

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGR/2017

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Biologie
Spécialité : science et gestion d'environnement
Présenté par :

MAYOUF Amina
BOUTRIG Amina

Thème

*Contribution à l'étude des eaux usées et caractérisation des
boues résiduaires a la station d'épuration de SOUR EL
GHOZLANE*

Soutenu le : 02 / 07 / 2017

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

M^{me}. Maizi.N

MCB

Univ. de Bouira

Présidente

M^{me}. BOUTELDJA.R

MAA

Univ. de Bouira

Promotrice

M^{me}..IDIR T

MAA

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2016/2017



REMERCIEMENT

*Je remercie tout d'abord DIEU le tout puissant de m'avoir donné la
volonté.*

le courage et la patience pour réaliser ce travail.

*Mes chers parents pour leurs encouragements et leurs sacrifices
durant toute ma vie.*

*J'adresse mes sincères remerciements à M^{em} : BOUTELDJA RAZIKA
pour avoir encadré et dirigé mon projet de fin d'étude.*

*Et à Mr NABIL MAKHLOUF ingénieur de la maintenance et
M^{em} ROUBI ASMA cadre Analyste laboratoire.*

*Nous tenous à exprimer notre reconnaissance en vers M^{em}
IDIR Tqui à en la gentillesse de lire et d'examiner ce travail
Nous sommes conscients de l'honneur que nous a fait M^{em} MESRAN N
en étant président de jury.*

*En fin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou
de loin, au bon déroulement de mon travail.*

Merci à tous pour leurs aides et leurs encouragements.

AMINA.M

AMINA.B



Dédicace

Avant toute chose je remercie Allah le tous puissant de m'avoir donné la santé, la patience et le courage pour réaliser ce travail.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, qui m'avez dirigé et suivi pendant toute mes années d'étude et surtout ma Mère OUM ASSAAD, pour toutes ces efforts fournées, toutes ces sacrifices pour toute la confiance que vous m'avez donné afin de me motivé dans mes études et me voir satisfaite et heureuse.

Je vous offre toutes mes années d'étude ainsi que mon diplôme.

Je ne pourrai jamais oublier d'exprimer ma profonde gratitude à :

*Mes sœurs **Hada ,Nabila, ,Lamia, Dalila, Zohra***

*Mon frère **Salah , M'hamed , Hakim, Hicham, Kwaydar***

*A mes chères amies **Houda et Amina***

Et bien sur tous mes enseignants depuis la période

de primaire jusqu'à l'université.

Amina



Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire :

A mes chers parents qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études. Sans eux, je n'aurais certainement pas fait d'études longues. Ce mémoire représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité.

A mes chères soeurs : Imen ,Leila et ma belle Sabrine

A mes frères : Amine, Mustapha et Rafik

A mes chères tantes Ratiba et Wahiba

A mon binôme Amina qui m'a accompagnée durant tout le déroulement de ce projet avec beaucoup de sagesse et de perfection.

A ma famille BOUTRIG et à tous les personnes qui m'ont encouragé et se sont données la peine de me soutenir durant cette formation.

A tous mes amis, et surtout : Souhila, Khadidja et Bestana

A Toute ma promotion 2^{ème} année master (2016/2017)

Amina

LISTE DES ABREVIATION

C.O.V: les composés organiques volatiles.

H.A.P: Hydrocarbures aromatique polycycliques.

MES : La matière en suspension.

M.M : la matière minérale.

MO: la matière organique.

MN: la matière azotée.

pH : Le potentiel d'hydrogène

DBO5: La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : La demande chimique en oxygène.

K :le coefficient de La biodégradabilité.

P : le phosphore.

O₂ : l'oxygène.

ONA : L'office national de l'assainissement.

STEP : Station d'épuration des eaux usées /station de traitement des eaux polluées.

E.P.I.C: l'établissement public à caractère industriel et commercial.

NO₃⁻ : Nitrate.

NO₂⁻ : Nitrite.

PO₄³⁻ : Orthophosphate.

NH₄⁺ : Azote ammoniacal.

T° : Température.

E E: Eau épurée.

EB: Eau brute.

EC : La conductivité électrique.

FTU : Formazin turbidity unit

BG: Base game.

HG: Haute game.

PV : PhosVer.

V₃₀ : Volume décanté pendant 30 min.

MVS : Matière volatile en suspension.

P₀: le poids de la cuve vide.

P₁: le poids de la cuve pleine de boue .

P₂: le poids de coupelle pleine de boue après le refroidissement.

MS : Matière sèche.

IB : Indice de boue.

EH : équivalent habitant.

C.I.EAU:Centre d'information d'eau.

OMS: l'organisation mondiale de la santé.

B.Ep : Boue épaissie

AFNOR: l'association française de normalisation des matières fertilisantes issues de boues des ouvrages des traitement urbaine .

OMS : l'organisation mondiale de la santé

LISTES DES FIGURES

N°	TITRE	PAGE
01	la composition des boues	10
02	l'origine des boues biologiques	11
03	Image satellite indiquant la localisation de la commune de la zone d'étude (SOUR ELGHOZLANE)	24
04	Situation de la station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE	25
05	Le principe de bassin biologique.	30
06	Le traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE	32
07	les bouteilles en plastiques (épurée/brute).	36
08	Disque de Secchi	40
09	Papier indicateur	41
10	pH-mètre	41
11	Les tubes de DCO « la BG »	42
12	Les tubes de DCO « HG »	43
13	Le DBO ₅ .	44
14	les flacons colorimétriques de nitrate	46
15	le puits de mesure	46
16	les flacons colorimétriques d'orthophosphore.	47
17	La filtration d'eau brute.	47
18	les flacons colorimétriques de nitrite	48
19	les flacons colorimétriques de l'Azote Ammoniacal N- NH ₃ « Salicylate ammoniacal ».	48
20	les flacons colorimétrique de l'Azote Ammoniacal N- NH ₃ « cyanurâtes ammoniacal ».	49
21	Le test de décantation V ₃₀	52
22	les cuves dans l'étuve à 105 °C	55
23	l'évolution du MES de l'eau brute et épurée pendant trois mois	57

24	Etude de la variation de la DBO ₅ de l'eau brute et épurée pendant trois mois	57
25	Etude de la variation de la DCO de l'eau brute et épurée pendant trois mois	58
26	Etude de la variation de la pH de l'eau brute et épurée pendant trois mois	58
27	la différence quantité de matière sèche produite entre mois d'août et janvier	61
28	Comparaison entre les concentration des métaux lourds selon AFNOR et les concentrations en métaux lourds dans les boues de SOUR EL GHOZLANE	64

LISTE DES TABLEAUX

N°	TITRE	PAGE
01	la relation entre la conductivité et la minéralisation	07
02	Normes de rejets de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) appliquée en Algérie.	08
03	Les opérations de traitements des boues.	14
04	origine probable des éléments traces contenues dans certaines boues.	19
05	Les effets de quelques éléments métalliques sur les plantes.	20
06	Qualité et quantité des eaux usées à l'entrée de la station.	28
07	les Paramètres et les fréquences d'analyses.	37
08	Plage de mesure en mg/l.	44
09	Fréquence d'analyse.	50
10	Normes français des boues urbaines.	54
11	La fiche d'analyse de V ₃₀ de mois d'avril	60
12	La fiche d'analyse de matière sèche de 1 ^{er} semaine de mois d'aout	61
13	La fiche d'analyse de matière sèche de 1 ^{er} semaine de mois de janvier	61
14	La fiche d'analyse de la siccité de mois d'avril	63
15	les concentrations des métaux lourds présents issus de la station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE	63

Liste des photos

N°	TITRE	PAGE
01	La station d'épuration des eaux usées de Sour El GHOZLANE (ONA).	33
02	Le poste de relevage	33
03	Le bassin d'arrivée	33
04	Le dégrillage	33
05	Dégrilleur manuel	33
06	Le bassin de dessableur déshuileur.	34
07	La goulotte de bassin dessableur déshuileur	34
08	Le bassin biologique	34
09	Le Clarificateur	34
10	Le bassin sélecteur	34
11	Le digesteur	34
12	Le bassin de désinfection	35
13	Les boues épaisses	35

TABLEAU DES MATIERES

- Remerciement
- Dédicace
- Liste d'abréviation
- Liste des tableaux
- Liste des figures
- Liste photo
-

Introduction

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

I. Généralité

I.1- Définition des eaux usées	01
I.2- L'origine et la nature des eaux usées	01
2.1- Les eaux usées domestiques.....	01
2.2- Les eaux usées industrielles.....	02
2.3- Les effluents agricoles.....	02
2.4- Les eaux de ruissellement.....	02
1.3. Le Systèmes de collecte des eaux usées	02
1.3.1. Le système unitaire.....	02
1.3.2. Le système séparatif.....	02
I.4. La composition des eaux usées	02
I.5 La pollution des eaux	03
5.1 Les différents types de pollution des eaux	03
5.1.1 La pollution chimique.....	03
5.1.2 La pollution organique.....	03
5.1.3 La pollution radioactive.....	03
5.1.4 La pollution thermique.....	04
5.1.5 Pollution microbiologique.....	04
5.1.6 La pollution agricole.....	04
5.1.7 La pollution par les hydrocarbures.....	04
6. Les paramètres de la pollution	04
6.1. Les paramètres organoleptiques	04
a) L'odeur.....	04
b) La couleur.....	04
6.2. Les paramètres physiques	04
a) La température.....	04
b) Les matières en suspension (MES).....	05

c) Le débit.....	05
d) La turbidité.....	05
6.3 Les paramètres chimiques	05
a) Le potentiel d'hydrogène (pH)	05
b) L'oxygène dissous	05
c) -La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO ₅).....	06
d) La demande chimique en oxygène (DCO).....	06
e)- la biodégradabilité....	06
f) -Les agents pathogènes.....	07
g) -La conductivité électrique.....	07
7. Estimation des rejets des eaux résiduaires	07
8. Les normes de rejets	08
9. Les conséquences de la pollution	09

Chapitre II: Généralité sur les boues résiduaires

II. Généralité	10
II.2 La définition des Boues	10
II.3 La composition des boues	10
A- La matière organique.....	10
B- La matière minérale ou « essentielle ».....	11
II.4.L'origine des boues	11
1. Les boues primaires.....	11
2. Les boues physico-chimiques.....	11
3. Les boues biologiques.....	11
4. Les boues mixtes.....	11
II.5.Les Propriétés des boues	12
A-Les propriétés physiques des boues	12
1. La teneur en matière sèche.....	12
2. La teneur en matière volatile.....	12
3. La viscosité La siccité	12
4. La siccité	12
5. La charge spécifique	12
6. La résistance spécifique	12
7. La compressibilité	12
8. La viscosité La siccité	12
9. La siccité	12
10. La charge spécifique	12

11. La résistance spécifique.....	12
12. La compressibilité.....	12
13. Le pouvoir calorifique.....	12
a) le pouvoir calorifique inférieur (PCI).....	12
b) Le pouvoir calorifique supérieur (PCS).....	12
B- Les propriétés chimiques des boues	13
1. La matière organique.....	13
2. La matière minérale.....	13
C- Les propriétés biologiques	13
II.6.les différent types des boues	13
1. Les boues liquides	13
2. Les boues pâteuses.....	13
3. Les boues chaulées.....	13
4. Les boues compostées.....	13
5. Les boues séchée.....	13
II.7.Le traitement des Boues	14
1. Définition	14
2. Les objectifs du traitement des boues	14
3. Les procédés du traitement des boues	15
3.1. L'épaississement.....	15
3.2. La déshydratation.....	15
3.3. La stabilisation des boues.....	15
3.4. Le conditionnement.....	15
II.8. La valorisation des boues	16
8.1. Amendement des sols.....	16
8.2. Récupération de produits.....	16
8.3. la décharge	17
8.4. Le rejet des boues en mer.....	17
8.5. Réinjection dans le sol.....	17
8.6. L'incinération	17

a- Avantages.....	17
b-Inconvénients.....	18
8.7. Utilisation agricole des boues.....	18
8.8. Le compostage	18
II.9. Les contraintes liées à l'utilisation des boues.....	18
9.1. Notions sur les métaux lourds.....	18
9.2. La toxicité des métaux lourds	19
9.3. Les limites rigoureuses à l'utilisation des boues contenant les métaux lourds.....	20
9.4. Les effets sur la végétation.....	20
II.10. Les risques liés à la valorisation agricole des boues.....	21
10.1. Les risques environnementaux.....	21
10.2. Les risques pour la santé humaine	21
10.3. La Récupération d'énergie.....	21
Chapitre III :présentation sur la station d'épuration de Sour El Ghozlane	
III.1. INTRODUCTION	22
III.2. SITUATION DE LA STEP.....	23
2.1 Présentation générale.....	23
2.1.1 Localisation géographique de la daïra de SOUR EL GHOZLANE.....	23
2.1.2 Situation climatique.....	24
2.1.3 Situation Topographique.....	24
III.3. Localisation de la station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE.....	25
3.1. Choix du site.....	25
3.2. Les objectifs visés par la station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE.....	26
3.3. Les différents équipements mécaniques de la STEP.....	26
➤ La chambre de contrôle	26
➤ Station de relevage.....	27
➤ Prétraitement.....	27
➤ Traitement tertiaire.....	27
III.4. La capacité de la station d'épuration	28
III.5. Procédé de traitement des eaux usées au niveau de la station de SOUR EL	
GHOZLANE.....	28
5.1. Poste de relevage	28
5.2. Le bassin d'arrivée	29
- Le Bay-pass et la vidange	29
5.3. Dégrillage	29
5.4. Dessablage déshuilage	29
5.5 .Bassin Biologique.....	30

5.6. Clarificateur	30
5.7. Le sélecteur.....	31
5.8. Le digesteur aérobie	31
5.9. Bassin de désinfection.....	31
5.10. Lits de séchages	31

