :

Tableau I.4 : Réservoirs de stockage des eaux pour la ville de BOUGHARDAINE.

Réservoir	Capacité (m^3)	Destination
R1	1000	MECHTASBOUYLEF, SERADJ, LAKSAI, ENOUACHA, BOUTOUIL et TAGHLISSA
R2	500	BOUGHARDEAINE

I.2.4. Situation climatique :

Les données enregistrées au niveau de la station de Mila et s'étalant sur une période de vingt cinq (25) ans permettent de définir le climat de cette zone comme étant pluvieux et humide en hiver, et sec en été.

1. Température :

La température maximale enregistrée en été est de 33°C et la température minimale enregistrée en hiver est de 3°C .La moyenne annuelle enregistrée de 15,6°C.

Le tableau suivant représente les différentes variations de température :

Tableau I.5 : Températures moyennes mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nev	Dec	Jan	Fév	Mas	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Tmin(c°)	15.9	12.1	7.6	4	3	3.1	5.1	7.2	16	15.8	18.7	19.3
Tmax(c°)	29.2	24.6	17.6	13.5	12.4	14.1	16.5	17.7	24	32.4	34.6	35
Tmoy(c°)	22.5	18.3	12.6	8.7	7.7	8.6	10.8	12.4	19.9	24.1	26.6	27.1

La figure suivante présente l'histogramme de la température moyenne mensuelle.

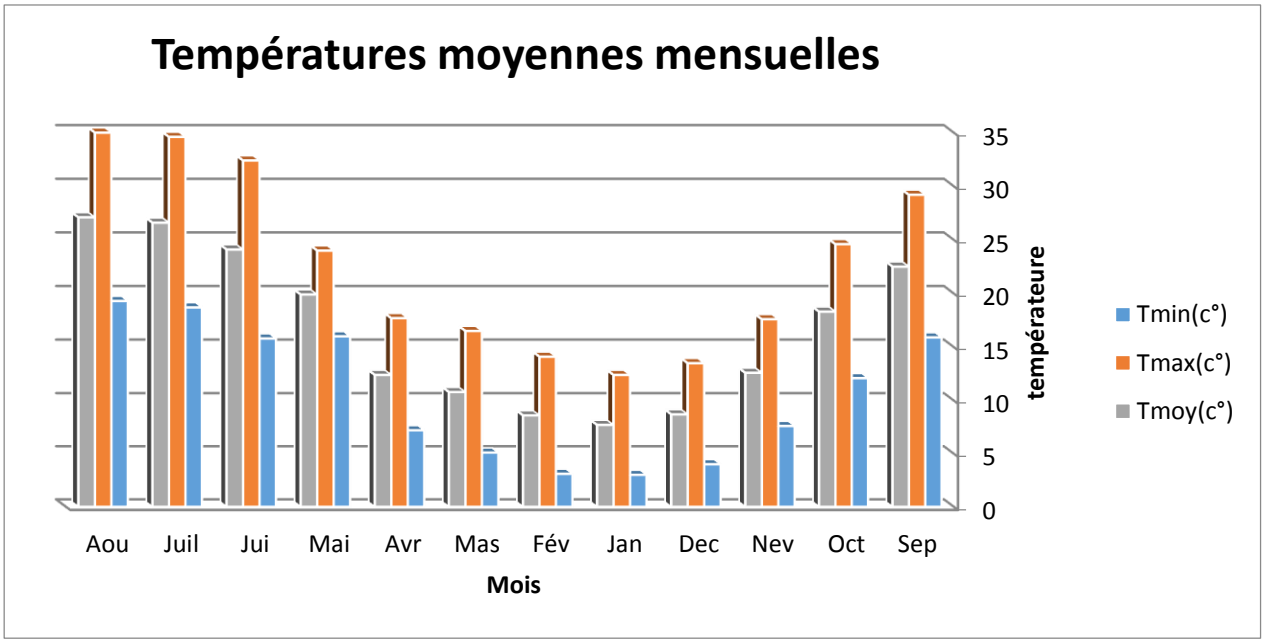


Figure I.4 : Histogramme de Répartition moyenne mensuelle de la température.

2. Pluviométrie :

Le centre de de la ville de BOUGHERDAINE est situé dans une zone où la pluviométrie moyenne annuelle est égale à 603mm.

La répartition des précipitations est très irrégulière sur l'échelle annuelle.

Le mois le plus humide est décembre avec une hauteur des précipitations égale à 81,4mm suivi d'un maximum secondaire de 77,83mm au mois de janvier. Tandis que le mois le plus sec est le mois de juillet avec seulement 2,47mm.

Tableau I.6 : Répartition moyenne mensuelle de la pluie.

Mois	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Déc**	**Jan**	**féb**	**mar**	**avr**	**mai**	**Jui**	**jui**	**Aou**
Pmaxj (mm)	33.2	31	37.7	81.2	77.8	45	42.2	44	33	23	2.4	10.5

La figure suivante présente l'histogramme de la pluie moyenne mensuelle.

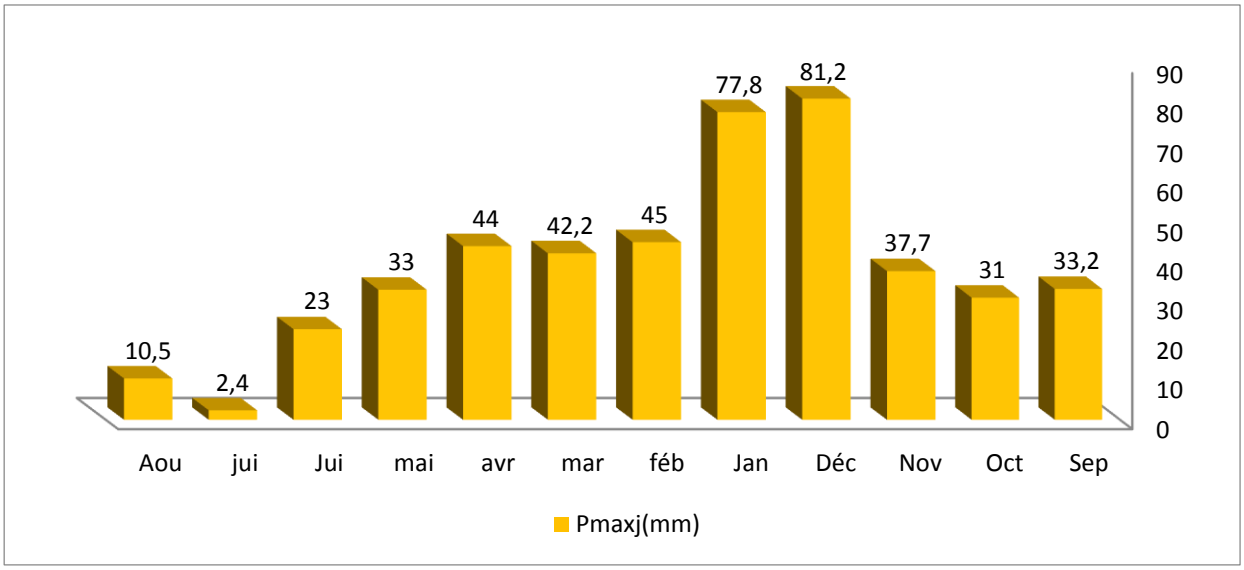


Figure I.5 : Histogramme de Répartition moyenne mensuelle de la pluie.

3. Vents :

Les vents soufflants dans cette région sont généralement de direction Nord -Est avec une vitesse faible. Les vents du nord sont généralement froids et se produisent durant la quasi-totalité de l'année, alors que les vents du sud connus sous le nom de sirocco sont chauds et secs, soufflant en moyenne pendant 37j/an de juin à septembre

I.2.5. Situation Géologie :

Au point de vue géologique, les terrains sont occupés par des formations datant du tertiaire. Ces formations sont composées de roches sédimentaires rattachées au complexe « NUMIDIN » d'âge oligocène supérieur ou qui se sont mis en place à l'oligocène. Ce sont surtout des bancs parfois oxydés en jaune rouille, à grains et à constituants quartzeux .Ils forment par fou de gros bores de goes separées par des rizons d'argiles noires le plus souvent limoneuses en surface.

I.2.6. Situation Hydrographique :

De par sa géographie structurale accidentée et morcelée des massifs telliens du nord ; la région nord de la wilaya est parcourue par un réseau hydrographique dense constitué de petits cours d'eau alimentant d'importants oueds tels que :

- OUED ENDJA.

- OUED EL KEBIR.

- OUED RHUMEL.

L'Oued RHUMEL draine la région des hautes plaines (d'Est en Ouest) et dispose d'importants affluents :

- OUED MEHARI.

- OUED EL KEBIR.

I.2.7. Situation démographique :

Pour pouvoir déterminer les débits d'eaux usées d'origine domestique à traiter, il est nécessaire d'évaluer la population desservie et son évolution en fonction du temps. Pour déterminer la population future, plusieurs méthodes donnent des relations plus ou moins approximatives selon les caractéristiques de la ville considérée.

Dans notre cas, nous avons opté pour la méthode dite à taux de croissance géométrique qui stipule que la croissance est directement proportionnelle à la population actuelle, soit :

$$P = P0\,(1+t)^n \quad \text{..... (I-1)}$$

Avec :

- P : population future à l'horizon considéré.
- P0 : population à l'année de référence 2008.
- t : taux d'accroissement annuel de la population en %.
- n : nombre d'années séparant l'année de référence à l'horizon considéré.

Remarque :

Le nombre d'habitants pour l'année de recensement ainsi que le taux d'accroissement sont tirés au niveau de l'A.P.C de AMIRA ARRES pour chaque agglomération.

Tableau I.7 : Evaluation de la population pour différents horizons.

Année / Population	2008 (recensement)	2030 Moyen terme (t=2,3%)	2040 Moyen terme (t=2,3%)
BOUGHARDAINE	3260	5376	6749
BOUYLEF	2820	4651	5838
SARADJ	1500	2473	3104
TOTAL	7580	12500	15691

La station d'épuration de BOUGHARDAINE sera destinée à épurer les eaux usées des agglomérations citées dans le tableau précédant, la figure qui suit résume l'évolution de la population pour notre zone d'étude :

La figure représente l'Evaluation de la population de la zone d'étude.

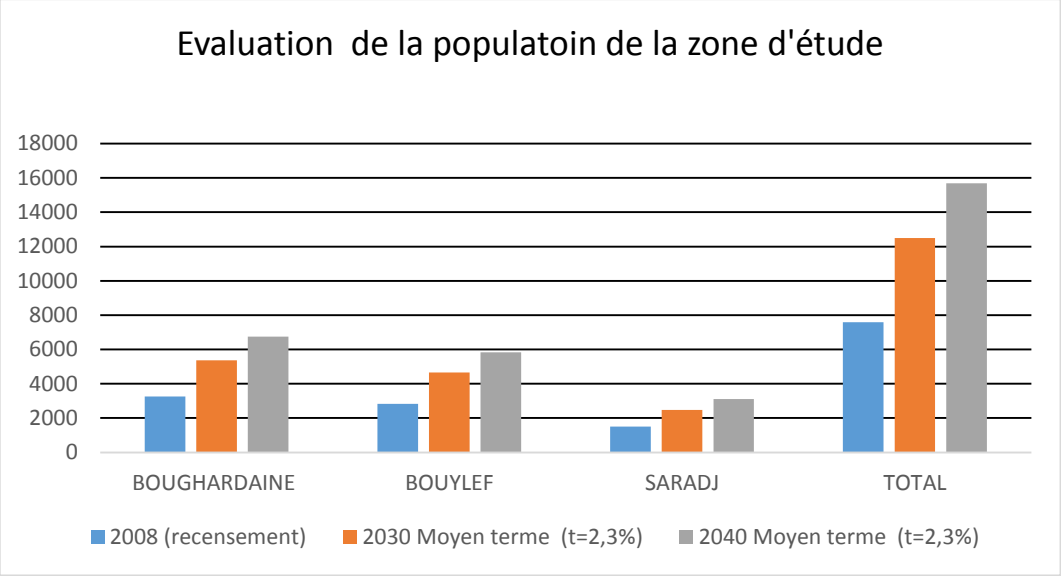


Figure I.6 : Histogramme de l'évolution de la population de la zone d'étude.

I.2.8. Site d'implantation de la station d'épuration :

Le site retenu pour la réalisation de la station d'épuration de la ville de BOUGHERDAINE se trouve à 04 Km au Sud -Ouest de la commune D'AMIRA ARRES, à proximité de l'oued el KEBIR. L'accès se fait par la Route Nationale N°105 ensuite par une piste à une distance de 350m. Le site est caractérisé par un relief plat, cerné par des terres agricoles.

Figure I.7 : Localisation du site de la station d'épuration.(Google Earth)

I.2.9. Situation socio-économique :

L'étude s'est basée sur la prise et la récolte des informations fournies par :

.- Le plan d'aménagement de la ville de BOUGHARDAINE.

.- La monographie de la commune d'AMIRA ARRES.

I.2.9.1. Agriculture :

La zone de BOUGHARDAINE est considérée comme une région agricole en premier degré grâce au pourcentage de la main d'œuvre qui est de 48,62%. La production agricole s'intéresse plus spécialement aux palmiers, ainsi qu'aux cultures maraîchères. La culture des légumes secs et les fruits est inexistante.

Figure I.8. Les cultures maraîchères couvertes et découvertes.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les données nécessaires concernant la zone de BOUGHARDAINE, du point de vue topographique, géologique, climatologique, géographique ainsi que la situation hydrogéologique. Ces données vont nous servir de base pour l'élaboration du projet de l'épuration des eaux rejetées à l'exutoire de la zone d'étude.

L'objectif de notre étude s'inscrit dans le fait que l'assainissement ne soit pas seulement le moyen de véhiculer les effluents urbains et industriels hors des limites des agglomérations avant leur rejet dans un émissaire, mais il doit garantir le mode et moyens de préservations de l'environnement. Le caractère stratégique de la région qui présente une situation favorable pour un développement futur de tous les secteurs, nécessite le traitement de toutes les formes de pollution et particulièrement celle générée par les eaux usées.

CHAPITRE II : Les eaux usées : origine et caractérisation

CHAPITRE II : LES EAUX USEES ORIGINE ET CARACTERISATION

Introduction :

Les eaux usées sont des eaux chargées en éléments polluants qui résultent de l'activité humaine. Il s'agit principalement des eaux usées domestiques et des eaux usées industrielles, mais elles peuvent aussi avoir une origine agricole, artisanale ou autre. L'assainissement consiste à traiter ces eaux usées avant leur retour dans le milieu naturel afin de protéger la santé publique ainsi que l'environnement contre les risques liés à ces rejets. pour y contribuer, on doit tout d'abord connaitre la composition de l'eau usée pour choisir le procédé épuratoire à utiliser.

II.1. Origine des eaux usées :

Les activités humaines produisent une grande variété de déchets, dont beaucoup sont entraînés par l'eau, qui doit alors être traitée avant d'être rejetée dans le milieu naturel. Les eaux usées proviennent principalement de quatre sources :

– source domestiques.
– source industrielles.
– source naturelle.
– source agricoles.

II.1.1. Source domestiques :

Proviennent des activités humaines de tous les jours : bains, excréments, préparation des aliments et loisirs.

Il existe deux types d'eau à évacuer : les eaux usées ménagères, ou eaux grises, et les eaux vannes, ou eaux noires. Les eaux ménagères proviennent de la cuisine, de la salle de bains (baignoire, douche, lavabo). Les eaux vannes sont essentiellement les eaux des WC.

II.1.2. Source industrielles :

Les industries de fabrication ont des demandes élevées en eau pour les procédés de refroidissement, de traitement ou de nettoyage.

On considère comme eau industrielle tout effluent qui ne peut être rejeté à l'égout en raison de ses caractéristiques ou de son volume.

Toutes les eaux usées industrielles contiennent des fertilisants, des matières organiques et des matières toxiques. En outre, dans certains types d'activité industrielle, les eaux usées révèlent la présence d'autres agents de pollution ou renferment d'autres substances polluantes.

II.1.3. Source naturelle :

Ce sont 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 domestiques, ou non.

On distingue :

- Les réseaux unitaires : Un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis sur le réseau ;

La qualité des eaux de ruissellement dépend d'une part du lessivage de l'atmosphère et d'autre part du lessivage et de l'érosion des surfaces sur lesquelles elles ruissellent, en ce sens, les caractéristiques des eaux pluviales peuvent varier considérablement suivant :

-Les sources locale de pollution atmosphérique, la topographie de site, les conditions météorologiques (vents, fréquences de pluies).

- Le stock de polluants disponibles sur les surfaces en début de pluie, la quantité érodée par les gouttes d'eau et par l'écoulement et la quantité pouvant être transportée par l'écoulement, donc de l'intensité de l'épisode pluvieux.

II.1.4. Source agricoles :

Ce sont les eaux de ruissellement dans les zones agricoles. Les pesticides, les engrais, les herbicides et les déchets animaliers sont des sources agricoles de contamination microbienne.

Les sources agricoles de contamination sont nombreuses et variées : débordement des engrais et des pesticides pendant la manipulation, écoulement du chargement et lavage des pulvérisateurs de pesticides ou de tout autre équipement d'application et l'utilisation des produits chimiques.

II.2. Pollution de l'eau :

II.2.1. L'origine de la pollution :

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole. L'origine naturelle implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol.

L'origine domestique concerne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine, ...etc.), les eaux vannes (WC...etc.), ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces,...etc.

Quant à l'origine agricole et industrielle, elle concerne par exemple les eaux surchargées par des produits issus de l'épandage (engrais, pesticides) ou encore les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique, et de manière plus générale, par des produits chimiques tels que les métaux lourds, les hydrocarbures...etc. [29]

II.2.2. Les types de la pollution :

II.2.2.1. Pollution physique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales .Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. [30]

*** pollution mécanique :**

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES. [31]

*** Pollution thermique :**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution. [31]

II.2.2.2. Pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

*** Organique** (hydrocarbures, pesticides, détergents..).

*** Minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

A. Pollution organique :

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestique (déjections humaines, graisses,...etc.).

La première conséquence de cette pollution consommation d'oxygène dissous de ces eaux. Les polluants organiques ce sont principalement les détergents, les pesticides et les hydrocarbures.

***Les détergents :**

Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

***Les pesticides :**

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaines alimentaire.
-Rupture de l'équilibre naturel.

***Les hydrocarbures :**

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inferieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère
(Encyclopédie., 1995).

B. Pollution minérale :

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs. [32]

***Les métaux lourds** :

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaine trophique. [33]

***Les éléments minéraux nutritifs :**

(Nitrates et phosphates) : provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques (Mayet., 1994), il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques. [9]

II.2.2.3. Pollution microbiologique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales.

Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. [30]

A. Les virus :

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement.

L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation. [34]

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 103 et 10 4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite. [32]

B. Les bactéries :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ
1012 bactéries/g. [32]

Les eaux usées urbaines contiennent environ 106 à 107 bactéries/100 ml dont 105 protes et entérobactéries, 103 à 104 streptocoques et 102 à 103 clostridiums. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de séré types différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermo tolérants. [35]

C. Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (BAUMONT *et al*, 2004). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer en tamoebahistolytica, responsable de la dysenterie amibienne et giardialamblia. [4]

II.3. Caractéristiques des eaux usées :

II.3.1. Caractéristiques physiques :

A. Température :

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment).

Il est important de connaitre la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau. [36]

B. Conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes.

La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

C. Turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale. [37]

D. Couleur et odeur :

Une eau pure observée sous une lumière transmise sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques. La couleur et l'odeur des eaux usées renseignent sur l'âge des déchets liquides.

En effet, une eau usée domestique fraiche a un aspect grisâtre et dégage des odeurs.

E. Charges pondérales :

 Matières en suspensions (MES) :

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou Organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiments arrachés par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues).

Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

Les MES s'obtiennent soit par filtration des effluents peu chargés soit par centrifugation des Solutions, séchage jusqu'à obtenir un résidu sec. On met la matière à sécher à 105 degrés Celsius.

 Matières volatiles en suspension(MVS) :

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles sont mesurées par Calcination à 650°C en deux heures d'un échantillon dont on connait déjà la teneur en MES. Elles constituent environ 70- 80% dès MES.

 Matières minérales en suspension (MMS) :

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent Donc le résidu de la calcination, et correspond à la présence de sels, silice, poussières.

 Matières décan tables (MD) et non décan tables (MND) :

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2 heures) suivant des conditions opératoires particulières (utilisation d'un cône Imhoff ou Coin).

Les matières non décan tables sont celles qui restent dans le surnageant et qui vont donc être Dirigées vers le procédé de traitement biologique ou chimique.

-Huiles et graisses :

Les huiles et les graisses que l'on peut trouver dans l'eau sont très souvent sous forme d'émulsions ou saponifiées sous l'action de produits chimiques, de détergents, etc.… Il est clair que la présence de graisses et d'huiles constitue une gêne considérable pour le fonctionnement des stations d'épuration des eaux.

Le déchet graisseux représente une grande partie de la pollution organique des eaux brutes à l'entrée de la station d'épuration, estimée à environ 35 % de la DCO totale à traiter.

-Nuisances provoqué par les graisses :

La solidification de certaines graisses à température ambiante associée à leur caractère insoluble peut entraîner le colmatage des canalisations (du réseau d'assainissement ou de la station d'épuration) et des supports de culture dans les stations d'épuration à cultures fixées.

Elles sont responsables de nuisances olfactives dans les réseaux et sur station en raison de leur caractère fermentescible important ; les graisses constituent un substrat privilégié pour la croissance de certains organismes filamenteux hydrophobes, qui affectent la décantabilité de la boue, créent des problèmes d'exploitation et des rejets non conformes… dans les bassins d'aération, elles réduisent les transferts d'oxygène à deux niveaux différents : au niveau du floc, par adsorption sur celui-ci (création d'un film lipidique qui réduit le transfert d'oxygène dissous entre l'eau et le floc) et au niveau de la surface du bassin par la constitution d'une pellicule entre l'air et l'eau.

II.3.2. Caractéristiques chimiques :

A. pH :

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau**.**

B. Oxygène dissous :

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présente de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux microorganismes de se développer tout en consommant de l'oxygène.

C. Demande biologique en oxygène (DBO5) :

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentent dans les eaux usées par les microorganismes du milieu.

Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°**C** à l'obscurité pendent 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. [58]

D. Demande chimique en oxygène (DCO) :

C'est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire qui correspond à la quantité des matières oxydables par oxygène renfermé dans un effluent. Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales).

Relation entre DBO5 et DCO :

Pour l'épuration d'eaux résiduaires par un procédé biologique, on se sert généralement du rapport DBO5/DCO.

Des valeurs de ce rapport supérieures à 0.5 montrent que par un procédé biologique les polluants peuvent être éliminés dans une large mesure. Pour des valeurs inférieures à 0.5, il est possible que l'on ait affaire à des composés peu ou difficilement biodégradables ou même toxiques, à un manque de sels minéraux ou encore à une mauvaise adaptation des microorganismes.

Ainsi sur la base de ce rapport, on peut établir le classement suivant :

- DCO/DBO5 <1.66 : eaux résiduaires susceptibles d'être facilement traitées biologiquement.
- 1.66 < DCO/DBO5 <2.5 : eaux résiduaires susceptibles de subir un traitement biologique.
- 2.5 < DCO/DBO5 <5 : eaux résiduaires non susceptibles de subir un traitement biologique ou nécessitant une acclimatation préalable des micro-organismes impliqués. [9]

E. Carbone organique total (COT) :

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO).

Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO.

La détermination porte sur les composés organiques fixés ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). Suivant que l'eau a été préalablement filtrée ou non, on obtiendra le carbone dissous (DCO) ou le carbone organique total (COT). Cette mesure permet de faciliter l'estimation de la demande en oxygène liée aux rejets, et d'établir éventuellement une corrélation avec la DBO et la DCO. [37]

F. Azote :

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale KJELDAHL) et la mesure du N-NH4.

Azote KJELDAHL = Azote ammoniacal + Azote organique. [38]

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux. L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH 3 et l'ammonium NH 4+, dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal ; en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates ; ce qui induit une consommation d'oxygène. [37]

G. Nitrites (NO2-) :

Les ions nitrites (NO2-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH4+) et les ions nitrates (NO3-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites.

Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température. [36]

H. Nitrates (NO3-) :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates. [36]

II.3.3. Caractéristiques microbiologique :

La détermination de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes totaux, coliformes fécaux, staphylocoque, streptocoque, salmonelles et les shigelles, ainsi que certains pathogènes peuvent donner une indication sur les risques liés à l'utilisation de certains types d'eaux. [30]

Les eaux usées évacuent la matière fécale et les urines des populations. Elles sont chargées en germes intestinaux habituels de l'homme, germes pathogènes et des parasites etc…..parmi lesquels on peut citer : Escherichia (E. Coli), les Streptocoques, les Salmonelles, les virus. Dans 100 ml d'effluent brute, les concentrations moyennes bactériennes sont :

- 108 coliformes totaux
- 106 à 107 coliformes fécaux
- 105 streptocoques fécaux
- 102 salmonelles

Il faut préciser que les traitements primaires et secondaires ne modifient pas les teneurs en germes. C'est pour cela, dans une station d'épuration à boue activées, il faut procéder à une désinfection des eaux.

II.3.4. Charges polluantes :

II.3.4.1. Charges en DBO5 :

La charge de DBO d'un rejet d'eaux usées est le produit de la DBO unitaire par son débit.

Si la DBO unitaire a été déterminée sur 5 jours, 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 séparatif : 60 à 70 g/hab /j. - Réseau unitaire : 70 à 80 g/hab /j.

Les nombres inferieurs correspondent à des populations jusqu'à 5000 habitants, et les nombres supérieurs à plus de 20000 habitants.

II.3.4.2. Charges en MES :

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

- Réseau séparatif : 70 g/hab /j, dont 70% de MVS.
- Réseau unitaire : 80 g/hab /j, dont 66% de MVS.

II.3.4.3. Les normes de rejet :

Le tableau représente les normes de rejets en rivière des effluents urbains à atteindre après l'épuration selon le décret n°93-160 du 10 juillet 1993.

Tableau II .1: les normes de rejets en rivière des effluents urbains.

Paramètres	**Valeurs**	**Unités**
Température	30	°C
PH	5.5 -8.5	--
MES	30	mg/l
DBO5	30-40	mg/l
DCO	90-120	mg/l
Azote totale	50	mg/l
Phosphates	2	mg/l
Aluminium	5	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Chrome3+	3	mg/l
Chrome6+	0.1	mg/l
Fer	5	mg/l
Manganèse	0.1	mg/l
Mercure	5	mg/l
Nickel	1	mg/l
Plomb	3	mg/l
Cuivre	3	mg/l
Zinc	5	mg/l
Huiles et graisses	20	mg/l
Hydrocarbures	20	mg/l
Phénols	0.5	mg/l
Solvants	20	mg/l
Chlore actif	1	mg/l
Détergents	12	mg/l

II.4. Caractéristiques des eaux épurées biologiquement :

La pollution résiduelle en sortie du clarificateur secondaire est essentiellement constituée par :
Une pollution particulaire, sous forme de flocs ayant échappé à la clarification :
Une pollution dissoute composée de :

• sels minéraux dissous n'ayant pas été complètement traités dans la filière biologique : composés azotés, phosphates, autres sels minéraux contenus dans l'influent s'ils n'ont pas été précipités en cours de traitement, sels provenant de certains traitements (déphosphatation chimique),

• composés organiques dissous, essentiellement non biodégradables.

Une pollution microbiologique, présentant un caractère plus ou moins pathogène, constituée par des virus, des bactéries et des parasites.

II.5. Réutilisation des eaux épurées :

Les eaux épurées peuvent être réutilisées pour des usages :

• agricoles (irrigation).

• industriels (circuits de refroidissement, lavages).

• collectifs (lavages des voiries et des véhicules municipaux, arrosage des plantations, des parcs et des terrains de sports, alimentation des réseaux incendie).

Ces possibilités de réutilisation des eaux épurées ont déjà trouvé des applications dans le monde, et peuvent donc être envisagées dans tous nouveaux projets. D'autres usages ont été développés, qui pourront être envisagés à plus ou moins long terme, en fonction de l'évolution des règles sanitaires et des politiques à mener pour économiser l'eau et préserver durablement les ressources d'eau douce.

Conclusion :

Collectées par le réseau d'assainissement, les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels.

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaitre l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases d'épuration.

CHAPITRE III :

Procédés d’épuration des eaux usées

CHAPITRE III : PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES

Introduction :

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procèdes peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré.

