

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA
BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY

جامعة بلجي مختار - عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE.

Département : GENIE DES PROCEDES.

Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Filière : GENIE DES PROCEDES.

Spécialité : GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT.

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

**Caractérisation des boues de traitement biologique de la
station d'épuration(STEP) d'Annaba**

Présenté par :

CHAOUI AMINA MALAK.

REMADNIA HADIL.

Encadrant :

EULMI AMINA

Grade : Docteur

Université : BADJI MOKHTAR

Jury de Soutenance :

M ^{me} HAMOUCHE	DOCTEUR	BADJI MOKHTAR	Président
M ^{me} EULMI AMINA	DOCTEUR	BADJI MOKHTAR	Encadrant
TOUBAL	PROFESSEUR	BADJI MOKHTAR	Examineur

Année Universitaire : 2023/2024



REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au niveau de la station de traitement des eaux STEP ONA (Annaba).

Au terme de ce mémoire, on remercie **Dieu** qui nous a donné le courage et la force pour mener à bien ce modeste travail.

En premier lieu, Nous exprimons nos vives gratitude à Madame **Dr. EULMI AMINA** docteur à l'université de **Badji Mokhtar (Annaba)**. De nous avoir orienté et pour ces conseils judicieux, ses riches enseignements et sa constante disponibilité dans le but de mener à bien ce projet de fin d'études.

On tient à exprimer notre remerciement les plus sincères aux membres du **jury** qui ont acceptés de juger notre travail.

On tient à remercier tous les **enseignants** du département de **Génie de Procédé** de l'université de **Badji Mokhtar (Annaba)**, qui ont participés à notre formation au cours de toutes nos années d'études. et particulièrement à **M^{me} CHAIBRASOU SAMIHA** ingénieur de laboratoire du la **STEP Annaba** et monsieur **MANSOURI RYAD** pour les conseils et les consultations.

Un merci très chaleureux à **nos familles**, plus particulièrement nos **chers parents**, vos précieux conseils nos permis de nous accrocher et de rester motivé, même dans les moments difficiles.

Nous ne finirons pas sans remercier **nos frères et sœurs**.

Sans oublier de remercier intensivement toutes **les personnes** qui nous ont encouragé et soutenu et supporté de près ou de loin Tout au long de ce cheminement.

CHAOUI ET REMADNIA



DIDICACE

Celui qui a dit « j'étais à elle, il l'a eu »

La route n'était pas courte, et il ne devrait pas l'être

Le rêve n'était pas proche et le chemin et n'était pas semé d'embûches

Mais je l'ai fait et j'ai eu

A dieu, amour, remerciement et gratitude, grâce aux quel je suis ici aujourd'hui

Face à un rêve tant attendu qui est devenu une réalité dont je suis fier.

À celui dont le front était couvert de sueur et qui m'a appris que le succès ne vient qu'avec patience et persévérance, à la lumière qui a éclairé mon chemin de sacrifices précieux et précieux, et dont j'ai tiré ma force et mon estime de moi, mon cher père. « **SEBTI** »

À celle à qui Dieu a mis le Paradis sous ses pieds et m'a facilité l'adversité par ses prières. A mon pur ange ma force après dieu. Au grand être humain qui a toujours souhaité me voir un jour comme celui-ci, ma chère mère. « **HADJIRA** »

A ceux à qui a été dit :

« Nous renforcerons votre soutien à travers votre frères »

A celle qui a cru en mes capacités et n la sécurité de mes jours

« **Ma moitié Imen** »

Aux meilleurs et plus brillants jours de ma vie, à la prunelle des yeux de mes frères « **Mohamed et Chouaib** »

A celle qui m'a exprimé ses sentiments sincères et ses conseils, mes tantes

A l'âme miséricordieuse, ma deuxième mère « **Ghania** », que Dieu ait pitié d'elle.

À tous ceux qui ont été une aide et un soutien sur ce chemin, mes amis fidèles

« **Amel et Roumaïssa** »

Je vous dédie cette réalisation et le fruit de ma réussite

HADIL REMADNIA



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

Aux personnes les plus chères à mon cœur et qui ont attendu avec

Patience les fruits de leur bonne éducation.

Leurs patiences, leur énorme sacrifice pour m'offrir une vie pleine de joie, et leurs encouragements. Je suis très fière d'être votre fille et de pouvoir enfin réaliser, ce que vous avez tant espéré et attendu de moi.

A mon très cher papa **Abd El Hamid**

Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

A ma chère maman **BoumaizaSafia**

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance

À ma grande mère Yuma

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études que dieu te protège.

Au cadeau pour mon cœur à l'amie pour mon esprit le fil d'or au sens de la vie à ma moitié zina.

A mon **Adem mon petit frère** mon support.

A **mon ange Loudjien** le secret de la joie de notre famille.

A **Aouachriaabdeldjalil** qui était toujours là à mes côtés et qui crut toujours en moi .

A **ma copine sabrineoueld moussa** qui me soutient depuis que je l'ai rencontrée.

A **la mémoire** de mon **cher oncle**.

A **mon oncle, ma tante et sa petite famille**.

A mes très chers **amis**, Aux **gens que j'aime**, qui ont cru en moi et m'ont soutenu.

Chaoui Amina Malak



Résumé

Résumé.

L'objectif principal de ce travail est de déterminer les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des boues issues du bassin biologique de la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Annaba. En revanche, la même caractérisation a été réalisée en parallèle sur les eaux usées d'un même bassin, dans le but de comparer les caractéristiques des deux parties des bassins (eaux usées et épurées) touchées par la pollution.

Les résultats obtenus mettent en évidence des concentrations très importantes de différents paramètres de pollution dans les boues. Il a été observé que la migration des polluants des eaux usées vers les boues résiduelles est essentiellement due à des phénomènes de sédimentation, qui jouent un rôle important dans la décontamination des bassins biologiques. Ainsi, les principales concentrations obtenues dans les boues et les eaux étaient : DBO₅(85.75mg/l et 2.975 mg/l) ; DCO (331.75mg/l et 35.25 mg/l) ; MES (148.2 mg/l et 5.45 mg/l) Azote ammoniacal (N-NH₄) (37 et 30.60 mg/l) ; Nitrates(0.645mg/l et 3.42mg/l) ; Salinité pour mille (0.6 et 0.62). Des analyses bactériologiques (des germes aérobies à 30°C « 8*10²gm/ml »), (du coliforme à 37°C « 20gm/100ml »), (des levures et des moisissures à 22°C « 20gm/ml ; 10²gm/ml »). En comparant ces résultats avec les normes de rejet algériennes et internationales, on conclut qu'ils se situent dans ces normes.

Mots clés: Eau usée, eau épurée, Boue, Caractérisation, Station d'épuration, Traitement biologique.

ملخص.

تمحور العمل الحالي حول تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية للمياه المنقاة، بهدف مقارنة الخصائص بين جزئي الأحواض (مياه الصرف الصحي والبيولوجي) في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة عنابة. على النقيض، تم إجراء نفس التوصيف بشكل متزامن على مياه الصرف الصحي من نفس الحوض، بهدف مقارنة الخصائص بين جزئي الأحواض (مياه الصرف الصحي والمياه المنقاة) المتأثرين بالتلوث.

أظهرت النتائج المتحصل عليها تركيزات عالية للغاية من مختلف معلمات التلوث في الحمأة. لوحظ أن تحول الملوثات من مياه الصرف الصحي إلى الحمأة يعود أساساً إلى ظواهر الترسيب، التي تلعب دوراً هاماً في تطهير البحيرات الطينية. وبالتالي، كانت التراكيز الرئيسية المحصل عليها في الحمأة (والمياه المنقاة) والمياه المستعملة هي: الطلب البيولوجي للأكسجين لمدة 5 أيام (85.75 ملجم/لتر و 35.25 ملجم/لتر)؛ الطلب الكيميائي للأكسجين (331.75 ملجم/لتر و 403.2 ملجم/لتر)؛ الشوائب العائمة (148.2 ملجم/لتر و 5.45 ملجم/لتر)؛ النيتروجين الأمونيائي (37 ملجم/لتر و 30.60 ملجم/لتر)؛ النترات (0.645 ملجم/لتر و 3.42 ملجم/لتر)، الملوحة بالألف (0.6 و 0.62)، التحاليل البكتريولوجية (الجراثيم الهوائية عند درجة حرارة 30° و 8*10² جم/مل، البكتيريا القولونية عند درجة حرارة 37 درجة مئوية "20 جم/100 مل"، الخمائر والعفن عند درجة حرارة 22 درجة مئوية "20 جم/10² مل". وبمقارنة هذه النتائج مع المعايير التصريف الجزائرية و الدولية، فإنها توجد ضمن هذه المعايير المحددة..

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، مياه المنقاة، الحمأة، الخصائص، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، المعالجة البيولوجية.

Summary:

The main objective of this work is to determine the physicochemical and bacteriological characteristics of sludge from the biological basin of the wastewater treatment plant in the city of Annaba. Conversely, the same characterization was carried out in parallel on the wastewater from the same basin, in order to compare the characteristics of the two parts of the basins (wastewater and slurry) affected by pollution.

The results obtained highlight very high concentrations of various pollution parameters in the sludge. It was observed that the migration of pollutants from wastewater to residual sludge is mainly due to sedimentation phenomena, which play an important role in decontaminating biological basins. Thus, the main concentrations obtained in the sludge and water were: Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) (85.75 mg/l and 35.25 mg/l); Chemical Oxygen Demand (COD) (331.75 mg/l and 403.2 mg/l); Suspended Solids (148.2 mg/l and 5.45 mg/l); Ammoniacal Nitrogen (N-NH₄) (37 mg/l and 30.60 mg/l); Nitrates(0.645mg/l et 3.42mg/l)Salinity (0.6 and 0.62) per thousand. Bacteriologyanalysis (aerobic germs at 30°C”8*10²gm/ml”, coliform at 37°C”20gm/100ml”, yeasts and molds at 22°C”20gm/ml;10²gm/ml”).By comparing these results with the Algerian and international discharge standards, we conclude that they are within these standards.

Key words: waste water, purified water,characterizations,waste water treatment plant, biological treatment.

Liste de Figure

Figure	Titre	Page
Figure I.1	Représentation graphique des origines des eaux usées domestiques.	5
Figure I.2	Les eauxpluviales.	6
Figure I.3	Les eauxuséesindustrielle	6
Figure I.4	Le prétraitement.	13
Figure I.5	Dégrilleur.	13
Figure I.6	Déshuileur.	14
Figure I.7	Décanteurprimaire.	15
Figure I.8	Phénomène de coagulation-floculation chimique.	16
Figure I.9	Flottation.	16
Figure I.10	Le lit bactérien.	18
Figure I.11	Disquebiologique.	18
Figure I.12	Schéma de principe d'épuration à boue activé.	19
Figure I.13	Mécanisme de lagunage.	21
Figure II .1	Histogramme représentant les fractions de boue.	27
Figure II .2	Schémasimplifié d'un épaisseur.	35
Figure II .3	Mécanisme de la déshydratation.	36
Figure II .4	Un lit de séchage.	37
Figure II . 5	Schéma du fonctionnement général d'une serre (le séchage thermique).	38
FigureIV. 1	Laboratoire de STEP Annaba.	53

FigureIV.2	Eaux usées et épurée.	54
Figure IV3	pH-mètre.	55
Figure IV.4	Mesure CE par conductimètre.	55
FigureIV.5	Mesure DBO ₅ par DBO-mètre.	56
Figure IV.6	Thermoréacteur.	58
FigureIV.7	Thermostat.	58
Figure IV.8	Mesure DCO par Spectrophotomètre.	58
Figure IV.9	Éprouvette.	60
FigureIV.10	Coupled'aluminium.	60
Figure IV. 11	Étuve.	60
FigureIV.12	Balance de précision.	60
Figure IV.13	Solution LCK339.	62
FigureIV.14	Spectrophotomètre.	62
FigureIV.15	Volume de décantation V30.	63
FigureV.1	Variation du pH avant et après traitement.	65
FigureV.2	Variation de la température avant et après le traitement.	66
Figure V. 3	Variation du la conductivité avant et après le traitement.	66
FigureV.4	Variation de MES avant et après le traitement.	67
FigureV.5	Variation de DBO ₅ avant et après le traitement.	68
FigureV.6	Variation de DCO avant et après le traitement.	68
FigureV.7	Variation de NO ₃ avant et après le traitement.	69

Figure V.8	Variation d'indice de boue avant et après le traitement.	70
-------------------	--	-----------

Liste du Tableau

Tableau	Titre	page
Tableau I.1	Les avantages et les inconvénients des filières intensives.	20
Tableau I.2	Les avantages et les inconvénients des filières extensives.	22
Tableau I.3	Normes de rejet international.	23
Tableau I.4	Les normes de rejet des eaux usées en Algérie.	24
Tableau III.1	Normes des paramètres de l'eau STEP Annaba.	44
Tableau .1	Analyse de laboratoire sur moyenne de période de stage.	64
Tableau I.2	Les valeurs d'ammoniac et nitrate.	69
Tableau I. 3	Analyse bactériologique d'eau usée de la STEP Annaba.	71

Liste du Photographie

Photographie	Titre	Page
Photographie III.1	Vue générale de la Station d'épuration de L'ALLALIK.	42
Photographie III .2	Localisation carte de la STEP de la ville Annaba.	43
Photographie III .3	Dégrilleur STEP Annaba.	47
Photographie III .4	Déssableur- déshuileur(STEP Annaba).	48
Photographie III .5	Bassinbiologique STEP Annaba.	49
Photographie III.6	Clarificateur.	50

Liste des abréviations

Ms : Matière sèche.

pH : Potentielle hydrogène.

°C : Degré Celsius.

DBO₅ : Demande biologique d'oxygène.

DCO : Demande chimique d'oxygène.

MVS : Matière volatile sèche.

MES : Matière en suspension.

STEP : Station d'épuration.

OMS : Organisation mondiale de la santé .

MO : Matière organique.

ETM : Eléments traces métalliques.

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques.

CTO : composant trace organique.

PCB : Polychlorobiphényle.

IB : Indice de boue.

CF : Les coliformes fécaux.

SF : les streptocoques fécaux

MMS : Les matières minérales sèches.

Mg : magnésium

Cd : cadmium.

Cr: chrome

Table de matière

Titre	Page
Remercîment	
Dedicaces	
Résumé	
Liste de figure	
Liste du tableau	
Liste du photographie	
Liste des abbreviations	
Table de matière	
Introduction	1
Synthèse bibliographies	
CHAPITRE I : Généralité sur les eaux usées et leurs traitements.	
I.1. Introduction	4
I .2. Origine	4
I.2.1. Eaux usées domestiques	4
I .2.2. Eaux pluviales	5
I .2.3. Eaux usées industrielles	6
I .3. Caractéristiques des eaux usées	7

I .3.1.Paramètres organoleptiques	7
I.3.1.1.La couleur	7
I.3.1.2.L'odeur	7
I .3.2.Paramètres physique	8
I.3.2.1.La température	8
I.3.2.2. La turbidité	8
I.3.2.3. Les matières en suspension(MES)	8
I.3.2.4.Les matières minérales sèches (MMS)	8
I .3.2.5.Les matières décan tables et non décantables	8
I .3.3.Paramètres chimiques	9
I .3.3.1.Le potentiel hydrogène pH	9
I .3.3.2.Demande chimique en oxygène (DCO)	9
I .3.3.3.Demande biologique en oxygène à 5 jours (DBO₅)	9
I .3.3.4.L'azote	9
I .3.3.5.Les nitrates	9
I .3.3.6.Azotes ammoniacales	10
I .3.3.7.Le phosphore	10
I .3.3.8.Le sulfate	11
I .3.4.Paramètres bactériologiques	11

I .3.4.1.Les coliformes	11
I .3.4.2.Les coliformes fécaux(CF)	11
I .3.4.3.Les streptocoques fécaux(SF)	12
I.4.Méthodes de traitement des eaux usées	12
I .4.1.Prétraitement	12
I .4.1.1.Le dégrillage	13
I .4.1.2.Le dessablage	14
I .4.1.3.Le déshuilage-Dégraissage	14
I .4.2.Traitementprimaire	14
I 4.2.1.Décantation primaireclassique	15
I. 4.2.2.Coagulation –Floculation	15
I 4.2.3.Flottation	16
I.4.2.4.Filtration	16
I. 4.3.Traitement secondaire ou traitement biologique	17
I 4.3.1.Procédés intensif	17
I. 4.3.1.1.Lit bactérien	17
I.4.3.1.2.Les disquesbiologiques	18
I.4.3.1.3.Les bouesactivées	19
I. 4.3.2.Procédés extensifs	21

I. 4.3.2.1. Traitement biologique par lagunage	21
I. 4.4. Traitement tertiaire	22
I.5. Normes de rejet	22
I.5.1. Normes internationales	22
I.5.2. Normes algériennes	23
I.6. Conclusion	25
CHAPITRE II : traitement des boues	
II .1. Définition des boues	27
II .2. Composition des boues	27
II .2.1. matière organique	28
II .2.2. Eléments fertilisants et amendements	28
II .2.3. Eléments traces métalliques (ETM)	28
II .2.4. Micropolluants organiques	28
II .2.5. Les micro-organismes pathogènes	28
II .3. Types des boues	29
II .3.1. Classification Selon l'origine	29
II .3.1.1. Boues de traitement primaire	29
II .3.1.2. Boues de traitement biologique (boues activées)	29
II .3.1.3. Boues de traitement physico-chimique	29

II .3.1.4.Boues mixtes	30
II .3.2.Classification selonl'état physique	30
II .3.2.1.Boues liquids	30
II .3.2.2.Boues pâteuses	30
II .3.2.3.Boues solideschaulées	30
II .3.2.4.Boues solidescompostées	31
II .4.Caractérisations des boues	31
II .4.1.Caractères physiques	31
II 4.1.1.La viscosité	31
II .4.1.2. La masse volumique	31
II .4.1.4.Le pouvoircalorifiqueinferieur	32
II .4.2.Chimique	32
II .4.2.1.Matières en suspension (MES)	32
II .4.2.2.Matières volatiles sèches (MVS)	32
II .4.2.3.Les matièresminérales	32
II .4.2.4.Les fractions volatiles (en %MS)	32
II .4.2.5.La siccité	33
II .4.2.6.Indice de boues	33
II .4.2.7.Définition de volume de décantation	33

II .4.3.Biologique	33
II .4.3.1.Les bactéries	33
II .4.3.2.Les Virus	34
II .4.3.3.Les Parasite	34
II .4.3.4.Micropolluants	34
II .5.Filières du traitement des boues	34
II .5.1.Epaississement	35
II .5.2.Conditionnement	35
II .5.3.Déshydratation	36
II .5.4.Séchage	36
II 5.4.1.Lits de séchage	36
II .5.4.2.Séchagethermique	37
II .5.5.Stabilisation	38
II .6.Valorisation des boues	38
II .6.1.Récupération de produit	39
II .6.2.Récupération énergétique	39
II .6.3.L'utilisation agricole des boues	40
II .7. Impact des boues sur l'environnement	40
Chapitre III : Présentation de la zone d'étude	

III.1.Introduction	42
III.2.Historique de la station d'épuration d'ANNABA	42
III .3.Situation géographique de la station d'épuration L'ALLALIK	43
III .4.Capacité de la station d'épuration de L'ALLALIK	43
III .5.Procédé d'épuration adopté à la station d'épuration d'Annaba	45
III.6.Mode de fonctionnement (step Annaba)	45
III.6.1.Traitement de l'eau	45
III.6.1.1.Prétraitement	45
III.6.1.2.Traitement primaire	46
III.6.1.3.Traitement biologique	46
III.6.1.4.Traitement tertiaire	46
III.6.1.5.Traitement des boues	46
III.7.Caractéristiques des installations de la station d'épuration	46
III.7.1.Le dégrillage	47
III.7.2. Le dessablage et le déshuilage	47
III.7.3.Le traitement biologique	48
III.7.4.La clarification	49
III.7.5.Le traitement des boues	50
III.8.Conclusion	50

PARTIE PRATIQUE	
CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODE	
IV.1. Introduction	52
IV.2. Prélèvement et échantillonnage	53
IV.3. Méthode d'échantillonnage	53
IV.4. Matériels et Méthodes d'analyses	53
IV.5. Méthode de mesure	54
IV.5.1. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH) et température	54
IV.5.2. Conductivité électrique(CE)	55
IV.5.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène(DBO ₅)	56
IV.5.4. Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO)	57
IV.5.5. Détermination des matières en suspension MES	59
IV.5.6. Mesure le phosphore total (PT)	61
IV.5.7. Mesure de l'azote ammoniacal (NH ₄ -N)	61
IV.5.8. Détermination de la l'azote nitrique (N-NO ₃) ou le nitrate	61
IV.5.9. Mesure de l'azote nitreux (NO ₂ -N)	63
IV.5.10. Indice de boue ou indice de Mohlman	63
CHAPITRE V : Résultats et discussions	
V.1. Qualité des eaux (brutes et épurées) de la station	64

V .2.Résultatd'analysephysico-chimique	64
V .2.1 Variation potentiield'hydrogène(pH)	64
V .2.2. Variation Températures	65
V .2.3. Variation de conductivité électrique(CE)	66
V .2.4. Variation de matières en suspensions MES	67
V .2.5. Variation de la demande biologique en oxygène (DBO ₅)	67
V .2.6. Variation de la demande chimique en oxygène (DCO)	68
V .7. Variation de Nitrate NO ₃	69
V .8. Ammoniac (NH ₄ ⁻) et nitrite (NO ₂)	69
V .9. Le phosphor total (PT)	69
V .10. Indice de boue	70
V .11. Analyses bactériologiques	70
Conclusion	73
Annexes	75
Référence	79



Introduction

Introduction

Introduction:

L'eau est un bien précieux susceptible de subir divers types de pollution et de dégradation : les écosystèmes et la santé des populations en sont directement affectés. La pollution présente dans l'eau provient de sources diverses : industrielle, domestique ou agricole [53]. On constate pour garantir une eau de qualité, le traitement des eaux usées est nécessaire et important. Parmi les méthodes les plus répandues et efficaces de purification des eaux usées, le processus de boues activées est largement utilisé dans le monde entier.