Chapitre IV: Partie expérimentale

I -Prélèvement et échantillonnage.....	33
I.I Les analyse des eaux usées	33
I.I.1 Prélèvement et échantillonnage	33
I-2- Les Paramètres et les fréquences d'analyses d'eaux brute/épurée.....	34
I-3- Les normes de rejets	34
I-4- Les méthode d'analyses.....	35
I-4-1- Les paramètres physiques.....	35
a-Détermination des matières en suspension (MES)	35
b-Détermination de la température T (°C).....	35
c-Détermination de la conductivité	36
d-Détermination de la Turbidité.....	36
d-1-La méthode directe basée sur la spectrophotométrie.....	36
d-2-La méthode indirecte.....	37
I-4-2- Les paramètres chimiques	38
a-Détermination du pH	38
b-Détermination de la demande chimique en oxygène DCO.....	39

➤ La gamme de 0 à 150 mg/l	39
➤ La gamme de 0 à 1500 mg/l.....	39
c-Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO	40
d- Détermination des Nitrates NO₃⁻	42
➤ Gamme de 0 à 30 mg/l.....	42
e-Détermination des Orthophosphates PO₄³⁻	43
➤ Gamme de 0 à 2.50 mg/l	43
f-Détermination des Nitrites NO₂⁻.....	44
➤ Gamme de 0 à 150 mg/l	44
g-Détermination de l'Azote Ammoniacal N-NH₃ (NH₄⁺)	45
➤ Gamme de 0 à 0.50 mg/l	45
II- Caractérisation de la boue durant le traitement	46
II-1- Prélèvement et échantillonnage.....	46
II-2- Paramètres et fréquences d'analyses.....	46
II-3- Méthodes d'analyses des boues	48
a- Détermination des matières sèches	48
b-Le test de décantation V₃₀.....	48
c-Détermination de l'indice de Mohlman.....	49
II-2- Caractérisation de la boue extraite.....	50
II-2-1- Prélèvement et échantillonnage.....	50
e-Détermination de l'indice de boue ...	52
f-Détermination de la siccité	53
g- Détermination de la matière volatile en suspension	53

Résultat et discussion

Les résultats	58
I-Epuration des eaux usées.....	58
Discussions des résultats	59
II- Résultats d'analyses des boues.....	59
Interprétation des résultats.....	64
Conclusion générale.....	66



INTRODUCTION

INTROUCTION

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale notamment la pollution atmosphérique, pollution des eaux de surface, pollution du sol. Et ce en particulier dans les pays en développement moins préoccupés et moins sensibilisés par le risque sanitaire concomitant. Parmi ces sources de pollution, la production des eaux usées souvent rejetées dans le milieu récepteur telle que la mer, rivières et sol. Toutefois, sans traitement préalable, ces eaux génèrent de nombreuses maladies hydriques conduisant à une propagation des épidémies.

Quelque soit le système d'épurations adopté, le traitement des eaux usées s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeable dont il faut se débarrasser. Cependant, Plusieurs filières existent pour l'élimination de ces boues, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation, de l'origine des boues de la valeur ajoutée du produit qui en résulte et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement.

La mise en décharge appelée aussi stockage s'avère une technique peu valorisante, elle est légalement interdite dans de nombreux pays (directive 1999/31/ce).

L'incinération de boues a un coût prohibitif et présente un risque lié à l'impact des gaz toxiques sur l'environnement tel que celui de la dioxine. La valorisation énergétique (production de biogaz comme source de chaleur et d'électricité et la valorisation biologique ou agricole (protection d'engrais et de constituants des technologies vertes permettant de transformer les boues en produit à haute valeur ajoutée en minimisant les risques de pollution.

Les objectifs de notre travail portent sur les points suivants:

- Le traitement des eaux usées à la station d'épuration de Sour ELGHOZLANE
- L'analyse des boues produite à l'issue des traitements des eaux usées.
- La valorisation biologique et agricole des boues des eaux usées de l'Oued LEKHAL.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

Chapitre I: **Généralités sur les eaux usées**

I. Généralité

Les rejets des eaux après usage sont augmentés et multipliés avec l'accroissement démographique et l'expansion des villes qui génère des différentes catégories de déchets.

Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances polluantes, de nombreux micro-organismes pathogènes, menaçant la qualité de l'environnement dans sa totalité. Ainsi, leurs traitements avant réutilisation est une pratique nécessaire pour la conservation des ressources en eaux et en sols (**Bouziati, 2000**).

I.1-Définition des eaux usées

Les eaux usées constituent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme au cours de ses activités domestiques, agricoles et industrielles. Les eaux usées sont généralement chargées de débris divers, de matières minérales dissoutes, et de produits minéraux et organiques en suspension (**Bouziati, 2000**).

I.2- L'origine et la nature des eaux usées

Suivant l'origine des substances polluantes, on peut distinguer :

2.1-Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des habitations, et sont généralement véhiculées par les réseaux d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. Ces eaux se caractérisent par leurs fortes teneurs en matières organiques, en sels minéraux (azote, phosphore), en détergent et en germes fécaux. Les eaux usées domestiques peuvent provenir de quatre origines possibles (**Goudjous, 1995**)

- Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides protides), et des produits détergents.
- Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes .

2.2- Les eaux usées industrielles

Elles proviennent des usines et sont caractérisées par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous-produits de l'activité industrielle se retrouvent concentrés dans l'eau (**Edline, 1979**).

2.3- Les effluents agricoles

Les effluents agricoles renferment diverses substances, d'origine agricole ou animale. Il s'agit de solution d'engrais lessivées par les sols fortement fertilisés, des produits phytosanitaires (pesticides) et des déjections animales (**Goudjous, 1995**).

2.4- Les eaux de ruissellement

C'est essentiellement les eaux de pluie et de lavage des chaussées. Les eaux de pluie sont caractérisées par un débit fortement variable, présentant des valeurs moyennes à fortes variations saisonnières à l'intérieur des quelles la répartition des débits est aléatoire (**Desjardins, 1997**).

1.3. Le systèmes de collecte des eaux usées

Les systèmes de collecte utilisés en assainissement sont deux types unitaire et séparatif. Nous pouvons citer : (**Baumont, 2000**)

1.3.1. Le système unitaire : Ce réseau collecte l'ensemble des eaux noires, claires et grises d'une ville ou d'une région.

1.3.2. Le système séparatif : Ce système consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents. Le réseau d'évacuation des eaux usées domestiques et parfois industrielles (selon leurs caractéristiques) est séparé du réseau d'évacuation des eaux de pluie qui sont rejetées le plus souvent, directement dans le milieu récepteur (mer, fleuve ou lac).

1.4. La composition des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, agricole...etc.). Elle est variable et dépend essentiellement de l'activité humaine. Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, les eaux usées urbaines contiennent également des matières solides, des substances dissoutes et des micro-organismes (**Harzallah, 2011**).

I.5 La pollution des eaux

L'eau est le réceptacle de beaucoup de rejets d'habitation, de collectivités et d'industries. Il est donc inévitable qu'il y ait des eaux souillées. Ces dernières s'infiltrent dans le sol ou elles peuvent polluer les eaux souterraines ou s'écoulent sur le sol ou dans les égouts et sont évacuées soit dans les cours d'eau, soit directement vers la mer.

De façon générale, la pollution est une conséquence de l'activité humaine mis à part les phénomènes naturels (C.I.E.A.U).

5.1 Les différents types de pollution des eaux

Les causes de la pollution se sont étendues avec l'accroissement de la population et le développement accéléré des techniques industrielles modernes.

Selon leur nature on distingue divers types de pollution :

5.1.1 La pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels de métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent vers le milieu naturel plusieurs catégories de polluants dont les plus menaçants sont les métaux lourds (Mayet, 1994).

5.1.2 La pollution organique

Elle est engendrée par le développement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduares provenant des industries textiles, papeteries, industrie de bois, de raffineries et d'abattoirs (Bechac, 1987).

5.1.3 La pollution radioactive

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), à des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires (Keck et Vernus, 2000).

5.1.4 La pollution thermique

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centres thermiques ou nucléaires. Ces eaux chaudes provoquent la réduction de la teneur en oxygène dissous de l'eau et peut avoir des actions néfastes sur la faune en modifiant leur référendum thermique (Galaf et Ghanna, 2003).

5.1.5 Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes (**Baumont et al., 2004**).

5.1.6 La pollution agricole

Elle est causée principalement par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides.

5.1.7 La pollution par les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont divisés en deux groupes de substances :

- ✓ les composés organiques volatiles (**C.O.V**)
- ✓ Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (**H.A.P**). (**Martin, 1979**).

6. Les paramètres de la pollution

La pollution est évaluée selon plusieurs paramètres :

6.1. Les paramètres organoleptiques

a) L'odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentations, elle dégage une odeur nauséabonde (**Paul Jean et Beadry, 1992**).

b) La couleur

La couleur de l'eau d'égout d'origine domestique est normalement grisâtre ou de couleur noire indiquant une décomposition partielle. Les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle.

6.2. Les paramètres physiques

a) La température

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

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour l'identification de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. La température agit également comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivant dans l'eau (**Rodier et al., 1996**).

b) Les matières en suspension (MES)

Théoriquement, il s'agit des matières qui ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Cependant, Les matières en suspension comportent des matières organiques et des matières minérales. Toutes les MES ne sont pas décantables, en particulier les colloïdes retenus par filtration. Les MES se subdivisent en matières volatiles (**MVS**) et en matières minérales (**M.M**). Les charges en matière solide apportées par les eaux brutes par habitant et par jour peuvent être estimées, en première approximation à :

- 60 à 80 g dont environ 70% de matière volatile (réseau séparatif).
- 70 à 90 g dont environ 65 % de matières volatiles sèches (réseau unitaire)

(Faby et Brissaud, 1997).

c) Le débit

Le principal intérêt de la mesure du débit est de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de « l'habitant équivalent » qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour. En effet, le débit constitue un élément de base pour la détermination de l'habitant équivalent.

d) La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (**MES**) présentes dans l'eau (**Metahri, 2012**).

6.3 Les paramètres chimiques**a) Le potentiel d'hydrogène (pH)**

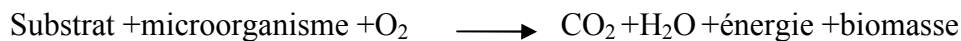
Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (**Lakhdari, 2011**).

b) L'oxygène dissous

L'oxygène, toujours présent dans l'eau, n'en est pas un élément constitutif, sa solubilité dépend de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité.

c) La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène exprimée en milligramme par litre (mg/l) et consommée dans la condition de l'essai d'incubation à 20°C et à l'obscurité, pendant 5 jours pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours. Elle se résume à la réaction chimique suivante: **(Metahri, 2012).**

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

Elle est représentative de la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique. En d'autres termes, elle correspond effectivement à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné.

L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le permanganate de potassium à chaud en milieu acide). La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO. Généralement la valeur de la DCO est estimée comme suite :

-DCO = 1.5 à 2 fois DBO: pour les eaux urbaines.

-DCO = 1 à 10 fois DBO : pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.

-DCO > 2.5 fois DBO : pour les eaux usées industrielles **(Rakrek, 2013).**

e) la biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K. Ce coefficient est calculé par le rapport

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}_5$$

Si : $K < 1.5$ cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matière fortement biodégradables.

$1.5 < K < 2.5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

$2.5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

$K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables **(Rakrek, 2013).**

f) Les agents pathogènes

Les eaux résiduaires urbaines transportant de nombreux micro-organismes dont certains sont pathogènes (bactéries, virus, protozoaire, helminthes). Les bactéries pathogènes les plus fréquemment rencontrées sont les salmonelles dont la concentration est de l'ordre de 10^2 à 10^3 par ml.

Les germes test les plus fréquemment utilisés sont les coliformes totaux ainsi que les coliformes fécaux. Ils sont constitués essentiellement d'*Escherichia coli* et parfois des streptocoques fécaux (Martin, 1979).

g) La conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau).

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.

Le tableau I donne la relation entre la conductivité et la minéralisation (Metahri, 2012).

Tableau 01 : la relation entre la conductivité et la minéralisation

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Appréciation
Conductivité $< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
$100 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 200 \mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation faible
$200 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 333 \mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
$333 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 666 \mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne
$666 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{Conductivité} < 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
Conductivité $> 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation excessive

Il existe une relation linéaire entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité.

La mesure de la conductivité est influencée par le pH de la pollution, la valence des ions et le degré d'ionisation (Richard et Alain rodier, 1984).

7. Estimation des rejets des eaux résiduaires

Solen la C.I.EAU, la pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litre d'eau est évaluée à:

- 70 à 90 g de matière en suspension (MES).
- 60 à 70 g de matière organique (MO).
- 15 à 60 g de matières azotées (N).
- 4 g de phosphore (P).

- Plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

Pour estimer une pollution en vue de dimensionner un système d'épuration il faut disposer d'une unité. Dans la pratique on prend comme unité de pollution, l'équivalent habitant.

✓ L'équivalent habitant

L'équivalent habitant se définit comme étant la pollution produite par l'habitant par jours exprimée en g d'O₂ nécessaire à sa dégradation. On exprime en équivalent habitant non seulement le pouvoir polluant des eaux usées mais aussi ceux des rejets industriels et agricoles. En Algérie, la valeur de l'équivalent habitant n'est pas encore déterminée, de ce fait, pour concevoir une station d'épuration on se base sur les normes européennes.

8. Les normes de rejets

Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS), Les normes de rejets des eaux usées en Algérie sont résumées dans le tableau

Tableau 02: Normes de rejets de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) appliquée en Algérie.