Au cours de ce chapitre nous nous sommes intéressés à l'étude des paramètres de la pollution des eaux usées évacuées par les agglomérations urbaines à l'exutoire, et les différents procédés d'épuration de ces effluents avant les rejetés dans le milieu naturel.

III.1. Déversements des eaux usées dans le milieu naturel :

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible. [39]

Quand les eaux usées ou les eaux résiduaires industrielles ne sont pas épurées avant le rejet dans le milieu naturel, l'altération de ce dernier et les déséquilibres qui s'y produisent ont non seulement des effets immédiats sur les utilisations de l'eau, mais aussi des effets à long terme, parfois irréversibles dans le domaine de la vie humaine. [40]

III.1.1. Nécessité de l'épuration :

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives). [41]

III.1.2. Stations d'épuration (STEP) :

Elles constituent une autre voie d'élimination des eaux usées dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel.

Une STEP, généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées et limiter l'apport en excès de matière organique et dans certains cas, de substances minérales telles les nitrates et les phosphates dans les milieux récepteurs, sachant que certaines substances contenues dans un effluent, à partir d'une certaine concentration, peuvent constituer un danger pour la communauté aquatique, l'épuration des eaux usées diminue l'impact sur les écosystèmes aquatiques. [42]

III.2. Épuration des eaux usées :

L'épuration des eaux usées le plus approprié est celui qui fournit, avec certitude, des effluents de qualité chimique et microbiologique exigée pour un certain usage spécifique, à bas prix et des besoins d'opération et d'entretien minimaux.

Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et enlèvent les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques aux récoltes ainsi que les constituants biologiques (microbes pathogènes) qui concernent la santé publique en général.

Les différents degrés de traitements conventionnels sont :

III.3. Études des méthodes de traitement des eaux usées :

III.3.1. Le traitement des eaux usées :

Le principe de l'épuration des eaux usées urbaines est basé, dans la plupart des cas, sur la dégradation biologique aérobie des pollutions présentes dans les eaux usées. Dans la nature, les microorganismes présents dans les rivières et dans les sols effectuent spontanément une biodégradation de la pollution des eaux, c'est le phénomène d'autoépuration.

Les stations de traitement des eaux usées ne font qu'au final d'imiter la nature mais dans un espace plus confiné où les processus biologiques de dégradation de la pollution sont amplifiés et intensifiés.

Parmi les procédés biologiques, on distingue essentiellement :

- Les procédés à cultures libres où les microorganismes épurateurs sont présents librement dans l'eau.
- Les procédés à cultures fixées où les microorganismes sont fixés sur un support solide.

D'autres techniques, utilisées dans les zones rurales, sont des copies d'écosystème naturel de type zone humide associant eaux, sols et végétaux. Mais peu importe les méthodes utilisées pour le traitement des eaux usées, elles contiennent toutes les étapes différentes étapes sont résumées dans la figure ci-dessous :

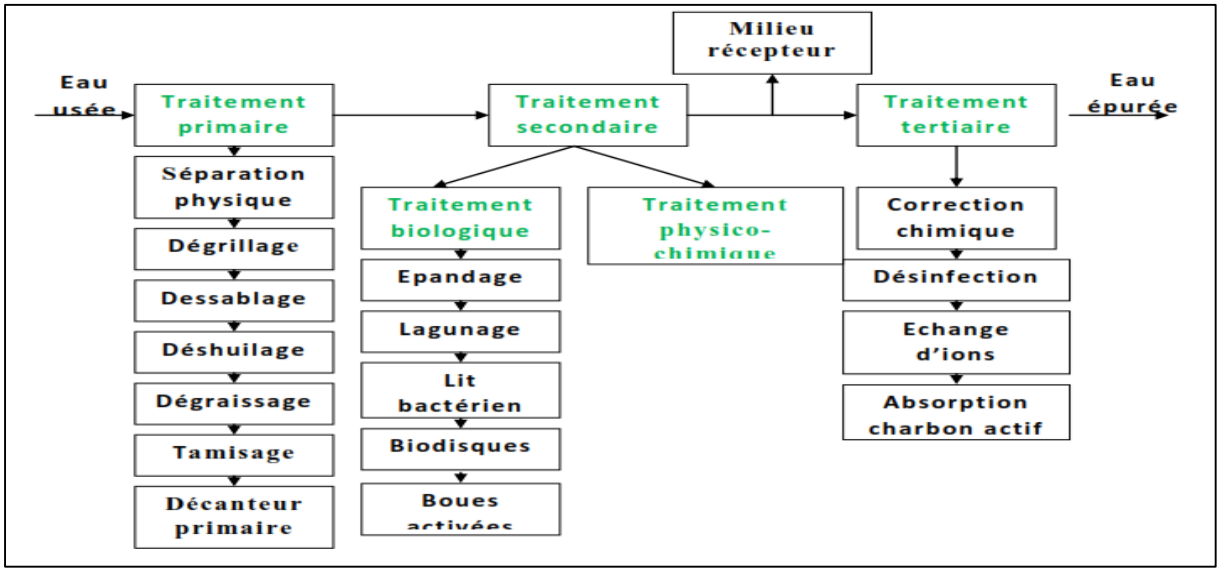


Figure III.1 : Différentes étapes du traitement des eaux usées.

(Source : https://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-269.html)

III.3.1.1. Prétraitement :

Le prétraitement vise à protéger le relèvement des eaux brutes et plus généralement à éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs. Suivant la qualité de l'eau à traiter, plusieurs opérations peuvent être n'nécessaires, parmi lesquelles :

A. Dégrillage :

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses [16].

Il consiste à faire passer les eaux usées à travers une grille dont les barreaux moins espacés, retiennent les éléments grossiers après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels [26].

Parmi l'espacement des barreaux on distingue :

- Un pré dégrillage : espacement 30 à 100mm
- Un dégrillage moyen : espacement 10 à 25mm
- Un dégrillage fin : espacement 3 à 10mm

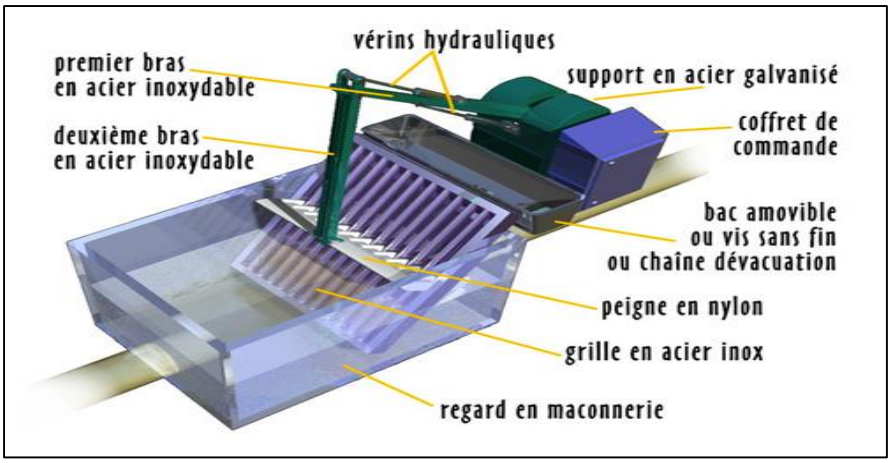


Figure III.2 : Dégrillage (Source : http://www.hellopro.fr/degrilleurs-2006982-fr-1-feuille.html).

Pour le nettoyage des grilles, on peut rencontrer deux types de grilles :

a. Grilles manuelles :

Se sont composées avec de barreaux le plus souvent inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale, elles sont réservé à la petite station. Leur inconvénient est la nécessiter de les nettoyer quotidiennement, car si la grille reste longtemps sens nettoyage, l'effluant risque de refluer dans le collecteur d'arrivée.

b. Grille mécanique :

Cette mécanisation est indispensable afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations.

Elles se classent en deux catégories :

Grille droite : elle est inclinées à 80° sur l'horizontale le nettoyage se fait automatiquement à laid des râteaux, des peignes ou encore des brosses grille courbes : sont utilisée pour les stations d'épuration des eaux industrielles [26]. Le nettoyage se fait par un double râteau tournant ou encore par un système de bielle appliquée contre la grille [16].

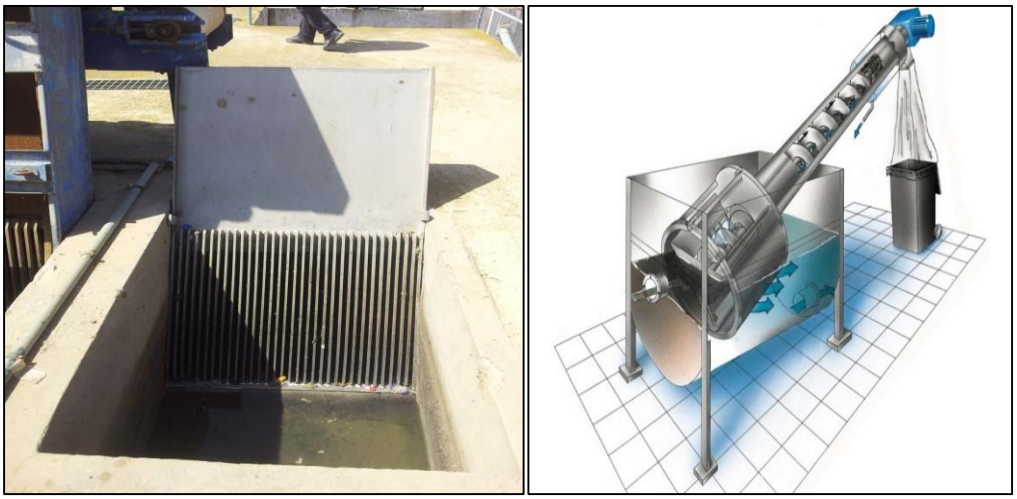


Figure III.3 : Grilles manuelles, Grille mécanique. (Source : https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_12.htm)

B. Dessablage :

C'est un procédé consiste a l'élimination des sable présents dans l'effluant brute est indispensable pour protéger les conduit et les pompes contre l'érosion et le colmatage d'une part [16].

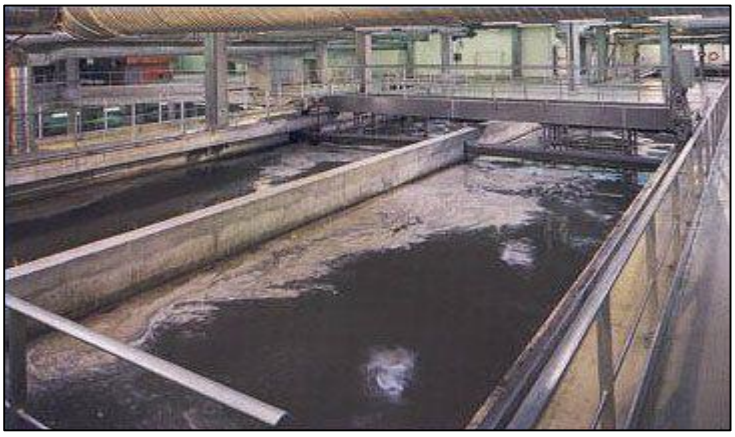


Figure III.4 : Dessaleur /dégraisseur, pont racleur.

(Source : hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0304/optsee/Bei/5/binome4/coag.htm)

C. Dégraissage déshuilage : C'est une opération destinée à réduire les graisses et huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter [16].

a. Dégraisseur-déshuileur aéré : Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral calculé pour une vitesse ascensionnelle de 15 à 20m/h [16].

b. Déshuileur longitudinal : C'est un bassin de forme rectangulaire équipé de racleur de surface de fond.

L'ouvrage est calculé pour :

-Une vitesse d'écoulement horizontal de 20 à 50 m/h
-Une longueur de 2 à 6 m
-Une hauteur d'eau de 1 à 3 m [26].

III.3.1.2. Traitement primaire :

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédiment ables ainsi que les matériaux flottants (FAO, 2003). La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de MOHLMAN.

Cet indice est détesrminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO5 supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires. [49]

La décantation s'effectue dans des ouvrages rectangulaires ou circulaires, munis de racleurs de fond et de surface pour extraire les boues recueillies [3].

Les principaux coagulants minéraux utilisés en eaux résiduaires urbaines sont le sulfate d'alumine, le chlorure ferrique, le sulfate ferreux et le chloros sulfate de fer. Les floculants organiques les plus employés sont des polymères synthétiques de haut poids moléculaire. Le traitement se déroule en 4 phases :

1. Coagulation :

Elle Consiste à déstabiliser des suspensions pour faciliter leur agglomération. Il faut neutraliser leurs charges de manière à réduire leurs forces de répulsion. Ainsi, les colloïdes présents dans les eaux de rivière sont généralement chargés négativement ; il faut donc ajouter des coagulants de charge positive, tels que les sels métalliques (de fer et d'aluminium) afin de former des flocons. Ces derniers sont petits et fragiles donc instables, c'est à ce moment qu'intervient la floculation [4].

2. Floculation :

La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées lors de la coagulation pour former des flocs facilement décan tables par ajout d'un floculant, généralement un polymère. La coagulation-floculation permet ainsi l'élimination des particules très petites et difficilement décan tables [4].

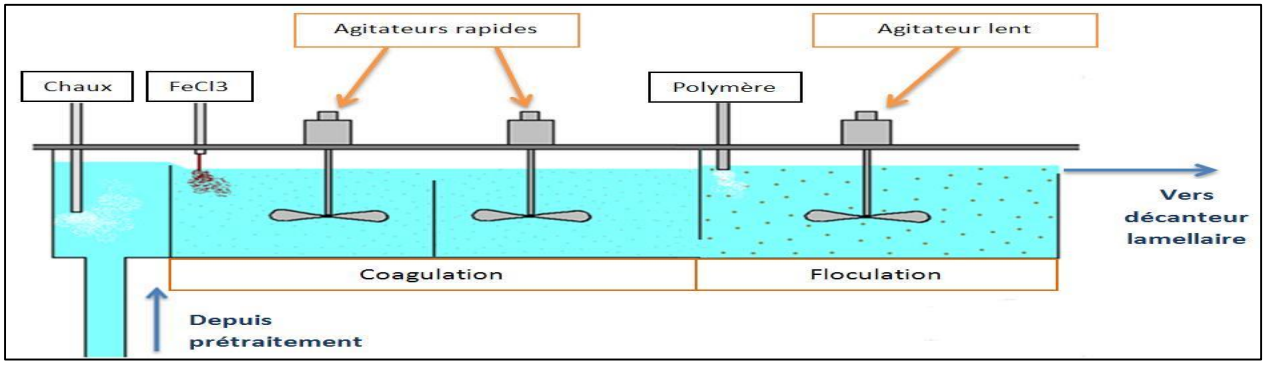


Figure III.5 : schéma représente le phénomène de La floculation.

(Source : www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_4.htm)

3. Neutralisation :

A pour objet de modifier le pH d'une eau résiduaire pour l'amener à une valeur déterminée pour favoriser un traitement ultérieur ou permettre le rejet dans un milieu récepteur. Il s'agit d'une opération dans laquelle on ajoute à une eau à caractère basique ou acide une quantité suffisante soit d'acide soit de base, de manière à réaliser un échange protonique complet entre les deux constituants. L'introduction automatique du réactif dans le milieu réactionnel est asservie à une chaîne de régulation de pH [1].

4. Décantation :

La décantation a pour rôle d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement [5].

Le traitement primaire se fait dans un décanteur primaire. Il existe plusieurs types de ce dernier :

- Décanteur rectangulaire avec raclage de boues.
- Décanteur cylindro-conique.
- Décanteur circulaire avec raclage de boues.
- Décantation lamellaire.

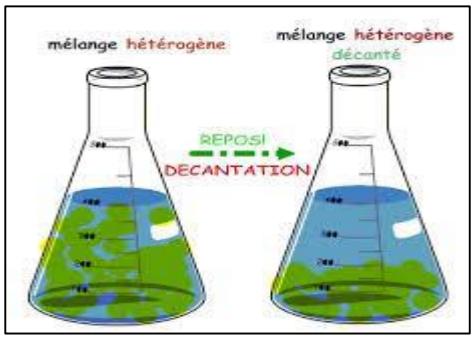


Figure III.6 : le phénomène de décantation.

(Source : www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_4.htm)

Remarque :

Le décanteur primaire n'est pas nécessaire dans le cas où les eaux à traiter sont à faible charge.

III.3.1.3. Traitement secondaire (traitement biologique) :

Enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires (FAO, 2003).

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées. La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène).

A. la voie anaérobie : si les réactions s'effectuent à l' abri de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO2, méthane et biomasse.

Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie »n'est utilisé que pour des effluents très concentré en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...)

B. la voie aérobie : si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO2 et de biomasse. [43]

L'épuration biologique des eaux usées peut être mise en œuvre dans les micro- organismes se développent en suspension dans l'eau (boues activées), ou encore dans réacteurs à biomasse fixée dans lesquelles les micro-organismes se développent sur un support grossier ou sur garnissage plastique (lit bactériens), sur de disque (disques biologiques).

III.3.1.3.1. Boues activés :

Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physiques, chimiques et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur. Le résultat de ces opérations est la production de boues qui est le principal sous-produit du cycle de traitement de l'eau. Donc les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire. [44]

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 de l'eau épurée et de la culture bactérienne,
- Un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique récupérée dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché.
-Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus De culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat.
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.
- Un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture. [43]

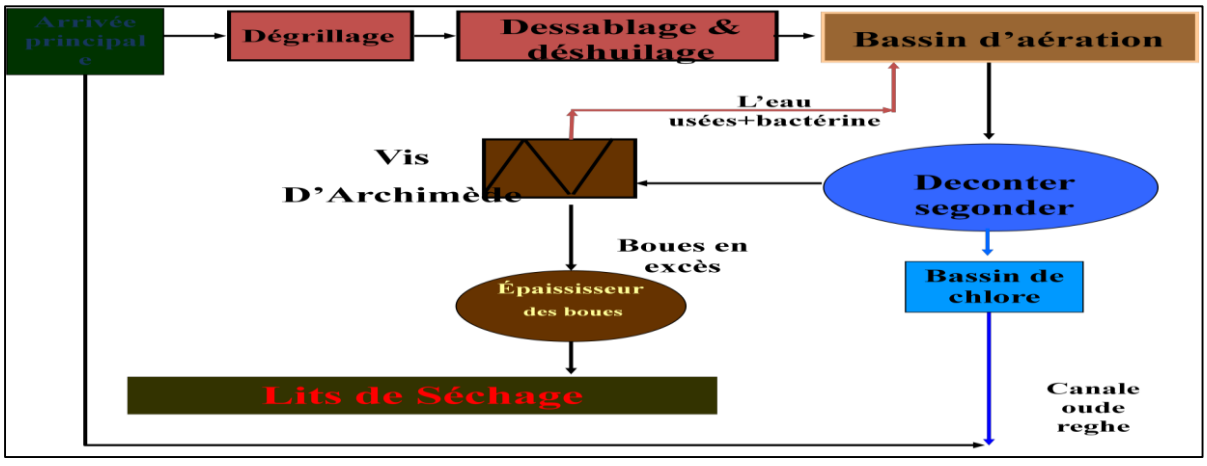


Figure III.7 : Schéma général de l'épuration à boues activées.

(Source : www.fluksaqua.com/Boues)

***Avantages et inconvénients :**

- Avantages :

 Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites).

 Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5, N) par nitrification et dénitrification).

 Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.

 Boues légèrement stabilisées.

 facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée.

- Inconvénients :

 Coûts d'investissement assez importants.

 Consommation énergétique importante.

 Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière.

 Sensibilité aux surcharges hydrauliques.

 Décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser.

 Forte production de boues qu'il faut concentrer.

III.3.1.3.2. Lit bactérien :

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 %d'élimination de la DBO5. [2]

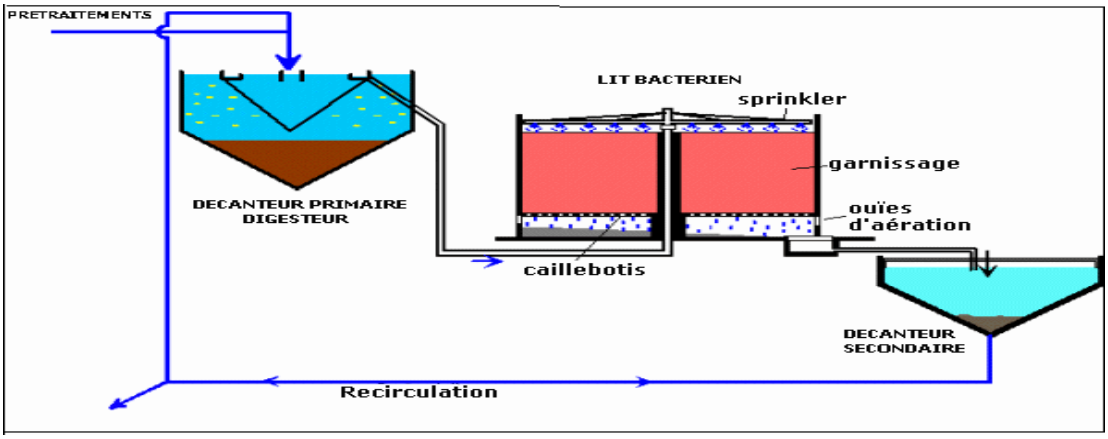


Figure III.8 : Lit bactérien. (Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Lit_bactérien)

- Classification des lits bactériens :

• Les faibles charges jusqu'à 0,4 Kg de DBO5/m3.j.
• Les moyennes charges jusqu'à 0,8 Kg de DBO5/m3.j.
• Les fortes charges supérieures à 0,8 Kg de DBO5/m3.j.

III.3.2.2. Disques biologiques :

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants.

Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

❖ De la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe),

❖ Du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes).

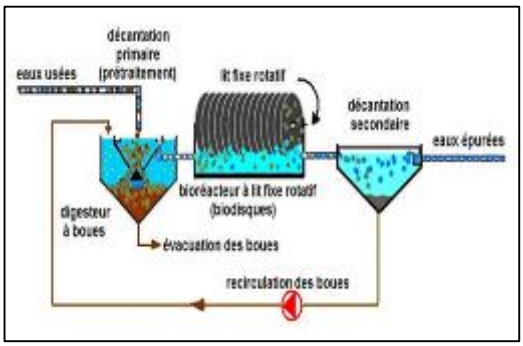


Figure III.9 : Procédé d'épuration par disque biologique. (Source : www.aquacorp.fr › Procédés)

- Avantages des lits bactériens et disques biologiques :

➢ Faible consommation d'énergie.
➢ Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées.
➢ Bonne décantabilité des boues.
➢ Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées.
➢ Généralement adaptés pour les petites collectivités.
➢ Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment).

- Inconvénients des lits bactériens et disques biologiques :

➢ Performances Généralement Plus Faibles Qu'une Technique Par Boues Activées. Cela Tient En Grande Partie Aux Pratiques Anciennes De Conception. Un Dimensionnement Plus Réaliste Doit Permettre D'atteindre Des Qualités D'eau Traitée Satisfaisantes.
➢ Coûts D'investissement Assez Elevés (Peuvent Etre Supérieurs D'environ 20 % Par Rapport A Une Boue Activée).
➢ Nécessité De Prétraitements Efficaces.
➢ Sensibilité Au Colmatage.
➢ Ouvrages De Taille Importante Si Des Objectifs D'élimination De L'azote Sont Imposés

III.3.2.3. Lagunage :

Parmi les divers procédés d'épuration des eaux usées, dont l'application dépend des caractéristiques des eaux à traiter et du degré de dépollution souhaité, figure le lagunage naturel.

Moyen rustique d'épuration des eaux usées, il se distinct des autres techniques de traitement réputées intensives par de nombreux avantages. Ce procédé écologique, simple et peu onéreux se base sur les phénomènes responsables de l'autoépuration des cours d'eau.

- Définition :

Le lagunage est une technique biologique d'épuration des eaux usées, où le traitement est assuré par une combinaison de procédés aérobies et anaérobies, impliquant un large éventail de micro-organismes (essentiellement des algues et des bactéries). Les mécanismes épuratoires et les micro-organismes qui y participent sont, fondamentalement, les mêmes que ceux responsables du phénomène d'autoépuration des lacs et des rivières. [50]

- Principe de fonctionnement :

Le lagunage se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et généralement 3) peu profonds (le plus souvent rectangulaires) dits lagunes. La surface et la profondeur de ces lagunes influencent le type de traitement (aérobie ou anaérobie) et confèrent un rôle particulier à chacune d'entre-elles. L'épuration par lagunage consiste à faire passer des effluents d'eau usée par écoulement gravitaire de lagune en lagune où la pollution est dégradée par : [52]

- L'activité bactérienne ;
- L'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérales ;
- Le pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues.

Les matières en suspension de l'eau brute décantent dans le bassin de tête. Les bactéries assimilent la pollution dissoute, et l'oxygène nécessaire à cette dépollution, est assuré par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique :

- Les microphytes ou algues microscopiques ; ce sont essentiellement des algues vertes ou bleues difficilement séparables.
- Les macrophytes ou végétaux macroscopiques, qui comprennent des formes libres (ex. lentilles d'eau) ou fixées (ex. roseaux). Les jacinthes d'eau peuvent s'enraciner ou non. Les végétaux supérieurs jouent un rôle de support et doivent normalement permettre d'augmenter la quantité de bactéries et d'algues épuratrices. [53]

Les macrophytes sont consommés par le zooplancton, et les macrophytes filtrent l'eau en sortie avant rejet. L'ensemble de ces phénomènes apparait dans plusieurs bassins en séries, ce autorise l'étagement des phénomènes épuratoires.

Le processus épuratoire qui s'établit dans une lagune est particulièrement intéressant, car c'est un phénomène vivant, un cycle naturel qui se déroule continuellement.

A. Le lagunage naturel :

Ce sont des bassins artificiels et imperméabilisés, de faible profondeur pouvant recevoir des effluents bruts ou prétraités et où la recirculation des boues biologiques décantées n'est pas réalisée, et la concentration de la biomasse épuratrice reste faible. Alimentées d'effluents à traiter, les lagunes naturelles sont nommées étangs de stabilisation [54], que l'on classe en fonction des filières de développement des bactéries en trois catégories : anaérobies, aérobies ou facultatifs (mixtes).

Différents assemblages de ces bassins sont possibles en fonction des conditions locales, des exigences sur la qualité de l'effluent final, du débit à traiter, ...

A titre d'exemple, si l'on souhaite un degré de réduction plus élevé des organismes pathogènes, on dispose les bassins en série comme suit : étang anaérobie, facultatif puis anaérobie. [55]

Le lagunage naturel peut être utilisé, en traitement complet des effluents ou en traitement tertiaire, pour affiner la qualité de l'eau traitée par une boue activée (ex. la désinfection). [45]
La figure suivante présente un lagunage naturel.

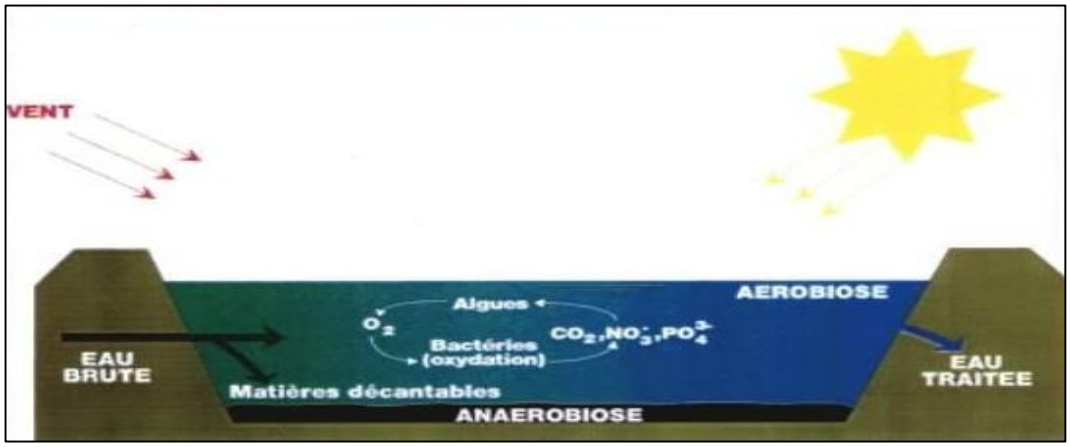


Figure III.10 : lagunage naturel. (Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Lagunage)

1. Bassins anaérobies :

Les bassins anaérobies sont caractérisés par un manque d'oxygène dissous causé par une forte DBO5 (100-400 g/m3/jour), et les solides en suspension s'y déposent facilement ; ils forment sur le fond une couche où les bactéries anaérobies décomposent la matière organique.