L'épuration des eaux usées est donc cruciale pour protéger l'environnement naturel, notamment la qualité des eaux de surface et souterraines. La plupart des eaux purifiées sont actuellement rejetées. Par conséquent, la promotion de cette réutilisation de l'eau peut contribuer à combler partiellement la principale pénurie d'eau. Par conséquent, le recyclage de l'eau dans l'industrie et l'arrosage des sites de loisirs peuvent contribuer à réduire la pression sur les ressources naturelles de haute qualité. L'utilisation d'eau non conventionnelle dans l'agriculture peut contribuer à créer de nouvelles zones d'irrigation ou constituer une source d'eau supplémentaire pour les zones existantes. Cette pratique est pratiquée aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement [54].

Les boues activées, produites dans le cadre du traitement biologique des eaux usées, sont un composant central de ce processus. Leur composition complexe et leur comportement dynamique nécessitent une caractérisation précise pour optimiser l'efficacité des systèmes de traitement et assurer le respect des normes environnementales.

Le travail réalisé dans le cadre de cette mémoire se compose de quatre parties.

La partie théorique se compose de deux chapitres principaux :

- **Le chapitre 1** : Présente un aperçu des eaux usées urbaines (sources, composants, types et paramètres de pollution, les différents procédés d'épuration des eaux usées (prétraitement, traitement primaire, secondaire et tertiaire et normes de rejet).

- **Le chapitre 2** : Donne un aperçu sur les boues (définition ; types ; compositions ; leurs caractérisations et différentes méthodes de traitement des boues valorisations des boues ; en fin l'impact des boues sur l'environnement).

Introduction

• **Le chapitre 3 :** Est consacré à la description et au fonctionnement du la STEP d'Annaba (l'alalik).La deuxième partie de l'étude est axée sur les expérimentations et est divisée en deux chapitres

• **Le chapitre 4 :** Présente les matériaux et les méthodes analytiques utilisés dans cette étude.

• **Le chapitre 5 :** Présente les résultats expérimentaux et leur interprétation.

• Enfin, des conclusions sont données pour résumer notre travail.



Synthèses bibliographie

CHAPITRE I :
GÉNÉRALITÉ SUR LES EAUX USÉES

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I.1.Introduction :

Les eaux usées municipales (ou eaux usées) sont des eaux contenant des contaminants solubles ou insolubles, provenant principalement des activités humaines. Les eaux usées sont généralement un mélange de polluants dispersés ou dissous dans l'eau utilisée pour les besoins domestiques ou industriels. Les eaux usées sont rejetées directement dans le milieu naturel, transformant le milieu récepteur en égout et détruisant l'équilibre aquatique. Cette pollution entraînera la disparition de toute vie. A cette fin, il est nécessaire de purifier et d'éliminer le plus de déchets possible avant de rejeter les eaux usées dans l'environnement afin qu'elles aient un impact le plus faible et le plus minimal possible sur la qualité de l'eau en tant que milieu aquatique naturel. Ce chapitre vise à présenter les sources, la contamination et les caractéristiques des eaux usées.

I .2. Origine :

La composition des eaux usées varie considérablement selon leur source, qu'il s'agisse d'eaux industrielles, domestiques, ou autres. En fonction de l'origine des substances polluantes, on peut distinguer trois principales catégories d'eaux usées[1].

I.2.1. Eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques se composent de deux principales catégories :

➤ **Les eaux ménagères**, qui proviennent de l'évacuation des cuisines et des salles de bains. Elles contiennent une gamme de produits chimiques tels que des détergents, des solvants, des agents de blanchiment et des adoucissants. Les produits de nettoyage domestiques sont souvent composés de milliers de produits chimiques différents.

➤ **Les eaux de vannes**, provenant des toilettes, contiennent des matières organiques dégradables ainsi que des matières minérales, qui peuvent être présentes sous forme dissoute ou en suspension(**Fig.1**) [2].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

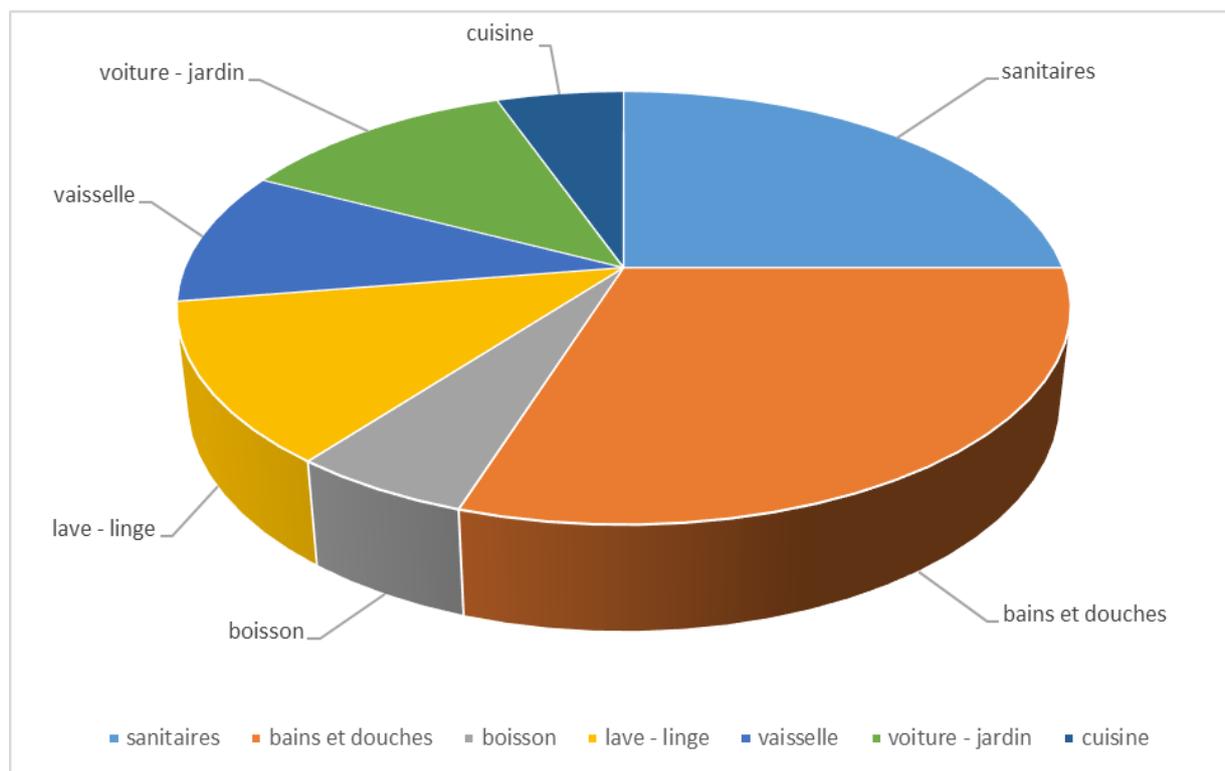


Figure I.1 : Représentation graphique des origines des eaux usées domestiques[3].

I.2.2. Eaux pluviales :

Les eaux pluviales, provenant des routes et des toitures, peuvent être une source significative de pollution des cours d'eau, surtout pendant les périodes de fortes pluies. Elles peuvent être contaminées par diverses substances, soit par contact avec l'air (comme la fumée industrielle), soit en collectant des résidus provenant des toits et des routes (comme l'huile de vidange, le carburant, des morceaux de pneus, etc.). Ces eaux présentent une composition similaire à celle des eaux usées domestiques, mais elles peuvent également contenir des métaux lourds et toxiques, notamment du plomb, du zinc et des hydrocarbures, provenant principalement de la circulation automobile. En cas de précipitations importantes, les eaux pluviales peuvent affluer en grande quantité vers les stations d'épuration (**Fig.2**) [4].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.



Figure I.2: Les eaux pluviales.

I .2.3. Eaux usées industrielles :

Tous les déversements d'eau qui ne sont pas d'origine domestique sont généralement classés comme des rejets industriels. Leur composition est souvent plus spécifique et directement liée au processus industriel en question[4].

La composition des eaux industrielles dépend des différentes étapes du processus industriel ainsi que de l'état des équipements utilisés. Elles peuvent présenter diverses caractéristiques telles que la turbidité, la coloration et la présence de matières en suspension, de matières organiques ou minérales dissoutes, d'acides ou de bases, de sucres, d'huiles, de métaux lourds et d'hydrocarbures (**Fig.3**) [5].



Figure I.3 : Les eaux usées industrielle.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I.3. Caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées établissent des indicateurs de qualité physique, chimique et biologique, ce potentiel de contamination est généralement exprimé en mg/l est quantifié et évalué à travers une série d'analyse. Certains de ses paramètres sont des indicateurs de modifications que cette eau peut apporter à l'environnement naturel récepteur. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et naturelles l'analyse peut être utilisée ce qui suit [6].

I.3.1. Paramètres organoleptiques :

I.3.1.1. La couleur :

Lorsque nous regardons de l'eau pure sous une lumière, elle la transmet une couleur du bleu clair sur une profondeur de plusieurs mètres car les longueurs d'ondes courtes sont absorbées par les longueurs d'ondes longues (rouge) [7].

On appelle vraie ou réelle la coloration d'une eau lorsqu'elle est causée par les seules substances en solution. Selon **RODIER et AL**, elle est considérée comme apparente lorsque les substances en suspension y ajoutent leur propre teint. L'eau peut également être colorée par des substances organiques et minérales issues de l'industrie et de l'agriculture. Les eaux résiduaires créent par la sidérurgie, les raffineries, les usines chimiques, l'industrie papetière et de nombreuses autres activités peuvent présenter des altérations significatives de la couleur [8].

I.3.1.2. L'odeur :

Les odeurs sont causées par un ensemble complexe de composés de l'air que nous respirons des eaux usées riches en matière organique, les particules et les substances dissoutes dans les composés azotés, soufrés et phosphorés peuvent être produits directement (en libérant des composés très volatils) ou indirectement (processus de fermentation biologique en milieu réducteur) [9].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I.3.2. Paramètres physique

I.3.2.1. La température :

Il est essentiel de savoir avec précision la température de l'eau. effectivement, elle contribue à la solubilité des sels et en particulier des gaz à la dissociation des sels dissous, ce qui a un impact sur la conductivité électrique ,à la détermination du pH ,à la connaissance de l'origine de l'eau et des éventuels mélanges,....etc.[8].

I.3.2.2. La turbidité :

La turbidité a une relation inverse avec la transparence de l'eau, ce qui en fait la principale colloïdale en suspension dans les eaux usées. Selon les matières en suspension(MES) présentes dans l'eau, sa variation vraie.

I.3.2.3.Les matières en suspension(MES) :

Emise en mg/l.il s'agit des substances non dissoutes de plus de 1 μ m de diamètre présentes dans l'eau. Les MES peuvent causer des perturbations de l'écosystème dans le milieu récepteur en réduisant la clarté de m'eau, en ajoutant des matières volatiles à photosynthèse végétal. En autre, ces MES peuvent être d'origine organique et causer les dommages liés aux substances organiques [10].

I.3.2.4. Les matières minérales sèches (MMS) :

Ils représentent les déférences entre les matières en suspensions (MES) et les matières volatiles en suspensions (MVS) sont représentants par la présence de sel et de silice [10].

I.3.2.5. Les matières décanables et non décantables :

Les fractions qui décantent en un laps de temps spécifique (deux heure) sont distinguées en fonction des conditions opératoires ; tandis que les matières non décantables restent dans l'eau et seront donc dirigées vers les procédés biologiques [10].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I .3.3. Paramètres chimiques :

I .3.3.1. Le potentiel hydrogène pH :

L'acidité ; l'alcalinité ; ou la basicité d'une eau peuvent être mesurée à l'aide de pH. Le pH exerce également une influence sur d'autres éléments tels que les ions des métaux, ce qui peut réduire ou augmenter leur mobilité en solution bio disponible, ce qui entraîne une toxicité accrue. Le pH joue aussi un rôle crucial dans la purification d'un effluent et la prolifération des bactéries [11].

I .3.3.2. Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) mesure la quantité d'oxygène (en milligrammes) nécessaire pour oxyder toutes les matières oxydables dans un échantillon d'eau d'un litre. Bien qu'elle soit moins représentative que la demande biochimique en oxygène (DBO₅) pour évaluer la décomposition des matières organiques dans un environnement naturel, la DCO offre l'avantage d'être rapide et reproductible. La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel [12].

I .3.3.3. Demande biologique en oxygène à 5 jours (DBO₅) :

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour décomposer et stabiliser les matières organiques présentes dans les eaux usées. Ce paramètre est essentiel pour évaluer la fraction de la pollution organique qui peut être dégradée par des processus biologiques dans l'eau. Par convention, la DBO₅ est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation [12].

I .3.3.4. L'azote :

L'azote qui se trouve dans l'eau peut être organique ou minérale .la composition de l'azote organique est principalement composée de protéines, de polypeptide, d'acides d'amines et durée. Fréquemment, ces produits ne sont présents qu'à des concentrations très faibles. L'azote minéral (ammoniaque ; nitrate et nitrite) est en revanche la principale composante de l'azote total [8].

I .3.3.5. Les nitrates :

Les nitrates présentent naturellement dans les eaux ; principalement causées par l'écoulement des eaux sur le sol, forment le bassin versant. Ils ne sont pas plus de 3mg/l dans

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

les eaux superficielles et quelques mg/l dans les eaux souterraines. Leur présence est donc influencée par la nature des zones de drainage et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates. Ces dernières années la quantité de nitrate a augmenté, passant de 0.5 à 1 mg/l/an, voire de 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette hausse a différentes causes :

- L'agriculture est caractérisée par une utilisation intensive d'engrais azoté et des rejets d'effluents d'élevage. Les 2/3 de l'apport en nitrates dans le milieu naturel proviennent de cette source.

- En milieu urbaine : les eaux épurées des stations d'épurations peuvent être rejetées avec des nitrates ou des ions ammonium qui se transformera en nitrates dans le milieu naturel, cette source représente 2/3 de contributions

- En milieu industrielles : on observe un rejet des industries minérales, notamment dans la production d'engrais azotés ; cette source compte pour une 1/9 des contribution [7].

I .3.3.6. Azotes ammoniacales :

L'ammoniaque en grande quantité est un indicateur de contamination par des rejets domestiques ou industriels. En effet, les urines humaines ou animales renferment des quantités importantes d'urée qui se métamorphosent rapidement en ammoniaque. On utilise fréquemment ce paramètre comme indicateur des eaux usées domestique. La forme non ionisée de l'ammoniaque (NH_3) est très toxique pour tous les organismes d'eau douce. Les concentrations de NH_3 augmentent avec le pH et la température. Il est nécessaire que la concentration ne dépasse pas 0.1 mg/l. Les réactions avec l'eau réversibles varient également en fonction de la température et sont la suivante [10] :



I .3.3.7. Le phosphore :

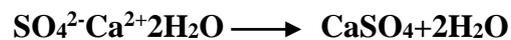
Les eaux peuvent contenir du phosphore en solution ou en suspension, qu'il soit minéral ou organique. Les composés phosphorés répondant au test spectrophotométrique sans hydrolyse ou minéralisation sont appelés ortho phosphatés. L'hydrolyse dans un environnement acide produit le phosphore hydrolysable et minérale, également appelé phosphore organique. On peut séparer analytiquement chaque fraction (phosphore en solution ou en suspension) en ortho phosphatés, phosphore hydrolysable et phosphore organique. En fonction des situations,

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

on peut mesurer la quantité de phosphates en mg/l de PO₄ ou de P₂O₅ ; 1mg/l PO₄=0.747mg/l P₂O₅ =0.326mg/l P [8].

I.3.3.8. Le sulfate :

Il est possible d'imposer la précipitation de sulfate avant le rejet dans les égout (altération du béton) ou lorsque l'eau doit être réutilisée (entartrage), voire pour respecter certaines lois. la méthode la plus courante et qui implique de concentrations élevées en SO₄ et la précipitation du gypse CaSO₄·2H₂O, à froid, en ajoutant du Ca²⁺ sous forme de chaux (dans le cas des eaux acides) ou de CaCl₂ (dans le cas des saumures) en fonction de la réaction [13] :



I.3.4. Paramètres bactériologiques:

Les bactéries sont présentes partout dans la nature, car ils ont sans doute les premiers êtres vivants à avoir émergé sur la terre (archéobactéries). Les espèces adaptées à l'homme sont limitées à quelques dizaines : la majorité sont inoffensives ou même bénéfiques, étant commensales et appartenant aux plantes cutanées, digestives, buccales et génitale ; certains sont pathogènes ou opportunistes ; nous avons jugé pertinent d'examiner quelques bactéries les plus couramment rencontrées [8].

I.3.4.1. Les coliformes :

Le concept de « coliforme » en global plusieurs espèces bactériennes qui ne font pas partie de la famille des entérobactéries. L'organisation internationale de standardisation (ISO) a adopté la définition suivante : « Bacille gram négatif, non sporogone, oxydase négatif, éventuellement anaérobie, capable de se dépeupler en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surfaces présentant des activités inhibitrices, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec la production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures allant de 35 à 37°C ». On retrouve différents genres de coliforme tel que Escherichia, Klebsiella, Yarsinia et Serratia [7].

I.3.4.2. Les coliformes fécaux (CF) :

Ce sont des bâtonnets de gram aérobie et anaérobie facultatif, non sporulant, capables de lactose ferment à 36°C et 44°C et produit de l'acide et des gaz en 24 heures.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

Qu'est-ce qui produit de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C ? communément appelé *Escherichia coli*, bien que ce groupe comprenne plusieurs différentes souches (*Citrobacter freundii* ; *Enterobacter aerogenes* ; *Klebsiella pneumoniae*...etc.) [14].

I.3.4.3. Les streptocoques fécaux (SF) :

De forme sphérique à ovale se forment des bactéries à gram positif chaîne, sans spores, se développe de manière anaérobie à 44°C à pH 9.6 le test de streptocoque fécal doit être envisagé. En complément des coliformes thermo tolérants signent de contamination fécal. Le genre *Streptococcus* est vaste et diversifié, ce qui le rend difficile à identifier. Classification satisfaisante de ses bactéries ; 29 espèces dans ce genre les streptocoques sont divisés en 4 groupes principaux :

- ✓ Les streptocoques pyogènes hémolytiques.
- ✓ Les streptocoques oraux.
- ✓ Les entérocoques ; Les streptocoques lactique [10].

I.4. Méthodes de traitement des eaux usées :

En règle générale, il est possible de faire une distinction dans une station d'épuration des eaux usées (STEP), les traitements suivants :

Prétraitement ; traitement primaire ; traitement secondaire (ou traitement biologique) ; traitement tertiaire. Nous étudions ci-dessous de manière plus approfondie les différentes méthodes possibles pour une station d'épuration des eaux usées entièrement :

I.4.1. Prétraitement :

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend les étapes suivantes :

Le dégrillage pour retenir les déchets volumineux. Le dessablage, pour obtenir une meilleure décantation. Le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras [8].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

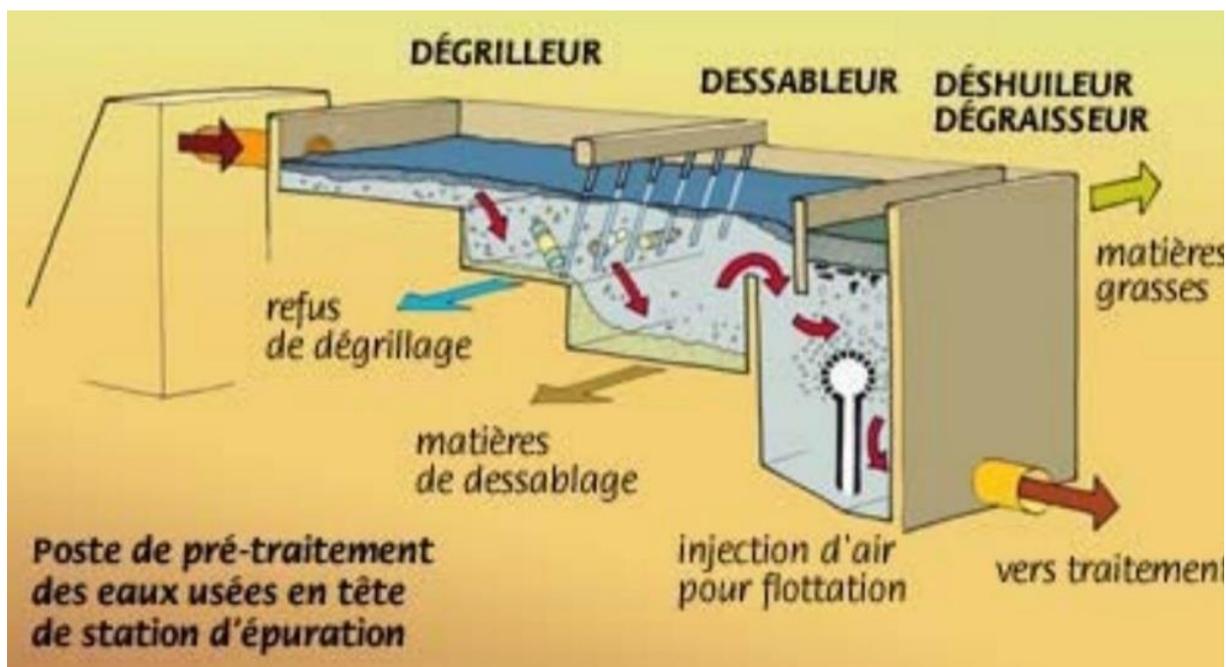


Figure I.4: Le prétraitement [9].