Paramètre		Normes (OMS)
T°	(C°)	30
pH		6.5-8.5
O ₂	(mg/l)	5
DBO ₅	(mg/l)	30
DCO	(mg/l)	90
MES	(mg/l)	30
Zinc	(mg/l)	2
Chrome	(mg/l)	0.1
Azote total	(mg/l)	50
Phosphates	(mg/l)	20
Hydrocarbures	(mg/l)	10
Détergents	(mg/l)	1
Huiles et graisses	(mg/l)	20

9. Les conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution peuvent être classées en cinq catégories principales.

- **Les conséquences sanitaires**

Les conséquences sanitaires sont à prendre en compte en priorité car elles ont une grande influence sur la santé de la population.

- **Les conséquences écologiques**

Elles ont trait à la dégradation du milieu naturel. Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état du milieu pollué par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution.

- **Les conséquences esthétiques**

Cette troisième catégorie de conséquence, pour être plus subjective, n'en est pas moins importante. Il s'agit de la pollution n'ayant pas de conséquences sanitaires ou écologiques importantes.

- **Les conséquences industrielles**

L'industrie est un gros consommateur d'eau il faut par exemple 1m³ d'eau pour produire 1Kg d'aluminium. La qualité requise pour l'utilisation industrielle est souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion, entartrage), que biologique (problèmes d'encrassement des canalisations par les organismes).

- **Les conséquences agricoles**

Dans certaines régions, l'eau est largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (traitée). La texture du sol (complexe argilo humique), la flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau.



Chapitre II:
Généralités sur les boues résiduaires

II. Généralité

Les stations d'épuration urbaines ou industrielles ont des déchets qui constituent les refus issus du dégrillage et du tamisage. Elles proviennent également des graisses, des sables issus du dessablage-dégraissage, et du décanteur. Ces refus sont appelés les boues d'épuration des eaux usées.

II.2 La définition des boues

Les boues d'épuration sont les principaux déchets issus du traitement biologique des eaux usées et sont constituées de matières organiques plus ou moins minéralisées, de la matière minérale issue de l'effluent, de bactéries et de leurs résidus.

On distingue deux types de boue : les boues primaires issues d'une décantation primaire, et les boues dites biologiques issues de la décantation secondaire (**Dagot et Laurent, 2014**).

II.3 La composition des boues

Une boue est composée d'eau, de bactéries, de la matière organique et de la matière minérale (**Werther et Ogada, 1999**).



Figure 01: la composition des boues.

A-La matière organique : elle est constituée de :

- **Nitrate:** (NO_3^-)
- **NPK** (azotes, phosphors, potassium).
- **Nitrite:** (NO_2^-)
- **Le phosphore :** (P)

B -La matière minérale ou « essentielle » : elle est constituée de :

- Silice : (SiO_2)
- Alumine : (Al_2O_3)
- Magnésie : (MgCO_3)

II.4.L'origine des boues

Les boues ont plusieurs origines, nous pouvons citer :

1. Les boues primaires

Dites "fraîches", elles sont obtenues au niveau du décanteur primaire, après séparation physique des matières en suspension par décantation (**Anonyme, 1988**).

2. Les boues physico-chimiques

Il s'agit des substances spécifiques « matières colloïdales » formés après la décantation et le traitement physico-chimique (**Anonyme, 1988**).

3. Les boues biologiques

Ce sont « les boues secondaires ». Elles proviennent du traitement biologique (**Amir ,2005**).

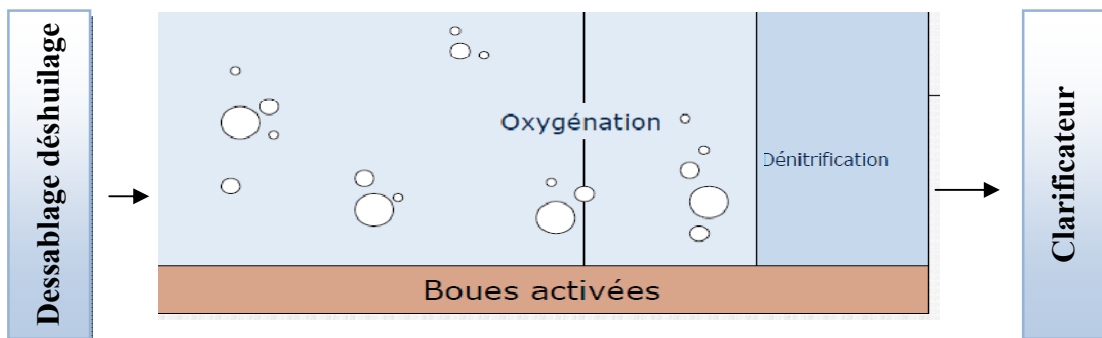


Figure 02: l'origine des boues biologiques.

4. Les boues mixtes

Elles sont composées d'un mélange de la boue primaire issue du « décanteur » et de la boue biologique issue du « bassin biologique » (**Amir, 2005**).

II.5. Les Propriétés des boues

A- Les propriétés physiques des boues

1. La teneur en matière sèche

Il s'agit de la teneur du résidu sec par chauffage ou évaporation à $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$, jusqu'à un poids constant exprimé en mg/l « généralement après 24 h » (**Dégréement, 1989**).

2. La teneur en matière volatile

On mesure cette teneur par la différence entre le poids de la boue sèche à $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ et la même boue après calcination à $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans le four à moufle (**Dégréement, 1989**).

3. La viscosité

Elle est déterminée grâce à un viscosimètre (**Dayegamiye et al., 2004**).

4. La siccité

La siccité est un paramètre qui renseigne sur la consistance et la concentration en solides des boues. Il s'agit du pourcentage massique de matière sèche. Ainsi, une boue avec une siccité de 10% présente une humidité de 90 % (**Dayegamiye et al., 2004**).

5. La charge spécifique

Elle permet la mesure de l'aptitude des boues à la décantation. C'est la quantité de matière sèche décantée par unité de surface par jours ($\text{kg/m}^2/\text{J}$) (**Ramdani, 2007**).

6. La résistance spécifique

Il s'agit de la masse des capacités à la filtration des boues sous une pression « c'est la masse de l'eau ou du gâteau après la filtration » (**Ramdani, 2007**).

7. La compressibilité

Lorsqu'on fait croître la pression au dessus d'un filtre on obtient un écrasement du gâteau et une augmentation de la résistance à la filtration (**Dégréement, 1978**).

8. Le pouvoir calorifique

La teneur en matière organique des boues leur confère une aptitude à la combustion et permet l'incinération. Nous définissons deux types de pouvoirs calorifiques (**Guerfi, 2012**).

a) le pouvoir calorifique inférieur (PCI)

C'est la quantité de la chaleur dégagée par la combustion complète d'un kilo de boue.

b) Le pouvoir calorifique supérieur (PCS)

La quantité de chaleur dégagée par le produit après deux fois de combustion.

B -Les propriétés chimiques des boues**1. La matière organique**

Elle Correspond aux matières volatiles sèches et des éléments nutritifs telque le phosphore, nitrate, et le NPK. (Azote, phosphore, potassium).

2. La matière minérale

La matière minérale correspond aux métaux lourds.

C- Les propriétés biologiques

Les microorganismes vivant dans les boues comme les virus et les bactéries.

II.6.les différent types des boues**1. Les boues liquides**

Elles se trouvent dans de petites stations en zone rurale ou périurbaine. Ces boues sont stockées et manipulées à la façon des lisiers de bovins.

2. Les boues pâteuses

Elles se trouvent dans des stations de moyenne charge .Ce type de boues est difficile à manipuler et à stocker. De plus, il favorise les fermentations anaérobies d’ou les problèmes d’odeurs. On applique de plus en plus à ces boues un traitement complémentaire à la chaux ou par compostage.

3 .Les boues chaulées

Elles se trouvent dans des stations de moyenne ou de grande charge. Selon le procédé utilisé et la dose de chaux incorporée, ces boues sont de consistance pâteuse ou solide.

4. Les boues compostées

Elles se trouvent dans des stations de moyenne charge en général. Le compostage qu’on applique aux boues pâteuses, est un procédé de fermentation aérobie qui permet la stabilisation, l’hygiénisation et le séchage biologique. La matière organique de la boue est dégradée et stabilisée pour former un compost riche en humus.

5. Les boues séchées

Elles se trouvent dans les stations de taille important pour le séchage par voie thermique .Cette filière reste peu utilisée pour des raisons économiques, malgré son intérêt manifeste sur la réduction des volumes à manipuler (**Dégréement, 1989**).

II.7. Le traitement des Boues

1. Définition

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale faible et sans nuisances. Les boues subissent des traitements de déshydratation et de stabilisation avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou réutilisées à des fins agricoles ou énergétiques

(Anonyme, 1988).

2. Les objectifs du traitement des boues

Les traitements spécifiques des eaux usées engendrent une matière organique hautement fermentescible. Trois principaux objectifs de traitements des boues seront distingués :

- 1- Des traitements d'épaississement et/ou déshydratation et le séchage, des traitements de réduction de la teneur en eau pour améliorer leurs caractéristiques physiques, et de concentrer et diminuer le volume des boues à stocker et à épandre.
- 2 - Des traitements de stabilisation (réduction de nuisance olfactive) pour réduire la fermentescibilité des boues afin de limiter ou d'annuler les mauvaises odeurs.
- 3 - Des traitements d'hygiénisation qui visent à éliminer la charge des microorganismes pathogènes (Drouiche, 2012).

Les opérations de traitements des boues sont représentées dans le tableau (voir ci-dessous)

Tableau 03: Les opérations de traitements des boues (Source : Duchene, 1990)

Opération	Objectif
Stabilisation	limiter les évolutions ultérieures s'accompagnant de nuisances.
Concentration	Éliminer une partie de l'eau interstitielle afin d'éviter son Transport.
Stockage	Assurer une capacité tampon harmonisant les besoins d'extraction et les possibilités d'évacuation à l'extérieur.
Homogénéisation	Donner au destinataire finale un produit connu et relativement Constant.
Conditionnement	Modifier les caractéristiques de la boue afin de faciliter la Séparation des phases solides et liquides.
Déshydratation	Augmenter la siccité afin de rendre le produit solide ou pâteux.

3. Les procédés du traitement des boues

Le traitement des boues consiste en la réduction de leur volume (déshydratation). La réduction de leur caractère fermentescible (minéralisation) et de leur hygiénisation (réduction du nombre de microorganismes). Les différentes étapes sont : **(Dagot, et Laurent, 2014)**.

- L'épaississement
- Le conditionnement
- La déshydratation
- Le séchage

3.1.L'épaississement : il vise l'augmentation de la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue , ce procédé peut se faire par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécanique (égouttage-flottation-centrifugation).La siccité des boues ne dépasse pas 7% **(Ati, 2010)**.

3.2. La déshydratation : Elle correspond en fait à une forte augmentation de la siccité, et à une modification de l'état physique des boues, celles-ci passent de l'état liquide à l'état pâteux ou solide **(Ademe, 2001)**.

3.3. La stabilisation des boues : la stabilisation consiste à assurer une qualité constante des boues, en minéralisant la matière organique résiduelle et complexe **(Dagot et Laurent, 2014)**.

La stabilisation permet de réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi les nuisances olfactives. On distingue :

- La stabilisation biologique par voie aérobie (compostage) et Anaérobie (méthanisation)
- La stabilisation chimique par chaulage ou d'autres traitements.

La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de composition des boues **(Amir, 2005)**.

3.4. Le conditionnement

Le conditionnement a pour objectif de préparer les boues à la déshydratation. Cette opération permet la floculation des boues en cassant la stabilité colloïdale et facilite ainsi l'évacuation de l'eau libre. Ainsi, la résistance spécifique diminue et le coefficient de compressibilité augmente **(Dagot et Laurent, 2014)**.

II.8. La valorisation des boues

La valorisation des boues a pour objectifs de limiter les frais de leur traitement et de leur transport. Elle dépend des conditions d'écoulement du produit, des besoins en énergie et du coût de celle-ci, du prix de la main d'œuvre, des réactifs de conditionnement, etc.

la protection de l'environnement imposent le développement de solutions avec le minimum de nuisances tout en restant économiquement supportable (**Dégréement, 1989**).

Les principales destinations des boues et sous-produit issus de leur traitement sont les suivantes

8.1. Amendement des sols

Les boues sont généralement plus intéressantes par les matières humiques qu'elles apportent et par l'amélioration du pouvoir de rétention d'eau du sol que par le seul apport de matières nutritives. La forme sous laquelle se présentent ces matières nutritives est également importante car la vitesse d'assimilation en dépend : l'azote, par exemple n'est assimilable qu'en partie la première année environ 30 à 50 pour les boues liquides et 20 à 40 pour les boues déshydratées. Les taux d'assimilation annuelle vont ensuite en décroissant.

8.2. Récupération de produits

La récupération n'est envisageable que sur certains éléments contenus dans les boues.

La récupération concerne les éléments suivants :

- Les fibres issues des industries du papier-carton et du bois.
- Les protéines issues des industries de la viande à des fins de production d'aliments du bétail, ou pour la pisciculture.
- Les produits coagulants dans les boues provenant de la clarification d'eaux de rivière (par exemple acidification de boues.
- Réutilisation du carbonate de calcium et de la chaux des boues provenant d'un traitement massif à la chaux .tel est le cas ,par exemple des boues de décarbonatation d'eau potable utilisées pour le conditionnement avant déshydratation de boues à prédominance organique provenant du traitement biologique d'Eau.
- Les éléments telque le Zinc, Chrome, cuivre (Zn, Cu, Cr) dans les boues provenant d'une épuration d'eaux de traitements de surfaces métalliques.
- la réutilisation des boues minérales après séchage thermique ou des cendres d'incinération dans la construction des revêtements routiers, des produits stabilisations de sol ou de béton mais, une telle réutilisation n'a jusqu'à ce jour reçu que des applications limitées (**Dégréement, 1989**).