Un des résultats est la production de gaz : l'hydrogène sulfuré (H2S) et le méthane (CH4) qui s'échappent vers la surface sous forme de bulles.

Typiquement, ces lagunes ont une profondeur de 2 à 5 m et le temps de séjour de l'effluent y est de 3 à 5 jours. Ils reçoivent des effluents bruts et mènent à des réductions de la DBO 5 de 40 à 60 % et des solides en suspension de 50 à 70 %.

En générale, on n'y trouve pas de micro-algues à cause des conditions défavorables à leur croissance. [46]

2. Bassins facultatifs :

D'une profondeur de 1 à 2 m et un temps de séjour de 4 à 6 jours [56], ces étangs fonctionnent dans des conditions telle que la partie supérieure entretient un milieu aérobie, riche en algues et en micro-organismes aérobies, alors que le fond, couvert de sédiments organiques, est le siège de fermentation anaérobie ; entre ces deux zones règne un milieu de transition favorable aux bactéries facultatives. [57]

Les fermentations benthiques donnent lieu à un dégagement de méthane (CH4), de dioxyde de carbone (CO2), d'hydrogène sulfuré (H2S) et d'ammoniac, ainsi que de composés organiques de faible masse moléculaire.

Ce produit alimente la flore des zones supérieures et les composés minéraux dégagés entretiennent les algues ; une certaine fraction de ces algues meurent et se sédimentent, venant s'ajouter au lit de boues. [47]

3. Bassin de maturation :

Les bassins des maturations ou des aérobies sont peu profonds (0,8 à 1,2 m) où la lumière peut pénétrer et favorisant le développement d'algues vertes. Par leur action photosynthétique, les algues produisent de l'oxygène qui permet le développement de bactéries épuratrices aérobies. [45] Le temps de séjour dans ces étangs est beaucoup plus long, de 12 à 18 jours ou plus, et permet un traitement d'effluent déjà partiellement épuré. [56]Ces étangs sont caractérisés par [48] :

- Charge (Kg DBO5 /ha/jour) : 111 à 112 ;
- Rendement (% de DBO5) : 80 à 95 % ;
- Concentration en algues (mg/l) : 100.

Avantages et inconvénients du lagunage naturel :

- Avantages :

Le lagunage naturel présente de nombreux avantages par rapport aux procédés classiques :

· Excellente élimination de la pollution microbiologique ;
· Faibles coûts d'investissement et de fonctionnement ;
· Raccordement électrique inutile ;
· Très bonne intégration paysagère ;
· Valorisation aquacole et agricole de la biomasse planctonique produite et des effluents épurés ;
· Boues peu fermentescibles ;
· Bonne élimination de l'azote (70 %) et du phosphore (60 %).

- Inconvénients :

A l'inverse, le lagunage naturel présente les inconvénients suivants :

· Variation saisonnière de la qualité de l'eau en sortie ;
· En cas de mauvais fonctionnement, risque d'odeurs, de moustiques, de rongeurs ;
· Emprise au sol importante ;
· Difficultés d'extraction des boues ;
· Pas de réglage possible en exploitation ;
· Sensibilité aux effluents septiques et concentrés.

B. Lagunage aéré :

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu.

La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO5 éliminée) [10].

- Grands mécanismes en jeu :

Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces microorganismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

Dans l'étage de décantation, les matières en suspension que sont les amas de microorganismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire, ce qui est préférable, de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément pour procéder à leur curage.

En lagunage aéré, la population bactérienne sans recirculation conduit à :

 Une densité de bactéries faible et à un temps de traitement important pour obtenir le niveau de qualité requis.
 A une floculation peu importante des bactéries, ce qui contraint à la mise en place d'une lagune de décantation largement dimensionnée [4].

- Les performances épuratoires :

- DBO5 : 35 mg / l.
- Azote et phosphore : élimination de l'ordre de 25-30 %.

- Avantages techniques :

 Ce procédé est particulièrement tolérant à de très nombreux facteurs qui engendrent, en général, de très sérieux dysfonctionnements dans les procédés d'épuration classiques.
 Variation de charges hydrauliques et/ou organiques importantes.
 Effluents très concentrés.
 Effluents déséquilibrés en nutriments
 Traitements conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables.
 Bonne intégration paysagère.
 Boues stabilisées.
 Curage des boues tous les deux ans.

- Inconvénients techniques :

 rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres.
 Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé
 Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération ;
 Forte consommation énergétique.

C. L'épandage des eaux :

La première technique d'épuration des eaux usées des agglomérations a été celle des champs d'épandage, son principe consiste à déverser directement sur le sol perméable de l'eau usée.
L'utilisation des sols comme système épurateur met à profit :
 Ses propriétés physiques et physico-chimiques : filtration adsorption échange d'ions et pouvoir de rétention.
 Ses propriétés biologiques : action de la microflore et des végétaux. Le système épurateur est donc composé à la fois du sol et des cultures.

- Avantage :

- Coûts globaux souvent plus faibles.
- Exploitation et entretien simples.
- Possibilité d'utiliser le site à des fins récréatives.
- Fiabilité des installations lorsque bien construites dans un site propice.
- Rendement élevé et uniforme.

- Inconvénients :

- Coûts des dommages environnementaux en cas de mal fonctionnement importants.
- Risque de colmatage et de remontée de nappe.
- Grande superficie.

III.4. Traitement Tertiaire :

La réutilisation de l'eau traitée pour l'agriculture, ou encore pour le rejet au milieu naturel peut exiger des traitements épuratoires encore plus poussées. Il s'agit notamment de :

- ❖ L'élimination de la pollution azotée.
- ❖ L'élimination de la pollution phosphorée.
- ❖ La désinfection.

A. Origine de l'azote et du phosphore :

L'azote : l'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes :

1- azote minérale : principalement sous forme d'azote moléculaire, (N2), d'ion ammonium (NH4+), d'ion nitrite(NO2) et d'ion nitrate(NO3).

2- azote organique : présent sous forme de protéines qui donnent par l'hydrolyse des acides aminés conduisant eux même par condensation aux peptides et polypeptides. Il se trouve également dans une grande variété d'autres combinaisons organique (urée, acide urique, créatinine etc……).

Phosphore : se présente lui aussi sous deux formes :

1- phosphore minérale : présent principalement sous formes d'ortho phosphate, de phosphures, de diverses combinions minérale come le triphosphate de sodium, le pyrophosphate tétra sodique et l'hexa méta phosphate de sodium.

2- phosphore organique : présent dans les combinaisons cellulaires organique soit en tant qu'élément de base de substances bien déterminées, soit en tant qu'élément mobile du métabolisme cellulaire [15].

B. Mode d'élimination de l'azote et du phosphore :

L'élimination de l'azote et du phosphore se fait par les deux procédés suivants :

Les procédés physico-chimiques et les procédés biologiques

1. Elimination de l'azote par les procédés physico-chimiques :

- Le stripping (élimination de l'ammoniaque) : l'azote ammoniacal peut être éliminé par un gaz (air), circulant à contre-courant de l'effluent. Ce processus implique l'utilisation d'une tout dans lequel s'effectue-la réaction l'efficacité de l'épuration dépend du tempe de contact, du **pH** et de la température**.**

Il est possible d'élimination ainsi 98.5 % de l'azote ammoniacal contenu dans les eaux a un **pH** de 10.8 [16].

- Les résines échangeuses d'ion : cette technique s'applique aux formes minérales de l'azote et du phosphore, et la présence de **M.O** dans l'eau rend complexe l'utilisation des résines. En effet une partie de ces résines tend à se fixée irréversiblement sur les résines et à diminuer progressivement leur capacité d'adsorption, il importe donc de les éliminer avant le passage de l'effluent sur les résines.

- Le traitement électrochimique : ce traitement se fait généralement sur les solutions côtières puisque dans ce processus une source de magnésium est indispensable [16].

2. L'élimination de l'azote par les procédés biologique :

L'élimination biologique (figure II.1) de l'azote fait intervenir 4 réactions principales dans la page 37 :

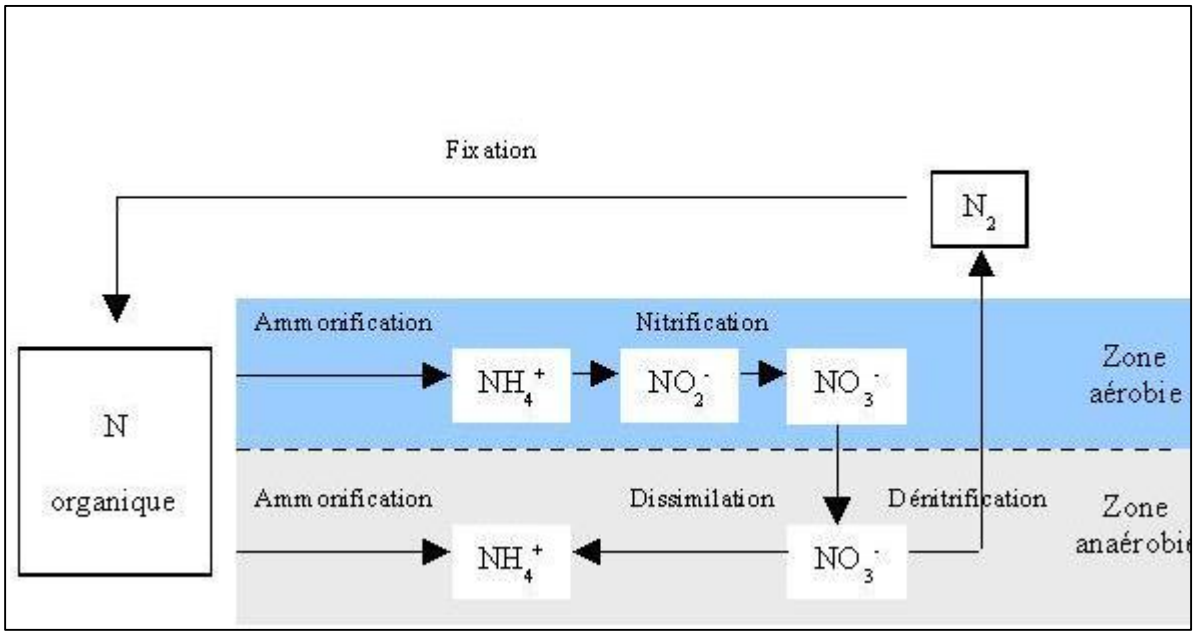


Figure III.11 : schéma général de la nitrification-dénitrification. (Source : www.fao.org)

- L'ammonification :

C'est l'utilisation d'une partie de l'azote organique en azote ammoniacale.la vitesse d'ammonification dépend essentiellement de la concentration en azote ammoniacal.

- L'assimilation : c'est l'utilisation d'une partie de l'azote ammoniacal et éventuellement organique pour la synthèse bactérienne.

-La nitrification : C'est L'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate .Elle s'effectue en deux stades par micro-organismes autotrophes :

Oxydation de (NH4+) en (NO2-) : C'est l'œuvre essentiellement des germes Nitrosomonas, Oxydation de (NO2-) en (NO3-) : Les bactéries responsables de cette deuxième réaction, appartiennent au germes Nitrobacter [13].

La réaction globale simplifiée de la nitrification peut s'écrire :

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O$$

La nitrification demande des besoins en oxygène supplémentaire. Il faut fournir 4,6 mg d'oxygène par mg de (NO 3 -) produit.

- La dénitrification : C'est le processus par lequel certaines bactéries réduisent l'azote nitrique à un état plus faible d'oxydation. Ces bactéries peuvent être autotrophes, mais l'activité de celle-ci est faible .C'est la raison pour laquelle on met généralement en œuvre des bactéries hétérotrophes. Cette réduction se produit à travers différentes réactions que l'on peut schématiser comme suit :

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

La température augmente la vitesse de dénitrification. Le pH optimal situé en 7 et 8,2 [13].

3. Elimination du phosphore par les procédés biologique :

La déphosphoration biologique repose sur l'accumulation de phosphore à l'intérieur des bactéries, qui, sont évacuées avec les boues en excès. La biomasse est exposée à une alternance de conditions anaérobies et aérobie.

En condition anaérobie, les bactéries déphosphatantes synthétisent un produit de réserve, les poly--alcanoates (PHA), à partir de substrat facilement biodégradable des eaux usées et de l'énergie

libère par l'hydrolyse intracellulaire de poly phosphate. Il en résulte un relarguage de phosphate dans le milieu externe [17].

En condition aérobie, les PHA et la matière organique contenue dans les eaux usées sont oxydes par les bactéries. La respiration produit l'énergie nécessaire aux bactéries qui régénèrent leur stock de poly phosphate et croissent. L'élimination biologique du phosphore est liée à une réabsorption de phosphore plus importante que le relargage.

Les bactéries dephosphatantes sont des bactéries aérobies strictes obtenant l'énergie seulement à partir de l'oxygène, ou bien des bactéries aérobies facultatives, tirant l'énergie en priorité de l'oxygène, puis des nitrates en absence d'oxygène. Elles ont été classées parmi le genre Acinetobacter, au cours des années 90.

4. L'élimination du phosphore par les procédés physico-chimique :

C'est la voie d'élimination du phosphore la plus pratiquée ; elle est en effet utilisée dans 86% des cas. Il s'agit d'une précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, ou encore par de la chaux. L'injection des réactifs peut s'opérer de plusieurs manières :

• En amont du bassin d'aération, par pré-précipitation La chaux est le réactif le plus souvent utilise a cause de son prix peu élevé. La précipitation des phosphates entraîne une élimination de la pollution carbonée. Cette technique, très intéressante dans le cas d'une station biologique saturée, permet de pallier la surcharge de la station et de différer son extension [17].

• Dans le bassin d'aération, par co-précipitation, le sulfate de fer (ou d'aluminium) est souvent employé dans cette technique. La co- précipitation est la technique la plus utilisée dans les stations d'épurations. Elle présente de nombreux avantages techniques et économiques, en termes de mise en œuvre et d'exploitation, pour une élimination efficace du phosphore.

• En aval du clarificateur, par post-précipitation : Cette précipitation exige une installation physico-chimique spécifique en aval des clarificateurs, suivie d'une filtration des effluents traités. C'est une technique très onéreuse, mais elle permet de restituer un effluent de très bonne qualité. Les boues produites par cette technique sont traitées avec les boues biologiques.

Facilement mise en œuvre et ne nécessitant pas de surveillance particulière, la déphosphoration physico-chimique est une technique fiable et les rendements obtenus sont supérieurs à 80 %.

La déphosphoration biologique est plus délicate a mettre en œuvre, et les rendements obtenus ne sont pas aussi fiables en raison des fluctuations de la charge en phosphore. En outre, les rendements envisageables ne sont que de l'ordre de 50 a 60 %, ce qui implique en général un procédé mixte de déphosphoration procédé biologique + une précipitation chimique [17].

III.4.1. La désinfection :

Après le traitement biologique, il est nécessaire de désinfecter les eaux résiduaires avant rejet pour éliminer des microbes encore présents dans des rejets (comme ceux des hôpitaux et autres).

La désinfection est recommandée quand on veut réutiliser les eaux résiduaires pour l'irrigation des terres agricoles ceux qui est valable pour notre cas. Une désinfection chimique peut également être envisagée. Le réactif le plus fréquemment utilisé est l'eau de Javel, qui nécessite, pour être efficace, le maintien d'une teneur résiduelle suffisante (0, 1 mg / l) et un temps de contact minimal 20 min. L'effet désinfectant du chlore est d'autant plus efficace que la qualité de l'épuration qui précède son injection est meilleure [6].

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a étudié les différents procédés d'épuration des eaux usées ainsi que les traitements qui complètent ces procédés pour une bonne traitabilité de l'effluent dans le but de respecter les normes de rejet des eaux usées.

En Algérie comme dans le reste du monde, le procédé d'épuration par boues activées est le plus utilisé car il permet un bon traitement de l'effluent ainsi qu'un bon rendement pour une meilleure protection de l'environnement.

CHAPITRE IV :

Epuration par boues activées

CHAPITRE IV : Epuration par boues activées

Introduction :

Le procédé dit " à boues activées " utilise l'épuration biologique dans le traitement des eaux usées. C'est un mode d'épuration par cultures libres. Dans une filière de traitement des eaux, le procédé à boues activées fait partie des traitements secondaires.

L'épuration par boues activées consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension dissoute. Il y a une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation de ces matières, suivie d'une décantation à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération [24].

Il existe quatre principales utilisations spécifiques du procédé à boues activées :

- Elimination de la pollution carbonée (matières organiques) ;
- Elimination de la pollution azotée ;
- Elimination biologique du Phosphore ;
- Stabilisation des boues : procédé dit d'aération prolongée ou digestion aérobie [24].

Dans tous les cas, une station d'épuration à boues activées (figure IV.1) comprend :

Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mis en contact avec la masse bactérienne épuratrice.

Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactrienne.

Un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérés dans le clarificateur. Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire de surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat, un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.

Un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture, d'éviter les dépôts, de favorises la diffusion de l'oxygène partout ou il en besoin .Très fréquemment, le même dispositif est utilisé pour l'aération et le brassage [21].

IV.1. Le procédé à boue activée :

Le procédé à boue activée est une technique biologique d'épuration des eaux. Il représente une alternative efficace et relativement écologique (sans utilisation de produits chimiques) aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées.

IV.2. Principe de la boue activée :

Il consiste à revaloriser les eaux usées en y introduisant un concentré de bactéries diverses. On ajoute à ce mélange un brassage mécanique qui permet l'oxygénation du tout, nécessaire au bon fonctionnement des bactéries et à la dégradation des matières. Ces dernières « mangent » les substances polluantes et les transforment en boue développé dans la figure IV.1 à la page 41.

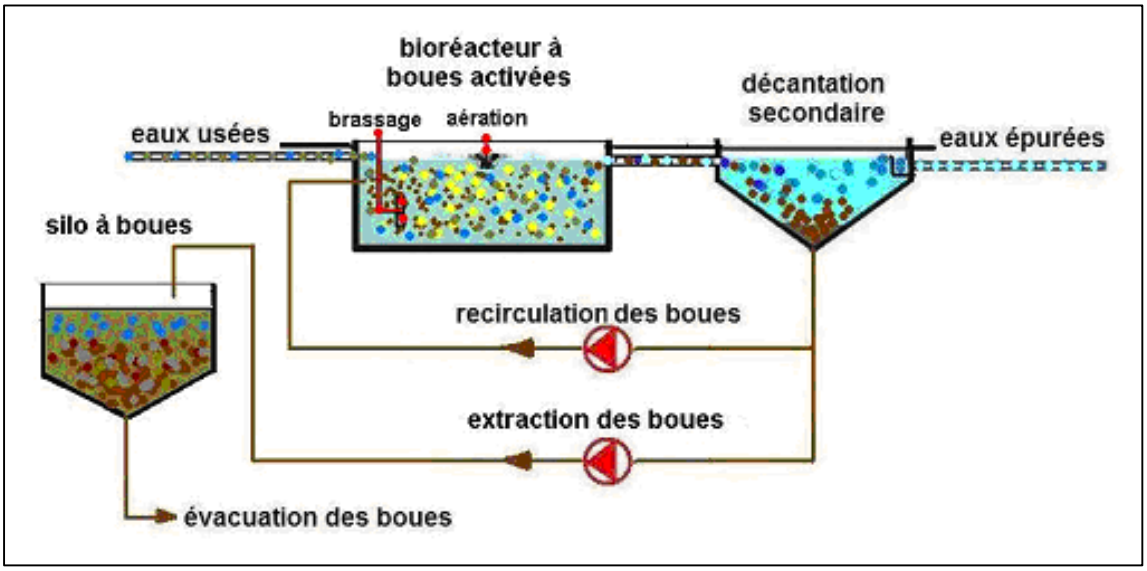


Figure IV.1 : Schéma général d'une station d'épuration par boues activées. (Source : www.fluksaqua.com/Boues(

- Avantages de cette technique d'épuration des eaux :

Ce procédé élimine les molécules de phosphore, d'azote et de carbone présentes dans les eaux résiduaires. Il est de plus relativement sûr, du fait du contrôle aisé des différents facteurs nécessaires à son fonctionnement. Comparé à la technique des lits bactériens, il est plus efficient et plus rapide. Enfin, les nuisances telles que les odeurs ou les mouches sont inexistantes et son installation demande peu de place.

Ce dispositif est intéressant à partir de 400 équivalent-habitants minimum et peut aller jusqu'à un traitement de 100.000 à 200.000 équivalent-habitants.

- Inconvénients de la boue activée :

L'épuration biologique à boue activée est un dispositif qui nécessite un entretien rigoureux sous peine de dysfonctionnement, voire de panne. L'investissement de départ est élevé, mais une comparaison avec les autres modes d'épuration permet de relativiser. L'implantation d'un site dans un espace vert peut provoquer quelques nuisances, au niveau du bruit et des matériaux utilisés. Enfin, la production de boues reste conséquente.

IV.3. Paramètre de fonctionnement des stations à boues activées :

A. La charge massique (Cm) :

C'est la masse de nourriture entrant quotidiennement dans le bassin d'aération par rapport à la masse de boues présente dans ce réacteur [19].

Elle est exprimée en (kg DBO5.kg-1MVS.j-1). [20]

B. La charge volumique (Cv) :

C'est la masse de nourriture arrivant quotidiennement dans le bassin d'aération ramenée au volume du bassin d'activation.

$$Cv = QS0 / V$$

Q : débit de l'effluent à l'entrée de l'aérateur.

S0 : Substrat à l'entrée de l'aérateur.

V : Volume utile du bassin d'aération

Elle est exprimée en (kgDB05m-3 j-1) [20]

Il est courant de classer les différents procéder par boues activées suivant la valeur de la charge massique ou volumique à laquelle ils fonctionnent. Les valeurs sont montrées sur le tableau IV.1 :

Tableau IV.1 : Classification des procédés à boues activées. (Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Boue_activée)

Type	**Charge massique (kg DB5.kg-1MVS.j-1)**	**Charge volumique (kg DB5.m-3.j-1)**
Très fort charge	>1.5	1,0
Forte charge	0.50 à 1.5	2 ,4
Moyenne charge	0.25 à 0.50	4
Faible charge	0.1 à 0.25	8
Très faible charge	< 0.1	20

C. Age des boues (A) :

C'est le rapport entre la masse de boues présentes dans le réacteur et la masse journalière de boues produites par la station [18].

IV.4. Décantabilité des boues :

Le bon fonctionnement d'une station de boues activées repose sur celui du bassin d'aération, mais également sur celui du clarificateur. Pour que ce dernier puisse séparer efficacement la biomasse de l'eau traitée, cette biomasse doit être correctement floculée [18].

Si Im (indice de mohlman)> 200 les boues sont malades. Il peut se produire un phénomène de bulking qui empêche la décantation normale des flocs.

Plusieurs raisons sont à l'origine de ce problème :

La croissance exagérée de bactéries filamenteuses due à la trop grande richesse de l'effluent en substrat facilement dégradable.

l'arrivée de toxiques qui réduit l'activité biologique et détruit le floc.

l'excès ou l'insuffisance d'O2 dans le bassin d'aération.

la mauvaise vitesse de décantation dans le clarificateur secondaire [20].

IV.5. Aération dans les bassins à boues activées :

L'aération c'est pour la dégradation des matières organique et encore pour maintenir les bactéries en vie au moyen d'appareils appelés aérateurs.

On admet cependant, que le micro-organisme aérobie en suspensions dans l'eau n'utilise pas directement l'oxygène gazeux, et que celui que l'on se propose de leur fournir

IV.5.1. Les systèmes d'aération :

A. Aération mécanique de surface :

Les aérateurs de surface que l'on peut diviser en 3 groupes :

- aérateurs à axe vertical à faible vitesse, aspirant l'eau par le fond et la rejetant directement à l'horizontale.

- aérateurs à axe vertical à grande vitesse (1000 à 1800 tr mn-1)
- aérateurs à axe horizontal permettant l'oxygénation par pulvérisation d'eau dans l'air [20].

B. Aération par air sur pressée :

Les dispositifs d'injection d'air sur pressé à fines bulles (diffuseurs poreux à haut rendement d'oxygénation : 12 %), à moyennes bulles (diffuseurs à clapets) ou à grosses bulles (diffuseurs à larges orifices) à faible rendement d'oxygénation 5 % [20].

IV.6. Paramètre influençant les bassins à boues activées :

A) Effet de la température :

L'influence de la température dans les phénomènes biologiques. Elle intervient sur la cinétique de dégradation et la vitesse de croissance de bactéries.

Les basses températures occasionnent une augmentation de la viscosité donc une décantation plus lente [21].

B) Effet du pH :

Les systèmes biologiques tolèrent une gamme de pH allant de 5 à 9 avec une zone optimale de 6 à 8 [16].

IV.7. Micro-organisme des boues activées :

La classification des êtres vivants permettent de les classer en deux catégories :

Le règne animal et le règne végétal. Les bactéries sont à la limite des deux règnes on distingue une microflore et une microfaune [16].

a. Microflore et microfaune des boues activées :

La faune et la flore bactérienne, appelées encore biomasse, représentent l'ensemble des êtres vivants, animaux et végétaux, qui sont présents dans le milieu considéré. Les bactéries sont les actrices principales du traitement mais les autres formes biologiques gravitant autour d'elles (protozoaires, métazoaires,…) sont indispensables au bon équilibre de l'écosystème. Les espèces varient suivant le type de station de traitement et sont caractéristiques du fonctionnement d'une station. Entre toutes ces espèces se créent alors des relations de compétition, certaines vont se développer plus facilement au détriment d'autres qui resteront minoritaires ou tendront à disparaître.

Les propriétés acides ou basiques du milieu peuvent en particulier donner lieu à des développements préférentiels. Chaque type de bactérie est caractérisé par un pH « optimal » qui conviendra le mieux à sa croissance et à son développement. Il existe par conséquent des limites inférieure et supérieure de pH au-delà desquelles la bactérie ne peut pas se développer. Pour le traitement de la majorité des effluents, un pH neutre doit être maintenu.

Les bactéries utilisées dans les procédés à boues activées sont classées en deux catégories :

Les bactéries hétérotrophes pouvant se développer en milieu aéré (aérobie) ou non aéré (anoxique) : elles utilisent du carbone organique comme substrat et, selon leur type et le milieu considéré, peuvent dégrader la matière carbonée ou les nitrates-nitrites.

les bactéries autotrophes ne se développant qu'en milieu aéré (aérobie) : elles utilisent du carbone minéral (CO_2) comme substrat, elles ne dégradent pas les matières carbonées mais permettent d'éliminer les composés azotés [25]

Conclusion :

On peut affirmer que l'exigence de la qualité et de la fiabilité du traitement de l'eau se répercute directement sur la gestion des boues qui s'avère particulièrement onéreuse et doit être optimisée en tenant compte plus particulièrement des destinations finales possibles pour les boues.

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 V :
Traitement Des Boues

CHAPITRE V : TRAITEMENT DES BOUES

Introduction :

Inévitablement, la quasi-totalité des procédés d'épuration appliqués aux effluents résiduaires des secteurs industriel et urbain, qu'ils soient biologiques ou physico-chimiques, aboutissent à concentrer les polluants sous forme de suspension aqueuses ou de boues. Ces boues constituent des déchets volumineux, puisqu'elles contiennent généralement 95 à 99 % d'eau, et sont génératrices de nuisances dans la mesure où, souvent, elles contiennent des matières organiques fermentescibles et/ou des matières toxiques.

Le but du traitement des boues est de réduire le volume et de rendre les boues inertes. La diminution du volume est obtenue par l'élimination de l'eau. Il faut réduire la teneur en matières organiques pour éviter toute fermentation. Le choix du traitement est fonction de l'origine et de la qualité des boues.

V.1. Définition des boues :

Les boues sont des effluents liquides fortement chargés en matières solides (avec des concentrations en solide de 1 à 10 %, soit 10 à 100 g/l). Elles sont constituées essentiellement d'eau et de matières organiques et minérales (éléments fertilisants).

Ces boues liquides subissent des traitements supplémentaires avant toute utilisation, afin de réduire leur teneur en eau, supprimer les mauvaises odeurs, etc. Il faut savoir qu'en moyenne :

1000 litres d'eaux usées donnent au final 20 litres de boues.

Chaque individu produit 3 litres de boues par jour [4].

V.2. Principe du traitement des boues :

Le principal objectif du traitement des boues en station d'épuration est d'en réduire le volume pour limiter les quantités à stocker (voire à épandre), et de les stabiliser pour en améliorer les caractéristiques physiques (amélioration de leur tenue en tas) et arrêter la biodégradation dont elles sont le lieu. En effet, leur forte teneur en eau (99 %) et les fortes populations bactériennes qui s'y retrouvent en font un bouillon de culture favorable à la dégradation de la matière organique fraiche et très fermentescible qu'elles contiennent, avec production de mauvaises odeurs. Outre la teneur en éléments-traces (liée à la présence de matières minérales dissoutes ou insolubles), la siccité est un paramètre fondamental de la caractéristique des boues : Elle s'exprime en tonnages de Matière Sèche (MS).