I.4.1.1. Le dégrillage :

A l'arrivée, l'eau usée en provenance des égouts passe entre les barreaux métalliques d'une grille (ou d'un tamis) qui retiennent les déchets volumineux (papiers, feuilles, matières plastiques, objets divers, etc.) et l'effluent est relevé jusqu'au niveau de l'usine à l'aide de vis d'Archimède ou de pompes. Ce prétraitement se décline en trois sous-catégories :

Le pré-dégrillage (de 30 à 100 mm). Le dégrillage moyen (de 10 à 30 mm). Le dégrillage fin (les barreaux sont espacés de moins de 10 mm). Les grilles peuvent être verticales, mais elles sont le plus souvent inclinées de 60° à 80° sur l'horizontale[10].



Figure I.5: Dégrilleur.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I .4.1.2. Le dessablage :

Une alternative au dessablage conventionnel consiste à utiliser une méthode de filtration avancée. Dans cette approche, l'effluent est dirigé à travers un système de filtration spécifique conçu pour capturer les particules de sable et minérales fines. Cette filtration peut se faire à travers des médias filtrants tels que des filtres à sable, des membranes ou des filtres à cartouches. En utilisant cette méthode, les particules sont retenues efficacement, préservant ainsi les conduites et les pompes contre la corrosion et réduisant le risque de colmatage des canalisations[11].

I .4.1.3. Le déshuilage-Dégraissage :

Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisse dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées [12].



Figure I.6: Déshuileur.

I .4.2. Traitement primaire :

Le procédé a pour but d'extraire le maximum de matières en suspensions et de matières organiques facilement décantables.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I 4.2.1. Décantation primaire classique :

Dans le principe de séparation solide-liquide basé sur la pesanteur, les particules en suspension ou colloïdales ont tendance à se déposer naturellement au fond d'un contenant liquide sous l'effet de la gravité, un processus connu sous le nom de décantation.



Figure I.7: Décanteur primaire.

I. 4.2.2. Coagulation–Floculation :

La coagulation et la floculation aident à éliminer les MES (solides en suspension) et des colloïdes, qui sont réunis sous forme de floes dont la séparation se fait par décantation, flottation et/ou filtration. C'est donc une thérapie physique qui peut éliminer tous les parties des contaminants présents dans les eaux usées, notamment la fraction particulaire inerte ou les organismes vivants, la matière organique et la fraction floculée de certains métaux lourds, Micropolluants et macromolécules colloïdales[13].

La coagulation et la floculation sont souvent des processus indissociables. En effet, la coagulation, en réduisant les forces répulsives entre les particules, favorise les collisions et formation d'agrégats et floculation, en permettant à la croissance des agrégats d'accélérer séparation des phases[14].

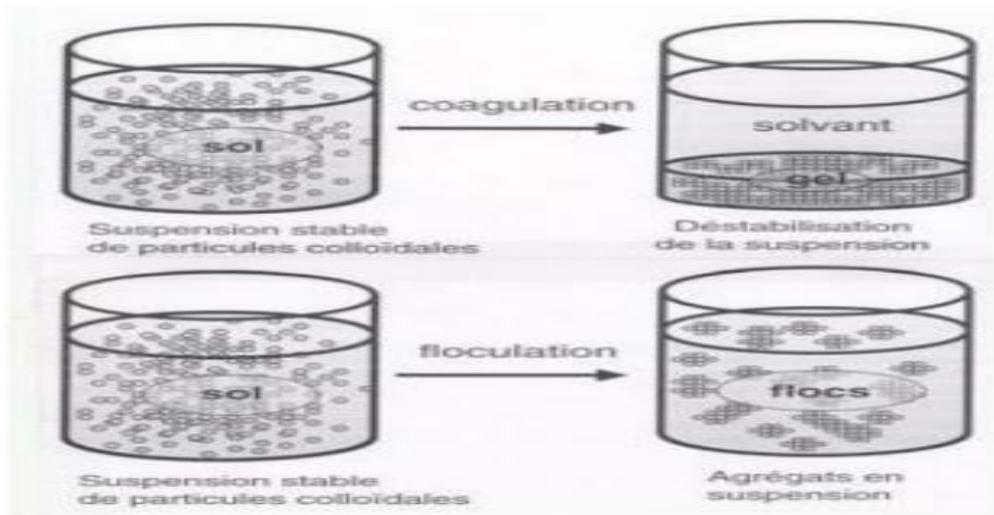


Figure I.8 : Phénomène de coagulation-floculation chimique [14].

I.4.2.3. Flottation :

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle de l'eau qui les contient.



Figure I.9 : Flottation.

I.4.2.4. Filtration :

La filtration est une méthode de traitement des eaux usées qui implique le passage de l'eau à travers un milieu filtrant pour éliminer les impuretés en suspension. Il existe plusieurs types de filtres utilisés dans le traitement des eaux usées. Cette méthode est combinée avec d'autres processus de traitement des eaux usées tels que la coagulation-floculation pour améliorer l'efficacité de l'élimination des polluants.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I.4.3. Traitement secondaire ou traitement biologique :

But du traitement biologique des eaux usées est d'éliminer les matières organiques dissous par l'action de bactéries et de micro-organismes. Il permet de transformer les éléments présents sous forme soluble ou colloïdale en Floccule et forme des agrégats séparables de l'eau. Il convient également de noter que la plupart des processus biologiques nécessitent une plage optimale pour l'activité microbienne, le pH est compris entre 6,5 et 8,5 et la température optimale est de 30°C, une nutrition adéquate est nécessaire. Les micro-organismes peuvent être grossièrement divisés en :

- Bactéries aérobies qui ont besoin d'oxygène pour leur métabolisme.
- Les bactéries anaérobies obtiennent leurs besoins énergétiques à partir de la matière organique hypoxie.
- Bactéries aérobies facultatives avec fonctions aérobies et métaboliques Anaérobie.

L'épuration des eaux usées utilise deux types de procédés : procédés intensifs, procédés extensifs[15].

I.4.3.1. Procédés intensif :

Son but est de décomposer biochimiquement les non-matériaux en les oxydant peut être séparé par décantation dont les processus mécaniques ne peuvent pas séparer les déchets. Du nouveau matériel cellulaire se forme en même temps. Substance la densité spécifique des cellules est supérieure à la densité spécifique des eaux usées, donc la décantation est possible. Dans ces processus, on distingue : les lits bactériens, les disques biologiques et les boues activées [16].

I.4.3.1.1. Lit bactérien :

Le processus de biomasse immobilisée le plus ancien est le lit bactérien (Fig.10). La biomasse est fixe Situé sur un matériau de grande granulométrie (3 à 8 cm) à travers lequel peuvent pénétrer les eaux usées à traiter. L'air est transféré par diffusion d'un film d'eau circulant à la surface du matériau[17].

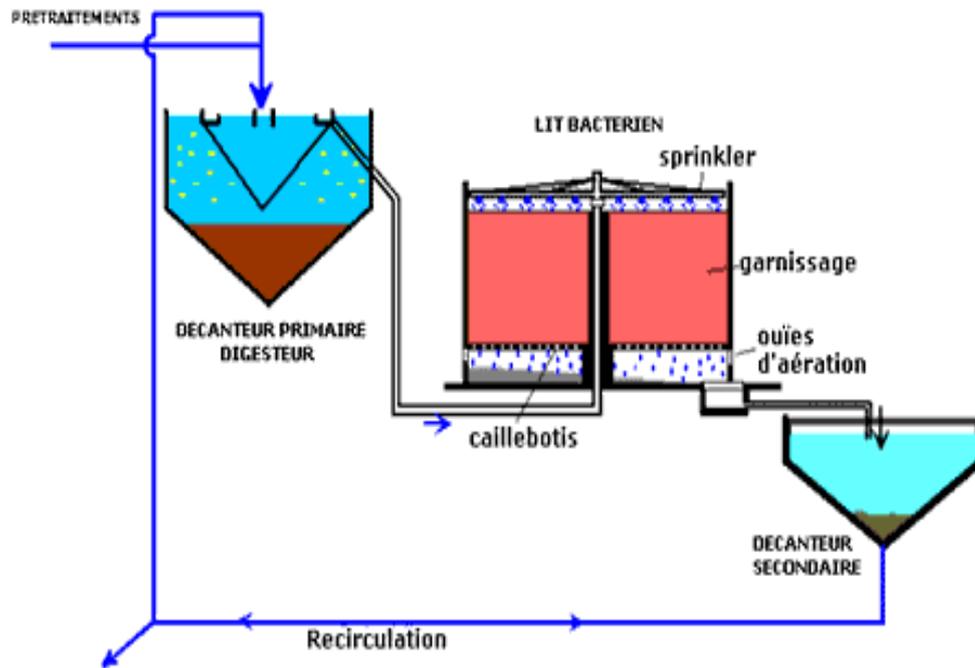


Figure I.10: Le lit bactérien [16].

I.4.3.1.2. Les disques biologiques :

Ce processus peut être classé par un système de purification biologique aérobie où la culture des bactéries est fixée sur un support tel que des lits bactériens. Il est également appelé processus de purification des bios disques. Les disques tournent lentement autour d'un axe horizontal afin que la récolte des bactéries présentes sur le support soit en contact alternativement avec l'eau et l'air [16].



Figure I.11: Disque biologique.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I.4.3.1.3. les boues activées :

Le principe des boues activées est de renforcer le processus d'autoépuration. Ce que nous rencontrons dans notre environnement naturel. C'est un système fonctionnant en continu dans lequel sont placés des microorganismes en contact avec les eaux usées contenant des matières organiques. L'oxygène est injecté par un mélange nécessaire aux besoins respiratoires des bactéries chargées de l'épuration (traitement aérobie). Cette technologie de purification est largement utilisée dans le monde, notamment dans Algérie [18].

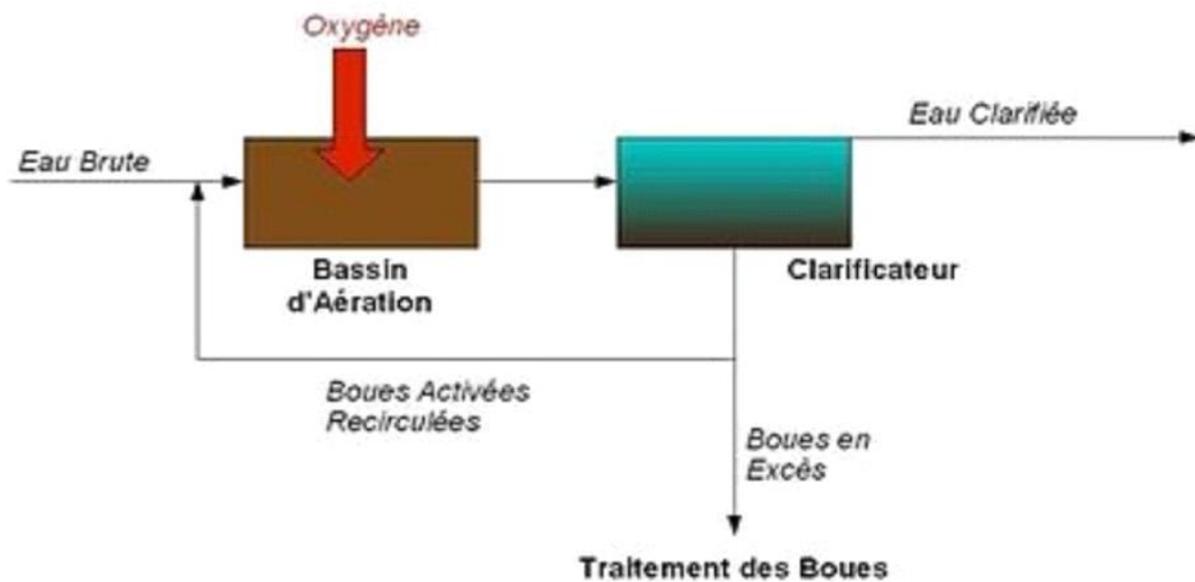


Figure I.12: Schéma de principe d'épuration à boue activée.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

Filières	Avantages	Inconvénients
<p>Lit bactérien</p> <p>Et</p> <p>disque biologique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Faible consommation d'énergie. • Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et maîtriser la technologie des boues activées. • Bonne décantation des boues. • Réduire la sensibilité au changement des charges et plus toxique que les boues activées. • Généralement applicable à petite communauté. 	<ul style="list-style-type: none"> • Performances généralement inférieures que la technologie des boues activées, cela est dû en grande partie à la pratique de conception ancienne ; un doit être une taille plus réaliste pour atteindre la qualité de l'eau traitée ; la manipulation est satisfaisante. • Le coût d'investissement est assez élevé (probablement environ 20% plus élevé par rapport aux boues activées). • Nécessité de prétraitement efficace. • Sensibilité au colmatage.
<p>Boue activée</p>	<ul style="list-style-type: none"> • S'adapte à toutes les tailles de communauté (sauf très petite). • Bonne élimination de tous les paramètres de pollution (MES, DBO₅, DCO, N, par nitrification ou dénitrification). • Convient pour la protection de milieu récepteur sensible aux boues (voire glossaire) légèrement stable. • Facile à mettre en œuvre pour la déphosphatation unique 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût d'investissement considérable. • Consommation d'énergie élevée. • Nécessité du personnel qualifié et surveillance régulière. • Sensibilité à la surcharge hydraulique. • La décantation des boues n'est pas toujours facile à maîtriser. • Une production élevée des boues qu'il faut concentrer.

Tableau I.1: Les avantages et les inconvénients des filières intensives : [17].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I.4.3.2. Procédés extensifs :

Ils s'appuient sur des phénomènes d'autoépuration et sont moins exigeants énergie ; mais nécessite en revanche ; une grande surface et une longue rétention d'eau épuisé. D'un point de vue économique, ils sont moins chers. Ce sont des lagons qui s'étendent ...etc. [18].

I.4.3.2.1. Traitement biologique par lagunage :

les lagons utilisent les capacités purificatrices d'un étang ou d'un pan d'eau .les eaux usées sont envoyés dans une gamme de bassins versants avec différents régimes de fonctionnement pour mettre en œuvre cultures mixte symbiotiques d'algues et de bactéries .l'oxygène est constitué de échange avec l'atmosphère de la surface la disponibilité d'O₂ dans les zones plus profondes est garanti par l'activité photosynthèse que des algues (elle-même dépendante de la lumière du soleil)et utiliser le dioxyde de carbone et nutriments inorganiques produits par la minéralisation contamination organique par des bactéries .Cette méthode de purification élimine 80à90%de DBO₅ et 20à30%d'azote ,permettent de réduire très significativement bactéries .Elle présente cependant l'inconvénient d'utiliser une grande surface dépôt de boues une couche anaérobie se forme au fond d'un bassin suffisamment profond, processus de fermentation[19][20].

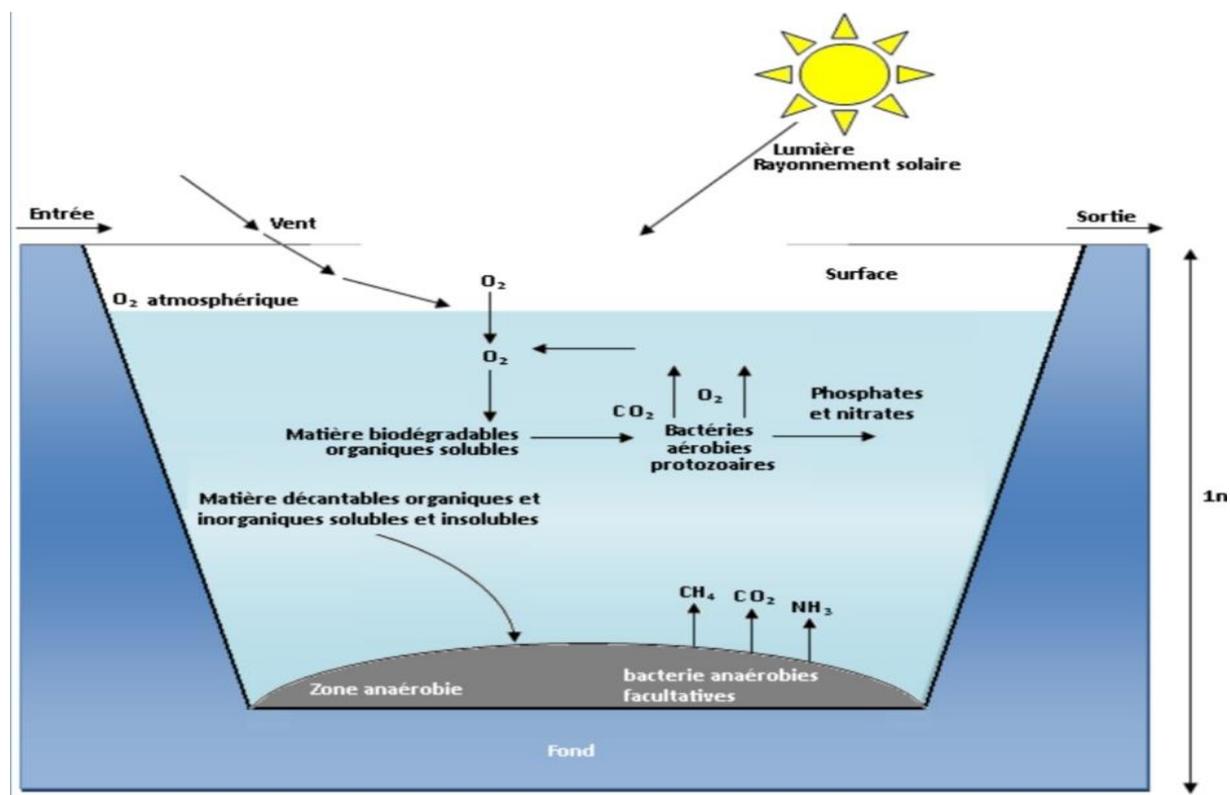


Figure I.13 : Mécanisme de lagunage [6].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

Filière	Avantage	Inconvénient
lagunage	<ul style="list-style-type: none"> • Bon effet d'élimination de la pollution bactériologie • Efficace pour faible eaux usées concentré • Bonne réactivité aux changements charge 	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaises performances de purification • Sensible aux eaux usées concentrées des besoins en superficie importants • Entretien des berges des étangs

Tableau I.2: Les avantages et les inconvénients des filières extensives [21].

I.4.4. Traitement tertiaire :

A la fin du traitement secondaire les eaux épurées sont fréquemment rejetées dans l'environnement naturel. Cependant ; il arrive parfois qu'elles soient soumises à un traitement supplémentaire ou à un « affinage » dans le but, soit de réutiliser à des fins industrielles ou agricoles, soit de préserver l'environnement pour des utilisations particulières. La désinfection est utilisée lorsqu'il s'agit d'un environnement récepteur sensible (comme une zone de conchyliculture....), car une épuration traditionnelle ne permet pas d'éliminé la pollution bactériologique. Le chlore est généralement ajouté en sortie de la station d'épuration dans le bassin de « contact » ou lors de la manipulation aux ultraviolets. Selon **GOMMELLA ET GEURREE (1983)**, les traitements visant à éliminer l'azote et le phosphore sont des traitements qui se complètent mutuellement[22].

I.5. Normes de rejet :

I.5.1. Normes internationales :

Certains pays ont établi des normes d'émission pour atténuer les impacts négatifs déverser les eaux usées traitées dans le milieu récepteur et éviter de cause des problèmes environnemental. Les normes sont fixées par des lois ; des directives ; et des décrets standard représente les normes internationales de « organisation mondiale de la santé OMS » pour les eaux usées que le montre le tableau suivant [23] :

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

Paramètres	Unité	Paramètresutilisé
pH	–	6.5_8.5
DBO ₅	Mg/l	<30
DCO	Mg/l	<90
MES	Mg/l	<20
NH ₄ ⁺	Mg/l	<0.5
NO ₂	Mg/l	1
NO ₃	Mg/l	30
P ₂ O ₅	Mg/l	<2
T	°C	<30
Couleur	–	Incolore
Odeur	–	Inodore

Tableau I.3: Normes de rejet international [24].