8.3. la décharge

En raison du volume important des boues, une solution est envisagée, en particulier sur les boues toxiques, est avant décharge, d'incorporer aux boues liquides des produits solidifiant (silicates, ciments, etc. Ce mode de traitement présente l'inconvénient de condamner définitivement des surfaces au sol important.

De plus, les risques de lixiviation par les eaux de ruissellement ne semblent pas totalement écartés. Enfin, la mise en décharge commune des boues avec les ordures ménagères est une pratique encore fréquente. Les législations en matière varient suivant les pays. Il convient de ne pas dépasser une teneur maximale en eau du produit, de veiller à son homogénéité et de prendre les dispositions nécessaires à la protection de la nappe, avec collecte et traitement du lixiviat (**Dégréement, 1989**).

8.4. Le rejet des boues en mer

Cette solution expéditive consiste le plus souvent en un déversement discontinu au large au moyen de barrages. Dans quelques cas cette évacuation est réalisée par un émissaire sous-marin suffisamment long et immergé en profondeur.

Le choix d'un rejet en mer nécessite au préalable un examen minutieux et prolongé des courants ainsi que des études bactériologiques et piscicoles de qualité. La destruction des germes pathogènes et la dégradation des matières organiques en milieu marin sont lentes. Ainsi, les boues déversées en mer doivent être débarrassées des matières flottantes. La digestion anaérobie est le prétraitement préalable le plus souvent adopté (**Dégréement, 1989**).

8.5. Réinjection dans le sol

Cette solution envisagée essentiellement sur les boues toxiques ou des eaux très concentrées consiste à injecter les boues à l'état liquide à grande profondeur dans les poches poreuses du sous-sol isolées entre des couches continues perméables. Une étude géologique très sérieuse est évidemment indispensable (**Dégréement, 1989**).

8.6. L'incinération

L'incinération est une oxydation poussée à haute température de la matière organique volatile en un mélange gazeux ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{AO} + \text{CO}_2 + \text{SO}_2$) et en eau. La matière minérale peut faire l'objet d'une oxydation mais reste minérale (**Dagot et Laurent, 2014**).

a-Avantages

L'incinération peut offrir certains avantages par rapport aux autres moyens d'élimination, comme la réduction à environ 20 du volume que constituent les solides des boues. Elle élimine aussi quelques problèmes environnementaux potentiels comme la présence de micro-organismes pathogènes et des substances organiques toxiques.

b-Inconvénients

Cependant, il s'agit d'un procédé coûteux par le fait qu'il consomme une grande quantité d'énergie, en plus des problèmes de contamination de l'air par l'émission de substances toxiques (mercure et cadmium à la suite de la combustion et l'enfouissement des cendres générées **(Ben Rebah, 2001)**).

8.7. Utilisation agricole des boues

La valorisation agricole des boues résiduaires peut être considérée comme un mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimiques (cycle de carbone, cycle d'azote, cycle de phosphore) pour la protection de l'environnement.

La valorisation des boues est d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges. Les boues résiduaires peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'énergie **(Amir, 2005)**.

8.8. Le compostage

Le compostage est un procédé prometteur de valorisation de déchets. Il permet d'obtenir, à partir de déchets organiques, un produit stable ,hygiénisé. Ce produit peut être utilisé comme amendement agricole **(Remy, 2007)**.

Le compostage des boues consiste à mélanger des boues fraîches et des coproduits de types cellulosique (déchets verts , copeaux de bois broyés.

Le compostage permet une stabilisation, une hygiénisation et un séchage partiel de la boue. Il transforme la boue en un amendement organique proche d'un terreau **(Renou, 2006)**.

II.9. Les contraintes liées à l'utilisation des boues

La présence des métaux lourds est le principal facteur négatif par rapport à l'emploi des boues d'épuration en agriculture; l'accumulation des métaux lourds dans le sol est absolument irréversible et les conséquences négatives peuvent apparaître à long terme en fonction des conditions physique et chimique.

9.1. Notions sur les métaux lourds

Actuellement dans la nature, 41 métaux lourds et 5 métalloïdes sont identifiés. Les métaux lourds sont des micropolluants de nature à causer des problèmes même présents sous formes de traces de l'ordre du microgramme par litre **(Ademe, 2005)** .

9.2. La toxicité des métaux lourds

La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à réglementer les émissions en fixant des teneurs limites. Elle varie selon les milieux considérés : émissions atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge.

Le quart de la contamination par les métaux lourds est dû aux ordures ménagères (piles au cadmium, batteries au plomb, cuivre et zinc des pesticides, etc....)

Tableau 04 : origine probable des éléments traces contenues dans certaines boues

(Source : Pommel, 1979)

Cuivre	Canalisation d'eau Fabrication de fils électrique ; radiateur ; bain Marie ,appareil de cuisson
Plomb	Canalisation d'eau Fabrication bacs de batterie, peinture, additifs
Zinc	produits pharmaceutique ; cosmétique ; conduits de l'eau ; lavage de toits (eau de pluie ; réseau unitaire)
Bore	Détergents ; lessivage ; industrie du verre , ciment , faïences , porcelaine et émaux lubrifiants
Mercure	produits pharmaceutique ; production et utilisation anti-fongique ; fabrication D'appareils électrique ; production électrolyte de Cl et NaOH Peinture fabrication de pat à papier
Cadmium	traitement de surface des métaux et stabilisation des matières plastique, Fabrication d'accumulateurs , fabrication de caoutchouc
Nickel	fabrication d'acier et alliage , hydrogénation des huiles et substances organique , fabrication de peinture laquée, produits cosmétique
Chrome	tannerie : fabrication d'alliages spéciaux : industrie de traitement de surface.

Le devenir des métaux lourds dépend de nombreux facteurs parmi les quels la nature du sol et son acidité. La toxicité des métaux lourds n'est plus à démontrer. Par exemple celle du mercure est connue depuis l'antiquité. Dans la majorité des cas les effets toxiques de ces métaux lourds se manifestent au niveau du système nerveux, le sang ou la moelle osseuse. Ils sont généralement cancérigènes (Ademe, 2005).

9.3. Les limites rigoureuses à l'utilisation des boues contenant les métaux lourds

Les boues d'épuration ont des propriétés agronomiques utiles dans le domaine de l'agriculture. Leur utilisation doit tenir compte des besoins nutritionnels des plantes sans toutefois compromettre la qualité des sols ni celle des eaux superficielles et souterraines. En effets, certains métaux présents dans les boues d'épuration peuvent être toxiques pour les plantes et pour l'homme. L'utilisation des boues d'épuration est interdite lorsque la concentration d'un ou de plusieurs métaux lourds dans les sols dépasse les valeurs limites (Guerfi, 2012).

9.4. Les effets sur la végétation

Le rôle de ces éléments dans la vie des plantes est important, car les plantes interviennent dans plusieurs réactions cellulaires, ce sont des éléments essentiels ou oligo-éléments auxquels on peut attribuer un effet bénéfique seulement à de très faibles concentrations. En revanche, leur quantité globale assimilée selon les conditions du milieu et en fonction de leur solubilité, peut provoquer un effet toxique en perturbant les systèmes chlorophylliens. A ce titre inductifs, les effets es métaux lourds sont reportés dans le tableau suivant :

(ADEME, 2001)

Tableau 05: Les effets de quelques éléments métalliques sur les plantes (source : Meinck et al,1977).

Eléments	Effet des métaux lourds
Zinc	Provoque une détérioration de l'appareil chlorophyllien et par la suite compromettent l'activité d'assimilation
Chrome	-Empoisonne l'homme, une nette atténuation de la respiration. -Inhibe la décomposition des matières organiques
Nickel	-Action toxique se manifeste par un dépérissement général de toutes partie du végétale et destruction graduelle de l'appareil Chlorophyllien.
Cadmium	-Empêche le développement des végétaux, ou même provoque la Mort des plantes à des doses élevées. -cancer des voies respiratoire.
Plomb	-provoque la maladie d'ITAI-ITAI chez l'homme en combinaison avec le zinc se produit une addition anormale des effets toxiques. -en combinaison avec le cuivre, l'action toxique est potentialisée.

II.10. Les risques liés à la valorisation agricole des boues

10.1. Les risques environnementaux

Selon Aprifel en 2001 ; jusqu'à maintenant Les données sur la dynamique des éléments ou des traces métalliques apportées par épandage des boues dans les sols ,avait pour objectif les transferts sol/plante et pour cela il faut considérer les risques de contamination de la chaîne alimentaire .

Peu de données sont publiées qui s'articule autour de ce volet ont été publiées.

Ainsi, pour estimer les conséquences sanitaires chez l'homme de l'accumulation des polluants dans les sols à moyen et long terme. Il est important de focaliser des études sur les différentes voies de dispersion de cette contamination afin de pouvoir quantifier leur transfert d'un compartiment à l'autre (**Anonyme, 1988**).

10.2. Les risques pour la santé humaine

Le non maîtrise du plomb, du mercure et du cadmium entraine parfois des risques pour la santé.

L'évaluation de ces risques s'interprète par la prise en compte de plusieurs éléments tels que le niveau de contamination alimentaire par estimation des quantités ingérées (dose hebdomadaire tolérable à long terme), sans oublier les données métalliques (le foie, le tissu adipeux, le système nerveux...) (**Drouiche, 2012**).

10.3. La récupération d'énergie

L'emploi des boues comme combustible exportable en dehors de l'usine d'épuration est rare .tel peut être le cas pour les boues déshydratées provenant de la décantation de certaines eaux usées très chargées en combustible(poussière de charbon par exemple pour des suspensions huileuses ou des graisses récupérées par flottation ou même encore pour des boues organique séchées sous forme de granulés ou de poudre .La production de granulés ,à partir de boues très organiques, est également proposées pour la fabrication de combustibles transportables .

La récupération d'énergie se réalise essentiellement sous deux formes principales :

-production de gaz méthane par fermentation .le gaz est utilisé pour le chauffage, l'alimentation des groupes électrogènes et le conditionnement thermique des boues elles-mêmes.

-La production calorifique dans les fours d'incinération. L'énergie ainsi produite sert essentiellement, sinon totalement, à sécher préalablement les boues. Lorsque la siccité initiale des boues le permet, l'énergie thermique excédentaire peut être transformée en énergie électrique.

Toute récupération d'énergie s'accompagne de la réduction partielle ou totale du germe pathogène dans les boues (**Dégréement, 1989**).

Chapitre III:
Présentation de la station d'épuration de SOUR EL GHOZLAN

III.1.INTRODUCTION

Lorsque l'homme utilise l'eau, il ne fait pas que la consommer, mais il rejette une partie dans l'environnement communément appelée l'eau usée, cette eau usée peut contenir différents polluants. Dans le cadre de la politique nationale de développement, une équipe de professionnels au service du citoyen et de la nature (**ONA**) a été créée.

L'office national de l'assainissement (**ONA**) et un établissement public à caractère industriel et commercial (**E.P.I.C**), créé par le décret exécutif n°01-102, avril 2001, sous tutelle du ministère des ressources en eau. L'objectif primordial visé la protection de l'environnement hydrique et la mise en œuvre de la politique nationale d'assainissement, en concertation avec les collectivités locales.

Les autorités algériennes ont mis un point sur les pratiques d'évolution et de gestion des risques pour faire face à la diffusion des produits chimiques dans l'environnement et à l'émergence de micro-organismes nouvellement identifiés (**ONA,2009**).

L'objectif de notre étude s'articule autour du traitement des boues et leur valorisation pour pouvoir optimiser aux mieux de valoriser les boues d'épuration des eaux usées de **l'Oued LEKHAL**

III.2. SITUATION DE LA STEP

III.2.1 présentation générale

2.1.1 Localisation géographique de la daïra de SOUR EL GHOZLANE

La ville de SOUR EL GHOZLANE se situe à 32 Km de BOUIRA, la commune de SOUR EL GHOZLANE se situe dans une zone d'une altitude 850 m du niveau de la mer dans un relief assez important Elle est limitée par :

- Au nord: la commune d'AIN BESSAM.
- Au sud: les communes de DIRAH et MAAMORA.
- A l'est: la commune de DECHMIA et RAOURAOUA.
- A l'ouest: la commune d'EL HACHIMIA et EL HAKIMIA.



Figure 03 : Image satellite indiquant la localisation de la commune de la zone d'étude
(SOUR ELGHOZLANE) (Google Earth 2017)

2.1.2 Situation climatique

Elle est caractérisée par un climat assez variable qui offre une certaine tendance à la sécheresse, une pluviométrie insuffisante et irrégulière surtout ces dernières années.

2.1.3 Situation Topographique

Sur le plan topographique, la commune de SOUR EL GHOZLANE se situe dans une zone d'une altitude de 825m au niveau de la mer dans un relief assez important.

III.3. Localisation de la station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE

La station de l'OUED LAKHEL "SOUR EL GHOZLANE" a ouvert ses portes en 2009, c'est une station importante pour épurer les eaux usées. Cette station se situe à la sortie Nord-est de la ville de SOUR EL GHOZLANE avec une capacité d'épuration de 75000 EH, volume journalier de $11367\text{m}^3/\text{jours}$ (STEP, 2005).



Figure 04 : situation de la station d'épuration de **SOUR EL GHOZLANE**.
(Google Earth 2017)

III.3.1. Choix du site

Le choix du site de la station s'est basé sur plusieurs facteurs :

- **Facteurs climatiques** : la station est installée à la sortie au Nord de la ville parallèlement à la direction du vent pour que les odeurs émises par les eaux au cours du traitement n'aient aucune nuisance pour la population.
- **Facteurs topographiques** : la STEP est implantée sur un site dont la côte la plus basse permet la collecte et le transport gravitaire des eaux usées, et par sa situation très proche de la décharge publique prévue pour l'évacuation des déchets du prétraitement et des boues déshydratées.