V.3. Composition des boues :

Les boues urbaines sont composées principalement d'éléments fertilisants, notamment en phosphore et en azote.

Les collectivités peuvent être amenées à traiter différents types de boues suivant le traitement des eaux mis en place sur la STEP (Tableau I.1) :

- Les boues primaires qui proviennent du traitement primaire des eaux usées par décantation,
- Les boues biologiques, biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelés boues secondaires ou boues activées.
- Les boues mixtes, mélange de boues primaires et de boues biologiques. Elles proviennent de la totalité de la station.
- Les boues physico-chimiques, provenant de la décantation après traitement avec un réactif.

CHAPITRE V : TRAITEMENT DES BOUES

Les stations de traitement des eaux usées de capacité supérieure à 2 000 EH produisent exclusivement des boues activées dans le tableau suivant.

Tableau V.1 : Différents types de boues de STEP. (Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Boues_d%27épuration)

Type de boue	**Boues primaires**	**Boues biologiques (boues secondaire ou boues activées)**	**Boues mixtes**	**Boues physico-chimiques**
Origine	traitement primaire par décantation	traitement biologique secondaire	traitement primaire et secondaire	décantation après traitement avec un réactif
Composition et siccité	matière inorganique	composés organiques avec un petit pourcentage de composés inorganiques	mélange de boues primaires et de boues biologiques	
	Couleur grise siccité 5%	boue granulaire, de couleur brun-jaunâtre, pulvérulente et de décantation difficile siccité 1-2%	siccité 5%	siccité 4-5%

V.4. Etapes de traitement des boues :

V.4.1. L'Epaississement :

Il s'agit de la première étape de traitement des boues, qui s'opère en général avant le mélange des boues issues des différentes étapes d'épuration des eaux usées (boues primaires, secondaires, et éventuellement tertiaires). Cette étape peut être précédée de l'ajout de floculant organiques de synthèse (poly électrolytes) ou minéraux (chaux, sels de fer ou d'aluminium), afin de faciliter la séparation des phases solide et liquide des boues.

V.4.1.1. Epaississement par flottation :

Bien adaptée aux boues biologiques, la flottation a l'avantage d'être un procédé rapide par rapport à la décantation et réalisé 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/t MS) et son fonctionnement délicat. Ce procédé est donc réservé principalement aux grandes stations (10 000 à 100 000 EH).

V.4.1.2. Epaississement gravitaire : la décantation (ou sédimentation) :

Cette technique est la plus utilisée pour la concentration des boues. Elle est très répandue dans les grandes stations (10 000-100 000 EH). Une hauteur de 3,5 à 4m est préconisée pour le bassin de

décantation, en tenant compte du volume de stockage, afin de faciliter le tassement de la boue. La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 à 10% selon la nature des boues traitées.

Ce procédé est peu coûteux (consommation énergétique de l'ordre de 1 à 7 kWh/t MS) et d'exploitation simple mais de faible performance sur les boues biologiques (boues très fermentescibles) avec une siccité seulement de 1,5-2,5%. De plus, la mise en place de l'ouvrage nécessite une surface et un volume très importants.

Le temps de séjour des boues dans l'épaississeur est d'environ 48h. La performance est variable selon la nature des boues : pour les boues primaire, 40-80kg de MS/m^2/jour, et pour les boues biologiques : 25kg de MS/m^2 /jour.

V.4.2. Stabilisation :

Le rôle assigné à la stabilisation est d'assurer la réduction du caractère fermentescible des boues organiques, pour éviter les nuisances, notamment l'émission de mauvaises odeurs lors de leur stockage et de leur traitement de déshydratation. La destruction des germes pathogènes peut parfois être aussi un objectif.

Les boues produites à l'état liquide peuvent être stabilisées par des procédés de traitement chimiques ou biologiques (aérobies ou anaérobies) [2].

V.4.2.1. La stabilisation chimique :

La stabilisation chimique consiste à bloquer l'activité biologique des boues en y mélangeant de la chaux vive, CaO, ou de la chaux éteinte, $Ca(OH_2)$. Les doses de chaux sont calculées en fonction des siccités initiale et finale des boues, dans une proportion de 10 à 50 % de la MS des boues, ce qui en élève le pH au-delà de 12. En général, cette stabilisation s'opère après déshydratation des boues. En sortie, les boues sont dites hygiénisées. Cette pratique concerne En général des stations d'épuration de plus de 15.000 EH. Parfois, la stabilisation chimique s'opère avec ajout de nitrites à pH acide.

V.4.2.2. La stabilisation biologique :

Elle s'opère selon deux voies biologiques possibles : aérobie (en présence d'oxygène) et anaérobie (en l'absence d'oxygène).

A. La stabilisation aérobie :

Consiste à mettre les boues dans des bassins d'aération dits aussi bassins de stabilisation aérobie. En sortie, les boues sont dites « aérobies » ou « stabilisées aérobies ». Le compostage est un mode de stabilisation aérobie des boues, le plus souvent après déshydratation. Il s'agit souvent d'un traitement de stabilisation biologique complémentaire, destiné à la fabrication d'un produit : le compost. Cependant, il constitue le seul mode de stabilisation des boues primaires et secondaires issues d'un traitement physico-chimique des eaux usées.

B. La stabilisation anaérobie :

Concerne surtout les installations de plus de 100.000 EH. Elle consiste à mettre dans des digesteurs les boues directement issues de la décantation primaire de la filière de traitement des eaux usées, et à les porter à haute température (de 50 à plus de 100°C) afin d'en éliminer bactéries et virus. Stabilisées avec 30 à 60 % de quantités de matière organique en moins, en sortie les boues sont dites « anaérobies », « stabilisées anaérobies » ou « digérées ». Elles présentent une siccité pouvant aller au-delà de 20 à 30 %. Ces procédés de digestion anaérobie, appelés aussi méthanisation, s'accompagnent de la production de biogaz riche en méthane (65%) et en dioxyde de carbone (35%), avec des concentrations faibles d'hydrogène sulfuré

saturé en eau. La récupération et la valorisation de ce biogaz (sous forme de chaleur, d'électricité, de combustible ou de carburant) représente un des postes permettant de réduire l'empreinte environnementale de la filière boue.

V.4.3. Conditionnement :

La rupture de la stabilité colloïdale des boues peut être obtenue en appliquant plusieurs principes de nature physique, chimique ou thermique, ou leurs combinaisons. Les techniques les plus souvent mises en œuvre sont les conditionnements chimique et thermique [3].

V.4.3.1. Conditionnement chimique :

Les sels ferriques [$FeCl_3$, $FeSO_4Cl$, $Fe_2(SO_4)_3$] et d'aluminium [$Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O$, $AlCl_3$), généralement utilisés conjointement avec la chaux, restent les plus efficaces et les plus couramment utilisés dans la déshydratation des boues organo-colloïdales par filtration sous vide ou sous pression élevée. Les doses sont rapportées, en produit pur, à la teneur en matières sèches de la boue [1].

V.4.3.2. Conditionnement thermique :

Il consiste à traiter les boues organocolloïdales par cuisson par des procédés technologiquement différents. Si la boue est chauffée à une température variant entre 160 et 210 °C sa structure est irréversiblement transformée en libérant la majeure partie de l'eau liée ou combinée. Le temps de cuisson varie de 30 à 90 min.

Le conditionnement thermique est particulièrement adapté aux stations importantes équipées de digesteurs. Le gaz produit peut alors être utilisé directement dans les chaudières fournissant la chaleur nécessaire au conditionnement. Les dépenses de fonctionnement sont alors réduites [1].

V.4.4. Déshydratation :

La déshydratation permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 15 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues et la technique de déshydratation utilisée. Elle s'opère sur un mélange de boues primaire, secondaire voire tertiaire.

V.4.4.1. Déshydratation artificielle :

Pour les stations d'épuration physico-chimique ou biologiques des eaux résiduaires urbaines et industrielles, produisant des volumes de boues importants, on est évidemment conduit à rechercher des techniques de séchage plus élaborées, permettant d'aboutir plus rapidement à un résultat.

On distingue :

- La filtration
- La déshydratation par centrifugation

A. La filtration :

L'essorage des boues par filtration est le mode de déshydratation jusqu'ici le plus utilisé dans le traitement des boues provenant de l'épuration de l'eau. Cette filtration peut consister en un simple drainage sur lits de sable, ou une filtration sous vide ou sous pression, faisant appel à des matériaux plus élaborés **[**6].

B. La centrifugeuse :

La centrifugeuse est le matériel qui a le plus évolué ces dernières années, ce qui lui a permis de se rapprocher et parfois d'égaler les performances des filtres presses.

Il s'agit d'une séparation des phases liquide et solide, du fait de leur densité, par accélération centrifuge dans un bol dans lequel tourne une vis. Cette vis racle et évacue la phase solide.

En général, la conception de la vis est adaptée à un type de boue précis. La compacité de cette technologie permet de développer des unités mobiles de déshydratation, ce qui assure une certaine flexibilité du procédé.

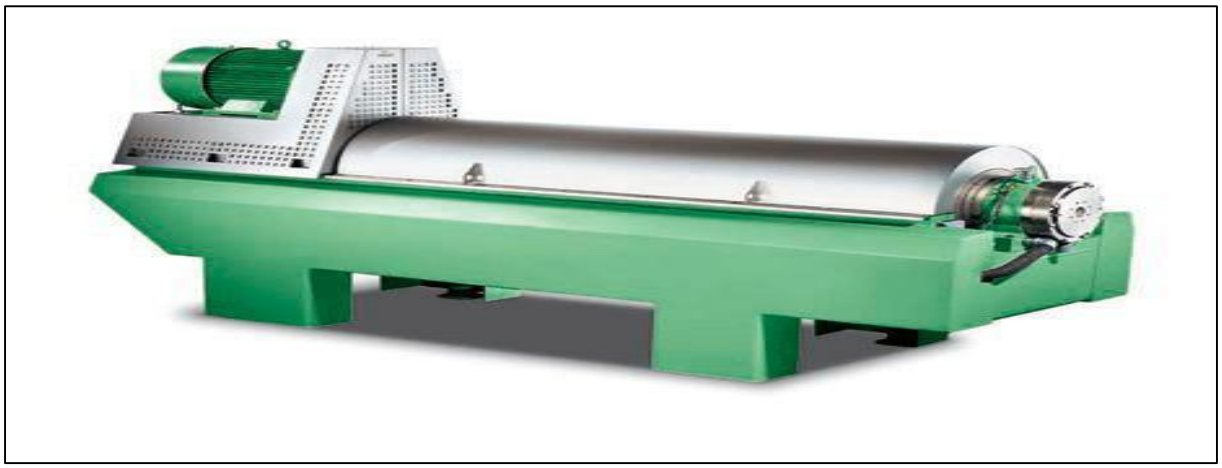


Figure V.1 : une centrifugeuse. (Source : ma-centrifugeuse.com/)

V.4.4.2. Déshydratation naturelle (séchage) :

A. Le séchage :

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elles contiennent ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente.

B. Les lits de séchage :

Ce procédé consiste à répartir les boues à déshydrater sur une surface drainante (composée de plusieurs couches de gravier et de sable de granulométries variables), à travers laquelle s'écoule l'eau interstitielle. Ces lits de séchages sous mis sous serre pour non seulement tirer partie du phénomène d'évaporation naturelle, mais l'accélérer par les rayons du soleil. On parle alors de séchage solaire. Une autre variante de ce procédé consiste à mettre les lits de séchage sous couvert végétal (roseaux), ce qui permet de s'affranchir des conditions climatiques. Ce procédé est appelé lits à macrophytes. En sortie des lits de séchage, les boues sont solides, d'une siccité d'environ 35 à 40 %. Ce procédé de séchage présente l'intérêt d'être en plus une solution de stockage des boues. Il est particulièrement bien adapté aux stations d'épuration des collectivités de moins de 5.000 EH, voir la figue V .2 la page 50.

Figure V.2 : lit de séchage. (Source : akvopedia.org/wiki/ Lits_de_ Séchage_non_plantés)

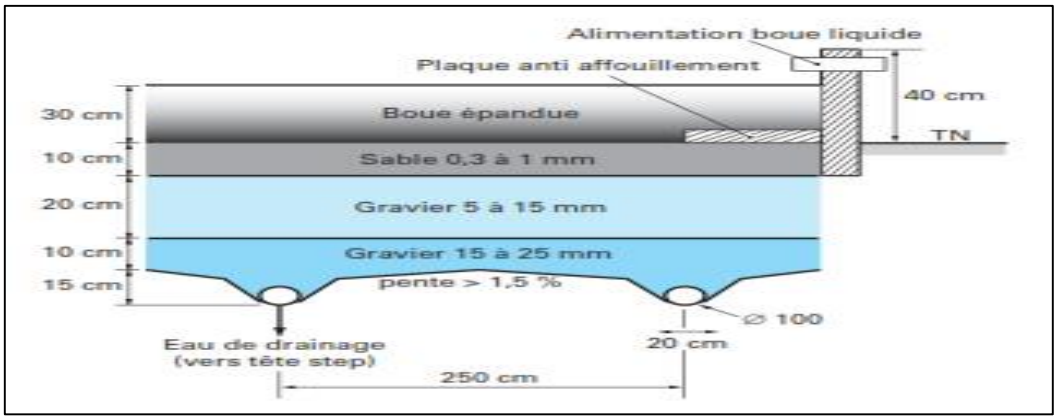


Figure V.3 : coupe d'un lit de séchage. (Source : akvopedia.org/wiki/ Lits_de_ Séchage_non_plantés)

C. Séchage solaire :

La profondeur de boue lors du remplissage peut varier de 10cm à 50cm selon la nature des boues. Ce lit de séchage se trouve sous serre, ce qui permet de garder la chaleur, d'avoir une température de l'air et des boues plus élevée, mais également d'accélérer le séchage par les rayons du soleil voir (Figure V.4) dans la page 51.

Afin de diminuer le temps de séjour des boues et d'augmenter la siccité, des ventilateurs sont souvent installés dans les serres. De plus, le dimensionnement du lit doit prendre en compte le climat, le bilan hydrique et la siccité des boues en entrée.

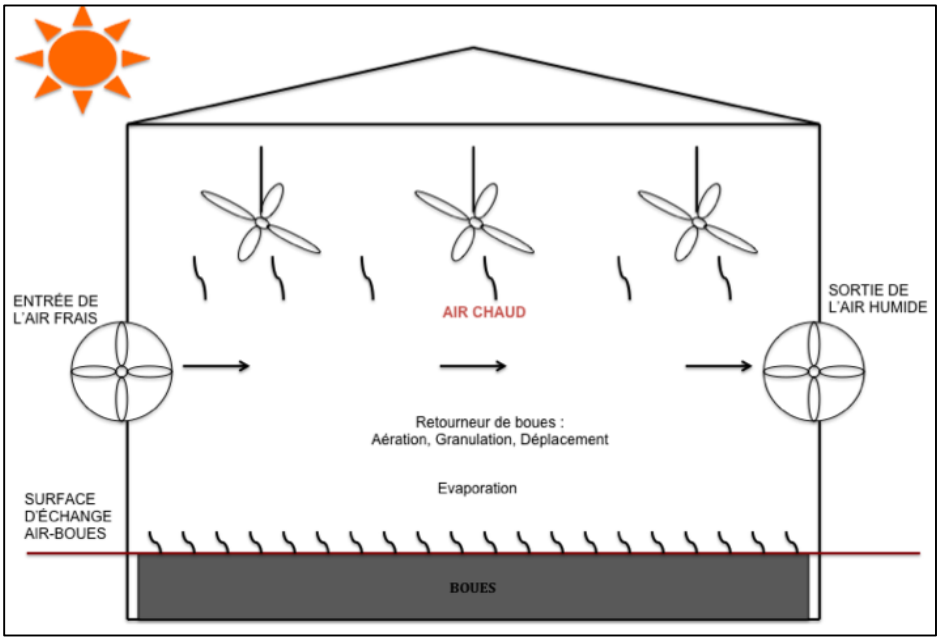


Figure V.4 : Schéma du fonctionnement d'une serre à séchage solaire. (Source : akvopedia.org/wiki/ Lits_de_Séchage_non_plantés)

V.5. Destination finale des boues :

Il existe trois principales destinations pour les boues de station d'épuration :

- Le recyclage.
- L'élimination ou destruction de la mo avec revalorisation énergétique.
- La mise en décharge.

V.5.1. Valorisation des boues :

V.5.1.1. Valorisation agricole :

L'épandage agricole est une pratique ancienne, qui a connu un essor important ces 30 dernières années du fait de l'augmentation de la population et de la généralisation des stations d'épuration dans les villes.

L'épandage a un double objectif :

➢ utiliser les sols pour "digérer" les boues.

➢ faire bénéficier les agriculteurs des capacités fertilisantes des boues.

Les boues sont susceptibles de contenir des éléments biologiques ou chimiques pouvant avoir un impact sur l'environnement ou la santé (bactéries, hydrocarbures, etc.), La réglementation impose donc des analyses avant épandage et fixe des teneurs limites pour éviter toute contamination [3].

Il faut savoir que :

➢ Tous les sols ne sont pas adaptés à recevoir des boues (sols argileux).

➢ L'utilisation agricole n'est possible que durant certaines périodes de l'année. On doit prendre en considération les types de cultures pratiquées et le climat.

Conclusion :

On peut affirmer que l'exigence de la qualité et de la fiabilité du traitement de l'eau se répercute directement sur la gestion des boues qui s'avère particulièrement onéreuse et doit être optimisée en tenant compte plus particulièrement des destinations finales possibles pour les boues.

CHAPITRE VI : Etude Qualitatif de rejet

CHAPITRE VI : ETUDE QUALITATIF DE REJET

Introduction :

Dans un projet de conception d'une station d'épuration, l'évaluation des débits des caractéristiques des eaux usées à traiter (les charges polluantes) est indispensable car il s'agit des facteurs de dimensionnement des ouvrages d'une station de traitement des eaux usées.

L'analyse des eaux usée est une phase très importante pour la conception d'une station d'épuration, elle caractérise les paramètres de pollution de l'eau tel que : La DBO, DCO, MES, PH…..etc. qui vont ensuite exprimer la charge polluante. La mesure du flux polluant fait intervenir une suite des démarches nécessitant une méthode et un matériel approprie.

- Mesure des débits.
- Mesure de la température, PH.
- Prélèvement des échantillons.
- Conservation des échantillons.
- Analyse des échantillons.

On peut avoir certaines analyses qui se font in situ comme c'est le cas pour la température et le PH. Aussi, la pollution de l'environnement est diverse et complexe suivant son origine urbaine ou industrielle.Il est donc nécessaire d'identifier cette pollution en faisant des analyses de tests portant sur sa composition physico-chimique pour en assurer un traitement adéquat.

VI.1. Pollution existantes dans la région d'étude :

VI.1. 1. Echantillonnage :

L'échantillonnage est une opération à laquelle le plus grand soin doit être accordé, car il conditionne les résultats analytiques qui en sera donnée.Il est donc important de respecter deux notions principales :

- Les échantillons doivent être aussi représentatifs que possible, c'est-à-dire, vu la variation du régime de consommation et donc du rejet dans le temps, la journée, pour les échantillons sont prélevés a des heurs distinctes de la journée, pour avoir un prélèvement correspondant à la composition moyenne.
- Eviter contamination par les produits hexogènes. 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.

VI.1.2. Choix du point de prélèvement :

Les analyses des eaux usées de la ville de BOUGHERDAINE
ont été confiées au bureau d'étude DEISA. Les prélèvements ont été réalisés aux heures de pointe de la consommation d'eau à 8h et 16h30 au niveau du collecteur final.

Ces prélèvements ont été effectués à l'aide d'un seau en polyéthylène ensuite répartis dans des bouteilles en polyéthylène propres et après les avoir rincées avec de l'eau à examiner. Un échantillon moyen a été reconstitué et transporté dans une glacière pour analyse au laboratoire du bureau d'étude DEISA.

Il conviendrait de préciser que le nombre de prélèvement ainsi que les paramètres de pollution analysés ont été conditionnés par les moyens dont disposent le laboratoire du bureau d'étude DEISA ont été réalisées ces analyses .

Les deux photos représentent le rejet de la ville de BOUGHARDAINE.

Figure .VI.1 : Les deux figures représentent le rejet de la ville de BOUGHERDAINE.

VI.1.3. Paramètres analytiques :

Les paramètres pris en compte dans le cadre du projet de réalisation de la station d'épuration de BOUGHERDAINE sont : température, PH, MES, DBO5, DCO, nitrate, nitrite, phosphates et graisses.

Tableau VI.1 : méthodes d'analyses des principaux paramètres.

Paramètres mesurés	**Méthodes utilisées**
Température	Thermomètre
Ph	pH mètre (pH 510)
Les matières en suspension	Centrifugation à 105^0 C
La demande biochimique en oxygène (DBO5)	DBO mètre
La demande chimique en oxygène (DCO)	Spectrophotomètre
La pollution azotée (NH_4)	Méthode de KJELDAHL
Le phosphore PO_4	Calorimètre
Métaux lourds (Cd, Cr, Pb et Zn)	Absorption atomique

VI.2. Résultats de l'analyse chimique :

L'analyse chimique donne les résultats pratiques qui sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 : Les résultats de l'analyse chimique.

Paramètres Analysés	**PH**	**MES**	**DBO_5**	**DCO**	**Azote Total**	**Phosphore total**	**Température**	**Cd**	**Cr**	**Pb**	Zn
Concentration des polluants (mg/l)	7,1	1080	720	1680	6,56	0,98	18°C± 2	(<0.021)	(<0.18)	(<0.28)	(<0.161)
concentrations des polluants à l'entrée de la STEP (mg/l)	6 à 8	Inférieur à800	200à 350	Inférieur à-600	30à 60	6,5 à 8	Inférieure à 30°C	(<0.05)	(<0.28)	(<0.39)	(<0.22)

VI.3. Interprétation des résultats d'analyses obtenus :

Les résultats d'analyses physico-chimiques d'eaux usées urbaines de l'aire d'études, qui furent obtenus, au niveau des deux principaux exutoires peuvent être interprétés comme suite :

VI.3.1. Température :

La température des eaux usées constitue un des paramètres influençant leur composition (effet sur la solubilité des sels). Elle favorise aussi la formation d'une biomasse bactérienne importante. La température élevée, freine également la vie de la flore et de la faune aquatique et beaucoup d'organismes dépourvus de mécanismes de régulation thermique, verront leurs activités vitales ralenties **(MEINK et *al*, 1977 ; HARZOULI et *al*, 2007).**

Les valeurs de température durant notre expérimentation, ont tendance à baisser en s'orientant vers la sortie de la station Les moyennes de température des différents points de prélèvement, diminuent de la fosse septique vers le boiter de contrôle.

Les températures de l'eau est 25°C. Ces valeurs ne sont pas conformes aux normes algériennes de rejet (30°C) **(JORA, 1993).** Cette variation est en relation avec la température de l'atmosphère.

VI.3.2. pH :

Le pH sert à quantifier la concentration en ions H de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. Cette mesure peut apporter des renseignements sur la qualité d'une eau **(FRANCK, 2002).**

D'après le tableau, les valeurs de pH des eaux usées de la station oscillent entre 6 et 8. Ces valeurs sont conformes avec les normes de rejet algériennes (6,5<pH<8,5) **(JORA, 1993)**.

- Principe :

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. C'est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

- Mode opératoire :

L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche.

- Vérifier les diverses connexions : secteur, électrodes, etc…
- Dégager l'électrode de sont support.
- Oter le chapeau protecteur de l'électrode double, le déposer en lieu sûr.
- Rincer abondamment l'extrémité de l'électrode avec l'eau distillée.
- Essuyer l'extrémité de l'électrode.
- Replacer l'électrode sur son support.
- Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec l'eau distillée puis avec l'échantillon.
- Remplir le vase de mesure avec l'échantillon.
- Immerger l'électrode avec précaution habituelles et agiter.
- Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée [24].

VI.3.3 Les matières en suspension :

Les teneurs de matières en suspension, des prélèvements effectués à différents points de la station, diminuent en allant de l'amont vers l'aval**,** avec une valeur maximale de l'ordre de 343 mg/l, enregistrée au niveau de la fosse Septique. La valeur minimale enregistrée à la sortie de la station est 24 mg/l. Le rendement était de 93% pour les deux mois, ce taux explique l'efficacité de ce genre de procédé d'épuration. Et ce qui confirme ça c'est les résultats obtenus au niveau du boitier de contrôle (à la sortie), qui sont conformes aux normes algériennes de rejet (30mg/l) **(JORA ,1993)** [27].

Dans tous les prélèvements, nous remarquons une diminution de teneur en MES au niveau du bassin WWG. Cette diminution s'explique par les filtres utilisés à base de liff au niveau de la fosse septique. Au niveau du boitier de contrôle, nous notons une chute de teneurs de MES, due aux matériaux de remplissage (gravier) utilisés dans le bassin et les racines des macrophytes qui jouent le rôle de barrière physique, freinant le transport des MES vers la sortie du bassin et contribuant ainsi à leur décantation et digestion dans les sédiments **(WOLVERTON, 1987).**

VI.3.4. La demande biochimique en oxygène (DBO5) :

L'effet principal d'un rejet de matières organiques biodégradables dans le milieu naturel correspond à la consommation d'oxygène qui en résulte. La détermination de la DBO5 a donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'en estimer les effets **(Franck, 2002).**

D'après le tableau (1), la valeur maximale 720mg /l enregistrées au niveau de la fosse Septique, la valeur minimale enregistrées à la sortie de la station, le rendement était 90,84% au mois Avril la station d'élimination bien en matière organique, Ces résultats sont supérieurs aux normes algériennes admises au rejet (40mg/l) **(JORA, 1993)** [27].

Le rapport DCO /DBO5 est compris entre 1,72 indiquant une biodégradabilité facile. Ce rapport indique également que cette eau est une eau usée domestique où ce rapport est généralement compris entre 1,5 et 2, pouvant atteindre 2,5 à 3 sans inconvénient sensible **(MOLL, 2002)**.

VI.3.5. La demande chimique en oxygène DCO :

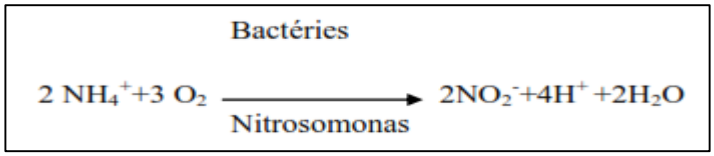
La DCO s'exprime en mg/l d'oxygène et correspond à la quantité effective d'oxygène nécessaire pour oxyder dans les conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné **(MOLL, 2002)**.

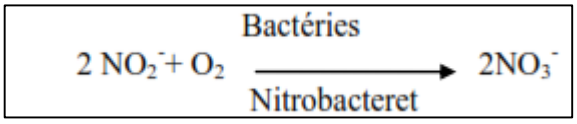
D'après le tableau, la valeur maximale 1680 mg /l d'oxygène dans la fosse septique, et la valeur minimale 20 mg /l enregistrées sortie de la station, le rendement était 89,79% au mois Avril avec

rendement fort .ces valeurs sont inférieures aux normes algériennes admises aux rejets (120 mg/l) **(JORA, 1993).**

VI.3.6. La pollution azotée :

L'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes : Minérale, principalement sous forme d'ions ammoniums (NH4+), d'ions nitrites (NO2-), et d'ions nitrates (NO) d'ions nitrates (NO-3).Les nitrates (NO), sont des ions minéraux nutritifs, fortement solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes, et que l'on retrouve souvent en grande quantité dans les eaux des nappes souterraines (**BOUZIANI, 2000)** [27]**..**





, sous cette forme, l'azote est peut être absorbé par toutes les plantes **(BLIFERT et PERRAUD, 2003).**

VI.3.7. Le phosphore :

Le phosphore est mesure sous forme de phosphore totale (Pt). La recherche des fractions minérales (phosphates issus des produits lessiviers) et organiques (d'origine humaine ou industrielle) permet de juger des conditions de traitement biologique de l'effluent et des risques liés à l'eutrophisation des eaux calmes.