I.5.2. Normes algériennes :

L'Algérie légifère sur le traitement des eaux à des fins d'irrigation conformément au décret n°07-149 du 20mai2007 (fixant les modalités des concessions d'eau épuré à des fins agricoles) et à l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012 relatif à la réutilisation des eaux usées. Eau purifier spécifications législatif de :

- Le décret n°04-149 du 20mai2007 réglemente les conditions de concession de l'eau pure à usage agricole.
- Un arrêté interministériel 1^{er} février 2012 a fixé les spécifications de l'eau purifiée pour l'irrigation.

Les normes de rejet avant ou après traitement sont conçues pour protéger le milieu récepteur naturel. Ce qui suit, les limites maximales des paramètres de rejet sont indiquées dans le tableau suivant :

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

paramètres	Unités	Valeurlimites	Tolérance de valeur limites des anciennes installations
Température	°C	30	30
pH	–	6.5_8.5	6.5_8.5
MES	Mg/l	30	40
Azote	Mg/l	30	40
Phosphore total	Mg/l	10	15
DCO	Mg/l	90	130
DBO ₅	Mg/l	30	40
Aluminium	Mg/l	3	5
Substance toxique bio cumulable	Mg/l	0.005	0.01
Cyanures	Mg/l	0.1	0.15
Fluore et composés	Mg/l	15	20
Indice de phénol	Mg/l	0.3	0.5
Hydrocarburestotaux	Mg/l	10	15
Huile et graisse	Mg/l	20	30
Cadmium	µg/l	0.2	0.25
Cuivre total	µg/l	0.5	1
Mercure total	µg/l	0.01	0.05
Plombtotale	µg/l	0.5	0.75
Chrome total	µg/l	0.5	0.75
Manganèse	µg/l	1	1.5
Nickel total	µg/l	0.5	0.75
Zinc total	µg/l	3	5
fer	µg/l	3	5

Tableau I.4: Les normes de rejet des eaux usées en Algérie [25].

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées.

I.6. Conclusion

Les eaux usées présentent une diversité de compositions et d'origines, posant ainsi un défi majeur. Souvent, il existe une tendance naturelle à minimiser ce problème pendant le processus de traitement. Toutefois, il est essentiel de manifester un intérêt accru pour leur épuration. Dans cette optique, nous abordons leurs origines et leurs caractéristiques. D'autre part nous explorons la déférente méthode utilisées pour purifier les eaux usées. Notre objectif est trouvé de solutions efficaces à moindre cout et à faible impact environnemental.

CHAPITRE II :

TRAITEMENT DES BOUES

Chapitre II: Traitement des boues.

II.1. Définition des boues :

Les boues sont définies comme un mélange d'eau et de matière solide produit par processus naturel ou industrielle, de divers type d'eau en contenant. Ils sont de traitement des eaux usées domestiques /ou industrielles. En effet l'eau consommée ou l'utilisation humaine à l'échelle domestique ou industrielle produit inévitablement des déchets. Les eaux usées sont collectées dans les égouts et envoyées aux stations d'épuration pour décontaminer avant réintroduction dans le milieu nature[26].

II.2. Composition des boues :

La composition spécifique des boues dépend de la source des eaux usées, la période, l'année et le type de traitement et de conditionnement effectué à la station d'épuration. Les boues résiduaire sont avant tout des matières premières constituées de différents élément (matière organique ; élément fertilisants (N, P -.....) ; d'élément traces métalliques, d'élément organique, et d'agents pathogènes)[27].

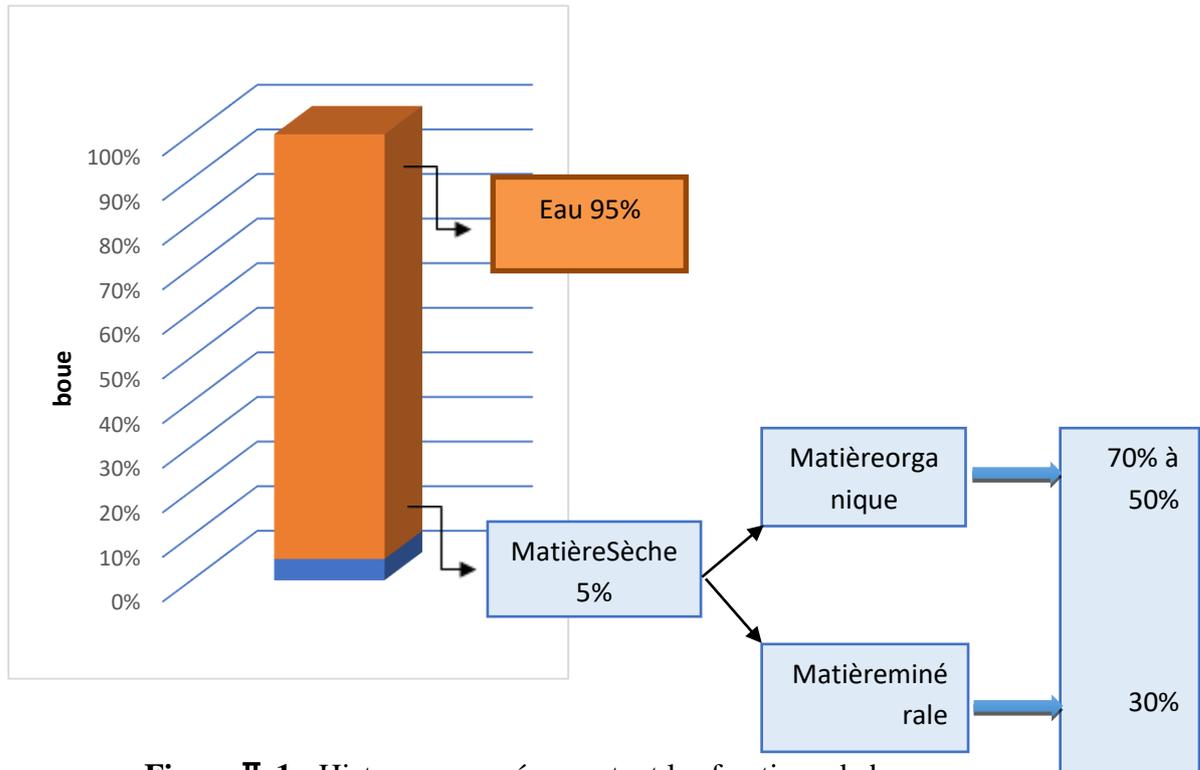


Figure II.1 : Histogramme représentant les fractions de boue.

Chapitre II: Traitement des boues.

II .2.1. Matière organique :

Les boues contiennent généralement autant de matières organiques que de matières fécales leur concentration en matière organique peut varier de 30% à 80% ceci est constitué de matière particulaire éliminée par gravité des boues primaires, lipides issus de micro-organismes (6% à 19% de MO), des polysaccharides, des protéines, et des acides produit par transformation biologique (digestion, stabilisation)[28].

II .2.2. Eléments fertilisants et amendements :

Selon la dose appliquée, les boues peuvent répondre partiellement ou totalement aux besoins l'azote ; le phosphore ; le Mg ; ça et le soufre provenant des cultures peuvent également corriger les carences autre que le potassium(K) ; des oligo-éléments tel que cuivre ; zinc ; chrome et le nickel présent dans les boues sont importants pour développement des végétaux et des animaux[27].

II .2.3. Eléments traces métalliques (ETM) :

Les métaux le plus courants sont : cadmium(Cd) ; chrome(Cr) ; cuivre ; nickel ; plomb ; et zinc certains de ses éléments occupent les endroits nécessaire (oligo-élément) à faibles concentrations dans l'organisme sont devenus généralement toxique au-dessus d'une certaine concentration[29].

II .2.4. Micropolluants organiques :

Les substances le plus couramment considérées sont les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et le composant trace organique (CTO). Le CTO trouver dans les boues PCB (polychlorobiphényle) fleurantine ; benzol(b) ; fluo-ruthène et le benzol(a) pyrène figuraient dans l'arrêté du 08/01/1998 imposant leur analyse avant propagé les boues peuvent également contenir des pesticides ; les phtalats ; des nitrates ...etc.[29].

II .2.5. Les micro-organismes pathogènes :

Les boues usées contiennent des milliards de micro-organismes vivant qui jouer un rôle important dans le processus de purification seule une très faible proportion est pathogène (virus ;bactéries ;protozoaires ;champignons et vers)provenant principalement d'excréments humains ou animaux pour la plupart des agents photogènes ;la durée de vie est limitée

Chapitre II: Traitement des boues.

souterrain en revanche des éléments parasites dans ces environnements pour cette raison les boues doivent être prétraitées avant utilisation agriculture[27].

II .3. Type des boues :

Les boues sont traitées pour réduire leur teneur en humidité et les stabiliser des Matières organiques ou les stériliser. Les boues d'épuration peuvent être incinérées ou mise en décharge, mais en grande partie traité de la même manière que pour un usage agricole que de l'engrais ou du fumier de porc ou de vache. Ce sont les seuls sous-produits peut être réutilisé en agriculture, mais doit répondre à certaines exigences, les règles de qualité peuvent être difficiles à administrer car la qualité des eaux usées est liée à la qualité de l'eau [30].

II .3.1. Classification Selon l'origine :

Les stations d'épuration peuvent produire grands types des boues :

II .3.1.1. Boues de traitement primaire :

Ils sont produits par simple décantation des matières en suspension (MES). Les eaux usées contiennent 70 % de MES et peuvent être retenues, dans la conception des stations, ce type de boues est réduit[31].

II .3.1.2. Boues de traitement biologique (boues activées) :

Une culture bactérienne composée de différents genres tels qu'Achromobacter, Bacillus, Pseudomonas, Flavobacterium, Escherichia coli et Alcali gènes est maintenue pour deux objectifs principaux : fournir l'oxygène nécessaire à l'épuration et agiter les eaux usées. Ensuite, les boues produites sont dirigées soit vers une unité de traitement spécifique en vue de leur épandage agricole ou de leur élimination, soit réintroduit dans le bassin d'aération pour poursuivre le processus de traitement[31].

II .3.1.3. Boues de traitement physico-chimique :

Les matières organiques particulières ou colloïdales présentes dans les eaux usées sont regroupées en ajoutant un réactif coagulant tel que les sels de fer ou d'aluminium. Cette méthode permet de capturer jusqu'à 90% des matières en suspension (MES), qui sont ensuite séparées par décantation. Les boues résultantes contiennent une proportion significative des sels minéraux provenant des eaux brutes ainsi que de l'agent coagulant utilisé[31].

Chapitre II: Traitement des boues.

II .3.1.4. Boues mixtes :

Les boues mixtes sont le résultat de la combinaison des boues primaires, secondaires voire tertiaires. Leur capacité à être concentrées est améliorée par l'incorporation de boues primaires[31].

II .3.2. Classification selon l'état physique :

II .3.2.1. Boues liquides :

Les boues liquides sont produites par l'épaississement des boues biologiques, soit par voie gravitaire avec une teneur en matières sèches de 2 à 3 %, soit par voie mécanique avec une teneur en matières sèches de 5 à 7 %. Elles sont couramment utilisées dans les petites stations d'épuration rurales et périurbaines, où elles sont stockées, manipulées et épandues de la même manière que les lisiers[32].

II ..3.2.2Boues pâteuses :

Les boues pâteuses sont issues de la déshydratation mécanique des boues liquides, avec une teneur en matières sèches de 16 à 20 %. Dans certains cas, elles subissent un traitement supplémentaire à la chaux pour augmenter la teneur en matières sèches du produit brut jusqu'à 25%. Ces boues sont principalement produites dans des stations de charge moyenne. Leur manipulation pose des défis, car elles sont difficiles à stocker et à épandre de manière uniforme. De plus, elles sont souvent associées à des problèmes d'odeurs, à moins d'être soumises à un traitement complémentaire à la chaux[32].

II ..3.2.3. Boues solides chaulées :

Les boues solides chaulées sont obtenues soit à partir de boues pâteuses traitées à la chaux, avec une teneur en matières sèches de 30 %, soit à partir de boues liquides épaissies traitées à la chaux et déshydratées mécaniquement, avec une teneur en matières sèches de 40 %. Elles sont généralement produites par des stations de charge moyenne ou grande. Ces boues solides chaulées sont facilement stockées, manipulées et épandues. De plus, elles sont beaucoup moins sujettes aux problèmes d'odeurs que les boues liquides et non chaulées[32].

Chapitre II: Traitement des boues.

II ..3.2.4. Boues solides compostées :

Les boues solides compostées sont obtenues en mélangeant des boues pâteuses avec un support ligno-cellulosique structurant, tel que des déchets d'espaces verts ou des copeaux. Bien qu'elles représentent actuellement un faible pourcentage des tonnages de boues produits en France (environ 2%), les stations de charge moyenne montrent un intérêt croissant pour cette technologie, avec une teneur en matières sèches d'environ 45 %. Comparées aux boues solides chaulées, les boues solides compostées sont plus faciles à stocker et à épandre. De plus, elles ont généralement une odeur négligeable[32].

II ..4. Caractérisations des boues :

II ..4.1. Caractères physiques :

Propriétés mécaniques des boues plus ou moins concentrées, plus précisément leurs propriétés mécaniques cohérence. Un certain nombre de concepts peuvent être utilisés a priori pour décrire l'état physique d'un objet. Quand nous voulons nous occuper de la boue C'est :

Fluidité, plasticité (capacité de compactage), fragilité, adhésion, comportement irritable, etc. Il existe des tests de caractérisation spécifiques permettant de classer des boues spécifiques Trois états physiques généraux : liquide, plastique, solide en retrait[33].

II ..4.1.1. La viscosité :

La viscosité des boues est mesurée en fonction de la contrainte de cisaillement, généralement à l'aide d'un rhéomètre. La relation entre la contrainte de cisaillement et la viscosité permet de définir leurs caractéristiques rhéologiques, qui sont importantes pour leur transport. Ces caractéristiques incluent des termes tels que la viscosité apparente, le seuil de cisaillement, la rhéopexie,etc.[34].

II ..4.1.2. La masse volumique :

Elle calcule le volume des boues à transporter sans mesure les boues liquides ou pâteuses[34].

Chapitre II: Traitement des boues.

II ..4.1.3. Le pouvoir calorifique :

La teneur organique des boues leur confère des capacités de combustion importantes et peuvent donc être incinérées[34].

II ..4.1.4. Le pouvoir calorifique inférieur :

Son importance est cruciale en incinération et elle est généralement exprimée en matières volatiles (MV) qui est liée à C, H, N, O ; et en écrivant la stœchiométrie de combustion.

II ..4.2. Chimique :

II ..4.2.1. Matières en suspension (MES) :

Ils représentent la fraction constituée de toutes les particules organique ou minérales non dissoutes dans un contaminant ; ils constituent des paramètres importants qui marquent le degré de pollution des eaux usées urbaines et même industrielles[35].

. II .4.2.2. Matières volatiles sèches (MVS) :

Ils représentent la partie organique de la matière sèche ils sont obtenus par calcination de ces matières sèches à 525C°/2h la déférence de point à105C°et la matière sèche à525C°est donnée (avec perte sur incendie) correspondant à la teneur en matière volatiles sèches dans l'eau (mg/l)[35].

II ..4.2.3. Les matières minérales :

Il représente le résultat de l'évaporation complète de l'eau, c'est-à-dire qu'il (extrait sec) est constitué de substance en suspension et solubles tel que des chlorures, et des phosphates la présence de la grande quantité de la matières organiques consommatrice d'O₂accélères ce phénomène[35].

II ..4.2.4. Les fractions volatiles (en %MS) :

C'est le rapport entre les matières volatiles (en g/l) et la matière sèche (en g/l) il fournit une indication précieuse sur la stabilité des boues et leur aptitude à différents (déshydratation, incinération,..etc.)[34].

Chapitre II: Traitement des boues.

II .4.2.5. La siccité :

Les boues sont constituées d'eau et de matière sèche .la siccité est le pourcentage massique de matière sèche ainsi les boues ayant une siccité de 10%ont une teneur en humidité de 90% :

-Boues liquides : siccité 0_10%

-Boues pâteuses : siccité 10_25%

-Boues liquides : la siccité est supérieure de 85%.**[35]**.

II .4.2.6. Indice de boues :

L'indice de boues est défini sur la base de test de décantation, et un volume de boue compris entre 100et 250ml peut être obtenu si**[36]** :

* $IB < 100$: équivalent à la boue facile décanter.

* $100 < IB < 200$ difficulté à décanter certains filaments.

* $IB > 200$: mauvaise décantation (boues riche en filaments)**[35]**.

II .4.2.7. Définition de volume de décantation :

Le volume versé en 30min doit être inférieur à 300ml ; au –delà les boues doivent être diluées avec de l'eau avant essai**[36]**.

II .4.3. Biologique :

Les boues résiduaire contiennent un grand nombre de micro-organismes (virus - bactérie et parasites) qui sont éliminés de l'eau avec les boues de décantation. Les concentrations d'agents pathogènes peuvent être considérablement réduites grâce des processus de traitement des boues tels que la digestion anaérobie la digestion aérobie et le compostage**[34]**.

II .4.3.1. Les bactéries :

Il existe différents types de bactéries dans les boues, certaines proviennent des matières fécales et d'autres sont porteuses d'agents pathogènes et peuvent donc provoquer des maladies. Ils peuvent être divisés en quatre types :

Chapitre II: Traitement des boues.

Les aérobies stricts se développent uniquement en présence d'air et se trouvent en grand nombre dans les boues activées. Aérobies facultatifs qui peuvent se développer de manière anaérobie en consommant de l'oxygène provenant de la matière organique (enzymes Armons). Anaérobies facultatifs, qui peuvent tolérer la présence d'air mais ne peuvent se développer que par des processus anaérobies (bactéries lactiques). Strictement anaérobies dont le développement se produit uniquement dans des conditions anaérobies (Clostridia)[35].

II .4.3.2. Les Virus :

Une grande proportion d'entérovirus et d'adénovirus sont adsorbés sur la matière organique solide des boues, représentant environ 30 % des échantillons de boues. Leur élimination n'est pas aisée mais doit être réfléchi en fonction de l'utilisation ultérieure des boues[34].

II .4.3.3. Les Parasite :

De nombreux parasites se retrouvent dans les matières fécales ou les boues d'origine terrestre. L'apparition la plus courante est celle des œufs d'ascaris[34].

II .4.3.4. Micropolluants :

Les boues d'épuration contiennent de petites quantités de nombreux produits qui peuvent être toxiques pour les plantes, provoquant des désagréments, voire un danger pour l'homme par l'intermédiaire des plantes[34].

II .5. Filières du traitement des boues :

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier l'état des boues. Caractérisation des boues restantes pour que leur destination finale soit fiable et intacte nuisance. Lorsque les boues résiduelles en excès sont extraites du système d'épuration Eau, produit :

- ✓ Peu concentré et occupe donc un volume important.
- ✓ Fermentable grâce à sa teneur élevée en matières organiques.
- ✓ Il est nécessaire d'effectuer des ramassages réguliers depuis la plupart des types de garesPurification[37].

Chapitre II: Traitement des boues.

II .5.1. Epaissement :

Le processus d'épaississement réduit le volume des boues grâce à extraire leur eau. Ils sont suffisamment simples pour être utilisés dans de petites stations communautaires car leur fonctionnement ne nécessite aucune dépense d'énergie. Il en résulte une réduction significative du volume des boues (**Fig II .2**). Le but de la concentration est donc d'augmenter la siccité des boues, c'est-à-dire leur teneur en matière. Le séchage ne modifie pas les propriétés liquides des boues. Les boues collectées peuvent ensuite être ou ne pas subir de transformations différentes (stabilisation ou stockage) pour obtenir une potentielle valeur ajoutée, Par exemple, à des fins de diffusion[38].