III.3.2. Les objectifs visés par la station d'épuration de SOUR EL GHOZLANE

L'épuration des eaux résiduaires est devenue une nécessité pour des raisons sanitaires, des raisons économiques et législatives et même pour préserver l'environnement. Cependant, l'homme a créé des procédés d'épuration dont le but essentiel est l'élimination des matières organiques en solution et sous formes colloïdes ainsi que la réduction ou l'élimination de la charge microbienne en particulier les micro-organismes pathogènes.

➤ **Mobilisation d'une ressource en eau alternative**

La réutilisation des eaux usées traitées aura donc pour objectif :

- le bon développement des cultures vue les teneurs en élément fertilisants des eaux usées épurées.
- la protection des nappes souterraines du danger de contamination par les constituants d'une eau usée non traitée.

➤ **Protection de l'environnement**

L'épuration des eaux usées sur plusieurs niveaux avant de les rejeter en milieu naturel, notamment l'Oued LEKHAL engendre la préservation de la qualité de la vie sur les lieux mêmes où nous vivons, aussi elle assure une protection de toutes les composantes de l'environnement à savoir : l'eau, la biomasse, le sol et l'air.

➤ **Amélioration des conditions sanitaires**

L'eau constitue un facteur principal de transmission des maladies. Dans la station d'épuration, les eaux usées subissent des traitements afin de rendre négligeable leur composition en matières indésirables et toxiques, nocives à la santé humaine, qui se transmettent soit par contact direct avec les eaux (eaux de baignade), soit indirectement par l'irrigation des cultures par des eaux usées non traitées (Telli , 2013).

III.3.3. Les différents équipements mécaniques de la STEP

➤ **La chambre de contrôle**

A l'intérieur de la station il existe une armoire électrique, elle contient un tableau de contrôle (que l'on peut également appeler pupitre) et des compteurs horaires.

Le tableau indique la marche ou l'arrêt des pompes, ou l'arrêt de tous les appareils de la station tombent en panne.

Les compteurs horaires permettent de contrôler, dé grilleur, pompes.

L'armoire également équipée par des petites lampes à différentes couleurs qui appelle le contrôleur, en cas de défaut ou de problème de la station (STEP ,2005).

➤ **Station de relevage**

-GEP de relèvement.

➤ **Prétraitement**

-De grilleur mécanique.

-Vis transporteur-compacteur.

-Pont racleur dessabler /déshuileur.

-Suppresseur d'aire /lift (embarqué).

-Suppresseur d'aire prétraitement.

-Calibreur à sable.

➤ **Traitement secondaire**

-2 suppresseurs d'air traitement BIO.

➤ **Traitement tertiaire**

-Unité de chloration

-4 GEP d'extraction des boues.

III.4. La capacité de la station d'épuration

Les eaux arrivent à la station par gravité ou par pompage, dans des canalisations qui se trouvant parfois à 10 mètres de profondeur et subissent les différent traitements conventionnel d'un effluent urbain.

Tableau 06 : Qualité et quantité des eaux usées à l'entrée de la station

Désignation	Unité	Horizon 2015 (phase I : contrat)	Horizon 2030 (phase II)
Equivalents Habitants	E.H	7500	130 000
Charge de pollution			
DBO₅	Kg/j	4 050	7020,54
MES	Kg/j	5 250	9 100
N	Kg/j	750	1 300
P	Kg/j	187,5	325
Volume et débits			
Débit moyen journalier	m ³ /j	11 367	20 348
	m ³ /h	474	848
Débit de pointe horaire	m ³ /h	811	1408
Concentration			
DBO₅	mg/l	356	345
MES	mg/l	461,50	447,21
N	mg/l	66	64
P	mg/l	16,48	15,97

III.5. Procédé de traitement des eaux usées au niveau de la station de SOUR EL GHOZLANE

5.1. Poste de relevage

Un poste de relèvement a pour le rôle de relever un débit dimensionnel de 704m³/h vers la station, elle est équipée de 3 pompes avec 5 rapports de niveau « 3 liée aux pompes et les deux autres, l'un pour le niveau très bas et l'autre pour le niveau très haut à l'aide d'un bais basse qui élimine l'excès d'eau brute et un dégrilleur qui empêche l'entrée de gros solide à la station (**Manuel de STEP**).

5.2. Le bassin d'arrivée

Les eaux usées sont amenées par pompage le bassin d'arrivées, est le premier bassin dans la station d'épuration, il est équipé par un piège à sable pour éliminer l'excès de sable.

- Le Bay-pass et la vidange

La partenaire cocontractant doit fournir les plan de montages des bay-pass de tous les équipements principaux de la station d'épuration pour faciliter leur installation et les travaux d'entretiens manuels ou automatiques selon l'exigence et le type de l'équipement.

5.3. Dégrillage

Deux linges avec deux dégrilleur l'un comporte : un dé grilleur automatique à champ courbé, avec espacement entre barreaux de 20 mm. Tous les canaux de dégrilleurs sont isolables en Aluminium, et l'autre dé grilleur comporte : un dé grilleur manuelle avec une brosse manuelle (**Ramdani,2007**).

5.4. Dessablage déshuilage

Les eaux usées en provenance du dessableur déshuileur « Le dessablage et le déshuilage s'effectuent dans un même bassin » sont scindées en deux canaux. Le dessablage sera réalisé par la réduction de la vitesse d'écoulement combinée à la sédimentation des sables. Par contre le déshuilage s'effectuée par l'injection de l'air est insufflé dans la partie inferieur, en récupéré les huiles a la surface de bassin a la zone tranquille.

a. Les ouvrages ont pour but de :

Eliminer par décantation une grande partie de sable.

Eliminer une grande partie de matières flottantes (graisses, écumes) en partie supérieure des ouvrages.

b. La rétention des particules sableuses permet d'éviter

-Les surcharges dans les étapes suivantes de traitement.

-L'accumulation de sable dans les étapes ultérieures du traitement.

-L'abrasion des engins mécaniques (**Karouni,2008**).

Les caractères de l'ouvrage

- Longueur de bassin : 13 m
- Largeur de bassin : 1.80 m.
- Hauteur d'eau : 5.00 m.
- Volume : 117 m³.

Les graisses dirigées dans une fosse de stockage. Les matières décantées seront envoyées vers un séparateur de sable, où elle subira un lavage et un détasage à l'eau, puis déchargées dans un conteneur avant mise en décharge.

5.5 .Bassin Biologique_

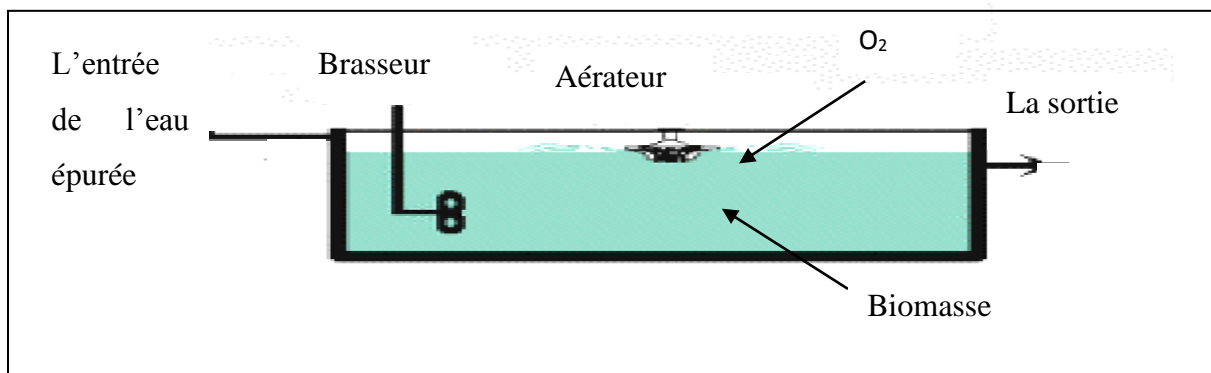


Figure 05 : Le principe de bassin biologique.

La station d'épuration de SOUR EL GOUZLENE sera du type système à boues activées travaillant par oxydation alternée où sont équipés de deviseurs d'air à grosse bulle. Après l'aération, le mélange eaux boues activées également appelle liqueur mixte est envoyée dans les bassins de clarification où s'effectuent l'élimination des boues et récupération des eaux épurées (**Metahri,2012**).

-Les caractères de bassin

- Longueur de bassin : 20.75 m.
- Largeur de bassin : 3.0 m.
- Hauteur d'eau : 5.5 m.
- Volume : 342.375 m³.

5.6. Clarificateur

Les eaux sortant des ouvrages d'aération sont dirigées vers 2 clarificateurs.les boues de se bassin se diviser en deux : une partie va vers le traitement des boues et l'autre partie va vers le bassin d'aération pour garder le pourcentage de la biomasse (**Manuel de STEP**).

-Les caractères de bassin

-Longueur de bassin : 24.40 m.

-Largeur de bassin : 7.3 m.

-Hauteur d'eau : 5.5 m.

-Volume : 979.66m³.

5.7. Le sélecteur

Est un bassin commun entre deux bassins d'aération chaîne C et D, les pompes RASS aspire les boues de bassin clarificateur est emmené le bassin sélecteur pour séparer les boues a les deux chaînes C et D « bassin biologique 1^{er} étage » a l'aide d'une fenêtre, l'excès de la boue absorber par les pompes « WASS » et dirigé vers le bassin digesteu (**Manuel de STEP**).

-Les caractères de bassin

-Longueur de bassin : 20.75 m.

-Largeur de bassin : 3.0 m.

-Hauteur d'eau : 5.5 m.

-Volume : 342.375m³.

5.8. Le digesteur aérobie

Est un bassin de traitement des boues, leur fonction est de collecté les boues, l'homogénéisation des boues a l'aide de l'injection de l'air pour éviter l'agglomération des boues, on a aussi des pompes a boues pour aspirer les boues vers lits de séchage.

-Les caractères de bassin

-Longueur de bassin : 20.00 m.

-Largeur de bassin : 19.03 m.

-Hauteur d'eau : 5.5 m.

-Volume : 2123 m³.

5.9. Bassin de désinfection

L'eau clarifiée est dirigée vers le bassin de désinfection pour désinfecter l'eau à l'aide l'injection de chlore dans un ouvrage chicanes.

-Les caractères de bassin

-Longueur de bassin : 20.00 m.

-Largeur de bassin : 04.50 m.

-Hauteur d'eau : 03 m.

-Volume : 270 m³.

5.10. Lits de séchages

La station d'épuration L'ONA séchait les boues à l'aide d'un lit de séchage.

Les caractères de bassin

- Nombre de lits : 17.
- Longueur de bassin : 35 m.
- Largeur de bassin : 15 m.
- Couche de gravier : 15-30 mm de 20 cm de hauteur pour un volume de 105 m³.
- Couche sable : 0.5-2 mm de 15 cm de hauteur pour un volume de 79 m³.
- Pompe de drainage : 2 pompes d'une capacité de 5 l/s.
- Volume : 183.75 m³.

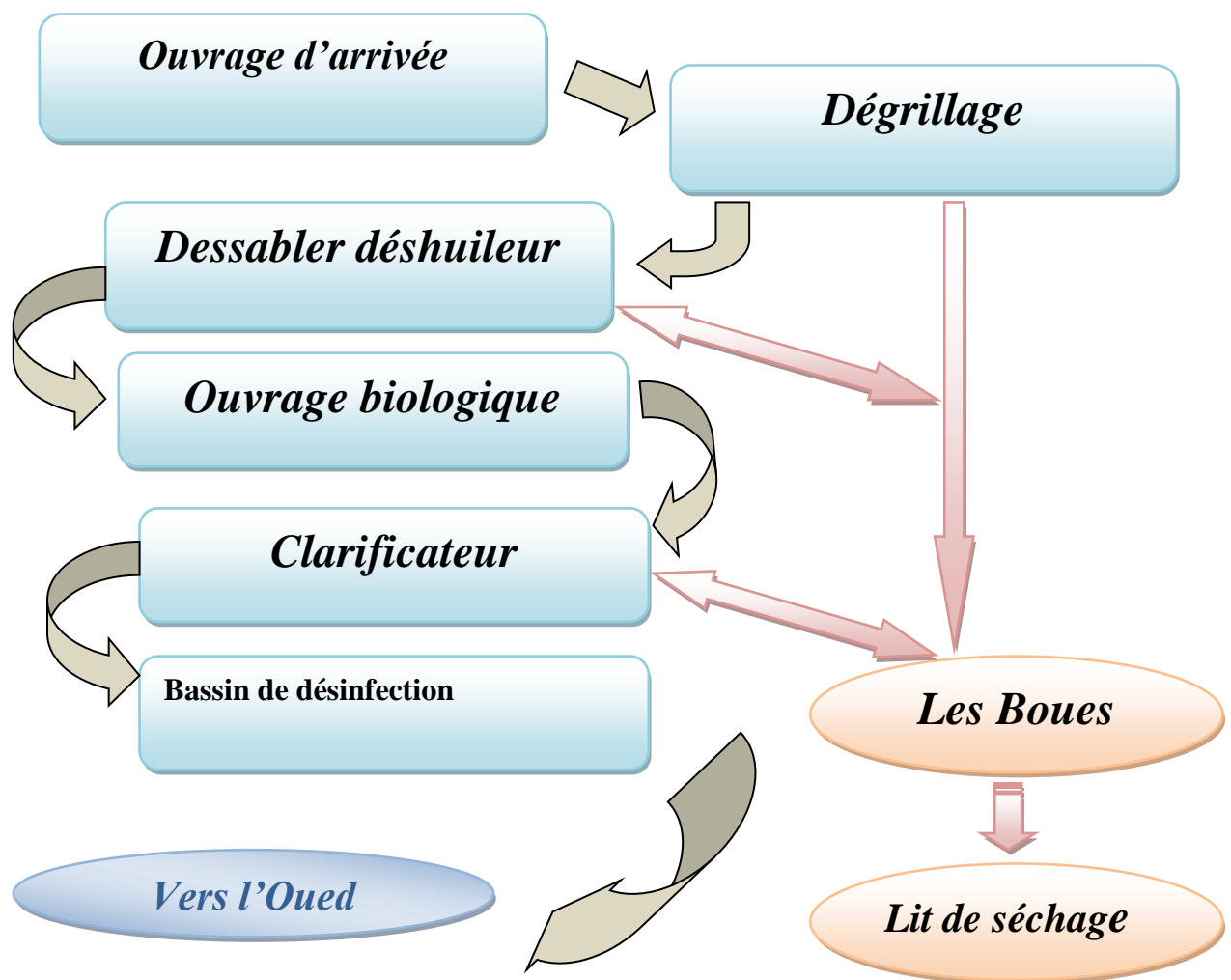


Figure 06: Le traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de **SOUR EL GHOZLANE**



Photo 01 : La station d'épuration des eaux usées de **Sour El GHOZLANE (ONA)**.(photo originale Mayouf/Boutrig)



Photo 02: Le poste de relevage (photo originale Mayouf/Boutrig)



Photo 03 : Le bassin d'arrivée (photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 04 : Le dégrillage(photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 05: Le dégrilleur manuel (photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 06:Le bassin de dessableur déshuileur (photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 07:La goulotte de bassin dessableur déshuileur (photo originale Mayouf/Boutrig)



Photo 08 : Le bassin biologique (photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 09 : Le Clarificateur (photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 10 : le bassin sélecteur (photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 11: Le digesteur (photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 12 : Le bassin de désinfection
(photo originale Mayouf/Boutrig).