- Mode opératoire :

- Prélever 1 ml à l'aide d'une pipette de l'échantillon mère.
- Introduire ce1 ml dans un bécher.
- Compléter à 10 ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter le réactif (phosphore PGT) à cette eau.
- Faire une agitation légère.
- Laisser la solution se reposer pendant 2 min.
- Mettre en marche le spectrophotomètre.
- Remplir la cuve avec de l'eau distillée (blanc).
- Essuyer la cuve.
- Introduire la cuve de référence dans le port cuve.
- Programmer la longueur d'onde désirée (890nm).
- Enlever la cuve de référence.
- Introduire la cuve remplie précédemment par l'échantillon à mesurer ensuite l'essuyer.
- Appuyer sur la touche (READ) puis lire le résultat [24].

- Le rapport entre DBO5, N, P (DBO5/N/P) :

L'azote et le phosphore sont des constituants essentiels de la matière vivante, leur présence est indispensable pour assurer le traitement par voie biologique. Les études menées à ce sujet, montrent qu'un rapport DBO5/N/P de 720/5/1 et DCO/N/P de l'ordre de 180/8.67/1.81 donc 11.47 dans les normes permet d'assurer un développement normal des microorganismes épurateurs en milieu aérobie (biodégradabilité de l'eau usée).

VI.3.8. Métaux lourds (Cd, Cr, Pb et Zn) :

Les eaux usées comme les eaux pluviales contiennent aussi des métaux lourds, en particulier plomb (Pb), cadmium (Cd), zinc (Zn), chrome (Cr), mercure (Hg), cuivre (Cu).

Ces métaux sont toxiques d'une part, pour le milieu naturel ou ils peuvent être bio accumulés tout le long de la chaine alimentaire et pour les boues activées des stations d'épuration biologiques, d'autre part. Dans notre cas les concentrations moyennes obtenues concernant les quatre métaux lourds suivants: - < 0.02 mg Cd/l,- < 0.18 mg Cr/l, - < 0.29 mg Pb/l, - < 0.15 mg Zn/l au niveau des deux exutoires examinés, restant très largement inférieures aux normes algériennes recommandées pour les effluents industriels, ce qui nous confirme d'une part, la nature domestique des eaux résiduaires urbaines examinées, et d'autre part l'absence d'une quelconque activité industrielle polluante, utilisant ce type de substance toxiques dans leur procédé de production (fabrication). Les quatre faibles doses d'ions métalliques examinés (Cd, Cr, Pb, Zn) ne devront apparemment pas réduire l'efficacité du traitement aérobie.

- Pollution causée par les équipements :

L'approche des quantités rejetées par les différents équipements est très difficiles, on utilise alors une approche sécuritaire dans la détermination des débits (Approche théorique).

Vu le manque de données sur les autres équipements de la commune, à savoir : le secteur commercial, l'activité industrielle, … que ce soit l'état actuelle ou pour le future, le nombre d'équivalent habitants de la région sera majorés de 20% pour le dimensionnement de la station d'épuration.

- La qualité des eaux épurées : après les analyses les résultats de DBO_5, DCO, MES et Azote total qui sont rejetes milieu naturel, ils respectent les normes :

DBO_5 : Inférieur à 20 (mg/l) sur 24H.
DCO : Inférieur à 90 (mg/l) sur 24H.
MES : Inférieur à 30 (mg/l) sur 24H.
Azote total : Inférieur à 10 (mg/l) sur 24H.

- Biodégradabilité et nature du rejet :

Les effluents biodégradables sont caractérisés par des paramètres suivants :

- $DCO / DBO_5 < 1.72$
- $DCO < 600$ mg/l

Il est donc intéressant de vérifier la valeur du rapport DCO / DBO_5 pour déduire la nature de rejet, nous prendrons les valeurs moyennes de la DBO_5

La valeur moyenne de DCO/ DBO_5. Est de l'ordre de 1.72, cette valeur n'est pas loin du rapport de la biodégradabilité DCO / DBO_5 qui est de l'ordre de 1.72.

Ce rapport montre que les rejets du centre de la ville de BOUQHRDAINE contiennent des matières organiques biodégradables. Ce constat est confirmé par le fait qu'il n'existe aucune industrie polluante rejetant dans le réseau d'assainissement.

Les résultats des analyses ne sont valables que si l'échantillon ne s'est pas altéré entre le moment du prélèvement et l'analyse, il faut tenir en compte des nombreuses transformations physiques, chimiques et biologiques qui peuvent avoir lieu et risquent de fausser les résultats.

Ainsi, les méthodes de mesurés choisis, même si elles sont très précises peuvent être limitées par le manque de sensibilité des appareils .Le problème d'échantillonnage dans les eaux usées est très délicat, et on se heurte d'une manière générale à de grandes difficultés pour parvenir à une représentativité idéale de l'échantillon et par la suite à de bon résultats.

Conclusion :

Dans ce qui a précédé, on a peut évaluer les charges polluantes ainsi que les charge hydraulique arrivant en tête de la future station d'épuration. Ces paramètres permettront de dimensionner les différents ouvrages constituant le procédé d'épuration par boue activée.

Des prélèvements et des analyses ont été effectués pour le rejet principal de notre agglomération. Sachant que la composition des effluents résiduaires varie au cours de la journée d'une façon imprévisible, ceci est dû au mode de vie et aux habitudes de la population raccordée, ainsi qu'aux horaires et cycles des activités de la région.

Ces eaux étaient rouge pendant toute la matinée, du au rejet des abattoirs. Mais au cours de la journée, elle reprenait une couleur grisâtre, semblable aux eaux domestiques.

Il est clair, que si les autorités responsables ne prennent pas les dispositions nécessaires afin d'interdire le déversement direct des eaux d'abattoirs dans le réseau d'assainissement. Ces derniers vont perturber le traitement biologique de la station ; pour cela il faudra prévoir un traitement physico-chimique très couteux. Les abattoirs doivent impérativement prétraité leurs eaux avant de les rejeter.

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

Les analyses physico-chimiques effectuées au sein de la STEP de BOUGHERDAINE sont indispensables pour pouvoir juger de la performance de le STEP et d'avoir une idée globale sur le rendement de chaque procédé d'épuration.

CHAPITRE VII : Dimensionnement de la STEP

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DE LA STEP

Introduction :

Les systèmes d'épuration doivent être dimensionnés, conçus et exploités de telle manière qu'ils puissent traiter les flux de matières polluantes correspondant à leurs débits et leurs charges de référence. Un dimensionnement adapté est celui qui permet d'atteindre les objectifs épuratoires des eaux usées pour leur rejet dans le milieu naturel, ou leur réutilisation dans d'autres domaines que ça soit agricole ou bien industriel. Dans ce chapitre nous sommes appelés à dimensionner les différents ouvrages constituant la station d'épuration. Pour cela deux horizons de calcul sont choisis 2030 et 2040.

VII.1.Estimation des charges hydrauliques et charges polluantes :

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

VII.1.1. Les charges hydrauliques :

❖ **Estimation du débit d'eaux usées domestiques :**

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

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

$Q_{moy\ j\ dom} = D \times N \times Kr \times 10^{-3}$…… (VII.1)

Avec :

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

❖ **Estimation du débit d'eaux usées des équipements :**

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

- ✓ $Q_{moy\ j\ equi} = 0.2 * Q_{moy\ j\ dom}$ …… (VII.2)
- ✓ $Q_{moy\ j} = 1.2 * Q_{moy\ j\ dom}$ …….. (VII.3)

Avec :

- $Q_{moy\ j}$: Débit des eaux usées totales.
- $Q_{moy\ j\ dom}$: Débit des eaux usées domestiques.
- $Q_{moy\ j\ équi}$: Débit des eaux usées d'équipements.

❖ **Capacité de la station (EH) :**

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

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

$$\textbf{Equi h} = \frac{Qmoy.j \times 100}{D \times Kr} \quad \text{…… (VII.4)}$$

Avec :

- **Qmoy j : Débit des eaux usées totales**
- Kr : Coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable consommée.
- D : Dotation théorique (Pour la zone d'étude D= 150 l/j/hab).

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

Tableau VII.1 : Calcul du débit d'eau usée total.

Horizons	Nombre d'habitants	$Q_{moy\ j\ dom}$ (m^3/j)	$Q_{moy\ j\ equi}$ (m^3/j)	$Q_{moy\ j}$ (m^3/j)	EH
2030	12500	1500	300	1800	15000
2040	15691	1882,92	376,58	2259,50	18829

❖ **Débit moyen horaire :**

Le débit moyen horaire est donné par la formule :

Qmoy h = $\frac{Qmoy.j}{24}$ **…….** (VII.5)

❖ **Débit moyen diurne :**

C'est le débit correspondant à la période de 16h consécutives au cours de laquelle, la station reçoit le plus grand volume d'eaux usées. Elle s'étend généralement de 8h à 24h. En suivant les conditions et l'importance des rejets, la période de débit maximum varie entre 14h et 18h.

Le débit moyen diurne est donné par la formule suivante :

Qd = $\frac{Qmoy.j}{16}$ .....(VII.6)

❖ **Débit de pointe par temps sec :**

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

- ✓ $Kp=1,5+\frac{2,5}{\sqrt{Qmoy.j}}$ si $Q_{moy.j} \geq 2,8$ (l/s).
- ✓ $Kp=3$ si $Q_{moy\ j} < 2.8$ (l/s).

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

Qpte, sec = Kp * Qmoy j…….....(VII.7)

❖ **Débit de pointe à temps de pluie :**

Afin d'éviter une surcharge hydraulique dans la station d'épuration lors des précipitations, la station est dimensionnée pour un débit maximal correspondant au débit de pointe par temps de pluie (Q pte, pluie). Ce débit sera limité grâce à un déversoir placé en tête de la station et variant de 3 à 5 fois le débit de pointe par temps sec. Dans notre cas, la dilution sera de **3.**

Qpte, pluie = (3-5) Q pte, sec…….....(VII.8)

• Les résultats de calcul des charges hydrauliques obtenus en utilisant les formules précédentes sont repris dans le tableau qui suit :

Tableau VII.2 : Les charges hydrauliques.

Horizons	$Q_{moy\ j}$ (m^3/j)	$Q_{moy,h}$ (m^3/h)	Q_d (m^3/h)	K_p	Qpte, sec (l/s)	Qpte, pluie (l/s)
2030	1800	75	112,5	2,04	42,5	127,5
2040	2259,50	94,15	141,22	1,98	51,73	155,19

VII.1.2.Les charges polluantes :

VII.1.2.1.Charge moyenne en DBO5 :

➢ **Calcul théorique :**

Théoriquement, on utilise la formule suivante pour déterminer la charge moyenne journalière en DBO5 : $L_0 = DBO5 * EH * 10^{-3}$……..(VII.9)

Avec :

- L_0 : Charge moyenne journalière en DBO5 (Kg/j)
- DBO5 : La charge en DBO5 apportée par les eaux usées brutes par jour et par habitant (Elle est estimée dans un réseau unitaire de 70 g/hab/j [3]).
- EH : l'équivalent habitant à l'horizon de calcul

➢ **Application numérique :**

La charge polluante est donnée par la formule suivante :

$L_0 = [DBO_5] \times Q_{moy\ j}$…… …..…. (VII.10)

Avec :

- L_0 : Charge moyenne journalière en DBO5 (Kg/j)
- [DBO5]: La concentration moyenne en DBO5 (Kg/m^3)
- $Q_{moy\ j}$: Débit moyen journalier en (m^3/j).

Nous avons **$[DBO_5]$ = 720 mg/l.**

VII.1.2.2.Charge moyenne en MES :

➢ **Calcul théorique :**

Théoriquement, on utilise la formule suivante pour déterminer la charge moyenne journalière en MES :

$MES_0 = MES * EH * 10^{-3}$……..(VI.11)

Avec :

- MES_0 : Charge moyenne journalière en MES (Kg/j)
- MES : La charge en MES apportée par jour et par habitant (Elle est estimée dans un réseau unitaire à 80g/hab/j).
- EH : l'équivalent habitant à l'horizon de calcul.

➢ **Application numérique :**

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

$MES_0 = [MES] \times Q_{moy\ j}$ …….. (VII.12)

Avec :

- MES_0 : Charge moyenne journalière en MES (Kg/j)
- [MES] : La concentration moyenne en MES (Kg/m^3)
- Qmoy j : Débit moyen journalier en (m^3/j).

Nous avons : **[MES]= 1080 mg/l.**

VII.1.2.3. Charge moyenne en DCO :

La charge moyenne en DCO est estimée comme suit :

$DCO_0 = [DCO] \times Q_{moy\ j}$ …… (VII.13)

Avec :

DCO_0 : Charge moyenne journalière en DCO (Kg/j)

[DCO] : La concentration moyenne en DCO (Kg/m^3)

Qmoy j : Débit moyen journalier en (m^3/j).

Nous avons : **[DCO]= 1680 mg/l.**

Les résultats de calcul des différentes charges polluantes sont repris dans le tableau suivant :

Tableau VII.3 : Les charges polluantes.

Horizons	$Q_{moy\ j}$ (m^3/j).	L_0 (Kg/J) (DBO_5)	MES_0 (Kg/J)	DCO_0 (Kg/J)
2030	1800	1296	1355,4	3024
2040	2259,50	1626,84	2440,26	3795,96

VII.2. Le Prétraitement :

Le prétraitement est constitué par une série d'opérations physiques ou mécaniques qui ont pour but d'éliminer la fraction la plus grossière.

Les principales opérations de prétraitements sont :

- Le dégrillage.
- Le dessablage-déshuilage.

VII.2.1. Dégrillage :

Le dégrillage est implanté à l'amont de toute installation de traitement d'eaux usées, ainsi il permet la protection de la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptible de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement, et s'effectue par simple passage des eaux à traiter à travers des grilles. On en distingue deux types :

- Dégrillage grossier
- Dégrillage moyen

Dans notre cas, seule la grille moyenne est nécessaire car les eaux proviennent d'une station de relevage munie elle-même d'un dégrilleur grossier.

A. Calcul de la largeur de la grille :

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

$$L = \frac{S.Sin\,\alpha}{h_{max}(1-\beta)\sigma}(m) \quad \text{……(VII.14)}$$

Avec :

- L : Largeur de la grille (m).
- α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal, compris entre 60° et 80°.
- h_{max} : Hauteur maximum admissible sur une grille (m). h_{max} = (0,15 –1.5)
- β : Fraction de surface occupée par les barreaux.

$$\beta = \frac{d}{d+e}$$ ……. (VII.15)

Tel que :

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

Tableau VII.4 : Espacement et épaisseur des barreaux.

paramètres	Grilles grossières	Grilles moyennes
d (cm)	2,00	1,00
e (cm)	5à10	2

- σ : Coefficient de colmatage de la grille.

- La grille manuelle : σ =0.25

- La grille mécanique **:** σ =0.5

- **S** : Surface de passage de l'effluent (m^2) tel que :

$$S = \frac{Q\ pte,pluie}{V}$$ ……(VII.16)

- $Q_{pte,pluie}$: Débit de pointe en temps de pluie (m^3/s).
- V : Vitesse de passage à travers la grille (m/s).

-La vitesse d'écoulement (de passage) de l'effluent est comprise entre (0,6 -1,2) m/s et cela pour éviter le colmatage en profondeur des barreaux et de ne pas provoquer des pertes de charge trop importantes.

✓ Une vitesse de passage inférieure à 0.9m/s provoque un dépôt de sable au fond du canal.

Horizon 2030 :

On prend :

- α= 70 °
- $Q_{pte,\ pluie}$ =127,5 l/s = 0,1275 m^3/s
- V= 0,9 m/s
- S= 0,14 m^2
- h_{max} = 0,8 m
- d=1cm
- e=2cm
- β=0.33
- δ=0,5 (grille automatique)

Alors : $L = \frac{0{,}14(\sin 70)}{0{,}8(1-0.33)0.5}$ =0.49 m **L=0.5 m**

☙ **Horizon 2040 :**

On prend:

- α= 70 °
- $Q_{pte,\ pluie}$ = 155,19 l/s = 0,15519 m^3/s
- V= 0.9 m/s
- S= 0,164 m^2
- h_{max} = 0,8 m
- d=1cm
- e=2cm
- β=0.33
- δ=0,5 grille automatique

Alors : $L = \frac{0.164(\sin 70)}{0.8(1-0,33)0,5}$ =0,52 m **L=0,5 m**

B. Calcul des pertes de charges :

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

$$\Delta H = \beta' \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2}{2g} \sin\alpha \quad \text{..... (VII.17)}$$

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/s2).
- α: angle d'inclinaison de la grille (α =70°).
- V : vitesse d'écoulement dans la grille. (m/s)

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

Tableau VII.5 : les valeurs deβ'.

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

❖ **Horizon 2030 :**

ΔH = 1, 79 x (1 /2)$^{1.33}$ x (0, 9)^2 /19, 62) x 0, 94 = 0,027 m **Δ H=0,027 m**

❖ **Horizon 2040 :**

ΔH = 1, 79 x (1 /2)$^{1.33}$ x (0, 9)^2 /19, 62) x 0, 94 = 0,027 m **Δ H=0,027m**

C. Calcul du volume de déchets retenus au niveau de la grille :

Le volume des déchets retenus par les grilles dépend :

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

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

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

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

V= nombre d'habitants ×V retenu× 10^{-3}/ 365 (m^3/j) ……(VII.18)

❖ **Horizon 2030 :**

V=12500 ×7× 10^{-3}/ 365 =0,24 (m^3/j) **V=0,24 (m^3/j)**

❖ **Horizon 2040 :**

V= 15691×7× 10^{-3}/ 365= 0,30 (M^3/J) **V=0,30 (M^3/J)**

Tableau VII.6 : Les caractéristiques de dégrilleur à l'horizon 2020 et 2030.

Ouvrage : dégrilleur moyen	Unité	Horizon 2030	Horizon 2040
Débit de la station.	m^3/s	0,127	0,155
Epaisseur des barreaux d	cm	1	1
Espacement des barreaux e	cm	2	2
B	/	0,33	0,33
Λ	/	0,5	0,5
h_{max}	m	0,8	0,8
Largeur du dégrilleur	m	0,5	0,5
Perte de charge	m	0.027	0.027
Volume moyen des déchets retenus (V_{moy})	m^3/j	0,24	0,30

VII.2.2. Dessablage – déshuilage :

Le bassin de dessablage déshuilage proposé est de type aéré de forme rectangulaire, avec l'injection d'air assurant une turbulence constante pour éviter tout dépôt des matières organiques. Il est composé de deux zones :

❖ L'une aérée pour le dessablage : Les sables et les matières lourdes sont récupérés au fond de l'ouvrage.

❖ Les huiles et les graisses sont récupérées en surface par raclage.

VII.2.2.1. Le dimensionnement du dessableur-déshuileur :

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

$$\frac{L}{H} \leq \frac{Ve}{Vs} \quad \text{……(VII.19)}$$

Où :

- Ve : la vitesse horizontale (vitesse d'écoulement est 0.2< Ve <0.5 (m/s)
- Vs : Vitesse de sédimentation. (vitesse est : 10 < Vs < 20 (m^3/m^2/h)
- L : Longueur de bassin.

- H : Profondeur de bassin. (H compris entre 1 et 2,5 m)

❖ Dans cet ouvrage, on calcule les paramètres suivants :

1. Surface verticale :

$$Sv = \frac{Qpte,pluie}{Ve} \ (m^2) \quad \text{……(VII.20)}$$

Avec :

- *Qpte, pluie* : Débit de pointe en temps de pluie (m^3/s)
- *Ve* : Vitesse d'écoulement (m/s)

2. Surface horizontale :

$$Sh = \frac{Qpte,pluie}{Vs} \ (m^2) \quad \text{……(VII.21)}$$

Avec :

- *Qpte, pluie* : Débit de pointe en temps de pluie (m^3/s)
- *Vs* : Vitesse de sédimentation (m/s)

3. Longueur du déssableur :

L*B= Sh et L = 2*B ……(VII.22)

Avec :

- L : longueur du déssableur (m)
- B : largeur du déssableur (m)
- Sh : section horizontale (m^2)

4. Largeur du déssableur :

B= Sh / L (m)…… (VII.23)

Avec :

- B : largeur du déssableur (m)
- S_h : section horizontale (m^2)
- L : longueur du déssableur (m)

5. Volume du bassin :

V= Sh*H (m^3) …… (VII.24)

Avec :

- Sh : section horizontale (m^2)
- H : hauteur de déssableur (m)

6. Temps de séjour dans le bassin :

$$Ts = \frac{V}{Qpte,pluie} \ (s) \quad \text{…… (VII.25)}$$

Avec : • V : volume du bassin (m^3)

- *Qpte, pluie* : Débit de pointe en temps de pluie (m^3/s)

7. Volume d'air à insuffler dans le déssableur :

La quantité d'air à insuffler varie de 1à 1,5m^3 d'air/m^3 d'eau.

$q_{air} = Q_{ptp} * V$ (m³ d'air/h) ……..... (VII.26)

Avec :

- V : le volume d'air à injecter (m³).
- Q ptp : débit de pointe en temps de pluie (m³/s).

❖ **Horizon 2040 :**

On prend :

- *Qpte, pluie* = 0.127m³/s.
- V e = 0.35 m/s.
- Vs=15 (m³/m²/h) =0.0042m /s.
- H=1 m

✓ **Surface verticale :**

sv= $\frac{Qpte,pluie}{Ve}$ = $\frac{0,127}{0,35}$ =0,36m² **Sv=0,36m²**

✓ **Surface horizontale :**

Sh= $\frac{Qpte,pluie}{Vs}$ = $\frac{0,127}{0,0042}$ =30,23 m² **Sh=30,23 m²**

✓ **Largeur du déssableur :**

B = $\sqrt{(Sh/2)}$ = $\sqrt{(30,23/2)}$ =3,89 m **B=3,89 m**

✓ **Longueur du déssableur :**

L= 2*B = 2×3,89=7,78 m **L=7,78 m**

✓ **Volume du bassin :**

V= Sh×H=30,23×1=30,23m³ **V=30,23m³**

✓ **Temps de séjour dans le bassin :**

$Ts = \frac{V}{Qpte,pluie} = \frac{25}{0,105}$ =237,7 secondes » **Ts=3 min et 57 secondes » Ts=4 min**

✓**Le volume d'air à insuffler dans le déssableur :**

$q_{air} = Q_{ptp} * V$ =0,127×1,25 = 0,16 m³ d'air/s **qair = 576 m³ d'air/h**

❖ **Vérification de l'inégalité :**

Ve/Vs = 83,33 et L/H=7,78 » Ve/Vs ≥L/H » **83,33≥7,78** » donc : **c'est vérifié**

❖ **Horizon 2040 :**

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

On prend alors :

- *Qpte, pluie* = 0,155-0.127= 0,028m3/s.
- V e = 0.35 m/s.
- V=15 (m³/m²/h) =0.0042m /s.
- H=1 m

On obtient:

- Sv = 0.028/0.35 = 0.080 m² **Sv = 0.08m²**
- Sh = 0.028/0.0042 = 6,66 m² **Sh = 6,66 m²**
- B = $\sqrt{6,66/2}$ =1,82 m **B = 1,82 m**
- L= 2*B = 2*1,82= 3,64 m **L= 3,64 m**

- V = 6,66*1 = 6,66 m³ **V =6,66 m³**
- T_s = 6,66/0.028 =237,8 » **T_s = 3 minutes et 58 secondes Ts=4min**

✓ **Le volume d'air à insuffler dans le déssableur :**

$q_{air} = Q_{ptp} * V$ = 0,028*1,25 = 0,035 m³ d'air/s **q_{air} = 126 m³ d'air/h**

❖ **Vérification de l'inégalité :**

Ve/Vs = 83,33 et L/H=3,64

donc : **c'est vérifié**

Tableau VII.7 : Récapitulatif des résultats.

Désignations	**Unité**	**2030**	**2040**
Dessableur			
Débit du station en temps de pluie	m³/h	459	558,58
Longueur	M	7,78	3,64
Largeur	M	3,89	1,82
Temps de séjour	Min	4	4
Débit d'air à insuffler	m³/h	576	126

VII.2.2.2. Calcul des quantités des matières éliminées par le Dessableur :

Le pourcentage de MVS (matières volatiles en susp
ension) est évalué à 70% et MMS (matières minérales en suspension) à 30% dès MES total, c'est-à-dire : **MES=70% MVS + 30% MMS** ……(VII.27)

❖Le déssableur permet d'éliminer 70% de la matière minérale en suspension (MMS).

❖ **Horizon 2030 :**

On a L'horizon 2030 MES = 1355,4 Kg/j

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

MVSe = 70% MES = 0.7 x = 1355,4= 948,78kg/j **MVS e =948,78kg/j**

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

MMS e= 30% MES = 0.3 x 1355,4 = 406,62 Kg/j **MMS e = 406,62 kg/j**

➢ **Quantité de MMS éliminée :**

MMS éliminée= 0.7 MMS e= 0.7 x 406,62 =284,63 Kg/j. **MMS élim = 284,63 kg/j**

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

MMS s= MMS e – MMS éliminée= 406,62 -284,63 =121,98 Kg/j **MMS s= 121,98 Kg/j**

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

MESs= MVSe + MMSs=984,78 +121,98=1106,76Kg/j.

Horizon 2040 :

Pour l'horizon 2040, MES = 2440,26 Kg/j

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

MVSe = 70% MES = 0.7 x = 2440,26= 1708,18kg/j **MVS e =1708,18kg/j**

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

MMS e= 30% MES = 0.3 x 2440,26 = 732,08 Kg/j **MMS e = 732,08 kg/j**

➢ **Quantité de MMS éliminée :**

MMS éliminée= 0.7 MMS e= 0.7 x 732,08 =512,46 Kg/j. **MMS élim = 512,46 kg/j**

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

MMS s= MMS e – MMS éliminée= 732,08 -512,46 =219,62 Kg/j **MMS s= 219,62 Kg/j**

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

MESs= MVSe + MMSs=1708,18 +219,62=1927,8Kg/j. **MES s= 1927,8 Kg/j.**

VII.3. Le traitement primaire:

Après les prétraitements, il reste une charge polluante dissoute et des matières en suspension dans l'eau. Le traitement primaire va permettre d'éliminer en partie ces pollutions (organique ou minérale). Les dimensions (particules grossières non piégées lors des étapes de prétraitements, finement dispersées ou à l'état colloïdal) et la densité de ces particules sont très variables. Ce traitement correspond à une étape gravitaire qui permet d'isoler par décantation les particules (matières organiques et minérales) décan tables. Les eaux vont traverser le bassin décanteur à faible vitesse pour que les matières en suspension puissent sédimenter. Le décanteur primaire est équipé d'un pont tournant qui concentre les matières décantées vers le centre du bassin. Elles sont alors prélevées par des pompes qui les refoulent jusqu'aux installations de traitement des boues.

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 35 % de la charge organique entrante exprimée en DBO5.

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 du faible densité d'armatures. Aussi, les parties mobiles immergées ne sont pas sujettes à l'abrasion.

VII.3.1. Dimensionnement de décanteur primaire :

Les principaux paramètres de calcul du décanteur sont :

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

$V_{lim} = Q_{pte,pluie} / s$ (m/s) …… (VII.28)

- Qpte,pluie : Débit de pointe en temps de pluie (m^2/s)
- S : surface totale (m^2)

✓ Le temps de séjours est compris entre 1 et 2 heures.

✓ La hauteur d'eau dans l'ouvrage : la hauteur minimum est de 2 m

❖ **Horizon 2030 :**

Pour un réseau unitaire la vitesse limite est déterminée en fonction du rapport suivant :

$K= Q_{pte,pluie} /Q_{moy, h}$

Tableau VII.8 : les valeurs de la vitesse limite en fonction de Qmoy h. (Source : routes.wallonie.be/download.do ?)

$K= Q_{pte,pluie} / Q_{moy\ h}$	2.5	3	5	8	10
V_{lim} (m/h)	2	2,5	3,75	5	6

K= Qpte, pluie /Qmoy, k=6,3 donc d'après ce tableau on tire la vitesse V_{lim}=3,75 m/h

- Qpte,pluie : Débit de pointe en temps de pluie (m^3/h)
- $Q_{moy, h}$: débit moyen horaire (m^3/h)

- **La surface horizontale du décanteur :**

Sh = $Q_{pte,\ pluie}$ / Vlim = 459 / 3,75 =122,4 m^2 **Sh =122,4 m^2**

• $Q_{pte,pluie}$: Débit de pointe en temps de pluie (m^3/h)

➢ **Volume du décanteur :**

On prend : Ts = 1 h

V = $Q_{pte,\ pluie}$ * Ts = 459 * 1 =459m^3 **V= 459 m^3**

➢ **La hauteur du décanteur :**

H = V / S_h = 459 / 122,4 = 3,75 m **H = 3,75 m**

Remarque :

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement de 0,75m ; donc la hauteur totale est **H=4,5m**

❖ **Le diamètre du décanteur :**

$$D=\sqrt{4V/\pi \times H}=\sqrt{4\times 459/3{,}14\times 4{,}5}$$ =11,40 m **D = 11,5 m**

Avec :

- D : diamètre du décanteur (m).
- V : volume du décanteur (m^3).
- H : hauteur du décanteur (m).