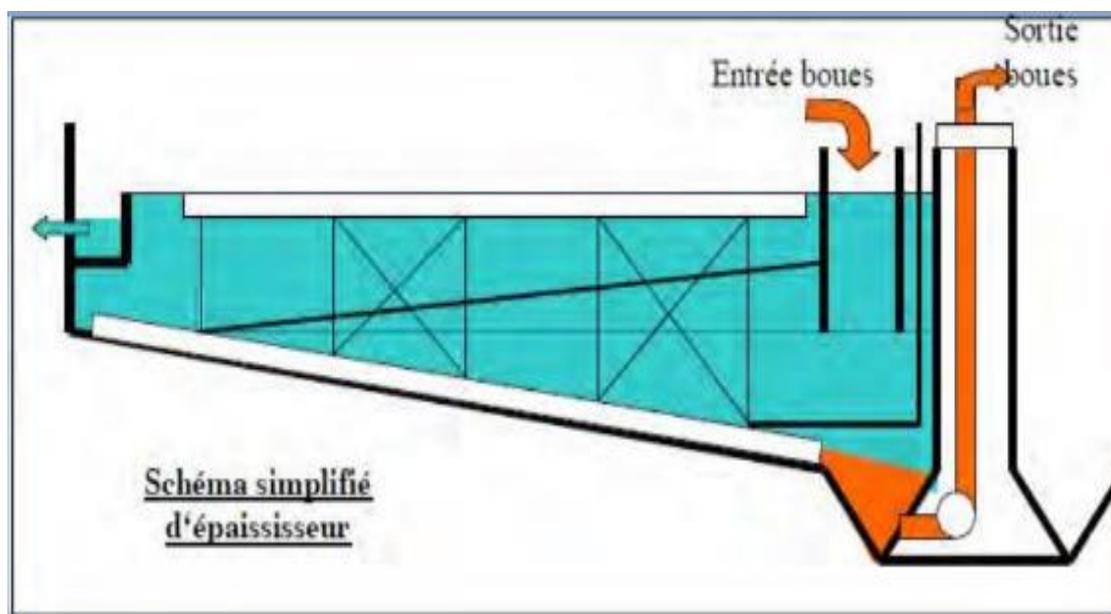


Figure II .2 : Schéma simplifié d'un épaisseur [38].

II .5.2. Conditionnement :

Ceci est impératif pour rendre les opérations de déshydratation mécanique économiques réalisable. L'un des objectifs de cet ajustement est de réduire la stabilité des colloïdes. Particules pour favoriser la libération de l'eau ou réduire l'énergie de liaison à l'eau espèces particulières. Si le seul but du colis est pour faciliter la déshydratation des boues (sans assainissement ni bio stabilisation), uniquement prenez la voie chimique. Ce traitement chimique implique l'ajout de coagulants minéraux tels que des sels de fer ou d'aluminium, ainsi que des poly-électrolytes généralement synthétiques. Il est généralement effectué dans des cuves où le mélange est soigneusement contrôlé pour favoriser le contact et la

Chapitre II: Traitement des boues.

réorganisation des particules en suspension. Ce processus peut nécessiter une régulation du pH. Cependant, ces méthodes présentent des inconvénients en termes de coût et de conséquences environnementales lors de l'épandage des boues, en raison de la lente biodégradabilité de certains composés qui peuvent migrer progressivement vers les nappes d'eau ou les végétaux[38].

II .5.3. Déshydratation :

La déshydratation des boues, qui se traduit par une forte réduction de leur teneur en eau, entraîne un changement notable dans leur état physique, passant de liquide à pâteux ou solide. Deux principaux procédés sont utilisés à cet effet : le procédé de filtration sur bande et le procédé de filtration par presse (**Fig II .3**). Dans le procédé de filtration sur bande, les boues sont versées entre deux bandes continues verticales de toiles synthétiques, puis pressées entre deux rouleaux avant d'être transportées vers une zone de stockage. Quant au deuxième procédé, les boues sont injectées dans des filtres presses[39].

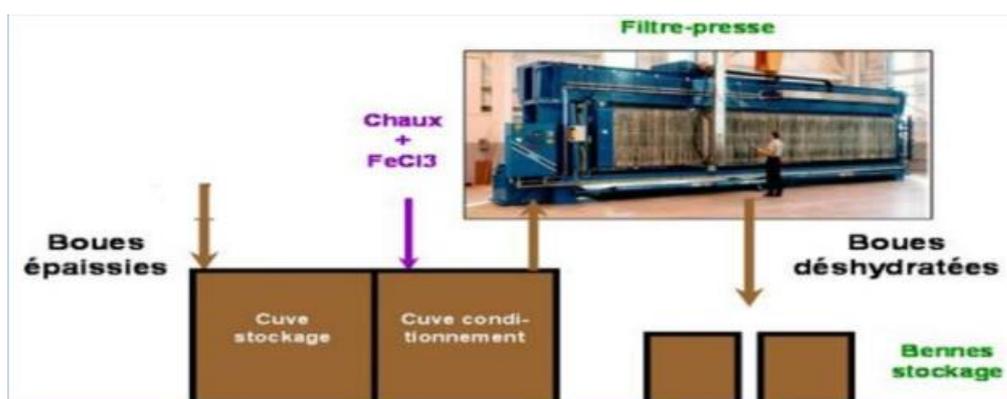


Figure II .3: Mécanisme de la déshydratation[38].

II .5.4. Séchage :

Le séchage des boues correspond à une déshydratation quasi-complète par évaporation de l'eau qu'elles renferment. Cette opération entraîne une réduction significative du volume des boues[40].

II .5.4.1. Lits de séchage :

Ce procédé implique la répartition des boues à déshydrater sur une surface drainante composée de plusieurs couches de gravier et de sable de granulométries variables. L'eau

Chapitre II: Traitement des boues.

interstitielle s'écoule à travers ces lits de séchage, favorisant ainsi la déshydratation. Pour accélérer ce processus, les lits de séchage sont placés sous serre afin de profiter de l'évaporation naturelle amplifiée par les rayons du soleil (**Fig II .4**). Ce type de séchage est souvent désigné sous le terme de séchage solaire. Une autre variante consiste à couvrir les lits de séchage avec une végétation (comme des roseaux), ce qui permet de contourner les variations climatiques. Cette méthode est connue sous le nom de lits à macrophytes. À la sortie des lits de séchage, les boues se présentent sous forme solide, avec une teneur en eau d'environ 35 à 40 %[40].



Figure II .4 : Un lit de séchage.

II .5.4.2. Séchage thermique :

Le séchage thermique des boues entraîne une stabilisation temporaire en raison de l'absence d'eau, qui persiste tant que les boues ne sont pas ré humidifiées (**Fig.5**). Les avantages du séchage, tels que la réduction des volumes, la diminution des odeurs et une meilleure manipulabilité, élargissent les options de gestion des boues et facilitent leur utilisation ainsi que leur accès aux filières agronomiques [33].

Chapitre II: Traitement des boues.

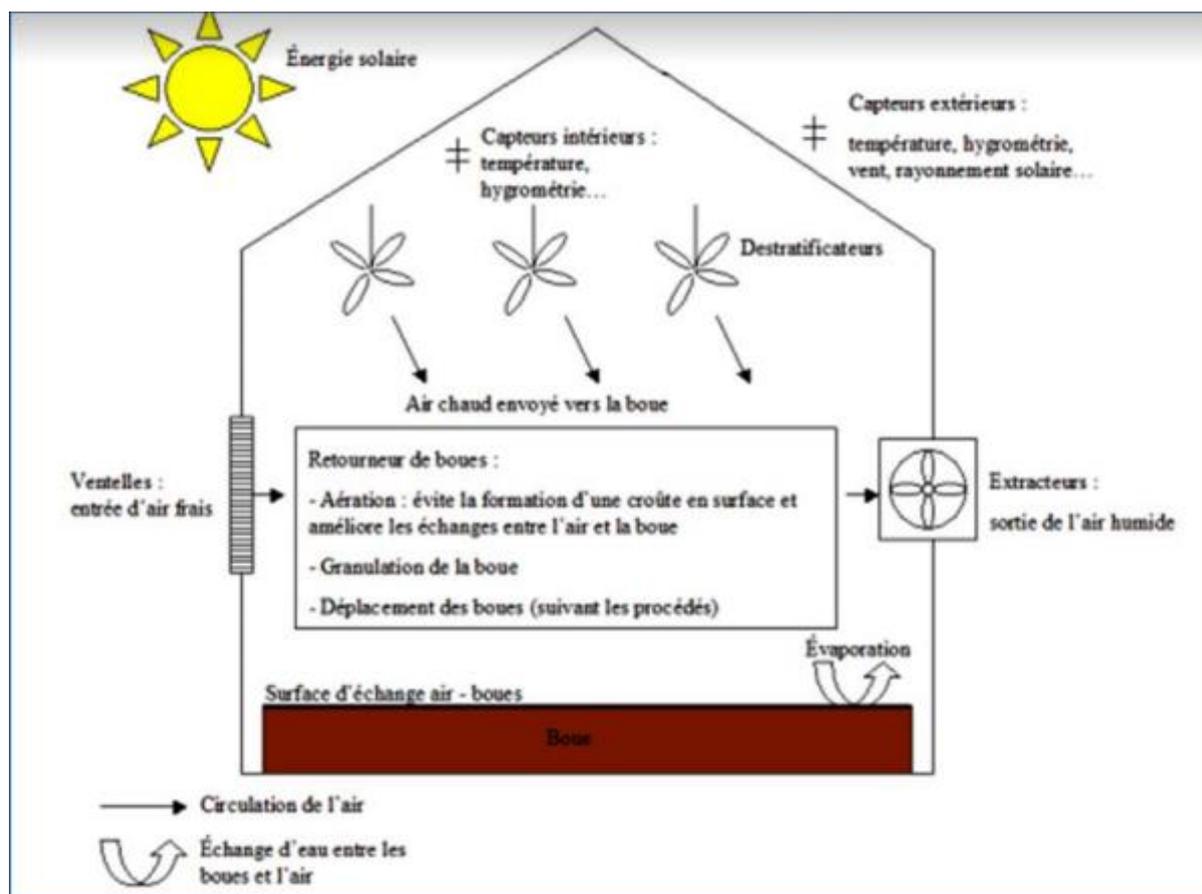


Figure II .5 : Schéma du fonctionnement général d'une serre (le séchage thermique)[41].

II .5.5. Stabilisation :

Ce processus vise à réduire le caractère fermentescible des boues, ce qui permet notamment d'éliminer les mauvaises odeurs. Les traitements de stabilisation des boues peuvent être appliqués aux boues mixtes fraîches ou uniquement aux boues provenant du traitement secondaire des eaux usées. Ils peuvent être de nature biologique, chimique ou thermique.

II .6. Valorisation des boues :

Le recyclage des boues est souvent incertain et leur élimination constitue la quasi-totalité des charges, cela reste un coût d'exploitation énorme. Sur le plan économique, les objectifs à atteindre sont en fait pour limiter ses frais de traitement et d'expédition. Cette optimisation dépend de Conditions de flux de produits, besoins et coûts énergétiques, prix main-d'œuvre, réactifs d'emballage, etc. Parallèlement, l'hygiène du travail et la protection de

Chapitre II: Traitement des boues.

l'environnement nécessitent le développement de solutions, ce qui se traduit par Nuisance minimale tout en restant financièrement abordable[42].

Ces sont les principales destinations des boues et des sous-produits provenant de leur traitement.

II ..6.1. Récupération de produit :

Il n'est possible de récupérer que certains éléments présents dans les boues. Les éléments suivants sont concernés par la récupération :

- Les matières premières provenant des secteurs du papier-carton et du bois.
- Les matières premières provenant des industries de la viande pour la fabrication d'aliments pour le bétail ou pour la pisciculture.
- Les substances qui provoquent la coagulation des boues issues de la clarification des eaux de rivière (comme l'acidification des boues).
- Le carbonate de calcium et la chaux sont réutilisés dans les boues issues d'un traitement massif à la chaux, comme c'est le cas par exemple des boues de décarbonatation d'eau potable utilisées pour le conditionnement avant déshydratation, ou encore des boues à préférence organique issues du traitement[42].

II ..6.2. Récupération énergétique :

La valorisation énergétique n'est généralement pas l'objectif première de traitement des boues, ils agit en fait d'une étape intermédiaire qui ne résout pas le problème du « traitement finale des résidu », l'utilisation des boues comme combustible exportable en dehors des stations d'épurations est rare. C'est le cas pour les boues déshydratées issues de la décantation de certaines eaux usées riche en combustibles (poussière de charbon par exemple) des suspensions huileuses ou des graisses récupérées par flottation, ou encore des boues organiques sèches sous forme de granulés ou de poudres probablement granulaires. Les carburant transportables peuvent également être fabriqués à partir des boues organiques la récupération énergétique se présente essentiellement sous deux forme principales.

Production de méthane par fermentation (digestion anaérobie) utiliser pour le chauffage l'alimentation de générateurs et la régulation thermique des boues elles-mêmes production calorifique générée dans l'incinérateur. L'énergie ainsi obtenue est essentiellement voire entièrement utilisée pour pré-sécher, les boues lorsque la sécheresse initiale des boues le

Chapitre II: Traitement des boues.

permet, l'énergie thermique excédentaire peut être convertie en énergie électrique. Toute la valorisation énergétique s'accompagne d'une réduction partielle ou totale des bactéries pathogènes présentées dans les boues [43].

II ..6.3. L'utilisation agricole des boues :

La valorisation agricole des boues résiduaires peut être confédérées comme une méthode de recyclage la plus adaptée pour rééquilibrées cycle biogéochimiques (cycle du carbone,(C) ; de l'azote (N) ;et cycle du phosphore(P))afin de protéger l'environnement .le recyclage des boues d'épuration présent d'énormes avantages économiques, visant à protéger les ressources naturelles et à éviter le gaspillage des matières organiques par l'incinération ou en mise en décharge .Par conséquent les boues résiduaires peuvent remplacer ou réduire la consommation excessive d'énergie[27].

II ..7. Impact des boues sur l'environnement :

Les boues d'épuration sont concédérées comme un déchet dangereux, et ont tendance à concentrer dans les eaux usées des métaux lourds et des composés organiques difficiles à biodégrader ;ainsi que les organisme pathogènes (virus, bactérie....etc.) .la plupart des polluants présents dans les boues d'épuration sont adsorbé par les particules du sol, les variation de la composition du sol dépendent principalement des propriétés du sol récepteur (sol de décharge) du substrat rocheux de la décharge, de sa situation géographique et du climat et de l'environnement.

Les lixiviats ou jus de décharge constituent un contaminant majeur des eaux souterraines .les boues contiennent notamment de l'eau et des élément polluants et lixiviats peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines ou ils peuvent affecter les eaux de surface lors des fortes pluies et après écoulement ;le transport et la mise en décharge de grande quantités de boues d'épuration ont le plus grand impact car des substances toxiques se propagent dans l'atmosphère ;principalement des émissions gazeuses de sulfures et d'azote posant un risque pour la santé humaine et animale[35].



CHAPITRE III :
PRÉSENTATION DE LA ZONE

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

III.1. Introduction :

Afin de protéger l'environnement, la mission des stations d'épuration est d'épuration des eaux usées de toute la zone de la wilaya d'Annaba avant de les rejeter dans l'oued Seybouse. Il jouera un rôle important dans la protection des ressources en eau, notamment grâce à la réutilisation des eaux usées épurées. (Irrigation dans les zones agricoles et fournitures industrielles).

Ce chapitre donne un aperçu général de la station de L'Allalik.

III.2. Historique de la station d'épuration d'ANNABA :

La station d'épuration des eaux usées d'Annaba [STEP] a été mise en service en septembre 2009. Le 15 mai 2007, première pierre posée par le Président de la République. La station a une capacité de traitement de 580700 EqH. L'entreprise recycle les eaux usées de quatre grandes villes de la province, à savoir Annaba, El Bouni, Sidi Ammar et El Hadjar limitent les dégâts causés par la pollution des sols zone agricole de la plaine d'Annaba, auparavant irriguée par les eaux drainées de l'oued Seybouse et ses affluents, sont saturés des émissions de centaines de villes et d'entreprises industrielles.

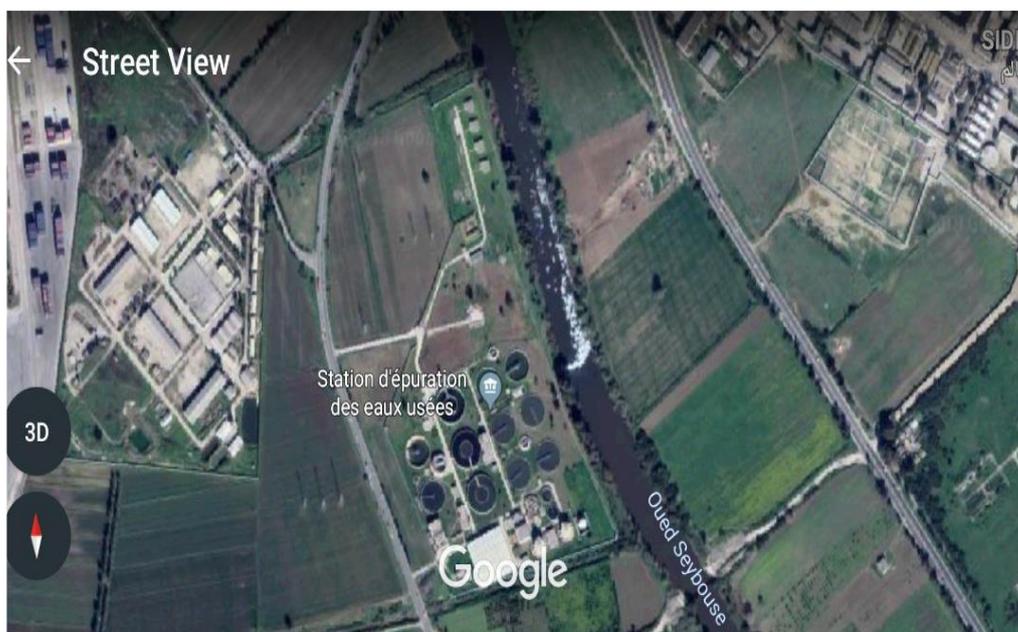


Photographie III.1 : Vue générale de la Station d'épuration de L'ALLALIK.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

III .3. Situation géographique de la station d'épuration L'ALLALIK :

La station d'épuration de L'Alalik est située à environ 5 kilomètres au sud de la ville d'Annaba, son extrémité faisant face à la côte méditerranéenne. Son étendue géographique borde la mer Méditerranée au nord et la province de Guelma au sud, Gouvernorat d'El Tarif, est, ouest Gouvernorat de Skikda.



Photographie III .2 : Localisation carte de la STEP de la ville Annaba.

III .4. Capacité de la station d'épuration de L'ALLALIK

La station a une superficie de 15 hectares et une capacité de 580 700 équivalents/habitant, avec une capacité de 674000 équivalents/habitant en 2025 et 2035 (dans la première phase, D'Annaba, el Bouni, , sidi Salem, Boukhedra, corridors Bouzaoura et Kherraza, Oued Ennil et Dans la deuxième phase Hadjar et Sidi Amar(En service après deux mois),le débit d'entrée actuel est de $2,45\text{m}^3/\text{s}$, le débit nominal de traitement est de $83620\text{m}^3/\text{jr}$, et le volume annuel moyen des eaux usées traitées est d'environ $2000000\text{m}^3/\text{an}$. Ce chiffre devrait augmenter avec l'ouverture prochaine des villes d'El-Hadjar et de Sidi Amar.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

PARAMETRE	UNITES	ECHEANCE2025	ECHEANCE2035
POPULATION	EH	580700	674000
Charges polluantes à traite			
DBO ₅	Kg/j	34842	40440
DCO	Kg/j	69684	80880
MES	Kg/j	40649	47180
NTK Kg/j	Kg/j	6968	8088
PT	Kg/j	1045	1213
Charges hydraulique traité			
Volume journalier	m/j	83620	107840
Débit de pointe de temps sec	m/h	5924	5400
Débit de pointe de temps de pluie	m/h	8884	8100
Température effluent			
Maximale	<25° C en moyenne horaire		
Minimale	<12° C en moyenne hebdomadaire		
PH effluent	Compris entre 5.5 et 8.5 en moyenne horaire		

Tableau III.1 : Normes des paramètres de l'eau STEP Annaba.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

III .5. Procédé d'épuration adopté à la station d'épuration d'ANNABA :

La station d'épuration des eaux usées de la ville d'Annaba a été mise en service le 8 juillet 2010 et fonctionne actuellement selon un procédé de traitement par boues activées à charge moyenne. Le procédé d'épuration des boues activées à charge moyenne comprend deux canaux, l'un est un canal d'eau et l'autre est un canal de boues. Le processus est le suivant :

- Mise en contact de l'eau brute avec des masses bactériennes en présence d'oxygène (aération), suivie d'une étape de séparation et de décantation des floccs bactériens (clarification).
- Concentration, digestion et déshydratation des boues biologiques et des boues primaires.
- Traitement de l'eau purifiée en trois étapes, prétraitement, désodorisation et déshydratation.

La gare a été construite dans un double objectif :

Horizon 2025 : eaux usées dans les corridors Annaba, Bouni et kharrezza.

Horizon 2035 : Eaux usées à Sidi Ammar et El Hadjar.

- Permet la réutilisation des eaux usées épurées pour l'agriculture (périmètre d'irrigation de Bouna Moussa) ou l'industrie (**ex ARCELOR MITTAL**).
- La caractéristique distinctive de cette station par rapport aux autres est sa technologie de capture des odeurs pour préserver l'environnement.
- Une autre technologie en cours d'exploitation pour l'utilisation des eaux traitées à des fins de consommation et d'utilisation domestique.

III.6. Mode de fonctionnement (STEP Annaba) :

D'une manière générale, on distingue dans la station d'épuration d'Annaba des eaux usées les traitements suivants :

III.6.1. Traitement de l'eau :

III.6.1.1. Prétraitement :

Les eaux usées sont transférées à la station via des collecteurs sous pression, Un dérailleur fin sur l'avant du prétraitement assure l'élimination des déchets solides. Les eaux

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

usées transitent par trois unités de dessablage et de déshuilage, qui décantent les résidus les plus denses (sable) et font flotter les déchets les plus légers (graisses). A la fin du prétraitement, un comptage des effluents a été assuré via deux voies venturi et un auto-échantillonneur.