Photo 13: Les boues épaisses
(photo originale Mayouf/Boutrig).



Chapitre IV:
Partie expérimentale

Matériel et méthodes**I -Prélèvement et échantillonnage**

Les prélèvements seront effectués dans des flacons propres bouchés émeri ou dans des bouteilles en téflon, les prélèvements sont effectués à l'entrée et à la sortie de la station. Les échantillons soigneusement étiquetés et conservés à 4 °.

En fonction des analyses à effectuer, le prélèvement sera manuel instantané ou automatique en continu. Compte tenu de la diversité de la nature des eaux résiduaires ainsi que des systèmes de transfert et de dilution. Il est essentiel d'obtenir des prélèvements représentatifs du rejet et du milieu récepteur. Le problème de l'échantillonnage des eaux usées est plus délicat que pour les eaux naturelles. S'il n'est pas réalisé dans de très bonnes conditions, les erreurs liées aux caractéristiques du prélèvement pourront être supérieures aux incertitudes analytiques.

I.I Les analyse des eaux usées**I.I.1 Prélèvement et échantillonnage**

Pour une évaluation représentative de la pollution d'une eau résiduaire, il est impératif de procéder au prélèvement à différentes heures de la journée pendant plusieurs jours de la semaine en entrée et sortie de la station.

L'échantillon d'eau brute est prélevé dans une bouteille en plastique d'un litre au niveau du poste de relevage. Alors que l'échantillon d'eau épurée est prélevé dans une bouteille plastique d'un litre au niveau du canal de sol.



Figure 07 : les bouteilles en plastiques (épurée/brute).

I-2- Les Paramètres et les fréquences d'analyses d'eaux brute/épurée

Les paramètres d'analyse ainsi que leurs fréquences sont fixés dans ce tableau.

Tableau 07 : les Paramètres et les fréquences d'analyses

Paramètre analysé	Type d'échantillon	Fréquence (Eau brute et Eau épurée)
pH	Ponctuel	02 fois/jour
T°	Ponctuel	02 fois/jour
Conductivité	Ponctuel	02 fois/jour
Turbidité	Ponctuel	02 fois/jour
MES	Ponctuel et composite	02 fois/jour
DBO₅	Composite	08 fois/mois
DCO	Composite	08 fois/mois
NO₃⁻	Composite	02 fois/mois
NO₂⁻	Composite	02 fois/mois
PO₄³⁻	Composite	04 fois/mois
NH₄⁺	Composite	04 fois/mois

I-3- Les normes de rejets

Les normes de rejet appliquées en Algérie et au niveau de notre laboratoire (**STEP de Sour El Ghozlane**), sont définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS 2016).
(voir tableau 01 en annexe I)

I-4- Les méthode d'analyses

Les méthodes utilisées au laboratoire de la station d'épuration de Sour El Ghozlane sont des méthodes non normalisées.

I-4-1- Les paramètres physiques

a-Détermination des matières en suspension (MES)

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique.

✓ Méthode opératoire

- 1- Prélever 500 ml d'échantillon à analyser et homogénéiser.
- 2- Préparer le Spectrophotomètre.
- 3- Entrer le numéro du programme 630 et régler la longueur d'onde à 810.
- 4- Remplir un flacon colorimétrique avec 25 ml d'échantillon à analyser.
- 5- Préparer le blanc en remplissant un autre flacon colorimétrique de 25 ml d'eau distillée.
- 6- placer le blanc dans le puits de mesure, fermer le capot.
- 7- presser zéro, l'affichage indique 0 ml/l MAT.EN SUSP.
- 8- Agiter le flacon d'échantillon.
- 9- Placer l'échantillon dans le puits de mesure et fermer le capot.
- 10- Presser la touche READ Enter.
- 11- L'affichage indique le résultat en mg/l.

b-Détermination de la température T (°C)

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz dont, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 °C. Ainsi, l'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît.

✓ Mode opératoire

- 1-Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- 2-Allumer le conductivimètre.

3- Plonger la sonde dans l'échantillon.

4-Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture. Le résultat obtenu est exprimé en C°

c-Détermination de la conductivité

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique, elle varie en fonction de la température. Elle est reliée à la concentration et à la nature des substances dissoutes.

Par conséquent, dans le cas des eaux usées fortement chargées en matières organiques, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu.

✓ Mode opératoire

1- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.

2-Allumer le conductivimètre et sélectionner l'échelle de conductivité appropriée.

3- Plonger la sonde dans l'échantillon.

4-Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture. Le résultat obtenu est exprimé en $\mu S/Cm$.

d-Détermination de la Turbidité

La turbidité des effluents résiduaux et des eaux polluées est en général très élevée, elle ne peut de ce fait être exprimée en gouttes de silice ou de mastic. La turbidité est donc définie par absorptiométrie. La mesure est effectuée au moyen d'un spectrophotomètre à 720 nm, car à cette longueur d'onde l'influence de la couleur est négligeable. Pour éviter l'interférence due à la présence de grosses particules décantables, il convient de les éliminer au préalable par décantation. Les résultats sont exprimés en unités d'absorbance.

Dans le domaine de l'exploitation des stations d'épuration, la méthode de Secchi est très largement utilisée. Cependant, deux méthodes sont utilisées.

d-1-La méthode directe basée sur la spectrophotométrie

✓ Mode opératoire

1- Prélever 500 ml d'échantillon à analyser et homogénéiser.

2- Préparer le spectrophotomètre.

3- Entrer le numéro du programme 750 et régler la longueur d'onde à 450.

4- Remplir un flacon colorimétrique avec 25 ml d'échantillon à analyser.

5- Préparer le blanc en remplissant un autre flacon colorimétrique de 25 ml d'eau distillée.

6- Placer le blanc dans le puit de mesure, fermer le capot.

7- Presser zéro, l'affichage indique 0 FTU.

8- Agiter le flacon d'échantillon.

9- Placer l'échantillon dans le puits de mesure et fermer le capot.

10- Presser la touche READ Enter, l'affichage indique le résultat en FTU.

d-2-La méthode indirecte : il s'agit du test de la transparence

La transparence de l'eau dépend essentiellement de l'émission de la lumière incidente. La pénétration de celle-ci dans la colonne d'eau est influencée par les caractéristiques chimiques de cette dernière ainsi que la qualité et la quantité des matières dissoutes et particulaires en suspension.

La transparence est mesurée avec un instrument appelé disque de Secchi qui intègre les paramètres de couleur, de turbidité et de biomasse.

Règle générale : plus la transparence est grande, moins l'eau est riche en matières dissoutes, algues et matières en suspension. Toutefois une grande transparence de l'eau n'a pas que des avantages.



Figure08: Disque de Secchi

✓ **Mode d'emploi du disque**

- Prendre la lecture au moyen du disque de Secchi du côté de l'embarcation qui est à l'ombre, cela en se servant d'une corde ou d'une chaîne graduée. (Utiliser un marqueur à encre permanente pour indiquer les intervalles plutôt que du ruban adhésif, qui a tendance à se décoller et à glisser au fil du temps.)
- Faire descendre lentement le disque dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit hors de vue, et noter la profondeur (profondeur 1).

- Faire descendre le disque de 1 m encore (ou jusqu'à ce qu'il soit complètement hors de vue), puis le remonter lentement jusqu'à ce qu'il redevienne visible, et noter cette profondeur (profondeur 2).
- La lecture du disque de Secchi est effectuée sur la base de la moyenne des deux profondeurs enregistrées (profondeurs 1 et 2).

NB : La profondeur à laquelle le disque de Secchi disparaît peut varier d'un observateur à l'autre et d'une journée à l'autre en raison des conditions de luminosité.

I-4-2- Les paramètres chimiques

a-Détermination du pH

Le pH indique l'alcalinité des eaux usées, son rôle est capital pour la croissance des microorganismes qui ont généralement un pH optimum variant de 6,5 à 7,5. Lorsque le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8,5, la croissance des microorganismes est directement affectée. En outre, le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration. Les valeurs du pH mesurées varient peu et restent autour de 7,5 en moyenne. (voir figure 09 et 10)

✓ Mode opératoire

Plusieurs méthodes existent pour mesurer le pH des eaux usées, mais elles n'offrent pas toutes le même degré de précision, indiquant des données parfois incertaines. La méthode à utiliser dépend de la précision des données que vous souhaitez obtenir. Le papier indicateur et les bandelettes-tests sont imprégnés de substances qui changent de couleur selon le pH de la solution. La méthode la plus précise et la plus simple consiste à utiliser un pH-mètre, un appareil électronique muni d'une sonde.



Figure 09: Papier indicateur



Figure 10: pH-mètre

b-Détermination de la demande chimique en oxygène DCO

- ✓ **Méthode non normalisée**
- ✓ **La méthode spectrophotométrique**
- **La gamme de 0 à 150 mg/l**
 - 1-Mettre en marche le spectrophotomètre.
 - 2-Entrer le numéro du programme DCO L 430 et régler la longueur d'onde à 420 nm.
 - 3-Placer l'adaptateur de tubes DCO dans le puits de mesure.
 - 4-Essuyer le tube avec du papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage.
 - 5-Placer le blanc dans le puit de mesure
 - 6-Appuyer sur zéro, attendre l'affichage qui indique 0 mg/l DCO.
 - 7-Placer l'échantillon dans le puit de mesure, appuyer sur « READ », Enter, l'affichage indique le résultat en mg/l .



Figure11 : Les tubes de DCO « la BG ».

- **La gamme de 0 à 1500 mg/l**
 - 1-Entrer le numéro du programme DCO H 430 et régler la longueur d'onde à 620 nm.
 - 2-Placer l'adaptateur de tubes DCO dans le puits de mesure.
 - 3-Essuyer le tube avec du papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage.
 - 4-Placer le blanc dans le puits de mesure
 - 5-Appuyer sur zéro, attendre, l'affichage indique 0 mg/l.

6-Placer l'échantillon dans le puits de mesure, appuyer sur READ Enter l'affichage indique le résultat en mg/l .



Figure 12 : Les tubes de DCO « HG »

c-Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO (5)

✓ Méthode normalisée

- Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à $20^{\circ}\text{c} \pm 1^{\circ}\text{c}$.
- Rincer le flacon de DBO avec l'échantillon et remplir minutieusement à l'aide des fioles jaugées appropriées (**dans notre cas l'eau brute 164 ml et l'eau épurée 432 ml**).
- Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.
- Insérer le godet à soude dans le goulot du flacon.
- Mettre 02 à 03 pastilles de soude dans le godet avec une pince.
- Fermer hermétiquement le flacon avec l'Oxytope.
- Commencer la mesure : presser simultanément les touches M et S pendant 02 secondes, l'afficheur indique 00.
- Mettre les flacons avec l'Oxytope dans l'incubateur pendant 05 jours.
- Pendant 05 jours l'échantillon est agité en continu. L'Oxytope enregistre automatiquement une valeur toutes les 24h pendant 05 jours.
- Pour connaître la valeur actuelle presser la touche M.
- Après 05 jours lire les valeurs mémorisées : presser la touche S.
- Convertir les valeurs affichées (digits) en valeur DBO avec la table suivante (**Digits***
facteur = DBO₅ en mg/l)

Tableau 08 : Plage de mesure en mg/l

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure (mg/l)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100

Figure 13 : Le DBO₅.

✓ **Méthode non normalisée**

✓ **La méthode spectrophotométrique**

-Mettre en marche l'incubateur DBO tout en réglant le thermostat à 20°C

-Réchauffer ou refroidir un volume d'échantillon à 20°C

-Préparer les flacons DBO, y introduire une quantité appropriée d'échantillon à analyser de notre choix.

-On prend 95 ml pour l'eau brute et 355 ml pour l'eau épurée).

-Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon.

-Appliquer de la graisse pour robinet sur le bord de chaque flacon et sur la lèvre de la cupule.

-Placer une cupule dans le goulot de chaque flacon.

-Placer la solution d'hydroxyde de Potassium en pastilles à chaque cupule.

-Placer les flacons sur l'appareil BOD Trak.