❖ **Détermination du temps du séjour :**

• pour le débit moyen horaire :

Ts = V / $Q_{moy,\ h}$ = 459 / 75= **6,12 h**

• pour le débit de pointe par temps sec :

Ts = V / $Q_{pte,sec}$ = 459 / = **3 h**

• pour le débit de pointe par temps de pluie :

Ts = V / $Q_{pte,\ pluie}$ =459 /459 = **1 h**

❖ **Horizon 2040 :**

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

✓ $Q_{pte\ ,\ pluie}$ = $Q_{pte,pluie\ (2040)}$ –$Q_{pte,pluie\ (2030)}$

Donc : $Q_{pte,pluie}$ = 0,155-0.127= 0,028m^3/s.

✓ K=Δ Qpte, pluie /Δ Qmoy, k = 5,3 donc d'après le tableau V.8, on tire la vitesse

V lim= 3,75 m/h

La surface horizontale du décanteur :

Sh = Qpte, pluie / Vlim = 558,58/ 3,75 = 148,95 m^2 **Sh = 149 m^2**

✓ Qpte,pluie : Débit de pointe en temps de pluie (m^3/h)

Volume du décanteur :

On prend Ts = 1 h

V = $Q_{pte,\ pluie}$. Ts 558,58 * 1 = 558,58 m^3 **V= 559 m^3**

La hauteur du décanteur :

H = V / Sh = 559 / 148,95 = 3,75 m + 0,75m **H = 4,5 m**

Le diamètre du décanteur :

$D=\sqrt{4V/\pi \times H}=\sqrt{4 \times 558{,}58/3{,}14 \times 4{,}5}=$ 12,57m **D=13m**

- **Détermination du temps du séjour :**
- • pour le débit moyen horaire :
- Ts = V / Qmoy, h = 558,58 /94,15= **5,93 h** **Ts=5 h et 50 min**
- • pour le débit de pointe par temps sec :
- Ts = V / Qpte,sec = 558,58/184,93= **3 h** **Ts=3 h**
- • pour le débit de pointe par temps de pluie :
- Ts = V / Qpte, pluie =558,58/558,58 = **1 h**

VII.3.2. Calcul de la quantité de boues éliminées :

On sait que la décantation primaire permet l'élimination de : 35% de DBO5 et 60% de MES

❖ **Horizon 2030 :**

Connaissant les charges de pollution à l'entrée du décanteur :

- ✓ DBO5 = 1296 Kg/j.
- ✓ MES1= 1106,76Kg/j.

Avec : MES : charge en matière en suspension à la sortie du dessaleur.

Les charges éliminées par la décantation primaire sont donc :

- ✓ DBO5 eliminée = 0.35x DBO5 = 0.35x1296 = **453,6 Kg/j**
- ✓ MES éliminée = 0.6 x MES1= 0.6 x1106,76= **664,05Kg/j**

Les charges à la sortie du décanteur primaire :

- ✓ DBO5s= DBO5 - DBO5eliminée =1296– 453,6 = **842,4Kg/j**
- ✓ MESs= MES1- MES eliminée =948,78– 664,05 =**284,73Kg/j**

❖ **Horizon 2040 :**

Pour l'horizon de l'extension, on va prendre les charges à l'entrée tel que :

- ➢ DBO5 = 1626,84Kg/j
- ➢ MES = 1927,8Kg/j

On aura alors :

- ✓ DBO5 eliminée = 0.35x DBO5 = 0.35x 1626,84= **569,39Kg/j**
- ✓ MES éliminée = 0.6 x MES= 0.6 x 1927,84=**1156,7Kg/j**

Les charges à la sortie du décanteur primaire :

- ✓ DBO5s= DBO5 - DBO5eliminée =1626,84– 569,39 =**1057,45Kg/j**
- ✓ MESs= MES1- MES eliminée =1927,8–1156,7= **771,1Kg/j**

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

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

Désignation	Unité	2030	2040
Débit de pointe en temps de pluie	m^3/s	0,127	0,155
Surface horizontale	m^2	122,4	149
Volume	m^3	459	559
Hauteur d'eau	m	4,5	4,5
Diamètre	m	10,5	11,5
MES entrées	Kg /j	948,78	1070,77
DBO_5 entrée	Kg /j	1296	1626,84
MES éliminée	Kg /j	664,05	1156,7
DBO5 éliminée	Kg /j	453,6	569,39
MES sorties	Kg /j	284,73	771,1
DBO_5 sortie	Kg /j	842,4	1057,45

VII.4. Les traitements secondaires :

Le traitement biologique utilisé est le procédé à **boues activées** et est réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

- Les bassins d'aération.
- Les décanteurs secondaires (clarificateurs).

Pour cela, on va faire une petite comparaison entre de deux variantes ; une à **moyenne** charge et l'autre à **faible** charge.

VII.4.1. Etude de la variante à moyenne charge :

VII.4.1.1. Dimensionnement du bassin d'aération :

-La charge massique (Cm) :

Les paramètres caractérisant le traitement par boues activées à faible charge sont les suivants :

C'est le rapport de la pollution exprimé en DBO_5 entrant par unité de masse de boues présentées.

$$Cm = \frac{DBO_5 \text{entrée(Kg/ j)}}{\text{masse.du.b assin (Kg)}} = \frac{L_0}{Xa.V} = \frac{L_0}{Xt} (KgDBO_5/Kg.MVS.j)$$

- L_0=DBO5 entrée (kg/j)
- X_a=la masse du basin (kg)
- V=volume du bassin m^3

Donc : Cm=842,4/1927,8=0,44 **Cm=0,43**

➢ La charge massique (Cm) 0,2 < Cm <0,5 Kg DBO5/Kg.MVS.j

-La charge volumique (Cv) :

C'est le rapport de la pollution par unité de volume du bassin.

$$Cv = \frac{DBO_5 \text{entrée}(Kg/j)}{\text{volume.du. bassin}(m^3)} = \frac{L_0}{V}(KgDBO_5/m^3 j)$$

Cv = (6842, 4 ×0, 35)/459=0,62 Cv=0,62

0,6 <Cv <1,5 Kg DBO5/ m3 j.

Les calcules de la station sera basés sur les valeurs suivante :

Cm=0,43 et Cv=0,64

- La charge volumique (Cv) permet d'estimer la capacité du bassin d'aération.
- Le bassin d'aération est dimensionné sur la base des charges massique et volumique.

Le bassin sera de forme carrée de côté L. Tel que **Sh = L²**

❖ **Pour l'horizon 2030 :**

♈ **Le volume du bassin :**

❖ $V_a = L_0/C_v$ …….... (VII.29)

• C_v : Charge volumique (kg DBO_5/ m^3.j) **Cv = 0,64 Kg DBO5/ m³/j**

• L_0 : charge polluante (kg DBO_5/j) **L0 =842,4 kg/j**

Donc : **V = Lo/Cv** = 842,4 /0,64 = 1316,25 m³ **V = 1317m³**

✓ **La hauteur du bassin :**

Elle est prise généralement entre 3 et 5m donc on prend : **H =4m**

La hauteur de revanche du bassin doit être ≥h 80 cm. On prend : **h = 80cm =0,8m**

✓ **Surface horizontale du bassin :**

Sh= V/H= 1317 / 4 = 329,25 m² **Sh = 329,25 m²**

✓ **Calcul des dimensions du bassin (carré) :**

$L=\sqrt{Sh} = \sqrt{329,25}$ = 18,14 m **L=18,5m**

✓ **La masse de boues dans le bassin :**

Xa = Lo/Cm = 842,4/0.43= 1525,20 kg **Xa = 1959,07 kg**

[Xa] =Xa / V= 1959,07 /1317 =1,48 kg/m³ **[Xa] = 1,48 kg/m³**

V : Volume du bassin d'aération.

✓ **Calcul du temps de séjour :**

1. Pour le débit moyen horaire :

Ts=$\frac{V}{Qmoy,h}$=$\frac{1317}{75}$=17,56 h **Ts=17 h et 32 min**

2. Pour le débit de pointe par temps sec :

Ts=$\frac{V}{Qp.sec}$=$\frac{1317}{184,93}$=7,12h **Ts=7 h et 7 min**

3-Pour le débit diurne :

Ts=$\frac{1317}{459}$=2,86 h **Ts=3h et 4 min**

✓ **Concentration de l'effluent en DBO5**

So = Lo / $Q_{moy\,j}$ = 842, 4/1800= 0,468 kg/m³ **So = 468 mg/l**

✓ **La charge polluante à la sortie du décanteur secondaire (S_f = 30 mg/l) :**

La charge polluante exprimée en DBO_5 à la sortie du décanteur secondaire a une concentration (S_f) conforme aux normes de rejets fixées à 30 mg/l de DBO_5 D'où la charge :

$L_f = S_f . Q_{moy\,j} = 0{,}03 \times 1800 = 43{,}02$ Kg DBO_5/j **L_f = 54 Kg DBO_5/j**

✓ **La charge polluante en DBO_5 éliminée(Le) :**

$L_e = L_o - L_f = 842{,}4 - 54 = 788{,}4$ Kg DBO_5/j **L_e = 788,4 Kg DBO_5/j**

✓**Le rendement de l'épuration :**

$\eta_{ép} = (L_o - L_f) / L_o = (788{,}4/842{,}4).100 = 93{,}59$ % **$\eta_{ép}$ = 93,6 %**

✓ **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 :

$qo_2 = a' Le + b' Xa$ (Kg/j) ……..... (VII.30)

Avec :

✓ L_e : $DB0_5$ éliminée dans le bassin d'aération par jour (Kg).

✓ X_a : 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.

✓ b' : coefficient cinétique de respiration endogène

Remarque : Les valeurs de a' et b' sont tirés à partir du tableau suivant :

Tableau VII.10 : valeurs de am, b, a', et b' en fonction du procédé d'épuration par boue activée. (Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Boue_activée)

Type de traitement	A_m	B	a'	b'
Forte charge	0,55	1,00	0,55	0,12
Moyenne charge	0,6	0,07	0,6	0,08
Faible charge	0,65	0,05	0,65	0,065

Pour notre cas, on prendra alors : a'**= 0,6** et **b'= 0,08**

✓ **La quantité d'oxygène journalière :**

$qo_2 = 0{,}6 \times 788{,}4 + 0{,}08 \times 1959{,}07 = 498{,}82$ Kg O^2/j **qo^2 = 1102,8 Kg O^2/j**

✓ **La quantité d'oxygène horaire :**

$\mathbf{qo_{2/24}} = \frac{qo2}{24} = \frac{\mathbf{1102{,}8}}{24} = 45{,}95$ **$qo_{2/24}$=45,95 Kg O^2/h**

✓ **La quantité d'oxygène nécessaire par m^3 du bassin :**

$qo_2/m^3 = qo_2 / v = 1102{,}8 / 1317 =$ **0.83 Kg O_2/m^3j**

✓ **La quantité d'oxygène nécessaire en cas de pointe :**

$qo_{2pte} = (a' \times Le/T_d) + (b' \times Xa/24)$ …… (VII.31)

T_d : période diurne en heures T_d= 16h.

q_{o2pte} = (0,6× 788,4/16) + (0,08×1959/24) = **36,09 Kg O²/h.**

✓ **Besoin réel en pointe en oxygène :**

En réalité, le transfert d'air atmosphérique vers l'eau épurée se trouve gênée par la presence dans les eaux usées des matières en suspension (MES) et d'agent tensio-actif.

Le passage des conditions théoriques aux conditions réelles s'effectue à l'aide des coefficients Correcteurs.

$q_{o2\ réel} = q_{o2}/\alpha \times \beta$ ……(VII.32)

α: Rapport des coefficients de transfert d'eau usée en eau propre. Les coefficients de transfert dépendants de la nature de l'eau (MES, tensio-actif) et du système d'aération.

$\alpha = \frac{Cs\ eau.usée}{Cs\ eau.épurée} = 0,8$…… (VII.33)

Avec : Cs : la concentration en oxygène à saturation à l'interface.

✓ β: Tel que : 0,8≤ β ≤ 0,9

On prend : β =0,85

$q_{o2\ rée\ l} = \frac{36,09}{0,8\times0,85}$ = 53,09Kg O_2 /h

$q_{o2\ réel\ jour} = \frac{866,16}{0,8\times0,85}$ = 1273,76Kg O_2 /j

✓ **Calcul des caractéristiques de l'aérateur :**

✓ **Calcul de la puissance de l'aération nécessaire (E_n) :**

Les apports spécifiques des aérateurs de surface ont souvent été compris entre 1et 2 Kg O_2 /Kwh.

$E_n = \frac{qo2}{Ea}$…… (VII.34)

- E_n : Puissance de l'aération nécessaire.
- qo_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** kgO_2/ kwh

Donc : $En = \frac{53,09}{1,5}$ =35,33 kw **En=35,33 kw**

✓ **Puissance de brassage :**

La puissance de brassage est donnée par la relation suivante :

$E_b = S_h \times P_a$ ……(VII.35)

- P_a : puissance spécifique absorbée.

La puissance spécifique absorbé (Pa) pour les aérateurs de surface est Pa = 80w/m²

- S_h: surface horizontale du bassin.

Donc : $E_b = S_h \times P_a$=329,×25= **26340 w** **Eb=26,34 kw**

✓ **Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :**

Na=En / Eb =35,33 /26,34 =**1,34**

-On prend deux aérateurs (**Na=2**).

- Bilan de boues

✓ **Calcul de la quantité des boues en excès**

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

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m L_e - bX_a - X_{eff}$$…… (VII.36)

Avec :

- X_{min} : Boues minérales. (30 % de MES)

• X_{dur} : Boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent 0,3 à 0,35 des MVS.

• a_m : Coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées /g DBO5 éliminées).

-On prend a_m = 0.6 (tableau V.9)

• Le : Quantité de DBO5 à éliminer (Kg/j).

• b : Fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène.

b = 0,07 (tableau V.9)

• X_a : Masse totale de MVS dans le bassin (Kg).

• X_{eff} : Fuite dès 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 **341,21 Kg/j**

✓ Xmin = 0,3×284,73 = 170,83 Kg/j

✓ X_{dur} = 0.3 MVS = 0.3 (0.7×284,83) =59,81 kg/j

✓ $a_m Le$ = 0.6× 788,4 = 473,04 Kg/j

✓ $b\ X_a$ = 0.07×1959,07 = 137,13 Kg/j

✓ X_{eff} = 0.03×1800= 54 Kg/j

Donc :

ΔX=170,83 +50,81 +473,04 – 137,13 – 54 = 503,55 Kg/j **ΔX = 503,55 Kg/j**

✓ **Concentration de boues en excès :**

$X_m = \frac{1200}{Im}$ …….. .....(VII.37)

Avec :

- Xm : Concentration de boues en excès (kg/j).
- Im : L'indice de Mohlman.
- Im : Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette : (100-150)

Cet indice représente le volume occupé par un gramme de poids sec de boues, après décantation d'une demi-heure dans une éprouvette de 1 litre.

On prend : Im =125 ml/ g

D'où : $X_m = \frac{1200}{125}$= 9.6 Kg/m³ **X_m= 9.6 Kg/m³**

❖ **Le débit de boues en excès :**

Ce débit est donné par : $Qb_{exés} = \frac{\Delta X}{Xm} = \frac{503,55}{9,6}$ =52,45 m³/j **$Qb_{exés}$ = 52,45 m³/j**

❖ **Le débit spécifique par m³ de bassin :**

$$Qsp = \frac{\Delta X}{V} \text{ ……..(VII.38)}$$

V : volume de basin

Donc : q_{sp} = 503,55/ 1317 = 0.38 Kg/m³.j **q_{sp} = 0,38 Kg / m³.j**

❖ **Les boues recyclées :**

Dans le but de maintenir une concentration moyenne constante de boues dans le basin d'aération, une optimisation de l'activité de la biomasse bactérienne et d'éviter l'accumulation des boues dans le clarificateur, on procède à un recyclage d'une partie des boues dans le bassin d'aération. 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.

✓ Il est donné par l'expression suivante :

$$R = \frac{100[X_a]}{\frac{1200}{I_m} - [X_a]} \quad \text{……(VII.39)}$$

- R : taux de recyclage(%)
- $[X_a]$: concentration des boues dans le bassin = **1,41 Kg/m³**

$R = \frac{100 \times 1,48}{(1200/125) - 1,48} = 18,23$ **R=18,23** %

❖ **Le débit des boues recyclées :**

$Q_r = R^* Q_{moy,j}$ …… .....(VII.40)

Donc :

$Q_r = 0.17^*1800 = 306$ m³/j **Q_r = 306 m³/j**

❖ **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.

$$A_b = \frac{Xa}{\Delta X} \quad \text{……(VII.41)}$$

➢ $A_b = \frac{Xa}{\Delta X} = \frac{1959,07}{503,55} = 3,89$ jours **A_b= 3,89 jours**

VII.4.1.2. 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).

Un clarificateur doit donc être en mesure d'assurer simultanément trois fonctions :

✓ 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).

Nous optons pour un décanteur de forme circulaire, muni d'un pont racleur de surface (récupération des flottants) et un racleur de fond pour une concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage d'où une partie est reprise pour le recyclage et l'autre partie des boues (la fraction en excès) est évacuée vers les ouvrages de traitement des boues.

❖ **Pour l'horizon 2030 :**

➢ **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) : **Qpte, pluie = 459 m³/h**

➢ **Le volume du clarificateur :**

V = Qpte, pluie .ts = 459×1, 5 = 688,5 m³ **v = 689m³**

➢ **Hauteur du clarificateur :**

La hauteur du décanteur est : H= (3-5) m. On prend : **H = 4 m**

➢ **La surface horizontale du décanteur**

Sh= v/H = 689/4 = 172,25 m² **Sh= 173 m²**

➢ **Le diamètre du décanteur :**

$D = \sqrt{\frac{4.V}{\pi.H}} = \sqrt{\frac{4\times689}{3,14\times4}}$ = 14,81 m **D = 15 m**

➢ **Le temps de séjour :**

T_s= V / Q

✓ Pour le débit moyen horaire

T_s = V / $Q_{moy,h}$ = 689/75= **9,18 h** **Ts = 9 h et 15 min**

✓ Pour le débit de pointe par temps sec

T_s = V / $Q_{pte, sec}$ = 689/153 = **4,5 h** **Ts = 4 h et 30 min**

✓ Pour le débit de pointe par temps de pluie.

T_s = V / $Q_{pte, pluie}$ = 689/459 = **1,5 h** **Ts = 1h et 30 min**

❖ **Pour l'horizon 2040 (extension) :**

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) : **Qpte, pluie = 459 m³/h**

➢ **Le volume du clarificateur :**

V = Qpte, pluie .ts = 558,58×1, 5 = 837,87 m³ **v = 840m³**

➢ **Hauteur du clarificateur :**

La hauteur du décanteur est : H= (3-5) m. On prend : **H = 4 m**

➢ **La surface horizontale du décanteur**

Sh= v/H = 840/4 = 209,46 m² **Sh= 210 m²**

➢ **Le diamètre du décanteur :**

$D = \sqrt{\frac{4.V}{\pi.H}} = \sqrt{\frac{4\times840}{3,14\times4}}$ = 16,35 m **D = 17 m**

➢ **Le temps de séjour :**

T_s= V / Q

✓ Pour le débit moyen horaire

T_s = V / $Q_{moy,h}$ = 840/94,15= **8,92 h** **Ts = 9 h et 17 min**

✓ Pour le débit de pointe par temps sec

T_s = V / $Q_{pte, sec}$ = 840/184,93 = **4,54 h** **Ts = 4 h et 32 min**

✓ Pour le débit de pointe par temps de pluie.

T_s = V / $Q_{pte, pluie}$ = 840/558,58 = **1,5 h** **Ts = 1h et 30 min**

Tableau VII.11 : Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur pour les 2 Horizons.

Désignations	Unité	2020	2030
Données de base			.
• Débit moyen journalier $Q_{moy\ j}$	m^3/j	1800	2259,50
• Débit moyen horaire $Q_{moy\ h}$	m^3/h	75	94,15
• Débit de pointe en temps de pluie $Q_{pte,\ pluie}$	m^3/h	459	558,58
• Charge polluante à l'entrée du bassin L_o	Kg/j	842,4	1057,75
Concentration de l'effluent en DBO_5 S_o	mg/l	468	468
• La charge polluante à la sortie L_f	KgDBO5/j	54	64,98
• La charge polluante éliminée L_e	KgDBO5/j	788,4	989,97
• Le rendement de l'épuration $\eta_{ép}$	%	93,6	93,6

Dimensionnement du bassin d'aération			
-Volume du bassin V	m^3	1317	1706,04
-nombre	-	1	1
-Hauteur du bassin H	m	4	4
-Surface horizontale du bassin Sh	m^2	329,25	426,5
-Le coté du bassin L	m	18,5	24,15
-La masse de boues dans le bassin Xa	Kg	1959,25	2403,97
-Concentration de boues dans le bassin [Xa]	Kg / m^3	1,41	1,41
-Temps de séjours T :			
.Ts poure le débit moyen horaire	h	17,32	18,12
.Ts Pour le débit de pointe par temps sec	h	7,12	9,23
.Ts Pour le débit diurne	h	12,07	14,06
Besoin en oxygène			
-Besoins journaliers en oxygène : q_{o2}	KgO_2/j	1102,8	1230
-La quantité d'oxygène horaire $q_{o2}/24$	KgO_2/h	45,95	50,98
-La quantité d'oxygène nécessaire pour un m^3 du bassin (q_{o2}/m^3)	$KgO_2/m^3\ j$	0,83	1,29
-Besoins en pointe horaire en oxygène (q_{o2pte})	KgO_2/h	36,09	43,39
Calcul de l'aérateur de surface à installer			
- Besoin réel de pointe en oxygène	KgO_2/h	53,09	63,86
- puissance de l'aération nécessaire	Kw	35,33	42,48
- puissance de brassage	Kw	26,34	31,86
- nombre d'aérateurs dans le bassin	-	2	2
Bilan de boues			

-la quantité des boues en excès Δx	Kg/j	503,55	605,74
-Concentration de boues en excès X_m	Kg/m^3	9.6	9,6
-Le débit de boues en excès $Q_{excés}$	m^3/j	52,45	63,09
-Le débit spécifique par m^3 de bassin q_{sp}	Kg/m^3.j	0,38	0,38
-Le taux de boues recyclées R	%	18,23	18,23
-Le débit des boues recyclées Q_r	m^3/j	306	384,11
-Age des boues A_b	j	3,89	3,89
Caractéristiques du clarificateur			
Forme	-	Circulaire	Circulaire
Nombre de bassins	-	1	1
Surface horizontale	m^2	172,25	202,95
Diamètre	m	16,35	22,96
Volume	m^3	688,5	837,87
Hauteur	m	4	4
Temps de séjour T_s			
▪ débit moyen horaire	j	9,17	13,65
▪ débit de pointe par temps sec	j	4,5	7,09
▪ débit de la station	j	1,5	1,5

VII.4.2. Etude de la variante à faible charge :

Etant donné que les ouvrages de prétraitement ne traitent pas la charge polluante à l'entrée de la station, leur dimensionnement reste identique à celui de la variante à moyenne charge. Le décanteur primaire peut être supprimé dans le traitement à faible charge.

Le clarificateur sera lui aussi identique à celui de la variante à moyenne charge vu qu'il ne dépend que de la charge hydraulique (débit) et du temps de séjour.

✓ Les paramètres du procédé à boues activées à faible charge sont :

- **Charge massique** 0,1 <Cm< 0,2 Kg DBO5/Kg MVS j

On prendra : **Cm = 0,15 Kg DBO5/Kg MVS j**

- **Charge volumique** 0,3 <Cv <0,6 Kg DBO5/ m^3 j

On prendra : **Cv = 0,45 Kg DBO5/m^3 j**

- ***Les coefficients*** : **a_m = 0,65** ; **b = 0,05** pour les besoins en oxygène **a' = 0,65 ; b' = 0.065** pour le calcul du bilan des boues.

❖ Les calculs se feront de la même manière que le cas de la variante à moyenne charge et les résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau VII.12 : Résultats de calcul du bassin d'aération et du clarificateur pour les 2 horizons dans le cas de faible charge.

Désignations	Unité	2030	2040
Données de base			
-Débit moyen journalier Qmoy j	m^3/j	1800	2259,50
-Débit moyen horaire Qmoy h	m^3/h	75	94,15
-Débit de pointe en temps de pluie Qpte, pluie	m^3/h	459	558,58
-Charge polluante à l'entrée du bassin L_o	Kg/j	248,58	306,91
-Concentration de l'effluent en DBO5 S_o	mg/l	159,4	159,4
-La charge polluante à la sortie L_f	$KgDBO_5/j$	45,27	56,25
-La charge polluante éliminée Le	$KgDBO_5/j$	204,12	251,47
-Le rendement de l'épuration n_{ep}	%	82,2	82,2
Dimensionnement du bassin d'aération			
-Volume du bassin V	m^3	613,72	742,34
-nombre	-	1	1
-Hauteur du bassin H	m	4	4
-Surface horizontale du bassin S_h	m^2	145	177,40
-Le coté du bassin L	m	11,27	5,70
-La masse de boues dans le bassin X_a	Kg	1625	2013,86
-Concentration de boues dans le bassin $[X_a]$	Kg / m^3	3	3
-Temps de séjours T_s			
.poure le débit moyen horaire	h	9,50	9,5
.Ts Pour le débit de pointe par temps sec	h	5,06	5,14
.Ts Pour le débit diurne	h	6,70	6,70
Besoin en oxygène			
-Besoins journaliers en oxygène : qo_2	KgO_2/j	249,29	305,31
-La quantité d'oxygène horaire $qo_2/24$	KgO_2/h	19,06	21,39
-La quantité d'oxygène nécessaire pour un m^3 du bassin qo_2/m^3	KgO_2/m^3j	0,43	0,43
-Besoins en pointe horaire en oxygène qo_{2pte}	KgO_2/h	15,16	18,13
Calcul de l'aérateur de surface à installer			
- Besoin réel de pointe en oxygène	KgO_2/h	21,54	25,9
- puissance de l'aération nécessaire	Kw	14,63	17,54
- puissance de brassage	Kw	12,76	15,36
- nombre d'aérateurs dans le basin	-	2	2

Bilan de boues			
-la quantité des boues en excès Δx	Kg/j	450,51	513,80
-Concentration de boues en excès X_m	Kg/m^3	9,6	9,6
-Le débit de boues en excès $Q_{excés}$	m^3/j	28,07	33,59
-Le débit spécifique par m_3 de bassin q_{sp}	$Kg/m_3.j$	0,45	0,45
-Le taux de boues recyclées R	%	48	48
-Le débit des boues recyclées Q_r	m^3/j	686,33	851,05
-Age des boues A_b	j	7,26	8,90
Caractéristiques du clarificateur			
-Forme	-	Circulaire	Circulaire
-Nombre de bassins	-	1	1
-Surface horizontale	m^2	172,25	202,55
-Diamètre	m	14,81	18,21
-Volume	m_3	687,87	809,10
-Hauteur	m	4	4
-Temps de séjour T_s			
*débit moyen horaire	h	9,5	15,95
*débit de pointe par temps sec	h	4,5	8,5
*débit de la station	h	1,5	1,5

Conclusion :

En faisant une comparaison entre les deux variantes proposées pour le traitement biologique, on voit que les ouvrages de traitement spécialement le bassin d'aération sont très important dans le cas à faible charge, en plus la quantité des boues extraites sont nettement élevées pour la même variante, ce qui nous conduit à choisir de construire une station d'épuration qui fonctionne à moyenne charge.

VII.5. Le 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.

❖ **Horizon 2030 :**

On utilise une dose de 10 mg/l pendant un temps de contact de 30 min.