III.6.1.2. Traitement primaire :

Les eaux usées sont ensuite distribuées vers deux lignes de décantation principales (décanteurs de 42 m de diamètre) pour assurer l'élimination des matières en suspension dans l'eau.

III.6.1.3. Traitement biologique :

A la sortie du décanteur centrifuge, des goulottes périphériques collectent l'eau dans la montée centrale. L'eau brute est ensuite répartie dans trois réservoirs de 14 200 m³ conçus pour éliminer la pollution dissoute et les impuretés organiques grâce à la biomasse purifiée.

Les bassins sont constitués de deux zones bien séparées : une zone anaérobie de 2 800 m³ au centre de l'ouvrage et un canal périphérique (zone aérobie) de 11 500 m³. Trois turbocompresseurs oxydent la biomasse en suspension. Les eaux usées sont ensuite envoyées vers deux dégazeurs pour assurer le rétablissement des flux de dérivation entre les six clarificateurs d'un diamètre de 42 mètres, assurant ainsi la séparation entre l'eau épurée et la biomasse. La biomasse partielle a été recalculée pour maintenir une concentration moyenne de 5 g/l dans les micro-organismes purifiés. L'autre partie est extraite et envoyée vers la ligne de traitement des boues.

III.6.1.4. Traitement tertiaire :

La dernière étape permet de réduire les MES pour obtenir une eau traitée de haute qualité adaptée au micro-tamissage sur deux filtres mécaniques d'une capacité de 706 m³/h.

III.6.1.5. Traitement des boues :

L'épuration biologique 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.

III.7. Caractéristiques des installations de la station d'épuration :

Voici les cinq grandes étapes à retenir au niveau du fonctionnement de la station d'épuration :

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

III.7.1. Le dégrillage :

Le traitement des eaux usées commence par leur refoulement vers un poste de dégrillage équipé de 4 canaux automatiques de 1.2m de largeur. Ces canaux permettent le dégrillage automatique des matières grossières et inertes telles que les chiffons, morceaux de bois, plastiques et feuilles. Un dégrilleur, agissant comme un tamis, est utilisé pour éliminer ces déchets. Une fois nettoyées, les grilles évacuent les déchets avec les ordures ménagères. Cette étape de prétraitement peut être complétée par un tamisage utilisant des grilles avec des espacements plus fins.



Photographie III.3: Dégrilleur STEP Annaba.

III.7.2. Le dessablage et le déshuilage :

Après le dégrillage, les étapes suivantes visent à éliminer les matières restantes dans l'eau. Un premier bassin, appelé "dessaleur", ralentit l'écoulement pour permettre la récupération des sables et des graisses, qui sont ensuite raclées en surface. Les eaux passent ensuite dans un deuxième bassin où les graisses sont récupérées en surface à l'aide de pompes aératrices qui diffusent de fines bulles d'air. Un pont automoteur assure le raclage de surface pour pousser les graisses vers des goulottes d'évacuation. Les produits récupérés sont ensuite traités ultérieurement. Les eaux sont évacuées après ce processus pour poursuivre leur assainissement dans la station d'Annaba.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.



Photographie III.4 : Dégazateur- déshuileur (STEP Annaba).

III.7.3. Le traitement biologique :

La partie centrale du traitement des eaux usées consiste en trois bassins circulaires d'aération, essentiels dans le processus. Chaque bassin reçoit les eaux prétraitées et est équipé d'un oxymètre pour surveiller en continu le niveau d'oxygène dans la biomasse. Après un certain temps dans les bassins d'aération, le mélange eaux-boues activées est évacué par déversoir vers les ouvrages de dégazage. Les effluents sont dirigés vers deux dégazateurs, dont l'un assure la répartition de la liqueur mixte entre 4 clarificateurs et l'autre entre deux clarificateurs, grâce à des déversoirs. Chaque clarificateur peut être isolé individuellement en fermant la vanne murale d'alimentation correspondante. Cette configuration est illustrée dans l'image d'un bassin biologique.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.



Photographie III.5 : Bassin biologique de STEP Annaba

III.7.4.la clarification :

Cette étape vise à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires résultant de la dégradation des matières organiques. Elle se déroule dans des bassins spéciaux appelés "clarificateurs". La liqueur mixte provenant des bassins d'aération est dirigée vers six bassins de clarification circulaires, où un surnageant clair et limpide est obtenu. Ce surnageant peut être évacué vers le milieu récepteur après le traitement tertiaire. L'alimentation des clarificateurs se fait à partir des cheminées de départ du dégazage via des canalisations sous les radiers. Chaque clarificateur est équipé d'un pont racleur contenant des lames racleuses de fond pour ramener les boues vers une fosse centrale, d'où elles sont pompées vers la filière de traitement des boues. Des lames de surface sont également présentes pour récupérer les écumes et les matières flottantes.

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.



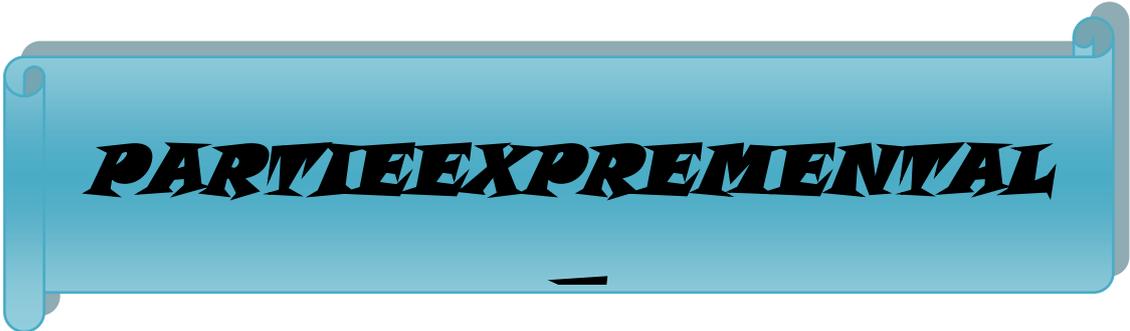
Photographie III.6 : Clarificateur.

III.7.5. Le traitement des boues :

La station d'épuration d'Annaba génère deux litres de boues résiduelles par habitant et par jour. Ces boues, collectées tout au long du processus de traitement, comprenant la décantation, le traitement biologique et la clarification, nécessitent un traitement supplémentaire.

III.8. Conclusion

La station de l'ALLALIK à Annaba permet le traitement collectif des eaux usées, assurant ainsi supplémentaires sont nécessaires pour garantir l'absence de risques à long terme, notamment en ce qui concerne les métaux lourds, en vue d'une potentielle réutilisation des eaux épurées pour divers usages. Une gestion globale pour la préservation de l'écosystème. Cependant, des analyses.



PARTIE EXPERIMENTAL

Chapitre IV : Matériel et Méthode.

IV.1. Introduction :

Les eaux usées peuvent contenir et transporter un large éventail de polluants organique et pathogène pour l'homme. Des micro-organismes pathogènes sont présents dans Les eaux usées d'une communauté reflètent sa santé. L'objectif principal du traitement des eaux usées est d'éliminer ou de détruire ces polluants et micro-organisme.

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer la qualité des traitements physico-chimiques microbiologie de la Station d'épuration d'Annaba(STEP) et par analyse physique et chimique et étudier les caractérisations des boues de traitement biologique. Cette étude l'efficacité du traitement Station d'épuration d'Annaba, pour protection contre l'environnement naturel.

La composition des eaux usées varie considérablement selon leur source, elle se caractérise par un certain nombre de paramètres les plus couramment utilisés sont les suivants :

- Température.
- PH.
- DBO₅ demande biologique en oxygène sur cinq jours
- DCO : demande chimique en oxygène.
- MES : matière en suspension
- Azote nitrique (NO₃-N)
- Azote nitrite (NO₂-N)
- Azote ammoniacal (NH₄-N).
- Phosphore total (PT).

Ils peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, et De nombreux micro-organismes Selon ses propriétés physiques et chimiques, organismes et les risques pour la santé qu'ils représentent, ces substances peuvent être divisées en quatre groupes : matières en suspension, micro-organismes, oligo-éléments ou de matière organique et de nutriments.

Chapitre IV : Matériel et Méthode.

IV.2. Prélèvement et échantillonnage :

L'échantillon est crucial car il détermine la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on souhaite analyser. Période de notre stage pratique, nous avons remarqué que le nombre de points de prélèvement à cette station La purification est divisé en deux points, et le prélèvement est le suivant :

- **Point n°1** : Situé à l'entrée de la station, sur le canal d'adduction d'eau brute Effectuer un travail de prétraitement (avant la grille).

- **Point n°2** : Situé à la sortie de la station, sur le canal d'évacuation

IV.3. Méthode d'échantillonnage :

-**Point n°1** : Nombre d'échantillons : 1 échantillon par jour.

L'échantillon E1 représente la qualité quotidienne des eaux usées entrantes. Nous utilisons des conteneurs pour l'échantillonnage.

-**Point n°2** : Nombre d'échantillons : 1 échantillon par jour.

L'échantillon E2 représente la qualité de notre eau après 24 heures de purification. Utilisez des conteneurs pour collecter des échantillons.

IV.4. Matériels et Méthodes d'analyses :

Le laboratoire de la station contient plusieurs appareils qui permettent de mesurer les différents paramètres des eaux usées.



FigureIV. 1 : Laboratoire de STEP Annaba.

Chapitre IV : Matériel et Méthode.

IV.5. Méthode de mesure :

Les prélèvements des échantillons de l'eau d'entrée et sortie est mis dans des béchers afin de la mesure des différents paramètres physico-chimiques.



FigureIV .2 : Eaux usées et épurée.

IV.5.1. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH) et température :

Cette mesure est effectuée au laboratoire à l'aide de pH mètre, ce dernier permet de mesurer le PH ainsi que la température de l'échantillon à analyser. Il est équipé de deux sondes. Mesure le pH de l'échantillon à analyser et l'autre mesure sa température.

Mode opératoire :

- préparer l'électrode à l'utilisation et rincer l'électrode à l'eau déminéralisée puis avec l'échantillon et agiter doucement.
- Sélectionner mesuré, l'affichage indique la stabilisation de l'échantillon.
- Ensuite, la valeur de pH et la température est lue directement sur l'écran de l'appareil.

Chapitre IV : Matériel et Méthode.



Figure IV .3 : pH-mètre.

IV .5.2. Conductivité électrique CE :

Cette mesure est effectuée au laboratoire à l'aide de conductimètre, ce dernier permet de mesurer le CE.

Mode opératoire :

- préparer l'électrode à l'utilisation et rincer l'électrode à l'eau déminéralisée puis avec l'échantillon et agiter doucement.
- Sélectionner mesuré, l'affichage indique la stabilisation de l'échantillon.
- ensuite, la valeur de PH et la température est lue directement sur l'écran de l'appareil.



Figure IV .4 : Mesure CE par conductimètre.

Chapitre IV : Matériel et Méthode.

IV.5.3. Détermination de la demande biochimique en oxygène(DBO) :

Le DBO₅ : C'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation. Le DBO₅ n'est représentative que de la pollution organique carbonée biodégradable si l'on prend le soin de bloquer les réactions de nitrification lors de la mesure. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) effectuée par DBO mètre.

Mode opératoire :

- Préalablement, rincer la bouteille de DBO mètre à l'eau de prélèvement pour l'entrée prend 160ml, et pour la sortie 420ml de l'eau épurée.
- Mettre dans le premier bouchon en plastique une ou deux pastilles de (KOH) pour observer l'humidité.
- Fermer la bouteille de la DBO mètre par le deuxième bouchon.
- Après cinq jours, le DBO mètre trace la courbe de DBO₅ correspondant à l'échantillon à analyser et la valeur de la DBO₅.



Figure IV .5 : Mesure DBO₅ par DBO-mètre.

Chapitre IV : Matériel et Méthode.

IV.5 .4. Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO) :

La DCO, réalisée principalement pour les eaux usées, correspond à la consommation thermique globale à l'oxygène provenant du bichromate de potassium, qui représente la majeure partie composée organiques et sels minéraux oxydables. La mesure est à des méthodes microscopiques sont utilisées en laboratoire.

Principe :

Les substances oxydables réagissent avec le bichromate de potassium sulfurique, en présence, en présence de sulfate d'argents. Le chlorure est masqué avec du sulfate de mercure. La coloration verte du Cr sera déterminée par photométrie.

Perturbation :

Cette méthode est applicable pour des échantillons (ou échantillon dilué) ayant une teneur en chlorure de 1500mg/l max. Les résultats de mesure sont à vérifier par un contrôle de plausibilité (dilution et/ou addition).

Mode opératoire :

1. Mélanger le contenu pour avoir une solution homogène.
2. Pipeter 2ml d'échantillon avec précaution.
3. Fermer la cuve et nettoyer l'extérieur de celle-ci.
4. Mélanger.
5. Chauffer dans le thermostat durant 2heurs de temps à 148°C.
6. Sortir la cuve chaude, retourner 2 fois avec précaution.
7. Laisser refroidir à température ambiante dans le support de cuve.
8. Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

Chapitre IV : Matériel et Méthode.



Figure IV .6 : Thermo réacteur.



Figure IV .7 : Thermostat.



Figure IV.8: Mesure DCO par Spectrophotomètre.

Chapitre IV : Matériel et Méthode.

IV.5.5. Détermination des matières en suspensions(MES) :

Appareillages :

Coupelle en aluminium (50 ml)

-Éprouvette

-Étuve à 105C°

-Balance de précision

Mode opératoire :

-Tarer et graver une coupelle de 50 ml.

-Introduire 40 ml d'échantillon dans la coupelle (si l'échantillon est trop épais, introduire une masse M).

-la capsule et l'échantillon sont séchés à l'étuve à 105°c jusqu'à ce que le poids de la capsule soit stable.

-la coupelle est ensuite pesée après avoir été refroidie au dessiccateur.

Calcule :

➤ Soit M_0 le poids initial de la capsule en g.

➤ Soit M_1 le poids de la capsule plus le volume ou la masse de l'échantillon introduit dans la capsule après passage à l'étuve en g.

➤ Soit Volume d'échantillon introduit dans la capsule en ml.

➤ Soit M la masse d'échantillon introduit dans la coupelle en g.

Le taux de matière en suspension s'exprime en g/l.

Quand il s'agit d'un volume:

$$(M_1 - M_0) * 1000 / 40 = \text{MES en g/l.}$$



Figure IV.9 : Éprouvette.



Figure IV .10 : Coupelle d'aluminium.

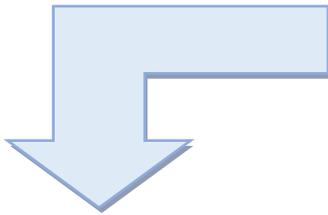


Figure IV .11 : Étuve.



Figure. IV.12 : Balance de précision.

62

Chapitre IV : Matériel et Méthode.

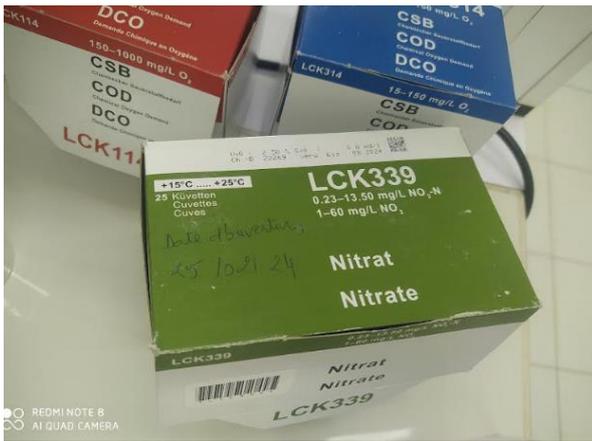


Figure IV.13 : Solution LCK339.

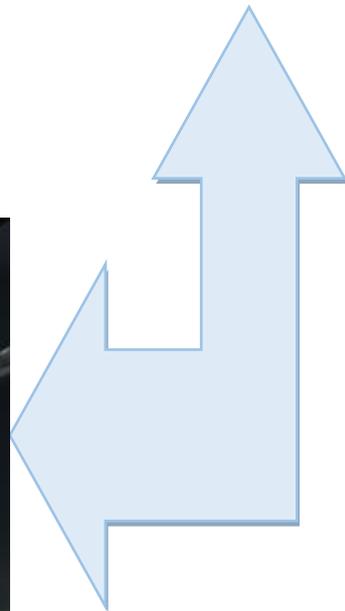


Figure IV .14: Spectrophotomètre.

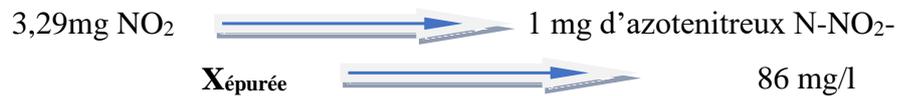
Chapitre IV : Matériel et Méthode.

IV.5.9. Mesure de l'azote nitreux (NO₂-N) :

Cette mesure est effectuée sur laboratoire par méthode rapide :



Donc $X_1 = 0.65471 \text{ mg/l}$



Donc $X_2 = 0.28294 \text{ mg/l}$

IV.5.10. Indice de boue (ou indice de Mohlmane) :

Indice de boue (ou mohlmane) est un teste utilisé pour évaluer l'aptitude de la boue à la décantation il représente le volume occupe par un gramme de boue dans une éprouvette d'un litre après décantation de 30 Minutes se calcule à partir des valeurs de V_{30} et MES de bassin biologique. A partir de cette relation :

$$IB = V_{30} / \text{MES}$$

Ou

$$IB = V_{30} * \text{dilution} / \text{MES}$$

si $IB < 50 \text{ ml/g}$ mauvaise décantation

si $50 < IB < 150 \text{ ml/g}$ bonne décantation

si $IB > 150 \text{ ml/g}$ phénomène de building
(fouissement de bactérie fil mateuse)



Figure IV.15 : Volume de décantation V_{30} .

Chapitre V : Résultats et discussion.

V.1. Qualité des eaux (brutes et épurées) de la station :

Durant le stage effectué au sein de la station d'épuration de l'Allalik (STEP Annaba), on a suivi quotidiennement la qualité de l'eau à travers les ouvrages de la station en suivant les paramètres disponibles au laboratoire de STEP (DBO, DCO, MES, pH, température, phosphore et azote, ...etc.).

	EAU BRUT	EAU EPUREE
Paramètres	Concentration	concentration
T°C	16.8	16.9
pH	7.37	8.2
Conductivité (µs/cm)	1336.09	1291
Salinité pour mille	0.6	0.62
MES (mg/l)	148.2	5.45
DBO₅ (mg/l)	85.75	2.975
DCO (mg/l)	331.75	35.25
Azote ammonia Cal(N-NH₄) (mg/l)	37	30.60
Azote nitrique (N-NO₃) (mg/l)	0.645	3.42
Azote nitreux (N-NO₂) (mg/l)	0.075	0.092
Phosphor total(PT) (mg/l)	3.23	1.52

Tableau V.1 : Analyse de laboratoire sur moyenne de période de stage.

V.2. Control des paramètres physico-chimique :

V.2.1. Variation du pH avant et après le traitement :

Le pH est un indicateur de la pollution par excellence, il varie suite à la nature des effluents basiques(cuisson, nettoyage ,résine :NaOH ,NaS₂)ou acide(bioxyde, lavage, de la résine :H₂S₄) [52] :.Le pH à l'entrée de la station (eau brut) varie entre6.5 et 7.5; avec une valeur moyenne de 7.37.en ce qui concerne les eaux épurées ,la valeur de pH varie entre 7 et 8.5, avec une valeur moyenne de 8.2la plupart des bactérie peuvent se développer dans une plage de pH entre 6.5et8.5.La fluctuation du pH de l'effluents brut s'expliquer par la consommation de produit chimiques ou organique au niveau de la source(**FigV.1**).

Chapitre V : Résultats et discussion.