-Raccorder le tuyau approprié au flacon et serrer correctement le bouchon, chaque tuyau et étiqueter

Avec le numéro de voies et la disposition des flacons correspond à celle du panneau de commande.

✓ Placer l'appareil BOD Trak dans l'incubateur et mettre en marche.

✓ Programmer la durée d'essai, et la gamme DBO choisie sur le BOD Trak.

d-Détermination des Nitrates NO_3^-

➤ **Gamme de 0 à 30 mg/l**

1-1 Préparer le spectrophotomètre.

2-Entrer le numéro du programme « 355 » et régler la longueur d'onde à « 500 nm ».

3-Presser la touche « Read/ Enter » l'affichage indique « mg/l N NO_3H ».

4-Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon à analyser en le tenant dans un chiffon ou du papier absorbant.

5-Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille « Nitra Ver5 » au flacon.

6-Mettre la pastille utilisée dans un sachet de stockage.

7-Presser « Shift Time ». Agiter le flacon pendant une minute jusqu'à ce que le minuteur sonne.

8-Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.

9-Le minuteur sonne, l'affichage indique « mg/l N NO_3H »

10-Placer le blanc dans le puits de mesure, presser le « zéro » l'affichage indique : 0.0mg/l N NO_3H .

11-Essayer le flacon colorimétrique avec le papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage.

12-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser « Read/Enter » les résultats s'affiche « mg/l N NO_3 ».

13-Après avoir effectué l'analyse, le rejet est immédiatement stocké dans un jerrican de 20 litres.

14-une fois le jerrican rempli, il est évacué par le chef de station vers le lieu de stockage.



Figure14: les flacons colorimétriques de nitrate.



Figure 15 : le puit de mesure

e-Détermination des Orthophosphates PO_4^{3-}

✓ Méthode : Spectrophotométrie

➤ Gamme de 0 à 2.50 mg/l

1-Préparer le spectrophotomètre

2-Entrer le numéro du programme 490 et régler la longueur d'onde à 890 nm.

3-Presser la touche READ Enter l'affichage indique mg/l PO_4^{3-} PV.

4-Remplir un flacon colorimétrique propre avec 25ml d'échantillon à analyser.

5-Ajouter avec précaution le contenu d'une pastille PhosVer 3 au flacon puis agiter.

6-Mettre la pastille utilisée dans un sachet de stockage.

7-Presser Shift Timer, une période de réaction de 2 commence.

8-Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.

9-Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l PO_4^{3-} PV.

10-Placer le blanc dans le puits de mesure.

11-Presser zéro, l'affichage indique 0.00 mg/l PO_4^{3-} PV.

12-Essuyer le flacon colorimétrique avec le papier absorbant puis le mettre dans un sachet de stockage.

13-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser « Read/Enter » les résultats s'affiche.

14-Après avoir effectué l'analyse, le rejet est immédiatement neutralisée puis rejeté.



Figure 16: les flacons colorimétriques



Figure 17 : La filtration d'eau brute.

f-Détermination des Nitrites NO_2^-

✓ La méthode spectrophotométrique

➤ Gamme de 0 à 150 mg/l

1-Préparer le spectrophotomètre.

2-Entrer le numéro du programme 373 et régler la longueur d'onde à 585 nm.

3-Presser Read/ Enter l'affichage indique mg/l NO_2^-

4-Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon à analyser

5-Ajouter avec précaution le contenu d'une gélule NitrVer 2 au flacon puis agiter.

6-Mettre la pastille utilisée dans un sachet de stockage.

7-Presser Shift Timer, une période de réaction de 10 commence.

8-Préparer le blanc en remplissant un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.

9-Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg/l NO_2^-

10-Placer le blanc dans le puits de mesure.

11-Presser zéro, l'affichage indique : 0 mg/l NO_2^- .

12-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser « Read/Enter » les résultats s'affichent.

13-Après avoir effectué l'analyse, le rejet est immédiatement neutralisé puis rejeté.



Figure18 : les flacons colorimétriques de nitrite

g-Détermination de l'Azote Ammoniacal N-NH₃ (NH₄⁺)

✓ La méthode spectrophotométrique

➤ Gamme de 0 à 0.50 mg/l

- 1-Préparer le spectrophotomètre.
- 2-Entrer le numéro du programme 385 et régler la longueur d'onde à 655 nm.
- 3-Presser Read/ Enter l'affichage indique mg/l N- NH₃ Salic.
- 4-Remplir une éprouvette avec 25 ml d'échantillon à analyser.
- 5-Remplir une autre éprouvette avec 25 ml d'eau distillée (le blanc).
- 6-Ajouter avec précaution le contenu d'une gélule Salicylate ammoniacal à chaque éprouvette, boucher et agiter.
- 7-Mettre la gélule utilisée dans un sachet de stockage.
- 8-Presser Shift Timer. Une période de réaction de 3 commence.

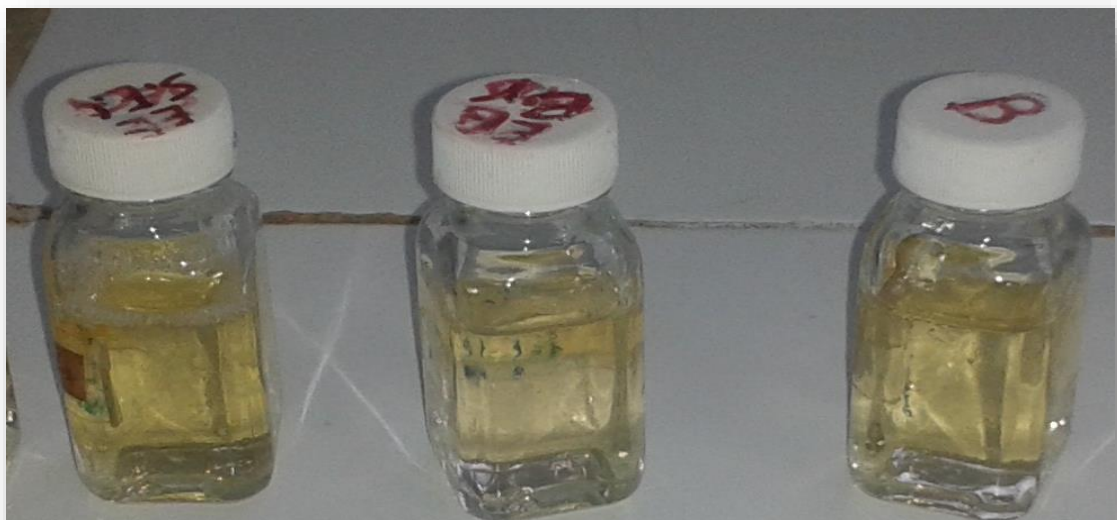


Figure 19 : les flacons colorimétriques de l'Azote Ammoniacal N -NH₃ « Salicylate ammoniacal ».

9-Lorsque le minuteur sonne, ajouter le contenu d'une gélule Cyanurates Ammoniacal à chaque éprouvette, boucher, agiter.

10-Presser shift Timer, une période de réaction de 15 commence.

11-Lorsque le minuteur sonne, verser le contenu des éprouvettes dans les flacons colorimétriques.

12-Placer le blanc dans le puits de mesure.

13-Presser zéro, l'affichage indique 0.00 mg/l N- NH₃ Salic.

14-Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure, presser Read Enter, le résultat s'affiche en mg/l N- NH₃ Salic. **.(voir figure)**



Figure 20 : les flacons colorimétrique de l'Azote Ammoniacal N -NH₃ « cyanurates ammoniacal ».

II-Caractérisation de la boue durant le traitement

II-1- Prélèvement et échantillonnage

Afin d'évaluer le fonctionnement du processus et de quantifier la production de la boue, plusieurs prélèvements sont effectués sur différents points à savoir : le bassin d'aération, le bassin sélecteur, le bassin digesteur, le clarificateur, le lit de séchage.

II-2- Paramètres et fréquences d'analyses

Les paramètres d'analyse ainsi que leurs fréquences sont fixés dans le tableau voir ci-dessous:

Tableau 09 : Fréquence d'analyse

Point de prélèvement	Paramètres	Fréquence
Bassin d'aération	V ₃₀	01 fois / jour
	MS.	01 fois / semaine
	MVS	01 fois / semaine
	IB	01 fois / semaine
Clarificateur	V ₃₀	01 fois / jour
	MS.	01 fois / semaine
	MVS	01 fois / semaine
	IB	01 fois / semaine
Bassin digesteur	V ₃₀	01 fois / jour
	MS.	01 fois / semaine
Lit de séchage	Siccité	02 fois / semaine
Bassin Sélecteur	V ₃₀	01 fois / jour
	MS	01 fois / semaine
Clarificateur (boue de retour)	V ₃₀	01 fois / jour
	MS	01 fois / semaine
	MVS	01 fois / semaine
	IB	01 fois / semaine

II-3- Méthodes d'analyses des boues

- **Détermination des matières sèches**

La détermination des matières en suspension (MES) dans les eaux usées se fait soit par filtration sur membrane, soit par centrifugation.

Conserver les eaux issues des opérations de filtration ou de centrifugation pour la détermination des matières en solution. Un traitement à 25 °C permet d'obtenir par différence la teneur en matières organiques en suspension, appelées encore matières volatiles en suspension (MVS). Il peut y avoir des erreurs par défaut (matières organiques volatiles à moins de 100 °C) et par excès (sels minéraux dissociés ou volatils entre 100 et 500 °C). (1)

Remarque

Les matières en suspension étant susceptibles de variations dans les 24 h suivant le prélèvement, il convient de pratiquer cette mesure très rapidement, dans les 6 h qui suivent. Les échantillons seront également transportés et conservés à 4 °C.

a-La filtration par gravité

- 1 -Peser un papier filtre plissé (P_0)
- 2-Placer le papier filtre dans l'entonnoir.
- 3-Mouiller le filtre avec de l'eau distillée pour assurer l'adhérence à l'entonnoir.
- 4-Placer l'entonnoir sur une éprouvette un erlenmeyer.
- 5-Verser une quantité connue d'échantillon et laisser filtrer.
- 6 -Après filtration, mettre le papier filtre dans une coupelle.
- 7-Sécher à l'étuve à 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant.
- 8-Mettre à refroidir dans le dessiccateur puis peser le poids du filtre P_1 .

La concentration en matière sèche est obtenue selon la formule

$$MS = (P_1 - P_0) \times 1000 / V \text{ (g/l)}$$

P_0 : le poids de la cuve vide.

P_1 : le poids de la cuve pleine de boue décotée.

Test de décantation et détermination de l'indice de boue

b-Le test de décantation V_{30}

✓ **Mode opératoire**

- 1-Porter un vêtement de sécurité à savoir gants et tablier.
- 2-Prélever un échantillon de boue dans les bassins d'aération (de préférence en sortie de bassin et après 15' de fonctionnement de l'aérateur).

3-Remplir une éprouvette de 1000ml avec 1L de boue, mélanger en retournant l'éprouvette pour bien agiter.

4-Poser l'éprouvette sur un support stable.

5-Après 30 minutes, noter le niveau de la boue dans l'éprouvette, la valeur notée représente le V_{30} exprimé en ml/l. **.(voir figure)**



Figure21: Le test de décantation V_{30}

c-Détermination de l'indice Boues

L'indice de boues se définit comme étant le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1 gramme de matière sèche.

✓ Mode opératoire

Introduire dans une éprouvette 1 litre de boues. Déterminer le volume (en ml) occupé par les boues après une décantation d'une demi-heure. Déterminer par ailleurs la teneur en matières sèches d'un litre de boues à analyser.

L'indice de Mohlman est représenté par le rapport

Boues décantées en 30 min (ml/L)

Masse de matières sèches (g/L)

II-2-Caractérisation de la boue extraite

II-2-1- Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement de l'échantillon de boues après séchage est effectué au niveau des lits de séchage.

-Objectif : Vérification de séchage des boues extraites pour les évacuées, la siccité doit être comprise entre 40 et 70%

- ✓ On introduit dans une coupelle en porcelaine de poids connu (P_0), une quantité de boue.
- ✓ On pèse de nouveau la coupelle : c'est le poids P_1 .
- ✓ La différence (P_1-P_0) correspond au poids de boue humide.
- ✓ On place la coupelle dans une étuve à 150°C jusqu'à évaporation totale de l'eau.
- ✓ Refroidir au dessiccateur puis peser c'est le poids P_2 .
- ✓ La différence (P_2-P_1) détermine le poids de MS.

La siccité est le pourcentage de MS par rapport au poids de boues humide.

$$\text{Siccité} = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

P₀: le poids de la cuve vide.

P₁: le poids de la cuve pleine de boue décotée.

P₂: le poids de coupelle pleine de boue après le refroidissement

II-2-2- Normes de rejet : Ces normes sont celle fixées dans la norme algérienne des boues.(AFNOR)

Tableau 10 : Normes français des boues urbaines

Paramètres	Normes	Unités
Cadmium	20	mg/kg
Chrome	1000	mg/kg
Cuivre	1000	mg/kg
Mercure	10	mg/kg
Nickel	200	mg/kg
Plomb	800	mg/kg
Sélénium	100	mg/kg
Zinc	3000	mg/kg

d-Détermination des matières sèches

La détermination des matières en suspension (MES), dans un 1 litre de les eaux usées.

A l'aide d'une étuve de 105C° pendant 24H.

$$MS = P_1 - P_0$$

P₀: le poids de la cuve vide.

P₁: le poids de la cuve pleine de boue décotée.