✓ **La dose journalière en chlore :**

$Dj = Q_{moy,j} \times (Cl_2) = 1800 \times 0,01 =$ **18 Kg/j**

✓ **Calcul de la quantité de la javel pouvant remplacer la quantité du chlore**

On prend une solution d'hypochlorite à 20°

1° de chlorométrie ⟶3,17 g de Cl_2/ NaClO

20° de chlorométrie⟶ X

➢ X = 3,17. 20 / 1 = **63,4 g** de Cl_2/ NaClO

✓ **La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire :**

1 m^3 (NaClO) ⟶ 63,4 Kg de Cl_2

Q_j ⟶ 18

Q_j = 18/ 63,4 = **0,28 m^3 (NaClO)/j**

✓ **La quantité annuelle d'hypochlorite :**

$Q_a = Q_j$. 365 =0,28×365 = **102,2 m^3 (NaClO) /an**

✓ **Dimensionnement du bassin de désinfection :**

$Q_{pte, pluie}$ = **459 m^3/ h** (débit de pointe au temps de pluie)

T_s = **30 min**

a- Le volume du bassin :

$V = Q_{pte, pluie} \times T_s$ = (459 ×30)/60 = 229,5 **V = 229,5 m^3**

b- La hauteur du bassin :

On fixe H = 3m **H = 3 m**

c- La surface horizontale :

S_h = V/H = 229,5 /3 =76,5 m^2 **S_h = 76,5 m^2**

d- La largeur et la longueur :

On prend : L = 2 * B

$B = \frac{\sqrt{sh}}{2} = \frac{\sqrt{76,5}}{2}$ = 6,18 on prend : **B= 7 m**

Alors : L = 2 * 6,18=12,36m on prend : **L = 13 m**

Avec :

L : longueur du bassin de désinfection.

B : largeur du bassin de désinfection.

❖ **Pour l'horizon 2040 :**

Pour cet horizon, on dimensionne le bassin de désinfection avec la différence des débits des deux horizons :

✓ **Débit de la station :**

$Q_{pte, pluie} = Q_{pte, pluie (2040)} - Q_{pte, pluie (2030)}$

$Q_{pte, pluie}$ = 558,58 – 459 = **99,58 m^3/h**

✓ **Débit moyen journalier :**

$Q_{moy\ j} = Q_{moy\ j(2040)} - Q_{moy\ j(2030)}$

$Q_{moy\ j}$ =2259,50– 1800 = **459,5 m^3/j**

☞ On utilise une dose de 10 mg/l pendant un temps de contact de 30 min.

• **La dose journalière en chlore :**

$D_j = Q_{moy, j}$ * (Cl_2) = 2259,50 * 0,01 = **22,59 Kg/j**

• **Calcul de la quantité de la javel pouvant remplacer la quantité du chlore :**

On prend une solution d'hypochlorite à 20°

1° de chlorométrie ⟶ 3,17 g de Cl_2/ Na ClO

20° de chlorométrie ⟶ X

X = 3,17. 20 / 1 = **63,4 g** de Cl_2/ Na ClO

- **La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire :**

1 m^3 (NaClO) ⟶ 63,4 Kg de Cl_2

Qj ⟶ 22,59

Qj = 22,59 / 63,4 = **0,36 m^3 (NaClO)/j** **Qj= 0,36 m^3 (NaClO)/j**

- **La quantité annuelle d'hypochlorite :**

Qa = Qj . 365 = 0,36*365 = **131,4m^3 (NaClO) /an**

- **Dimensionnement du bassin de désinfection :**

Q pte, pluie = **558,58 m^3/ h** (débit de pointe au temps de pluie)

Ts = 30 min

- **Le volume du bassin :**

$V = Q_{pte, pluie} * T_s = 558,58 .30/60 = 279,29\ m^3$ **V=280 m^3**

- **La hauteur du bassin :**

On fixe H = 3 m **H = 3 m**

- **La surface horizontale :**

Sh = V/H = 279,29 /3 = 93,09 m^2 **S_h = 94m^2**

- **La largeur et la longueur :**

On prend : L = 2 × B

$B = \frac{\sqrt{sh}}{2} = \frac{\sqrt{93,09}}{2}$ = 6,82 m on prend : **B= 7 m**

Alors : L = 2 × 6,82 =13,64 m **L=14 m**

Avec

L : longueur du bassin de désinfection.

B : largeur du bassin de désinfection.

Les résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons sont représentés sur le tableau suivant :

Tableau VII.13 résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons.

Caractéristiques du basin	Unité	Horizon	
		2020	2030
Volume	m^3	229,5	280
Hauteur	M	3	3
Surface horizontale	m^2	74,5	94
Longueur	M	13	14
Largeur	M	7	7
Dose journalière en chlore	Kg/j	18	22,59
La quantité d'hypochlorite nécessaire	m^3/j	0,28	0,36
La quantité annuelle d'hypochlorite	m^3/an	102,2	131,4

VII.6. Dimensionnement des ouvrages de traitement des boues :

La filière de traitement des boues passera par les étapes suivantes :

✓ Un épaississement des boues.

- ✓ Une digestion anaérobie.
- ✓ Une déshydratation sur lits de séchage.

Les boues liquides passeront dans l'épaississeur puis seront acheminées vers le digesteur et quand elles sont moins liquides, elles sont transportées vers les lits de séchages.

❖ **Horizon 2030 :**

Les boues provenant du clarificateur sont admises dans une filière de traitement comportant l'épaississement, la déshydratation et l'évacuation finale.

VII.6.1. Epaississeur :

L'épaississeur constitue la première étape des filières de traitement des boues. Il sera dimensionné en fonction des charges polluantes éliminées dans le clarificateur.

☞ **Données de calculs :**

- Boues issues du décanteur primaire : ΔX_1= DBO5e + MESe ……..... (VII.42)
  ΔX_1= 453,6+664,05 = 1117,65 kg/j **ΔX_1= 1117,65 kg/j**
- Boues issues du clarificateur **:** ΔX_2 = **503,55 kg/j** (Représente les boues en excès)
- Concentration moyenne des boues issues du clarificateur : **S2 = 10 à 20 g/l**
- Concentration moyenne des boues issues du décanteur primaire : **S1 = 20 à 30 g/l**

a. Débit journalier des boues entrant dans l'épaississeur :

- Le débit arrivant du décanteur primaire

$Q_1 = \Delta X_1 / S1$ Avec S1= 25g/l Donc : **Q1 = 44,71 m³/j**

- Le débit des boues arrivant du clarificateur

$Q_2 = \Delta X_2 / S2$ Avec S2 =15g/l Donc : **Q2 = 33,57 m³/j**

- **$Q_t = Q_1 + Q_2$** =34,92+26,43=61,65 m³/j **Q_t = 78,28 m³/j**

b. Calcul du volume de l'épaississeur :

Avec : **$V_E = Q_t \times t_s$**

t_s : temps de séjour compris entre 2 à 10 jours, on prend t_s = 6 jours d'où

$V_E = Q_t \times t_s$ = 78,28 × 6 →**V_E = 469,68 m³** → **V_E =470 m³**

Enfin le diamètre de l'épaississeur est exprimé par la formule :

$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi . H}}$ =12,18m **D=13 m**

Avec

- D : diamètre du l'épaississeur (m).
- V : volume du décanteur (m_3).
- h : hauteur du décanteur tel que h= (3-5) m, on prend **h=4 m.**

Donc : **D = 13 m**

VII.6.2. Digesteur :

Dans le but de diminuer le volume des boues et d'augmenter leur qualités, elles passent par le digesteur.

Après l'opération d'épaississement, les boues atteindront une concentration de l'ordre de 80 à 100 g/l, on prend 90 g /l, ce qui donne un débit de boues à la sortie de l'épaississeur **Q_{be}** de l'ordre de :

$Q_{be} = \Delta X_T / 90$ …… (VII.432)

ΔX_T =1621,2 kg/j → **Q_{be}** =1621,2/90=18,01 m³/j **Q_{be} = 18,01 m³/j**

❖ **Le temps de séjour du digesteur :**

$T_s = 175 * 10^{(0.03\times t)}$…… (VII.44)

✓ t = 35°C (La température moyenne des boues dans le digesteur)

Donc : **Ts = 15,6 jours**

✓ **Le volume du digesteur :**

$V_d = Q_d . T_s = 18,01\times 15,6 = 280,95 m^3$ **Vd =280,95 m³**

✓ **La surface horizontale :**

La forme du digesteur est circulaire : $S_h = V_d/H$ on prend H=4m Donc : **S_h= 70,24 m²**

✓ **Le diamètre du digesteur :**

$Sh=\pi.d^2/4$ » $D=\sqrt{\frac{Sh.4}{\pi}} = 9,46$ m on prend : **D=9,5 m**

VII.6.3. 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 (l) 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.

Nous avons choisi les dimensions suivantes : L=20m ; l=8m ; h=0,4m

✓ **Le volume de boues épandues sur chaque lit :**

V = b * L * H **V = 64 m³**

✓ **Nombre de lits nécessaires à chaque épandage :**

N > v_1/ v =18,01 /64 = 0.28 on prend **n=1**

On considère qu'un lit est utilisé 12 fois /an (une rotation par mois) **n=1**

✓ **Volume des boues épandues par lit et par an :**

Il est généralement admis que chaque lit sert 12 fois par an

$V_2=12 * V =12*64=768 m^3$ **V_2=768m³**

✓ **Volume des boues à sécher par an :**

$V_{ba} = v_1 * 365 = 18,01*365 = 6573,65 m^3$ **V_{ba}= 6573,65 m³**

✓ **Nombre de lits nécessaire :**

N > v_{ba} / v_2 =6573,65 / 768 = 8,56 lits **on prend : N= 9 lits**

✓ **Surface nécessaire :**

$S = S_0 * N$

Où : S_0 c'est la surface du lit de séchage : $S_0 = L * l = 20* 9 = 180 m^2$

$S = 9 *180 = 1620 m^2$. **S =1620 m².**

❖ **Horizon 2040(extension) :**

Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur, digesteur et le lit de séchage pour les deux horizons sont représentés sur le tableau suivant :

Tableau VII.14 : Dimensionnement des ouvrages de traitement de boues.

Dimensionnement de l'épaississeur			
Désignations	**Unité**	**2030**	**2040**
• Boues issues du décanteur primaire	kg/j	1117,65	1339,39
• Boues issues du décanteur secondaire	kg/j	503,55	605,74
• la quantité totale journalière des boues	kg/j	1324,10	1582,43
• Le débit total	m^3/j	78,28	93,98
• Débit des boues épaissies	m^3/j	18,01	21,61
• Hauteur	M	4	4
• Surface horizontal	m^2	117,5	141,05
• Volume	m^3	470	564,2
• Diamètre	M	12,18	15,65
Digesteur			
• Hauteur	M	4	4
• Volume	m^3	280,95	337,11
• Diamètre	M	9,5	12,32
Lit de séchage			
• Le volume de boues épandues sur chaque lit	m^3	64	64
• Volume des boues épandues par lit et par an	m^3	768	768
• Volume des boues à sécher par an	m^3	6573,65	7887,65
• Nombre de lits nécessaire	-	9	2
• Surface nécessaire	m^2	1620	1940
• Hauteur de boue dans le lit	m	0,4	0,4

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 (2020-2030). Le choix de la variante la plus adéquate pour notre agglomération s'est orientée 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 choisi à cet effet. Cela dit une étude économique permettrait un choix plus clair. On note aussi la quantité énorme des boues en excès pour le cas de la variante à faible charge.

CHAPITRE VII : Les calculs hydrauliques

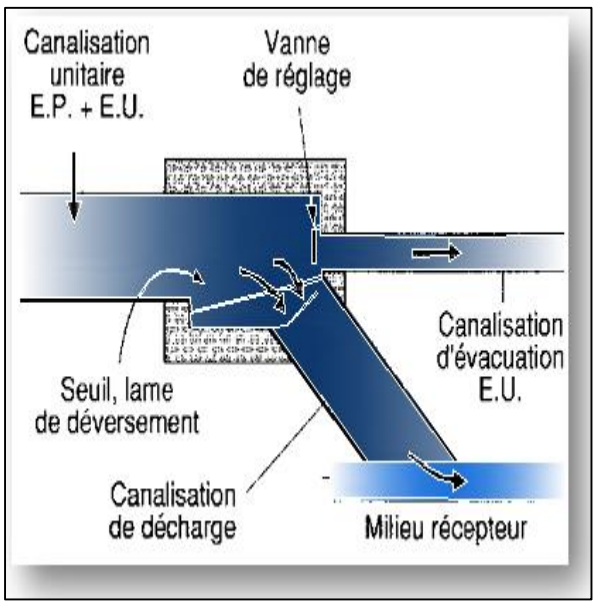
CHAPITRE VIII : LES CALCULS HYDRAULIQUES

Introduction

Une fois les différents ouvrages constituants la station d'épuration dimensionnés, il est nécessaire de procéder au dimensionnement des conduites reliant ces derniers.
Un bon fonctionnement hydraulique de la station d'épuration nécessite aussi la détermination des côtes du radier et des côtes piézométriques des différents ouvrages la constituant.

VIII.1. Déversoir d'orages :

Un déversoir d'orages est un ouvrage de contrôle permettant une régulation hydraulique des effluents en réseau d'assainissement.
Il rejette directement une partie des effluents au milieu naturel lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur qu'on appelle réglementairement « débit de référence ». Les déversoirs d'orages sont généralement installés sur les réseaux unitaires comme notre cas dans le but de limiter les apports au réseau aval afin de protéger les populations urbaines des inondations et la station d'épuration d'une surcharge hydraulique en cas de pluie.



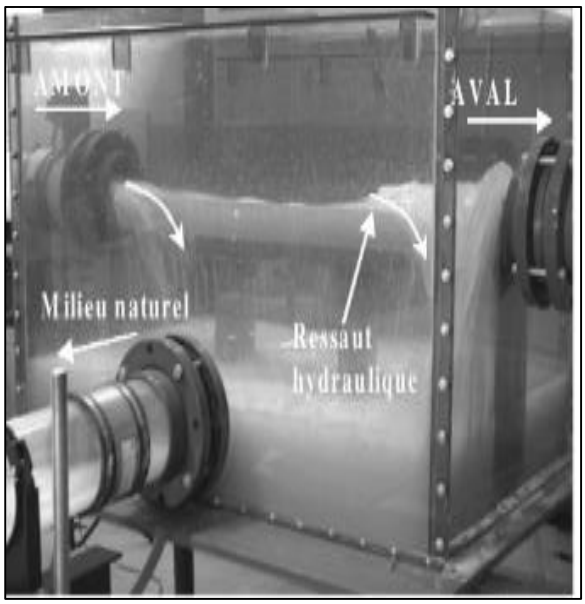


Figure VIII.1 : schéma d'un déversoir d'orage.

VIII.1.1. Calcul du déversoir d'orage :

Le débit d'eau pluvial a été estimé par les calcule suivant est 11111m3 /s.

- Estimation de débit des eaux pluviales de BOUGHERDAINE :

1. INTRODUCTION :

Un réseau d'assainissement d'une zone doit assurer une évacuation correcte des eaux pluviales de manière à respecter la submersion et éviter toute stagnation des eaux de ruissellement dans les points bas après averses.

La méthode la plus couramment utilisée pour évaluer les débits des eaux pluviales est la méthode rationnelle. Le principe de cette méthode consiste à estimer les débits a partir d'un découpage du bassin versant en secteur.
Le débit des eaux pluviales est donné par l'expression suivante :

$$Q = C \times I \times A$$

La formule de calcul Q pluviales.

Avec :

Q : débit eaux pluviales en m3/s.des

I : intensité maximale des précipitations en mm/h.

A : aire d'apport en hectares.

C : coefficient de ruissellement.

A. Application de la méthode rationnelle :

- Coefficient de ruissellement :

Tableau VIII.1 : Coefficients de ruissellement relatifs à diverses surfaces et types d'occupation du sol.

Surfaces	**Coefficient de ruissellement "C"**	**Types d'occupation du sol**	**Coefficient de ruissellement "C"**
Chaussée en béton, asphaltée	0.70 - 0.95	Commercial	
Chaussée en brique	0.70 - 0.85	-centre ville	0.70 – 0.95
Toiture	0.75 - 0.95	-banlieue	0.50 – 0.70
Terrain gazonné, sol sablonneux		Résidentiel	
-plat (pente< 2%)	0.05 – 0.10	-lotissements	0.30 – 0.50
-pente moyenne (2 à 7 %)	0.10 – 0.15	-collectifs	0.50 – 0.75
-pente raide (> 7 %)	0.15 – 0.20	-habitat dispersé	0.25 – 0.40
Terrain gazonné, sol dense		Industriel	
-Plat (pente< 2%)	0.13 – 0.17	-densité moyenne	0.50 – 0.80
-pente moyenne (2 à 7 %)	0.18 – 0.22	-densité élevée	0.60 – 0.90
-pente raide (> 7 %)	0.25 – 0.35	Parcs et jardins publics	0.05 – 0.25
Entrée de garage en gravier	0.15 – 0.30		0.25 – 0.35
		Terrains de jeux	0.05 – 0.15
		Terrains vagues	
		Terrains agricoles	0.05 – 0.13
		-drainée	0.03 – 0.07
		-non drainée	

Pour notre cas en remarque que :

BOUGHERDAINE : un habitat dispersé : → ‘’C’’ varie entre 0.25– 0.40.

Donc dans notre cas en prendre un coefficient de ruissellement C=0.40

1. Temps de concentration :

Il représente le caractéristique principale de toutes les formules permettant le passage des pluies au débit ; c’est le temps que met une goutte de pluie pour parvenir du point hydraulique le plus éloigné à l’exutoire considéré, dans notre cas il est pris égale à 23 min.

D’âpres GIANDENTE.

$$tc = \frac{\left(4\sqrt[2]{S}\right) + (1.5 * L)}{0.8\sqrt[2]{Hmoy - Hmin}} * 60$$

Avec :

T_c : Temps de concentration en min

S : La surface du bassin versant en Km^2

L : Longueur du bassin versant en Km

Hmoy, Hmin : La hauteur moyenne et minimum de précipitation en mm

2. Intensité pluviométrique :

Elle représente la hauteur maximale de pluie obtenue pour une durée (t) de précipitation, le temps est généralement pris égal au temps de concentration (Tc) du bassin versant considéré, et qui est utilisé pour l'évaluation du débit de pointe (Qp).

Détermination de l’intensité :

L’intensité : $I = Pt/T$

Pt : Pluie d’une durée (t) pour une fréquence voulue (mm).

t : durée de la pluie (heures). (dans ce cas t=temps de concentration = 25 min)

Tel que :

$$P_{(t)}\% = P_J\%\left(\frac{t}{24}\right)^b$$

b : Exposant climatique (donnée) : Cet exposant climatique dépendant de la position géographique, déterminé à partir de la carte des iso lignes de l’exposant climatique établi par K.BODY en Mai 1981.

On prend pour notre site : b = 0,37

Pj : Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm) en déterminée d'après l'ajustement de la série pluviométrique maximale journalier.

Application du calcul de l'intensité pluviométrique :

3. Précipitations :

Dans la zone d'étude en remarque l'absence totale d'une station pluviométrique pour cela en prendre une station pluviométrique plus voisine à la zone d'étude et même caractéristiques climatique et morphologique. Pour cela on dispose une série d'observations pluviométriques

- La pluviométrie moyen annuel **P moy =603 mm**
- Pluie max journalier **P maxj =81,4mm**
- Coefficient de variation **Cv=0.33**
- Exposant climatique **b= 0.37**

1. Calcul de pluie à court durée Pt :

La pluie d'une durée t pour une telle fréquence est donnée par la formule de MONTANA :

$$P_{(t)}\% = P_J\%(\frac{t}{24})^b$$

Pt : Pluie d'une durée (t) pour une fréquence voulue (mm).

Pj : Pluie maximale journalière pour la même fréquence (mm).

t : durée de la pluie (heures). (Dans notre cas en prendre

t = temps de concentration=23mn=0.383(heurs).

b : Exposant climatique (donnée) : Cet exposant climatique dépendant de la position géographique, déterminé à partir de la carte des iso lignes de l'exposant climatique établi par K.BODY en Mai 1981.

On prend pour notre site : b = 0,37

D'où : $P_{(t)}\% = P_J\%(\frac{t}{24})^{0,37}$

- Application numérique :

$P_{(t)}\% = P_J\%(\frac{t}{24})^{0,37}$ = $P_{(t)}\% = 56.3\times(\frac{0.383}{24})^{0.37}$ = 12.18 mm.

2. Calcul l'intensité « I »

L'intensité des pluies est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{I} = \frac{\mathrm{Pt}}{\mathrm{t}}$$

Avec :

Pt : la pluie à court durée (Pt=12.18 mm)

- Application numérique :

I=0.98, I= 56.98mm/h

B. Application de la méthode rationnelle :

Le débit des eaux pluviales est calculé comme suite :

$$Q = C \times I \times A$$

Avec :

t C= 0.416 et I = 57.6 mm/h (pour une période de retour de 10 ans)

Conversion : 1 mm/h =10 m3/ha/heure = $\frac{10000}{3600} l/s/h = 2{,}777 l/s/ha$

Donc :

$$I = 56.98 \times 2.777 = 158.26 \text{ l/s/ha}$$

Donc :

Le débit des eaux pluviales : Qp= 158.26 x 0.4 x A **= 63.30 x A (l/s)**

A=a1+a2

Avec :

a1: surface de bassin versant n°1=95000 m^2

a2 : surface de bassin versant n°2=72000m^2

donc:

A=95000+72000=167000 m^2 A=1,67 ha

Donc :

Q pluvial=63,30×1,67=1057,11 (l/s) **Q pluvial=1,05 (m3/s)**

-Le débit de la station d'épuration en temps de pluie est de 0,127 m 3 /s.

Donc, le débit véhiculé par la conduite à l'amont du déversoir d'orage est :

$Q = Q_{ptp} + Q_{pluvial}$ **Qv=0,127+1,05=1,18(m3/s)**

a. A l'amont du déversoir :

On calcule le diamètre de l'intercepteur qui véhiculera le débit d'eau total :

Qv =1,18 m3/s ; I =0,6 %.

D'après l'abaque de Bazin (Annexes 01 et 02)

- D_e = 1000 mm (diamètre à l'entrée du déversoir).
- Q_{ps} =1,5 m^3 /s (débit à pleine section).

Avec les paramètres hydrauliques :

- $r_Q = Q_v/Q_{ps}$ = 0,78(rapport des débits).
- $r_H = H_e/D_e$ =0,67 => H_e =0,67×1000= 670 mm (hauteur de remplissage).

b. A l'aval du déversoir (vers la station) :

- Q_{ptp}=0,127 m^3 /s
- I =0,6 %

D'après l'abaque de Bazin (Annexes 01 et 02)

- D_s =500 mm.
- Q_{ps} = 0,16 m^3 /s.

Avec les paramètres hydrauliques :

- $r_Q = Q_{ptp} / Q_{ps}$ =0,79 (rapport des débits).
- $r_H = H_s /D_s$ = 0,68=> H_s =0,68×500= 340 mm (hauteur de remplissage).

c. Le débit diversé par le déversoir d'orage est :

Qd = Qv – Qpte = 1,18 – 0,127

Qd = 1, 05 m^3/s

d. Dimensionnement du déversoir d'orage :

- La hauteur d'entrée H_e = 670 mm
- La hauteur de sortie H_s = 340 mm
- La lame d'eau déversée est donnée par :
  $H_d = (H_e – H_s)$
  H_d= (670 -340) = 330

La largeur du seuil déversant est donnée pour un déversoir latéral par la formule suivante :

$b = (3* Q_d)/[2m(2g)^{1/2}H_d^{3/2}]$

Avec :

- **m** : 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 m = 0,6
- **g** : L'accélération de la pesanteur g = 9,81 m^2/s .

$H_d = (H_e – H_s)$

$b = (3* 1,05)/[2 .0,6.(2 . 9,81)^{1/2} . 0,330^{3/2}] = 3,13$ m

Donc : on prend **b= 3,5m**

VIII.2. Dimensionnement de la conduite de fuite :

C'est une conduite qui sert à évacuer l'eau de pluie rejetée par le déversoir d'orage vers l'oued ainsi pour avoir un bon écoulement, cette conduite doit être en béton.

On impose une pente de 1,5%

Q_{dev} = 1.05 m^3/s

D'après l'abaque de Bazin (02) on aura :

Dd =800 mm

Qps = 1,35 m^3/s

Vps = 2 m/s

Et d'après l'abaque de Bazin (01)

rQ = 0,78
rH = 0,67=> H = 536mm
rV = 1,1=> V = 2,2m/s

1. Dimensionnement de la conduite By-pass :

Cette conduite est appelée à véhiculer un débit de Qpte = 0,127 m³/s sous une pente de 1,5% et elle devrait intervenir lors d'un danger sur la station, et l'eau est dirigée vers la station de relevage vers le milieu récepteur. Comme on doit avoir une grille de même dimension que le dégrilleur

Qpte = 0,127 m³/s , I = 1,5%

D'après l'abaque de Bazin (01) : Ds = 400 mm
Qps = 0,16 m3/s
Vps = 1 m/s
Et d'après l'abaque de Bazin (02) :
r_Q = 0,79 ; r_H = 0,67; r_V = 1,105

VIII.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.

Tableau VIII.2 : Côtes moyennes du terrain naturel de la zone d'implantation des différents ouvrages de la station.

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)
Dégrilleur	225,6
Dessableur-deshuilleur	225,15
Décanteur primaire	224,87
Bassin d'aération	224,68
Décanteur secondaire	224,50
Bassin de désinfection	224,00

VIII.3.1. Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages :

Nous avons choisi le PEHD, comme matériau car il présente de bonnes caractéristiques du 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 :

$$\Delta H_T = \frac{K * L * Q^{\beta}}{D^m} = Cp_A - Cp_B$$

K : coefficient de perte de charge
Q : débit en m³/s ;(Q=m³/s)
L : longueur de la conduite
D : diamètre de la conduite
ß : coefficient dépendant du régime d'écoulement
m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite
Cp A : Côte du plan d'eau au point A
Cp B : Côte du plan d'eau au point B

TableauVIII.3 : Les valeurs de K, m et β.

Tuyau	K	M	B
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(PEHD)	0,001052	4,774	1,77

Pour le PEHD, on a :

- K = 0,001052
- m = 4,774
- β = 1,77

A. Diamètre :

D'après la formule le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^{\beta}}{(C_{PA} - C_{PB})}}$$

B. Longueurs des conduites :

Pour les calculs des longueurs ; ils utilisent les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières.

L éq = 1,15 L réelle …… (.3)

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 :

TableauVIII.4 : Longueurs réelles des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Ouvrages	L réelle (m)	Leq = 1,15. Lréelle (m)
Dégrilleur -Dessableur-deshuilleur	12	13,8
Dessableur-deshuilleur - Décanteur I	60	69
Décanteur I - Bassin d'aération	15	17,25
Bassin d'aération - Décanteur II	15	17,25
Décanteur II - Bassin de désinfection	10	11,5

C. Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages

On calcule les cotes piézométriques d'après l'équation de BERNOULLI donnée par :

P1/W + V12/2g + Z1 = P2/W + V22/2g + Z2 + ΔH1-2

- P1/W et P2/W : énergies de pression dans les sections (1) et (2).
- V1/2g et V2/2g : énergies cinétiques en (1) et (2).
- Z2 et Z1 : cotes des points (1) et (2).
- ΔH1-2: pertes de charges dans le tronçon (1-2).