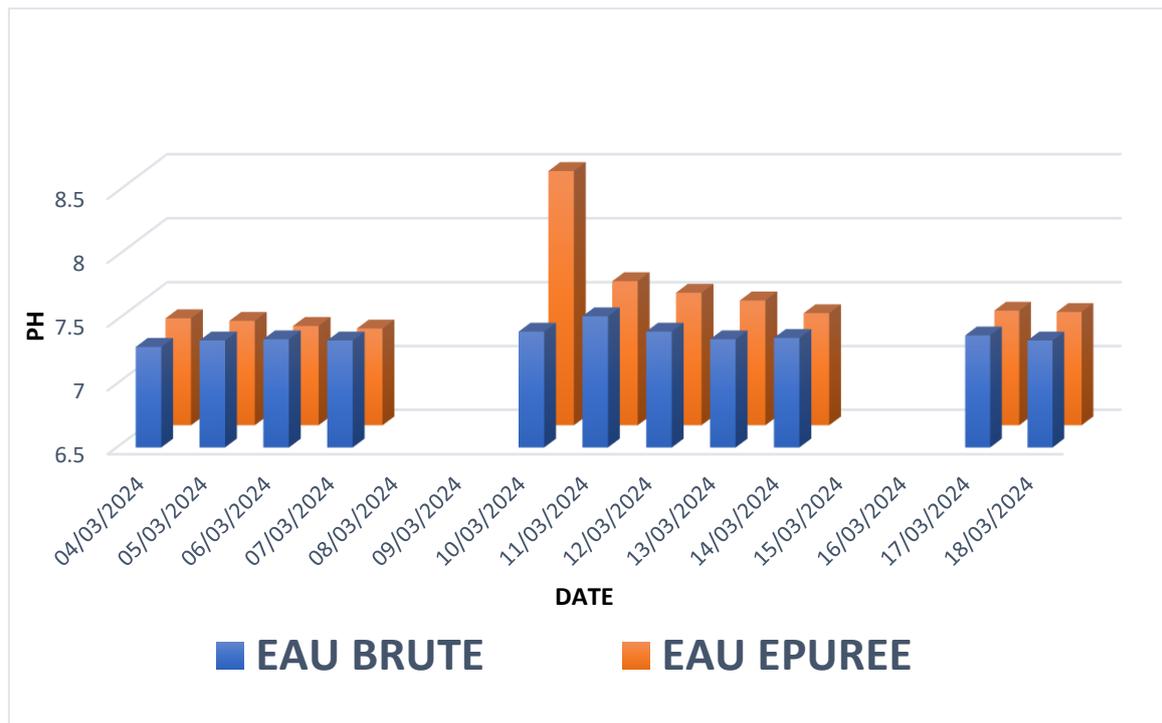


Figure V.1 : Variation du pH avant et après traitement.

V.2.2. Variation de la température avant et après le traitement :

La température est un paramètre dont la détermination et le contrôle sont très importants car ses effets sur le processus biologique. La mesure de la température est très important, parce qu'il affecte de nombreux paramètres ; tel que la conductivité, l'oxygène dissous, pH, dégradation de la matière organique, et réactions de minéralisations [44].

Dans notre cas (**Fig. V.2**), la température des eaux brutes dans la STEP Annaba varie entre 15 et 20°C ; avec une valeur moyenne de 16.8°C. Cette moyenne qui se situe dans la plage favorable à l'activité microbienne purifiante (<30°C), et la température enregistrée à la sortie (eaux épurées) varie entre 15 et 20°C ; avec une valeur moyenne de 16.9°C. Cette valeur conforme aux 30°C spécifiés dans la norme comme limite de rejet directement dans le milieu récepteur nous allons continuer par conséquent, éliminez le débit de valeurs douteuses (suspect).

Chapitre V : Résultats et discussion.

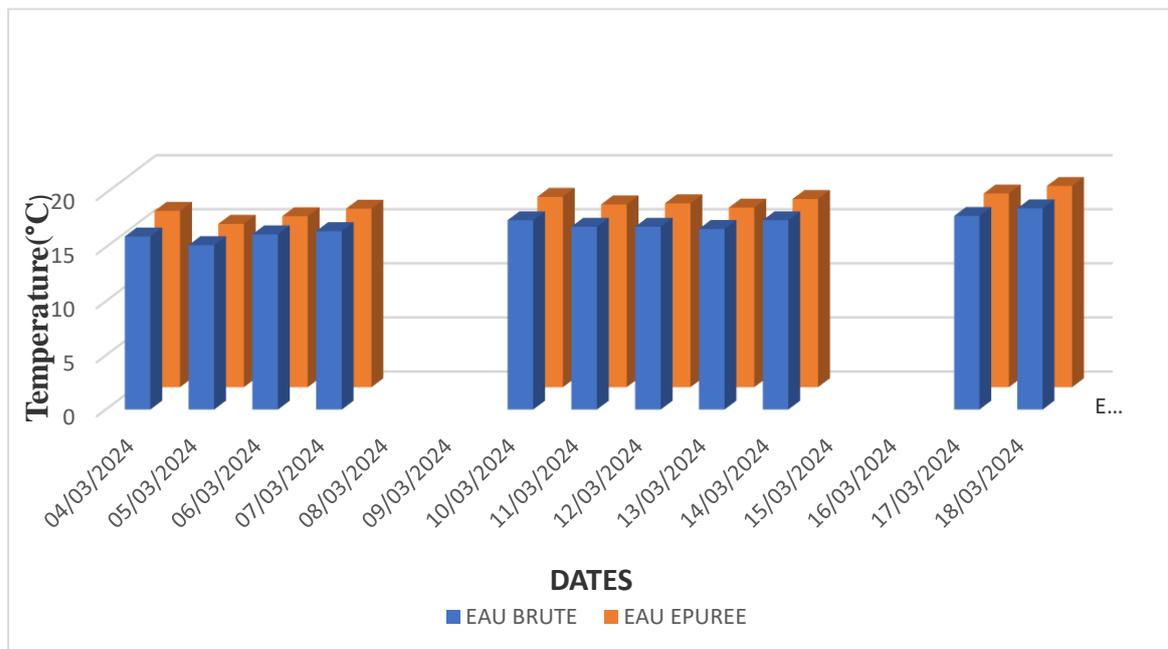


Figure V.2. : Variation de la température avant et après le traitement.

V.2.3.Variation du la conductivité(CE) avant et après le traitement :

La conductivité de l'entré(eau brut) varie entre 1000 et 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, avec une moyenne de 1336.09 et la valeur de la sortie de la STEP varie entre 500 et 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, avec une moyenne de 1291 $\mu\text{s}/\text{cm}$; les valeurs de conductivité CE de eau brut a dépassé 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ce qui la teneur exceptionnellement élevée de la minéralisation a également été confirmée, probablement en raison de les eaux usées domestiques apportent un énorme apport de détergents exister [8]. En revanche nous avons constaté une diminution de la minéralisation de l'eau purifiée, ce qui raisonnable l'eau brute passe par différents étapes de purifications(Fig. V.3).

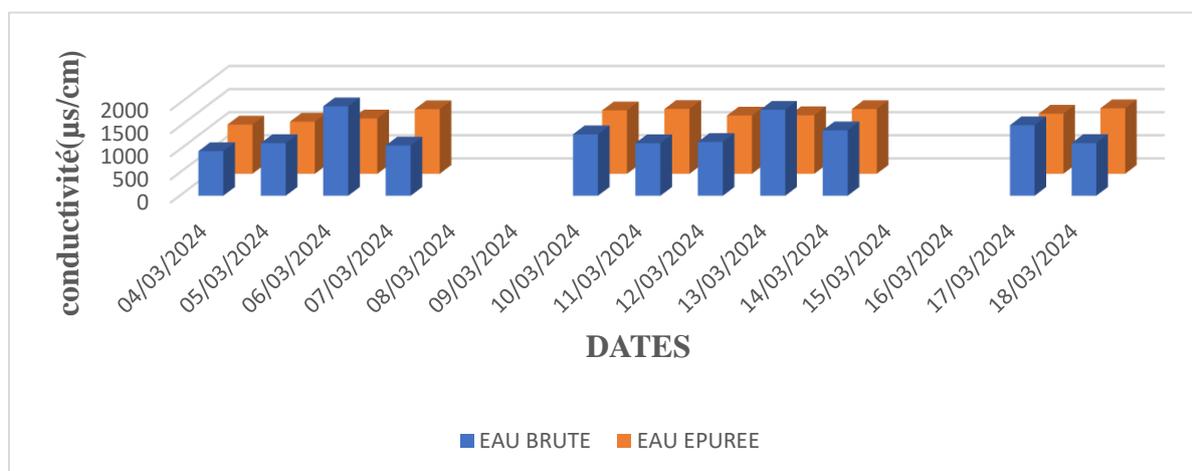


Figure V. 3: Variation du la conductivité avant et après le traitement.

Chapitre V : Résultats et discussion.

V.2.4. Variation de matières en suspensions (MES) :

Les valeurs enregistrées montrent une réduction significative du MES entre l'eau brute et épurée ; la teneur moyen en eau brute est de 148.2mg/contenant des substance en excès la suspension peut être la cause d'un blocage du système de prétraitement ;et la concentration moyenne des eaux épurées est de 5.45mg/l ce qui signifie décantation de matière en suspension ceci se traduit par système de prétraitement (dégrillage, dessablage),et du bassin d'aération par contre cependant cette valeur est conforme aux normes des eaux naturelles (30mg/l)(Fig. V.4).

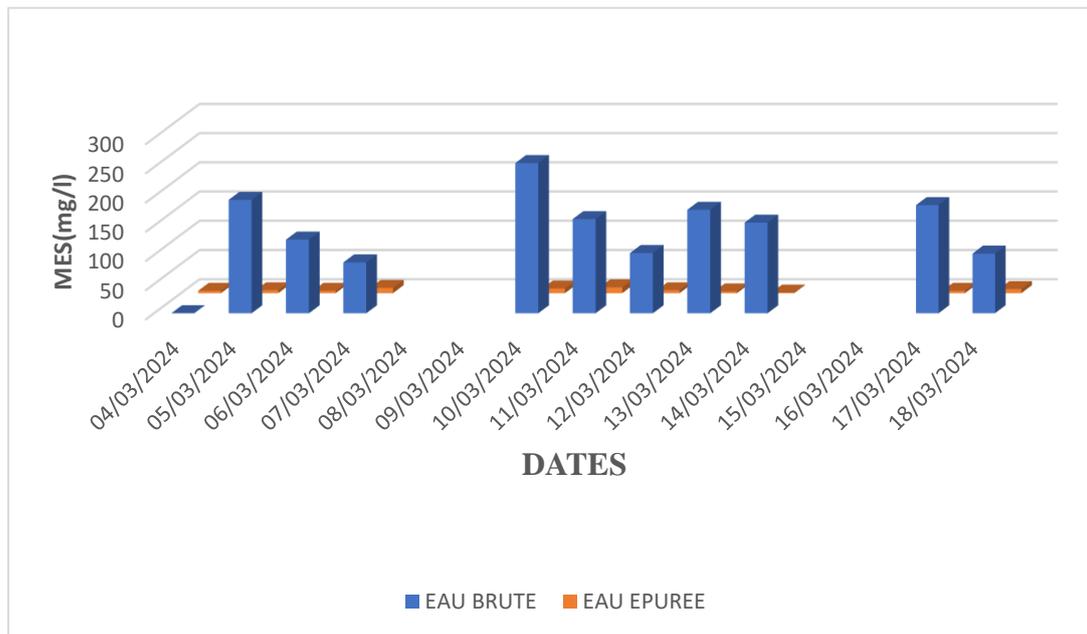


Figure V.4 : Variation de MES avant et après le traitement.

V.2.5. Variation de la demande biologique en oxygène (DBO₅) :

La DBO₅ est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organique décomposables par des processus biochimiques, les valeurs de concentration de la DBO₅ à l'entrée (eau brute) varient entre 70mg/et 190mg/l (soit une moyenne de 85.75mg/l), pour les eaux traitées (eau épuré) elles varient entre 2mg/l et 4mg/l (avec une moyenne de 2.975mg/l) ; l'analyse montre les eaux usées contenaient des niveaux trop chargés de matière organique (MO), cela est dû à la source d'eau (eau usée urbaine) ; seront complètement purifiées car ils nécessitent une activité microbienne plus intense, c'est ce que montre (Fig. V. 5) et la teneur de DBO₅ est toujours inférieure à la norme de rejet (<30mg/l).

Chapitre V : Résultats et discussion.

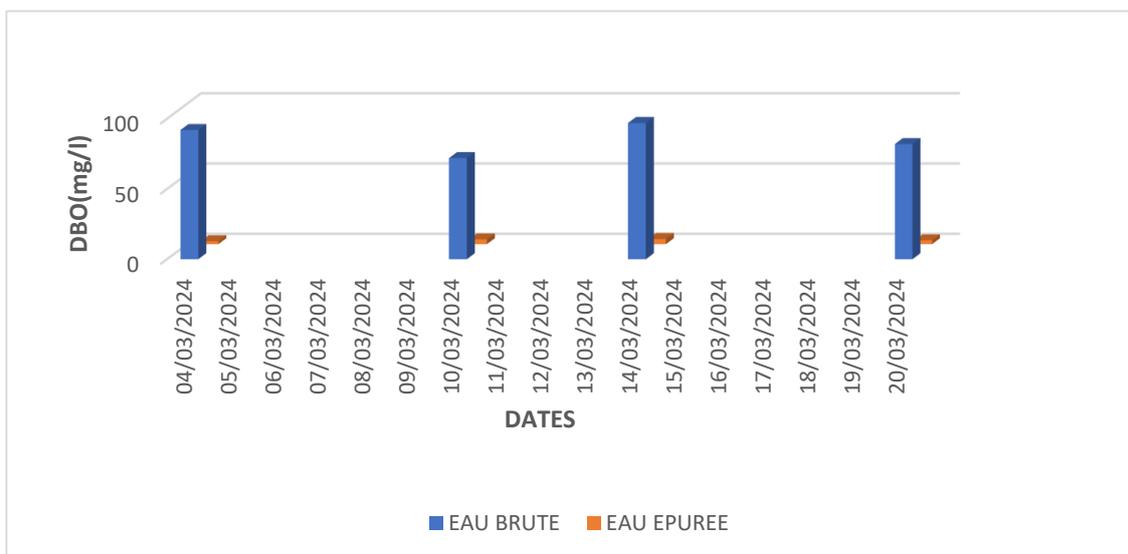


Figure V. 5 : Variation de DBO_5 avant et après le traitement.

V.2.6. Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspensions dans l'eau ,au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique total Les valeurs de concentration de la DCO des eaux brutes de la STEP varient un maximum de 400mg/l et un minimum de 212mg/l avec une moyenne de 331.75, en revanche les valeurs de concentration de la DCO de l'eau épuré varient entre un maximum de 46.3mg/l et un minimum de 29.4mg/l avec un moyenne de 35.25 ; cette valeur indique une moyenne oxydation de matière organique et conforme à la norme algérienne de rejet (90mg/l)(Fig. V.6).

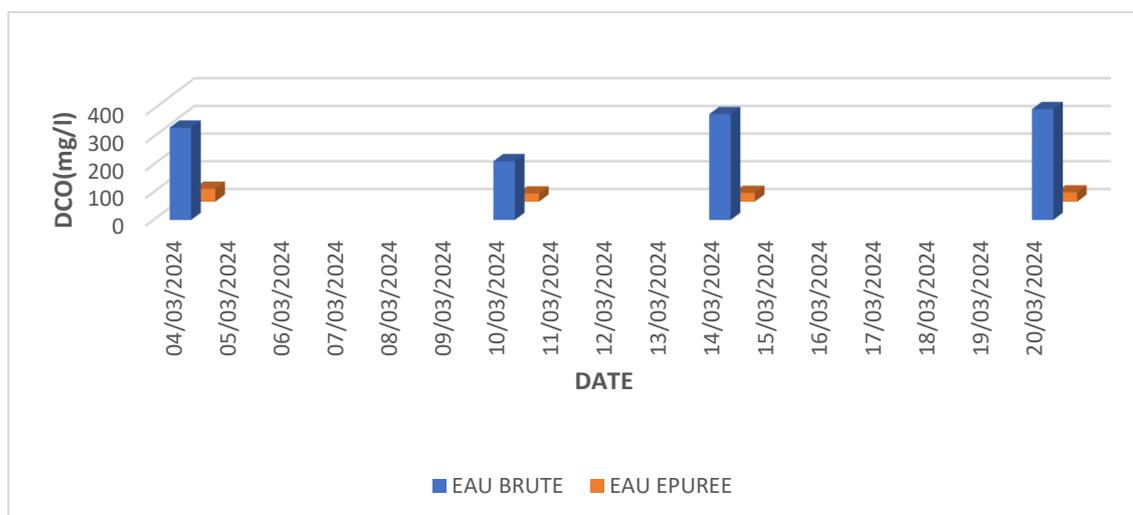


Figure V.6 : Variation de DCO avant et après le traitement.

Chapitre V : Résultats et discussion.

V.2.7. Variation de Nitrate NO_3

Le taux de nitrate dans les eaux brutes augmenté considérablement (avec une moyenne de 2.85735mg/l) par rapport aux eaux brutes, des concentrations élevées de la sortie de station (eau épurée) permettent de déduire l'effet de dénitrification dans le bassin biologique est faible mais reste inférieure aux normes de rejet (30mg/l)(Fig. V.2).

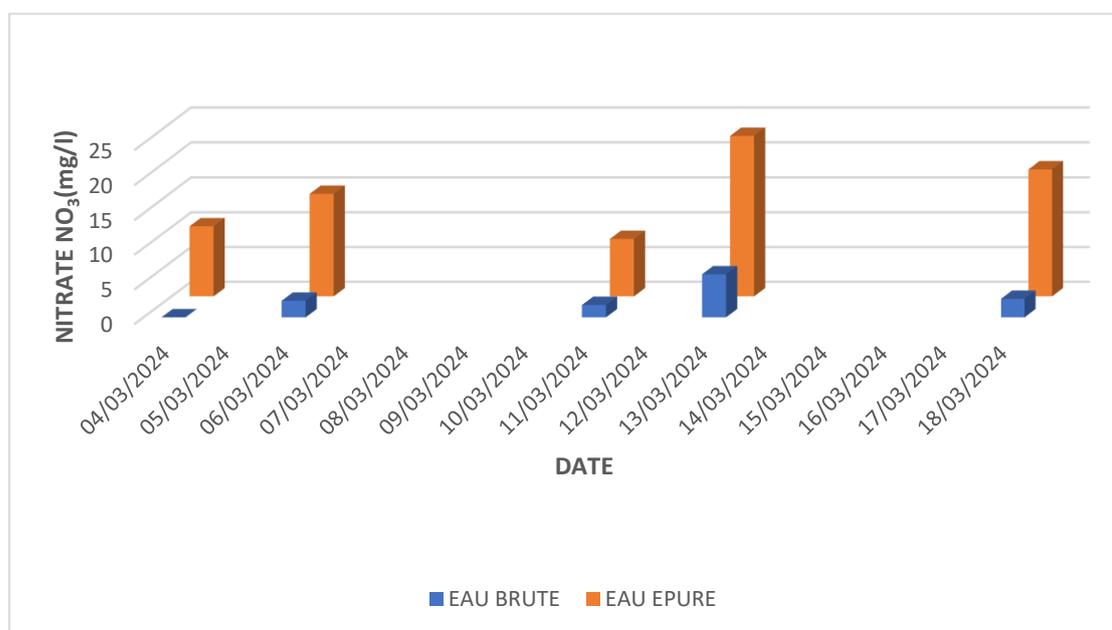


Figure V.7 : Variation de NO_3 avant et après le traitement.

V.2.8. Ammoniac (NH_4^+) et Nitrite (NO_2^-):

	Eau brute	Eau épurée
X (NH_4^+)	48,504mg/l	39.474mg/l
X (NO_2^-)	0.65471mg/l	0.28294mg/l
	0.04606mg/l	0.2961mg/l
	0.03948mg/l	0.33229mg/l

Tableau V.2 : les valeurs d'ammoniac et nitrate

V.2.9. Le phosphore total (PT) :

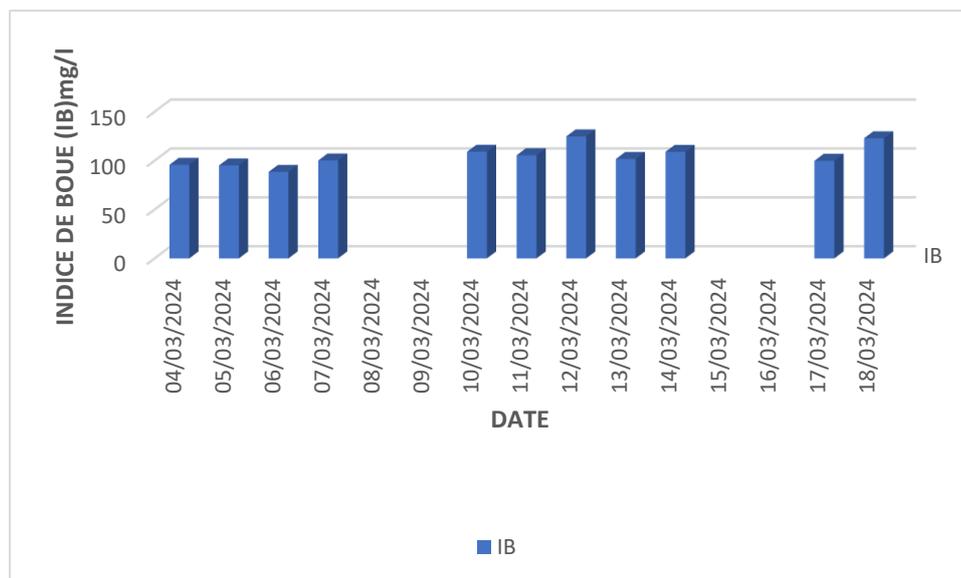
Les eaux usées brutes se caractérisent par une faible teneur en ortho phosphate respectivement dans les eaux usées brutes de 2.07mg/l et de 1.47mg/l de l'eau épurées indique

Chapitre V : Résultats et discussion.

que le site fonctionne normalement, ces valeurs toujours conformes à la norme des eaux naturelles (2mg/l).