La variation de vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées il vient :

P1/W + Z1 = P2/W + Z2 + ΔH1-2

On pose : P1/W = H1 et P2/W = H2

Donc : H1+ Z1 = H2+ Z2+ ΔH1-2

$Cp_1 = H_1 + Z_1$: cote piézométrique au point (1).
$Cp_2 = H_2 + Z_2$: cote piézométrique au point (2).
$Cp_1' = Cp_2 + \Delta H_{1-2}$

D. Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques

a- Conduite dégrilleur -déssableur (A-B)

On a :
Côte du radier du dégrilleur(A) : 224,6 m
Hauteur d'eau : 0,8 m
D'où : Cp_A=225,4m
Côte du radier du déssableur-déshuileur(B) : 224,15m
Hauteur d'eau : 1m
D'où : Cp_B=225,15m
L=13,8m

- **Diamètre**:

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^{\beta}}{(C_{PA} - C_{PB})}}$$

$$D = \sqrt[4,774]{\frac{0,001052 \times 13,8 \times 0,127^{1,77}}{225,4 - 225,15}} = 0,257 \qquad D = 300 \text{ mm}$$

- **Cote piézométrique**

D'où on aura : $Cp_B' = Cp_A' - \frac{K \times L \times Q^{\beta}}{D^m}$ = 225,4-0,25 →**Cp_B'=225,15m**

ΔH=0,25m

b- Conduite dessaleur – Décanteur I (A-B)

Cp_A'=225,15 m
Côte du radier du bassin de décantation (B) : 219,87m
Hauteur d'eau : 4,5 m
D'où : Cp_B: 224,37 m
L=69m

- **Diamètre :**

$$D = \sqrt[4,774]{\frac{0,001052 \times 69 \times 0,127^{1,77}}{225,15 - 224,37}} = 0,283 \text{ m} \qquad D = 300 \text{ mm}$$

- **Cote piézométrique**

D'où on aura : $Cp_B' = Cp_A' - \frac{K \times L \times Q^{\beta}}{D^m}$ = 225,15-0,78=224,36 m

ΔH=0,78m

c- Conduite Décanteur I - bassin d'aération (A-B)

Cp_A'=224,36m
Côte du radier d'aérateur (B) :220,68 m ;
Hauteur d'eau : 4m
D'où : Cp_B=224,68m
L=17,25m

- **Diamètre :**

$D=\sqrt[4,774]{\frac{0,001052\times17,25\times0,127^{1,77}}{224,36-224,68}}$ =0,35m D = 350mm

- **Cote piézométrique**

D'où on aura : $Cp_B'= Cp_A' - \frac{K\times L\times Q^{\beta}}{D^{m}}$ = 224,36-0,25=224,10 m

ΔH=0,25m

d- Conduite bassin d'aération – décanteur II (A-B)

Cp_A'=224,10m

Côte du radier du bassin de clarification(B) :220,50m ;

Hauteur d'eau : 4 m

D'où : Cp_B: 224,50m

L=17,25m

- **Diamètre :**

$D=\sqrt[4,774]{\frac{0,001052\times17,25\times0,127^{1,77}}{224,10-224,50}}$ = 0,23 m D= 250 mm

- **Cote piézométrique**

D'où on aura : $Cp_B'= Cp_A' - \frac{K\times L\times Q^{\beta}}{D^{m}}$ = 224,10-0,24=223,85 m

ΔH=0,24m

e- Conduite décanteur II - bassin de désinfection (A-B)

Cp_A'=223,85m

Côte du radier du bassin de désinfection(B) :221m ;

Hauteur d'eau : 3m

D'où : Cp_B: 224,00m

L=11,5m

- **Diamètre :**

$D=\sqrt[4,774]{\frac{0,001052\times11,5\times0,127^{1,77}}{223,85-224,00}}$ = 0,275 m D = 300mm

- **Cote piézométrique**

D'où on aura : $Cp_B'= Cp_A' - \frac{K\times L\times Q^{\beta}}{D^{m}}$ = 223,85-0,275=223,57 m

ΔH=0,27m

Les résultats obtenus sont résumées sur le tableau ci- dessous :

Tableau VIII.5. : Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.

Désignations	Cote du terrain (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)	ΔH(m)

-Dégrilleur	225,60	0,8	225,15	
-Déssableur-déshuileur	225,15	4	225,11	0,25
-décanteur primaire	224,87	4,5	224,9	0,78
-bassin d'aération	224,68	4	224,95	0,25
-décanteur secondaire	224,50	4	224,7	0,24
-bassin de désinfection	224,00	3	224	0,15

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons déterminé les différents diamètres des conduites qui relier les ouvrages de la station d'épuration ainsi que les côtes piézométriques et les côtes radier afin d'assurer le bon fonctionnement de la station de point de vue hydraulique.

Le calcul hydraulique effectué dans ce chapitre nous a permis de :

- ✓ Dimensionner le déversoir d'orage.
- ✓ Déterminer les cotes terrains naturels des différents ouvrages dans la station.
- ✓ Déterminer les longueurs, les diamètres et les vitesses des conduites reliant ces ouvrages.

Calculer les pertes de charge et les cotes piézométriques dans chaque point

CHAPITRE IX : gestion et exploitation de la STEP

CHAPITRE IX : GESTION ET EXPLOITATION DE LA STEP

Introduction :

Après dimensionnement de la station d'épuration, elle doit être suivie et entretenue pour assurer son bon fonctionnement. Ce dernier est indissociable d'une exploitation attentive du réseau ainsi que la gestion des boues qui est un élément fondamental.

On note aussi la nécessité de prélever des échantillons dans les eaux rejetées par la station d'épuration et contrôler qu'elles respectent bien l'autorisation de rejet.

IX.1. Paramètres à mesurer et à contrôler dans la station :

IX.1.1. Mesure de la turbidité :

Avec un disque de Secchi, ce test permet d'apprécier la limpidité de l'effluent traité. On plonge dans le clarificateur, un disque de Secchi et on note la profondeur (h) à laquelle il devient invisible.

Disque de Secchi : disque blanc de 30 cm de diamètre fixé en son centre à un manche, d'une longueur d'environ 1m80 et gradué de 10 en 10 cm.

En règle générale :

- Une limpidité supérieure à 60 cm témoignera d'une bonne qualité de l'eau épurée (Matières en suspension inférieures à 20 mg/l)
- Une limpidité inférieure à 30 cm indiquera une qualité moyenne, voire médiocre du rejet.

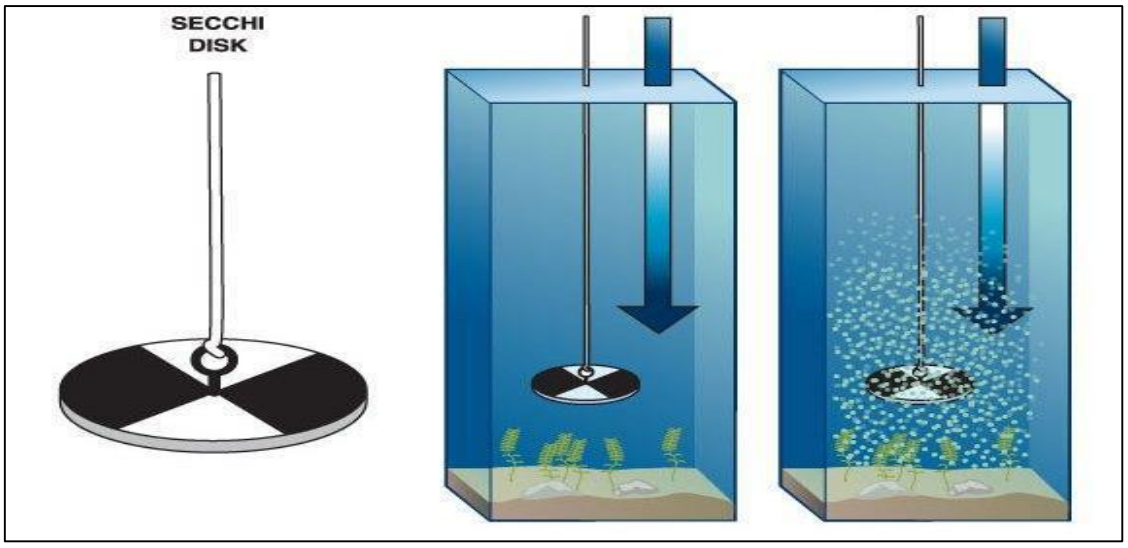


Figure IX.1 : Le disque de Secchi. (Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Disque_Secchi)

IX.1.2. La mesure des débits :

Pour les stations équipées d'un débitmètre enregistrant les débits journaliers, il est demandé de noter les débits journaliers dans la colonne « volume ». Le volume total du mois est calculé en faisant la différence entre les index du dernier et premier jour du mois.

Pour les stations équipées d'un poste de relèvement, le volume est estimé par le relevé hebdomadaire des compteurs horaires et le débit des pompes. Un étalonnage régulier des pompes est nécessaire.

IX.1.3. Mesure de la teneur en oxygène dissous :

La mesure de la teneur en oxygène dissous est réalisée à l'aide d'une sonde palarographique (sonde à oxygène) dans le bassin d'aération 15 mn après la mise en route des systèmes d'aération.

Le but de cette opération est de :

Mesurer une concentration moyenne en oxygène dissous comprise entre 0,50 et 2 mg/l,

Suivre l'évolution de la teneur en oxygène dissous après l'arrêt des dispositifs d'aération.

IX.1.4. Mesure de pH et température :

La mesure de pH est indispensable et cela pour connaître le degré d'alcalinité et d'acidité du milieu. La mesure du pH doit être faite à l'entrée de la station et cela pour prendre toutes les mesures pour le bon fonctionnement des ouvrages et Pour maintenir la température nécessaire aux bactéries et surtout durant la période froide la mesure de la température est très recommandée.

IX.1.5. 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.
✓ Le taux des boues en excès.

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 > 3g/l on augmente le temps de recirculation et la durée d'aération.
- MVS < 3g/l on diminue le temps de recirculation et la durée d'aération.

IX.2.Suivi et entretien des ouvrages :

IX.2.1. Le dégrilleur :

Un défaut d'entretien ou une panne prolongée (équipement auto) entraîne une mise en charge des collecteurs :

 Risque de colmatage du réseau.

 Rétention de dépôts en fermentation pouvant occasionner des perturbations de fonctionnement de la station.

 Risques d'odeurs (H_2S).

Suivi :

➢ Contrôle visuel journalier des équipements électromécaniques.
➢ Inspection journalière de la quantité de déchets retenus.

- Entretien :

➢ Nettoyage journalier de la grille manuelle (la fréquence pourra être réduite suivant l'importance des déchets retenus).
➢ Mise en stockage en conteneur à ordures ou bac approprié après égouttage préalable.
➢ L'égouttage pourra se réaliser également avant stockage dans un panier ou par un fonctionnement sur cycles courts dans le cas d'un équipement automatique à grille droite.

IX.2.2. Dessableur-déshuileur :

IX.2.2.1 Dessableur :

- Suivi :

▪ Longitudinal : contrôle de la quantité des sables piégés.
▪ Systèmes automatisés (tangentiel ou couplé avec un dégraisseur) : inspection journalière des équipements électromécaniques.

- Entretien :

▪ Extraction des sables 1 à 2 fois par semaine et stockage sur une aire d'égouttage.

▪ Pour les systèmes d'extraction par surpresseur d'air, l'extraction se déroulera en 3 temps.
1. admission d'air, vanne d'extraction fermée durant 30 s à 1 mn pour séparation sable matières organiques.
2. arrêt d'air durant 3 à 5 mn pour redécantation des sables.
3. admission d'air, vanne d'extraction ouverte pour l'évacuation des sables.

IX.2.2.2 Déshuileur :

- Suivi :

☞ Pour les ouvrages mécanisés : contrôle des équipements (bullage - raclage).
☞ Vérification de la mise en trémie des graisses (colmatage).

- Entretien :

☞ Ecumage journalier des ouvrages non mécanisés et stockage en fosse (la fréquence pourra être adaptée suivant l'importance des écumes).
☞ Vidange régulière de la fosse de stockage des écumes(ne pas attendre la surcharge de celle-ci : risques d'odeurs, de retours d'eau surnageant chargée en graisses).
☞ Pour les ouvrages statiques, dont les formes de pente sont insuffisantes, une remise en suspension 1 à 2 fois par semaine des dépôts organiques sera nécessaire.

IX.2.3. Bassin d'aération :

ᔓ Chaque jour, contrôler et intervenir pour tous les équipements d'aération fonctionnant convenablement.
ᔓ Vérifier et entretenir les procédures automatiques de démarrage et d'arrêt des aérateurs.
ᔓ Noter les paramètres de fonctionnement tel que le débit et l'oxygène.
ᔓ Mesurer et noter quotidiennement la charge en DBO entrante, indice de MOHLMAN et la concentration des boues dans le bassin.

IX.2.4. Clarificateur :

✓ Maintenir le clarificateur en état de propreté.
✓ Vérifier tous le six mois le bon fonctionnement des dispositifs d'isolation du clarificateur.
✓ Vérifier quotidiennement le bon fonctionnement des dispositifs de pompages des écumes.
✓ Analyser contractuellement l'eau après clarification (DBO, DCO, MES).
✓ vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôle et entretiendes structures immergées.

IX.2.5. 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.

IX.2.6. Epaississeur :

✓ Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté,
✓ Mesurer quotidiennement la hauteur du voile de boue, le garde boue ne doit pas être inférieur à 2 m.
✓ Contrôler et noter chaque jour le pH des eaux surverses et des boues épaissies.
✓ Relever les volumes des boues soutirées des épaississeurs.
✓ Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôler les structures immergées.

IX.2.7. 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 40 cm.

✓ Après deux à trois utilisations du lit, la couche superficielle est renouvelée par un sable propre.

✓ Tous les deux ans, il faut changer les lits de séchage (les lits seront refaits complètement car les drains seront colmatés ou brisés).

✓ Entre deux épandages de boues, le lit pourra être protégé par un film plastique destiné à éviter la prolifération de la végétation et le tassement des matériaux filtrants par les précipitations.

IX.3. Dispositifs facilitant l'exploitation :

Une bonne exploitation de la station, respectant les prescriptions, passe par un certain nombre de dispositions qui sont :

✓ Installer des barres de guidage et des potences équipées de treuil ou palans pour remonter les équipements souvent lourds installés dans le poste.

✓ Eviter les pièces métalliques non protégées contre la corrosion (boulons,...).

✓ Prescriptions pour éviter les accidents.

✓ Prévoir des appareillages de maintenance, nettoyage et contrôle.

✓ Une fiche technique par équipement, faisant apparaître ses caractéristiques, mais aussi les coordonnées du fabricant et des fournisseurs.

✓ Tout événement important doit être enregistré dans le rapport d'exploitation et mis à la disposition lors des contrôles.

✓ Un calendrier indiquant les dates et la fréquence des opérations à réaliser sur les principales pièces électromécaniques (moteur. ...).

Conclusion :

La gestion et l'exploitation d'une station d'épuration n'est pas chose facile et reposent essentiellement sur l'entretien des différents ouvrages, la propreté de la station en nettoyant régulièrement cette dernière permettant ainsi d'assurer sa pérennité, et donc le bon fonctionnement de la station d'épuration.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les dernières années ont été marquées en Algérie par un effort important et croissant consacré à la lutte contre la pollution, surtout dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort s'est matérialisé par un large développement d'installation des stations d'épuration des eaux usées et par un suivi plus efficace de leurs performances.

L'épuration des eaux usées par le procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter et appelé bassin d'aération. L'aération est un élément clé d'une station d'épuration pour fournir l'oxygène aux microorganismes pour dégrader la pollution carbonée.

A la fin de ce travail, on peut dire que la conception de la station d'épuration de la ville de BOUGHERDIANE est la meilleure solution pour faire face aux problèmes d'assainissement, et bien sûre aux problèmes de l'irrigation et la pollution de barrage de BINI HAROUN, alors on peut dire que notre station joue un double rôle. Ajoutant à cela la possibilité d'utiliser la boue produite comme engrais dans l'agriculture.

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 et un contrôle quotidien des équipements, et des paramètres indiquant la qualité d'eau à épurer.

Les stations d'épuration nécessitent un personnel qui doit être toujours présent et percevant pour prendre quotidiennement des observations et assurer le bon déroulement des différentes étapes de traitement ; et en contrepartie le personnel doit être protégé contre n'importe quel danger dont il est tout le temps exposé.

REFERENCES BIBLIOGRAFIQUES

Références Bibliographiques

[1] BALEH KAHINA : 2010-2011 ; Conception d'une station d'épuration pour la ville D'AZAZGA (TIZI OUZOU), MFE, ENSH.
[2] SAIDJ AGHILES : 2012-2013 ; Conception d'une station d'épuration pour la ville de Draa El MIZANE.
(Tizi-Ouzou), MFE, ENSH, promotion.
[3] HAMICHE LYDIA : 2012-2013 ; Conception d'une station d'épuration pour la ville de Beni Douala
(Tizi-Ouzou), MFE, ENSH.
[4] NOUAR MOHAMED KHALIL : 2013-2014 ; conception de la station d'épuration a boues activée de la ville de RAMDANE DJAMEL(W.SKIKDA) MFE, ENSH.
[5] NAMAOUI LAMIA : 2009-2010 ; Diagnostic et réhabilitation de la station d'épuration de BARAKI (W. Alger) MFE, ENSH.
[9] ABDELKADER GAÏD : 1984. Épuration biologique des eaux usées urbaines, tome 2, office de publication universitaire, Alger.260 p
[10] Cindy BASSOMPIERRE : Le 08 février 2007 ; Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers de la conception d'un pilote à la validation de modèles.
DEGREMONT MEMENTO, (1972), « technique de l'eau ». Paris : Dégriment.
[11] ADEME. Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration. ademe.fr.
[12] BRISON C. consulté le 20/04/2012, Le séchage solaire des boues : État actuel de l'art et retours d'expérience, [en ligne] disponible sur <www.fr/documentation /PDF/fndae_36_chap_1_2.pdf>
[13] ALLOUCHE F, LAMRI.D, .et ZAHF, F, (1999). « Surveillance de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali BOUSSID, SABY, Ben BADIS, wilaya de Sidi Bel Abbes », mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en biologie,
Université de sidi bel Abbes.
[14] BEAUDRY J.P., (1984). Traitement des eaux. Edition le Griffon d'Aigle Inc, 231p.
[15] BONTAUX J, (1994), « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle », 2eme édition Lavoisier technique et documentation, 225p.
[16] G .ABDELKADER 1984 Tom1 « épuration biologique des eaux usées ».
[17] C. GOMELLA et **H. GERREE** « les eaux usées dans l'agglomération ».
[18] Dégriment « Mémento Technique de l'eau » tom 1 et 2.
[19] BONNIN J, (1977), « Hydraulique urbain », 5éme édition Eyrole Paris, 228p.
[20] PDF pf-mh.uvt.rnu.tn/295/1/traitement_des_eaux_usees_urbaines.**pdf** « les procédés biologique d'épuration 2008 » Université Virtuelle de Tunis.
[21] BENSABER KHEIRA. 2005. Mémoire de DEUA « étude des performances épuratoire d'une station d'épuration à boues activées (cas de la STEP de MAGHNIA) » Université de Tlemcen.
[22] CHEKI FARIDA. juin 2006. Mémoire de DEUA « étude de L'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées (cas de la STEP de MAGHNIA) ».
[23] PDF engees-proxy.u-strasbg.fr/257/01/ Consulté le : 22/04/2013 Mémoire PDF. « Mise en place d'indicateurs de suivi et d'optimisation de stations d'épuration».
[24]ONA, fiche technique de la station d'épuration des eaux usées de W.MILA.

[25] PDF hal.archives-ouverts.fr « procédé à boues activées pour le traitement d'effluent papetier ».

[26] TEKFI KARIMA 2006 Mémoire de DEUA «étude des performances épuratoires d'une station à boues actives» université de Tlemcen.

[27] Franck R., 2002 : Analyse de l'eau (Aspects réglementaires et techniques). Ed, Collection Biologie technique, 360 p.

[28] SOGERHWIT. Bureau d'étude DISA.2015., Société de réalisation.

[29] AFIR ET MEZAOUA, **1984**. II.5.2. Les types de la pollution : II.5.2.1. Pollution physique : Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés...

[30] BAUMONT et al ., **2004**.groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives.

[31] GALAF., **2003**. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES ? Pollution thermique : Les eaux rejetées ...

[32] Mayet., **1994**. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs 15. Généralités sur les eaux usées. *Les métaux ...

[33] KECK et al, **2000**.Quant **à l**'origine agricole et industrielle, elle concerne par exemple les eaux ... les organismes vivants ainsi que dans la chaine trophique.

[34] CSHPF, **1995**.L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

[35] FABY, **1997**, elle dépend :? de l'activité humaine (eaux ménagères et eaux vannes). 9. Généralités sur les eaux usées ? de la composition des eaux ...Selon ***REJSEK*** (2002), les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont ... D'après RODIER et al (***2005***), On peut classer comme eaux usées, les eaux.

[36] RODIER *et al. (***2009***)*, Physico -chimique de ces eaux et ce, en mesurant d'abord selon les techniques d'analyse décrites la température, le pH, la conductivité, ...

[37] M. TARMOUL FATAH ; 2007. Corse, France in LAFABRIE El .... aux zones de référence : Corne d'Or (baie de BOUISMAIL, Algérie in *TARMOUL*, 2010) et Canari

[38] GAUJOUS, **1995**. La pollution résulte de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à son altération ; Actuellement, la pollution des eaux est devenue ...

[39] CHELLE et al., **2005**.**Mémoire** présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en ... Mr Alatou D. Professeur **à l**'Université Mentouri - Constantine qui a accepté ..... tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

[40] VAILLANT J.R. **1974** ., La pollution des milieux aquatiques : aide-**mémoire**, 2émé édition, revue et ... Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux ..

[41] HAMSA ,**2006** .; **MEMOIRE**. Présenté en vue de ... loin dans l'élaboration de ce **mémoire**. ..... de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives)

[42] BRIERE F.G. ; **1994**. **Mémoire** de magistère, département d'hydraulique, université de Bejaia, ... [6] ... **Thèse**de doctorat, CEMAGREF - ENGEES, Bordeaux, **1994**.

[43] DEGREMONT., **1972**. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO2 et de biomasse L'épuration biologique des eaux usées.

[44] CELINE PERNIN, **2003**. Épandage ... GALAF F et S. GHANNA M, (**2003**). ... La pollution des milieux aquatiques : aide-**mémoire**, 2émé édition, revue et augmentée.

[45] DEGREMONT Mémento, 1972 .GOMELLA C, GUERREE H, **1978** ,, « technique de l'eau ». ... « les eaux usées dans les agglomérations urbain ... **Mémoire**, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par **lagunage naturel** »

[46] SEVRIN-REYSSAC et al, **1995**, **Aérobies**. TRAITEMENTS TERTIAIRES. BOUES. Rejets : Lacs, Oueds, Mer, ... Le lagunage se présente comme une succession de **bassins** (minimum 2 et .... de 4 à 6 jours.

[47] BEAUDRY, **1984**. ; Le lagunage se présente comme une succession de **bassins** (minimum 2 et .... un milieu de transition favorable aux bactéries facultatives.

[48] ANRH, **1996**[1] Ces étangs sont caractérisés par: · Charge (Kg DBO5/ha/jour) : 111 à 112 ;. · Rendement (% de DBO5) : 80 à 95 % ;. · Concentration en algues ...

[49] BONTAUX., **1994**.restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires.

[51] PEARSON, **2005**.Températures des bassins de la station d'épuration par lagunage ..... du phénomène d'autoépuration des lacs et des rivières 3.2.

[52] VALIRON, **1983** ; Températures des bassins de la station d'épuration par lagunage naturel ... un tant soit peu, le principe de fonctionnement d'une station par lagunage ..... de lagune en lagune où la pollution.

[53] DEGREMONT, **1989 ;** Les traitements secondaires biologiques, boues activées, lagunage naturel et aéré sont les traitements les plus ... Principe de fonctionnement :.

[54] KOLLER, **2004**, Les traitements secondaires biologiques, boues activées, **l**agunage naturel et .... Les lagunes naturelles sont nommées étangs de stabilisation...

[55] A. CHAIB N°5 Juin **2004**. 21. Bio épuration par lagunage naturel. Attachée de Recherche, CDER BOUZAREAH email : chaib_a@hotmail.com collaborateur :.

[56] SEVRIN-REYSSAC et al, **1995**.; Le lagunage se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et ... des bactéries en trois catégories : anaérobies, aérobies ou facultatifs (mixtes). ... de 4 à 6 jours), ces étangs fonctionnent dans des ..

[57] BEAUDRY, **1984 .;** Le lagunage se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et .... un milieu de transition favorable aux bactéries facultatives .

[58] BONTOUX, 1993 .; La demande biologique en oxygène (DBO5) 06. 1.3.1.5. La demande ..... Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses).

Site internet

www.adem.fr/partenair/boues.

www.technique-sciences.net « boues activées définition et exploitation ».

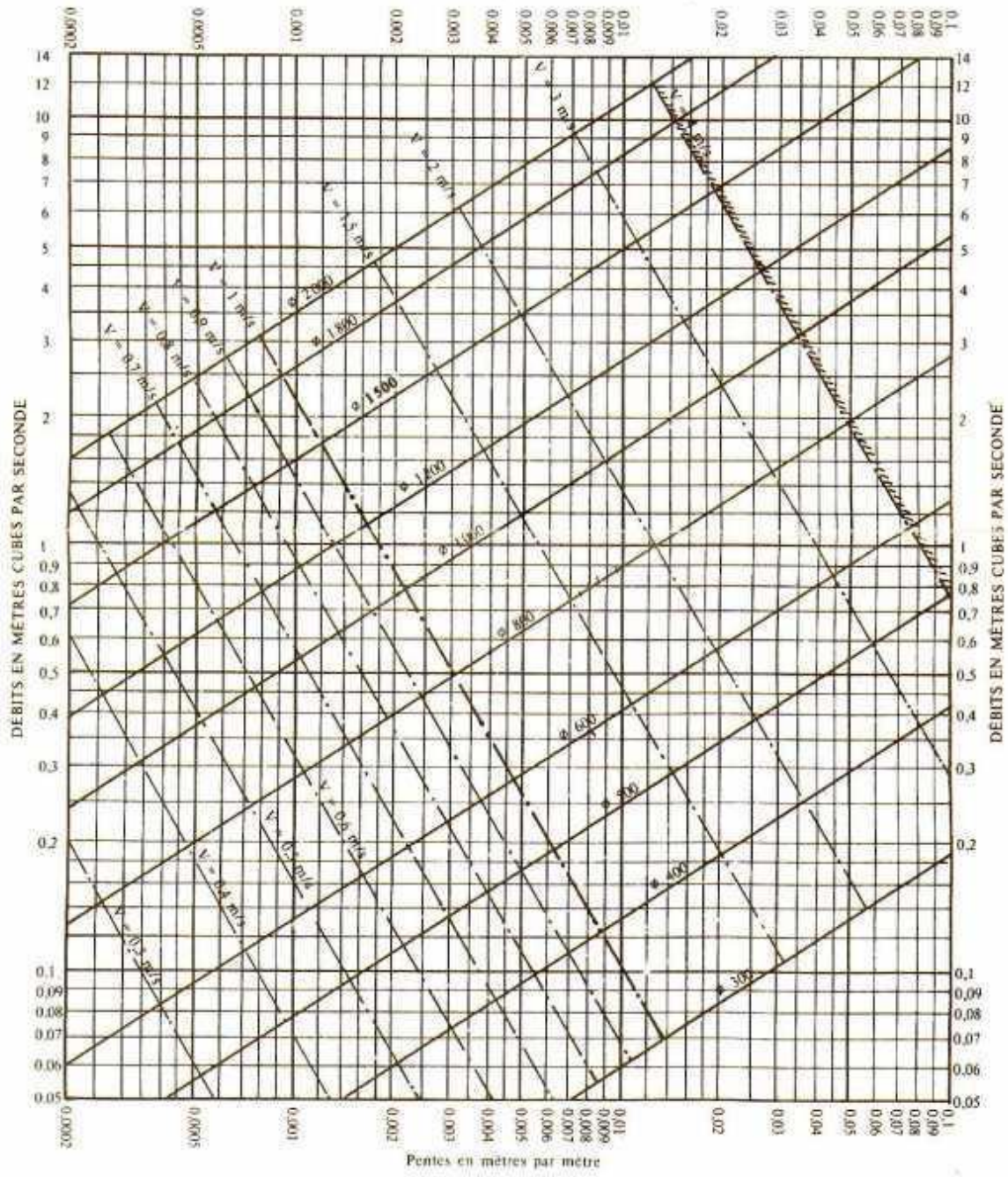
ANNEXES

ANNEXE 1

ANNEXE VII

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF

(Canalisations circulaires – Formule de Bazin)



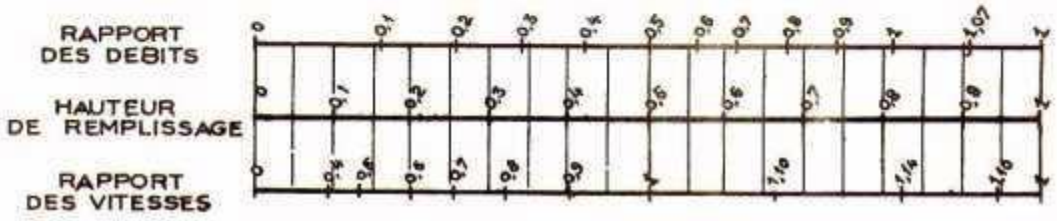
ANNEXE 2

ANNEXE X

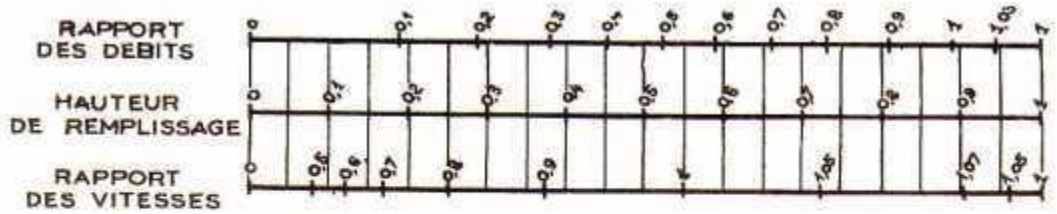
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(d'après la formule de Bazin)

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés



Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux 3/10, le débit est les 2/10 du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les 78/100 de la vitesse correspondant au débit à pleine section