V.2.10.Variation d'indice de boue :

Les valeurs d'indice de boues se situent entre 50 et 150ml/g, nous concluons donc que ces résultats une bonne décantation des boues (**Fig. V.8**).



FigureV.8 : Variation d'indice de boue.

V.2.11: Analyses bactériologiques :

Les analyses bactériologiques jouent un rôle crucial dans le traitement des eaux, assurant la sécurité et la qualité de l'approvisionnement en eau potable. Ces analyses permettent de détecter la présence de bactéries pathogènes telles que E. coli ou Salmonella, ainsi que d'autres indicateurs de contamination fécale. Les méthodes comprennent la culture en laboratoire, la détection moléculaire par PCR, et des techniques plus avancées telles que la spectrométrie de masse. Ces données guident les processus de désinfection et de filtration pour garantir des normes sanitaires adéquates, contribuant ainsi à la prévention des maladies d'origine hydrique et à la protection de la santé publique.

Le laboratoire de la station ne contient pas d'analyses bactériologiques car l'eau filtrée va dans les vallées et non à des fins de boisson ou d'irrigation, mais ils font ces analyses une fois par an en les envoyant à la station d'Alger, et le tableau ci-dessous montre les valeurs d'analyses bactériologiques pour l'année **2021** :

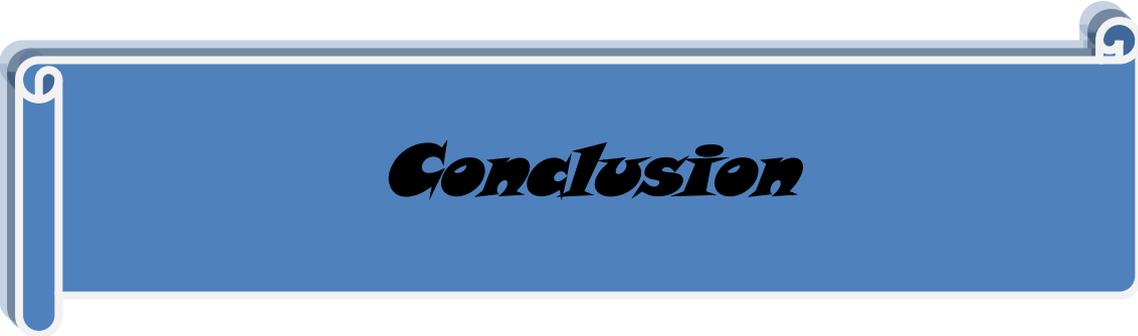
Chapitre V : Résultats et discussion.

Intituled'analyses	Résultats /échantillons		Références de méthodes
	1		
Test de stabilité 20°C 30°C			/
PH : Et 22°C-E30°C	-		-
Germe aérobie 30°C	8*10 ² gm/ml		NA1207
Coliforme aérobie 37°C	20gm/100ml		NF T90413
Coliforme fécaux 44°C	Abs/100ml		-
Streptocoques fécaux 37°C	Abs/50ml		NF T 90416
Clostridium sulf.reduct 46°C	Abs/ml		NF T90415
Levure 22°C	20gm/ml		NA 1210
Moisissures 22°C	10 ² gm/ml		NA 1210
SHIGELLA 37°C	Abs gm/10ml		NA 1203
SALAMONELLA 37°C	Abs gm/10ml		NA1203

Tableau V. 3 : analyse bactériologique d'eau usée de la STEP Annaba.

La boue analysée présente un taux :

Des germes aérobies à 30°C, du coliforme à 37°C, des levures et des moisissures à 22°C.



Conclusion

Conclusion.

Conclusion.

En conclusion, la caractérisation des boues activées dans le traitement des eaux revêt une importance cruciale pour assurer l'efficacité des installations de traitement et la préservation de l'environnement. À travers cette étude, nous avons exploré les multiples facettes de ces biomasses complexes, des aspects microbiologiques à leurs propriétés physiques et chimiques.

La diversité des méthodes de caractérisation disponibles offre une palette d'outils précieux pour évaluer et optimiser les performances des systèmes de traitement des eaux. Des techniques traditionnelles telles que l'analyse de la composition chimique aux approches plus novatrices comme la microscopie électronique à balayage, chaque méthode apporte des informations uniques sur les caractéristiques des boues activées.

Cependant, malgré les progrès réalisés, certains défis persistent. La complexité des boues activées et leur comportement dynamique rendent parfois la caractérisation difficile et sujette à des variations. De plus, l'évolution des normes environnementales et des exigences réglementaires nécessite une adaptation constante des méthodes de caractérisation pour garantir leur pertinence et leur fiabilité.

Pour relever ces défis, une approche multidisciplinaire et une collaboration entre les chercheurs, les ingénieurs et les professionnels de l'environnement sont essentielles. En combinant les connaissances scientifiques et les innovations technologiques, nous pouvons continuer à améliorer notre compréhension des boues activées et à développer des solutions de traitement des eaux plus efficaces et durables.

En définitive, cette étude souligne l'importance continue de la caractérisation des boues activées dans le traitement des eaux et met en évidence les opportunités et les défis qui façonnent ce domaine passionnant. En consolidant nos connaissances et en poursuivant la recherche dans ce domaine, nous pouvons contribuer à assurer un approvisionnement en eau propre pour les générations futures et à préserver notre précieux environnement aquatique. En perspective ;L'absence des normes algériennes sur la réutilisation potentielle des boues résiduelles nous empêchemalheureusement de nous prononcer sur les futures possibilités de valorisation de cetteressource naturelle.



Annexes

	EAU BRUTE					EAU EPUREE				
DATE	T°C	pH	Cond µs/cm	Salinité g/l	O ₂ dissous Mg/l	T°C	pH	Cond µs/cm	Salinité g/l	O ₂ dissous Mg/l
2/01/2024	16	7.72	1235	0.6	/	16	7.82	1488	0.7	/
3/01/2024	15.1	7.42	1427	0.7	/	15.8	7.22	1598	0.8	/
7/01/2024	14.1	7.40	1587	0.8	/	11.8	7.35	477	0.1	/
9/01/2024	13.3	7.16	1139	0.5	/	13.4	7.42	1141	0.5	/
10/01/2024	13.8	7.27	1470	0.7	/	13.2	7.51	1121	0.5	/
14/01/2024	14	7.22	1229	0.6	/	13.5	7.53	1165	0.5	/
15/01/2024	13	8.07	1075	0.5	/	13	7.69	1218	0.5	/
16/01/2024	15.2	7.29	1010	0.4	/	14.7	7.56	1230	0.6	/
17/01/2024	16.5	7.23	1213	0.5	/	16.6	7.44	1245	0.6	/
18/01/2024	16.6	7.22	1306	0.6	/	16.4	7.34	1353	0.6	/
21/01/2024	16	7.41	950	0.4	/	16.7	7.30	1368	0.6	/
22/01/2024	16.8	7.16	1003	0.4	/	16.2	7.38	1136	0.6	/
23/01/2024	15.7	7.24	1042	0.5	/	15.5	7.38	1285	0.6	/
24/01/2024	15.4	7.23	1422	0.7	/	15	7.34	1302	0.6	/
25/01/2024	15.7	7.22	1260	0.6	/	15.6	7.31	1470	0.7	/
28/01/2024	16.9	7.23	2480	1.2	/	16.4	7.56	1309	0.6	/
29/01/2024	16.6	7.15	1288	0.6	/	16.3	7.26	1475	0.7	/
30/01/2024	16.2	7.18	1320	0.6	/	16.2	7.25	1485	0.7	/
31/01/2024	16.4	7.22	1183	0.5	/	16.7	7.26	1478	0.7	/

Annexe 1 : Analyses des eaux (entrées et sorties) dans STEP d'Annaba de mois janvier.

	EAU BRUTE					EAU EPUREE				
DATE	T°C	Ph	Cond µs/cm	Salinité g/l	O ₂ dissous Mg/l	T°C	pH	Cond µs/cm	Salinité g/l	O ₂ dissous Mg/l
1/02/2024	16.3	7.26	1540	0.7	/	16.1	7.25	1435	0.7	/
4/02/2024	15.9	7.18	1465	0.7	/	15.8	7.26	11292	0.6	/
5/02/2024	15.7	7.30	1719	0.8	/	15.7	7.22	1458	0.7	/
6/02/2024	15.9	7.20	1562	0.7	/	15.9	7.18	2090	1.00	/
7/02/2024	16.3	7.26	1325	0.6	/	16.3	7.28	1558	0.7	/
8/02/2024	16.5	7.27	1596	0.8	/	16.4	7.23	1528	0.7	/
11/02/2024	14.5	7.31	1000	0.4	/	14.8	7.27	1490	0.7	/
13/02/2024	15.8	7.43	1243	0.6	/	16.1	7.48	1351	0.6	/
14/02/2024	16.5	7.55	1915	0.9	/	16.4	7.48	1331	0.6	/
15/02/2024	16.6	7.31	1215	0.5	/	16.5	7.45	1420	0.5	/
18/02/2024	16.9	7.31	1200	0.1	/	16	7.1	1360	0.6	/
19/02/2024	16.9	7.42	2130	1.1	/	16.8	7.31	1388	0.6	/
20/02/2024	16.7	7.19	2000	1.00	/	16.8	7.32	1472	0.7	/
21/02/2024	16.1	7.27	11620	0.8	/	16.1	7.43	1468	0.7	/
22/02/2024	16.1	7.33	1530	0.8	/	16.1	7.25	1448	0.7	/
25/02/2024	14.5	7.19	1352	0.6	/	14.7	7.70	1487	0.7	/
28/02/2024	14.4	7.17	814	0.3	/	15.4	7.24	1455	0.7	/
29/02/2024	14.7	7.26	859	0.4	/	15.5	7.24	1371	0.6	/

Annexe2 : Analyses des eaux (entrées et sorties) dans STEP d'Annaba de mois février.

Mois	Quantité des boues produites TMS/mois
Janvier	18
Février	15
Mars	18
Avril	18
Mai	20
Juin	16
Juillet	18
Aout	16
Septembre	20
Octobre	18
Novembre	16
Décembre	18
Total	211

Annexe3 : Quantité des boues produites durant l'Année 2023.



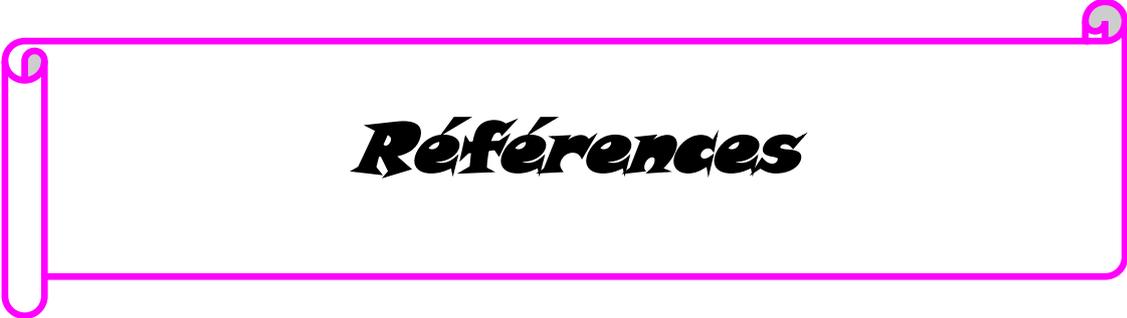
Annex4 : Les eaux après le traitement.



Annexe5 : Stockage des boues déshydraté.



Annexe6 : Filtre à presse de STEP d'Annaba.



Références

Références

[1] :**Abessa .R ;Tabet.S , (2014).** "Etude microbiologique et génotoxique des boues des eaux usées de la ville Guelma ". Mémoire de Master ; Université 8mai 1945 Guelma.

[2] :**<http://www.environnement.pf/spip.php ?rubrique 110>(site web)**

[3] :**Rouabhia.A ; Aoualmia.S ,(2011).**Syuvi de qualité de l'eau potable après traitement à la station de hammam Debagh. Mémoire de master .Université 8mai de Guelma.

[4] : **Moumene.S ;Djemame.A, (2011).**Contribution à l'étude de traitement des eaux usées de la ville Guelma .Mémoire de master . Université 8mai 1945 Guelma.

[5] : **Bedouh.Y,(2014).**Evaluation de la toxicité des eaux usées traité par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « allium cepa ».Thèse en vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.

[6]:**Touabi.L ;Gecem.L ,(2017).** « Optimisation d'un procédé de traitement d'une filière biologique _STEP REGHAIA » Mémoire de master en génie de procédé : Faculté de science de l'ingénierie : Université M'hamed Bougera-Boumerdas.

[7] :**Rejsek ,(2002).**Analyse des eaux :Aspects réglementaires et techniques.Scéren(CRDP AQUITAINE).Coll-biologie technique .Science et technique de l'environnement.

[8] : **Rodier.J et AL,(2005).**L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, de mer,^{8^{ème}}Edition ,dénod,Paris.

[9] : **Debrieu.C,(2004).**« Lutte contre les odeurs de l'assainissement [en Ligne]. N°13. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires Rurales ». Direction Générale de la Forêt et des Affaires Rurales. Bureau de L'Aménagement Rural. Office International de l'Eau SNIDE. Fonds national pour le Développement desadductions d'eau. Disponible sur : www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae13_v2.pdf.

[10] :**Saadi.M ;Lahmar.F,(2018).** « Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de GEULMA (N-EST ALGERIE) ; Mémoire de master en aménagement et ouvrages hydrauliques ; Faculté des sciences de l'ingénierie ; Département d'hydraulique .Université Badji Mokhtar Annaba.

[11] : **Gomella. C ;Geurree.H, (1978).**Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées ; Edition : Ayrolles61.boulevard Saint-Germain, paris..

Références

- [12] :**Fartas.K ;Laouissi.H ;Zouaimia.S,(2015)** . "Etude microbiologique des boues des eaux usées de la ville de Guelma " mémoire de master en biologie : département de science de la nature et de la vie (SNV) : faculté de la science de SNV et de science de la terre et de l'univers : université 8mai 1945 Guelma.
- [13] :**Bouabdallah.A ;Nemli.A,(2021)**. « Analyse du fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées El Allelik-Annaba.Mémoire de master enhydrauliqueurbaine, Faculté des sciences de l'ingéniorat ; Département d'hydraulique. Université Badji Mokhtar Annaba.
- [14] : **RodierJ et AL ,(1996)**.l'analyse de leau.8^{ème}Edition .dénod .paris.
- [15] :**Djeddi.H**. Utilisation des eaux usées d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire de magister .Université de Constantine.
- [16] :**Régis.B ;Marc.S ; Béchir .S,(2010)**.Guide technique de l'assainissement (collecte-épuration-conception-exploitation),4^{ème} édition.
- [17] : **Khelifa.M,(2008)** .Evaluation des eaux usées traitées de la station d'épuration d'Ain Sfiha (wilaya, SETIF).en vue d'une utilisation dans la domaine de l'irrigation .Mémoire ingénieurat **ENSH BLIDA**.
- [18] :**Zizi.D.R , (2015)**.Mise en évidence traces métalliques dans les eaux et sédiments de la Seybouse, mémoire pour l'obtention de diplôme master 2 ,Université de Guelma.
- [19] :**Haoua .A, (2007)**.« Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbaine, thèse de doctorat, université Louis Pasteur- Strasbourg I Discipline: Sciences pour l'ingénieur.
- [20] :**Silman.S.Y, (2002-2003)**.Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Salyportudal, Département de génie civil, Diplôme d'ingénieur de conception, Université Cheikh antadiop de Dakar, Sénégal.
- [21] :**Adamczyk.Z,(2003)**.Particle adsorption and deposition, role of electrostatic interactions, Advances in Colloid and Interface Science.
- [22] :**YvesMottot,(2000)**.Coagulants et flocculants, Texte de la 2792 conférences de l'Université de tous les savoirs.

Références

[23] : **Glaude Blifert ;RobertPerraud,(2001)** .Chimie de l'environnement (air, eau ; sol, déchet) de boeck, paris.

[24] : **GAID .A, (1984)**"Epuration biologique des eaux usée urbaines" (tome1).

[25] : **GAÏD.A, (1993)**" Traitement des eaux usées urbaines".

[26] : **Arezki.K ;Lazouzi. N, (2020)**"Dimensionnement de station d'épuration des eaux usées urbaine de la ville d'Azazga" mémoire de master académique en hydraulique. Département de génie civile .Faculté de génie de la construction .Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

[27] : **Hadj-Sadok,Z.M,(1999)** .Modélisation et estimation dans les bioréacteurs: prise en compte des incertitudes: application au traitement de l'eau.[thèse de doctorant] : Faculté des sciences de l'ingénieur.[France]:Université de Nice Sophia Antipolis.

[28]: **Wallace. T.H, (2001)**.Biological treatment of a synthetic Dye water and an industrial textile waste water containing AzoDyecompounds. [Doctoral thesis]: Department of civil and environmental Engineering: [UTATS UNIS]: Faculty of Virginia polytechnic institute and state University impartial fulfillment Blacksburg.verginia.

[29]: **Berland. J; Boutin.C,(2001)** .procédé extensif d'épuration des eaux usées .

[30]:**Gomella. C; Geurree. H, (1983)**. Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales, tome 2, Edition: Ayrolles61.boulevard Saint-Germain, Paris (France).

[31] : **CSHPF**.Conseil supérieur d'Hygiène public de France (1995)- Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines section des eaux.

[31] : l'organisation mondiale de la santé OMS.

[33] : Journal officiel de la république algérienne .2006.

[34] : **Belghaouti.T, (2013)** : Caractérisation physico-chimique et valorisation d'une boue de station d'épuration pour l'obtenu du Diplôme Magister en hydraulique .Université de science et de technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.

[35] :**Amir.S, (2005)** : Contribution à la valorisation de boue de station d'épuration par compostage ; devenir des micropolluants métalliques et organique et bilan humique du compost ; Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse.

Références

- [36] : **Habbaz.DJ ; Sibouker.KH, (2019)** : Essai de caractérisation des boues de la station d'épuration de SAID-OTBA(Ouargla) pour obtenir du diplôme de master académique en écologie et environnement : Université KasdiMerbah-Ouargla.
- [37] : **Anonyme, (2012)**.Boue de station d'épuration : technique, valorisation et élimination ; série technique DT51.
- [38] : **Aouadi. H, (2007)**. : Le procédé de traitement biologique par boue activée .Mémoire de fin d'étude ; Université 08mai1945_ Guelma.
- [39] :**Canler P ;Perret M,(2013)**. La réduction de boues par voie biologique par le procédé MycET: Document de Synthèse, Centre de Lyon.
- [40] : **Berland .J ; Boutin.C, (2001)**. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées.
- [41] : **Karoune S, (2008)**. Effets des boues résiduelles sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus Suber L.*). En vue de L'obtention Du Diplôme De Magistère UniversitéMentouri Constantine.
- [42] :**Nabi.I (2020)**.Les procédés de traitement des eaux usées et la valorisation des boues résiduelles. Mémoire de fin d'étude pour obtenu du Diplôme de Master en Génie de l'environnement : Université M'hamedBougara _BOUMERDES.
- [43] : **Mazouni.A ;Ramdani .A** : Traitement et valorisation des boues de station d'épuration d'Oued D'Hous la ville bouira .Mémoire de Master ,Eau ;Santé et Environnement, Université akliMohanedOulhadj_BOUIRA.
- [44] : **RODIER.J, (2009)**.L'analyse de l'eau, 9^{ème}edition ,Dunod.Paris.
- [45] :**Roula.S,(2005)**.Caractérisation physico-chimiques et valorisation des boues résiduellesurbaines pour la confection de substrats de culture en pépinière hors –sol. Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister. Université Colonel El Hadj Lakhdar Batna.
- [46] :**Cerra.I ;Desagnat.M,(2014)**.Traitement des boues des stations d'épuration des petitescollectivités.
- [47] :**Cherifi M,(2013)**.Décontamination électrocinétique d'une boue d'eau potable contenant de l'aluminium, Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar.

Références

[48] :<http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/origine-natureboues.php4> .

[49] :Guergueb.E, (2013).Diversité microbologique et étude physico-chimique de l'eau de la zone humide Garaet Timerganine Wilaya d'Oum El Bouaghi. Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma.

[50] :Dégremont ,(1978). :Mémento technique de l'eau ;9ème édition.

[51] :https://www.memoireonline.com/11/12/6475/m_Contribution--la-valorisation-de-boues-de-station-d-epuration-par-l-appreciation-d-une-nouvelle22.html.

[52] :Maiga et Al,(2006) .performances épuration d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien. Cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER.Sud science &technologie.

[53] :Bassomoiere.C, (2007).Procédé à boue activées pour le traitement d'effluent papeterie : de la conception d'un pilote a la validation de modèles. Thèse doctorat Institut nationale polytechnique de Grenoble.

[54] : Amy et al,(1996).Preozonation for enhancing the biodegradability of waste water effluent in a potable-recovery soil aquifer treatment (SAT)system.Rev.Sci.Eau