✓ Mode opératoire

- 1- Après le paramètre de V₃₀, on élimine l'eau et garder la boue décanté.
- 2- Mesurez les cuves « à chaque bassin avais une cuve », pour avoir le P₀.
- 3- Remplir les cuves avec la boue décantée.
- 4- Puis mettez les cuves dans une étuve à 105C° pendant 24H.
- 5- Remesurez les cuves, pour avoir le P₁. **(voir figure)**



Figure 22: les cuves dans l'étuve à 105 °C.

e-Détermination de l'indice de boue

Ce paramètre permet d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation. Cet indice représente le volume occupé par un gramme de boue après 30 minutes de décantation dans une éprouvette transparente d'un litre.

$$\mathbf{IB \text{ (ml/g)} = V_{30} / MS}$$

V₃₀ : le volume décanté en 30 minutes exprimé en ml/l

MES : c'est la concentration en matières en suspension dans l'éprouvette exprimé en g/l.

Interprétation des résultats :

$IB \leq 150$ Boues décantables.

$150 \leq IB \leq 200$ boues moyennement décantables.

$IB \geq 200$ Boues non décantables.

f-Détermination de la siccité

Vérification de séchage des boues extraites pour les évacuées, la siccité doit être comprise entre inférieur à 70%.

✓ Mode opératoire

1- On introduit dans une coupelle en porcelaine de poids connu P_0 , une quantité de boue.

2- On pèse de nouveau la coupelle : c'est le poids P_1 .

3- On place la coupelle dans une étuve à 150°C pendant 24H.

4- Refroidir au dessiccateur puis peser c'est le poids P_2 .

g- Détermination de la matière volatile en suspension

1- On introduit dans une coupelle une quantité de boue, On a un volume X .

2- On place la coupelle dans une étuve à 150°C pendant 24h, c'est le poids P_1 .

3- On prend les coupelles et le mettre dans un four à moufle pendant 2h, c'est le poids P_2 .

$$\text{MVS g/l} = \frac{P_1 - P_2}{X}$$

P₁: le poids de la cuve pleine de boue décotée.

P₂: le poids de coupelle pleine de boue après le refroidissement

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right, framing the chapter title.

Chapitre V: **Résultat et discussion**

Les résultats

I-Epuration des eaux usées

Les analyses relatives au traitement des eaux usées ont été effectuées sur une période de trois mois allant du mois de mars jusqu' au moi de Mai 2017. Une fiche d'analyse est établie au niveau de la station d'épuration pour chaque moi. Les résultats relatifs aux valeurs des différents paramètres sont reportés en annexe II.

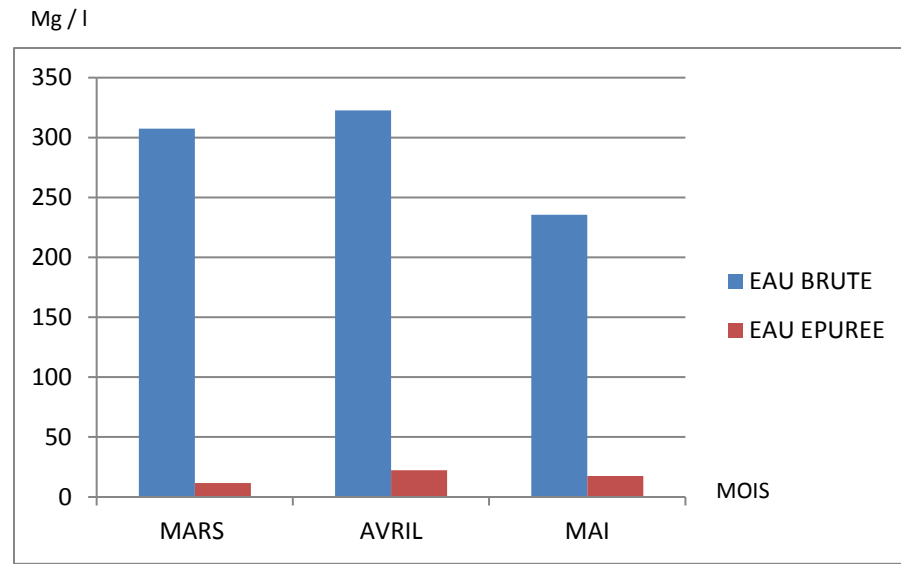


Figure 23 : l'evolution du MES de l'eau brute et épurée pendant trois mois.

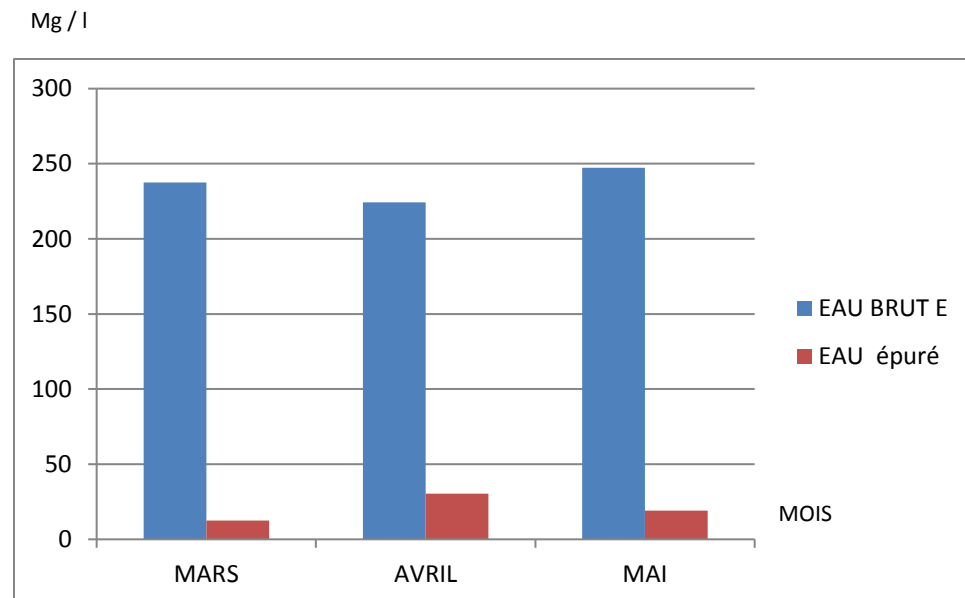


Figure 24 : Etude de la variation de la DBO5 de l'eau brute et épurée pendant trois mois

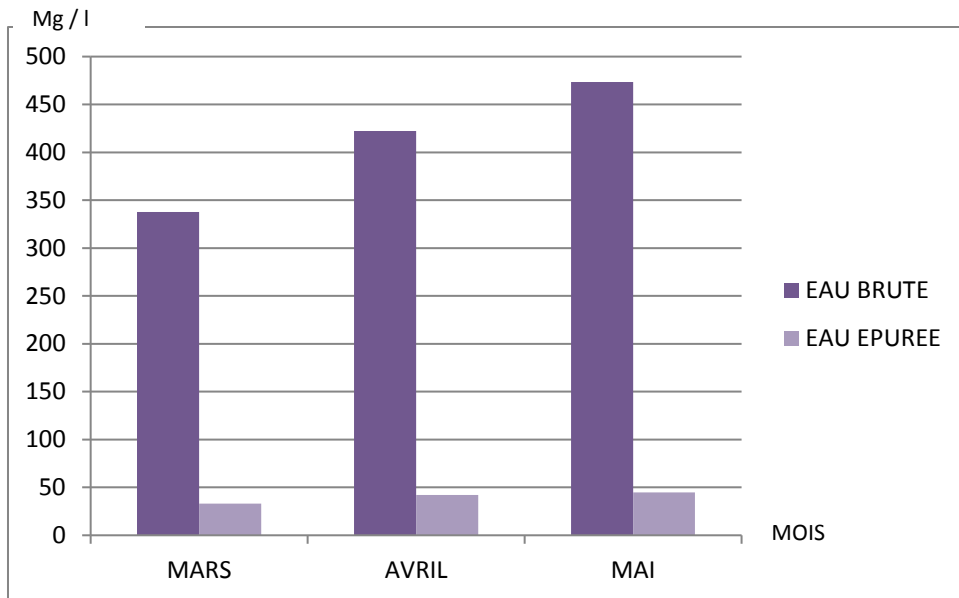


Figure 25 : Etude de la variation de la DCO de l'eau brute et épurée pendant trois mois

Calcul du rapport DBO₅/DCO

K = DBO₅/DCO

DBO: La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

DCO : La demande chimique en oxygène.

$K = 19.13 / 44.63$

$K = 0.42$

D'après ces résultats en conclut que l'effluent est facilement biodégradable et la vitesse de dégradation biologique est rapide.

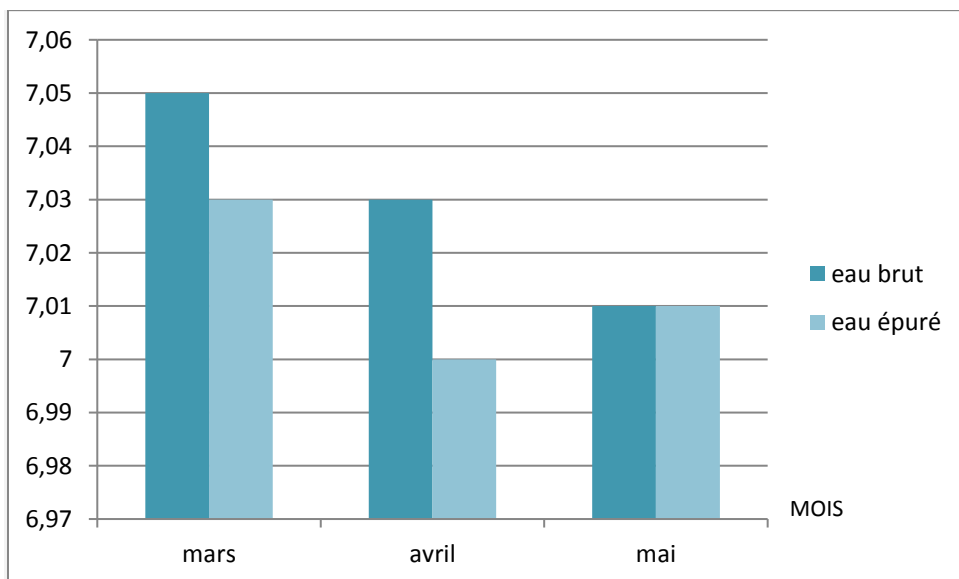


Figure 26 : Etude de la variation de la pH de l'eau brute et épurée pendant trois mois.

Discussions des résultats

Le traitement des eaux usées par la boue activée entraîne une réduction remarquable des paramètres de pollution de caractère organique telque la DCO et DBO₅. Ce ci stipule que le procédé après traitement dans le bassin d'aération élimine plus que les 2/3 de la pollution organique total et soluble.

Cependant, la turbidité et la matière en suspension (MES indiquent des valeurs conformes aux normes de l'association française de normalisation des matières fertilisantes issues de boues des ouvrages des traitement urbaine (AFNOR), D'autre part le pH reste presque constant, dans le domaine de neutralité pour les deux points de prélèvement et la conductivité indique que l'échantillon est chargé par les minéraux. Toutefois les nitrates enregistrent une augmentation remarquable en raison de l'enrichissement de l'eau par d'oxygène dans le bassin d'aération première étage ce qui nécessite une diminution totale au cours de traitement de dénitrification.

II- Résultats d'analyses des boues

Dans cette partie, nous avons procédé à l'analyse des boues issues de la station d'épuration des eaux usées de Sour El Ghozlane

- **pH et conductivité**

Les résultats de la détermination du pH et de la conductivité de la boue sont représentés dans le tableau suivant :

Paramètre	Valeurs
pH	7.01
Conductivité (μs)	78

Le pH est un paramètre important en agriculture et ce pour le bon développement de la végétation. Il est de l'ordre de 7.01 considéré comme neutre et relativement favorable à toutes les espèces

La conductivité électrique relevée de la boue est de l'ordre de 78 μs et présenté dans le tableau. En effet, la boue est considérée faiblement conductrice dénotant la faible salinité de cette dernière.

- **Détermination de V_{30}**

V_{30} est le volume des boues dans un 1 litre d'eau usée par décantation pendant 30 minutes.

Tableau 11: La fiche d'analyse de V_{30} de mois d'avril

Les coupelles des bassins	Les semaines			
	S1	S2	S3	S4
B.A 1^{er} étage	120	120	90	110
B.A 2^{ème} étage	200	120	140	180
B.R	590	990	970	980
B.S	90	120	50	70
B.D	260	390	350	300

B.A 1^{er} étage : bassin d'aération 1^{er} étage .

B.A 2^{ème} étage : bassin d'aération 2^{ème} étage

B.R : boues de retour.

B.S : bassin sélecteur.

B.D: bassin digesteur

- **Détermination des matières sèches**

En prend le bassin aération 1^{er} étage comme exemple pour déterminer la matière sèche

$$MS = P_1 - P_0$$

$$MS = 111.55 - 108.50$$

$$MS = 3.05 \text{ g}$$

P₀ : le poids de la cuve vide

P₁ : le poids de la cuve pleine de boue

La première semaine de moi d'aout

Tableau 12_: La fiche d'analyse de matière sèche de 1^{er} semaine de mois d'aout

Les coupelles des bassins	P ₀ « g »	P ₁ « g »	MS « g »
B.A 1 ^{er} étage	108.50	111.55	03.05
B.A 2 ^{ème} étage	109.15	113.16	04.01
B.R	34.20	56.25	22.05
B.S	52.25	55.30	03.05
B.Ep	21.75	66.75	45
B.D	53.15	76.15	23

La première semaine de mois de janvier

Tableau 13_: La fiche d'analyse de matière sèche de 1^{er} semaine de mois de janvier

Les coupelles des bassins	P ₀	P ₁	MS
B.A 1 ^{er} étage	108.55	115.55	07.00
B.A 2 ^{ème} étage	109.15	117.35	08.20
B.R	34.40	46.43	12.03
B.S	52.30	55.39	03.09
B.Ep	32.15	45.55	13.40
B.D	53.20	68.70	15.50

Exemple de bassin digesteur :

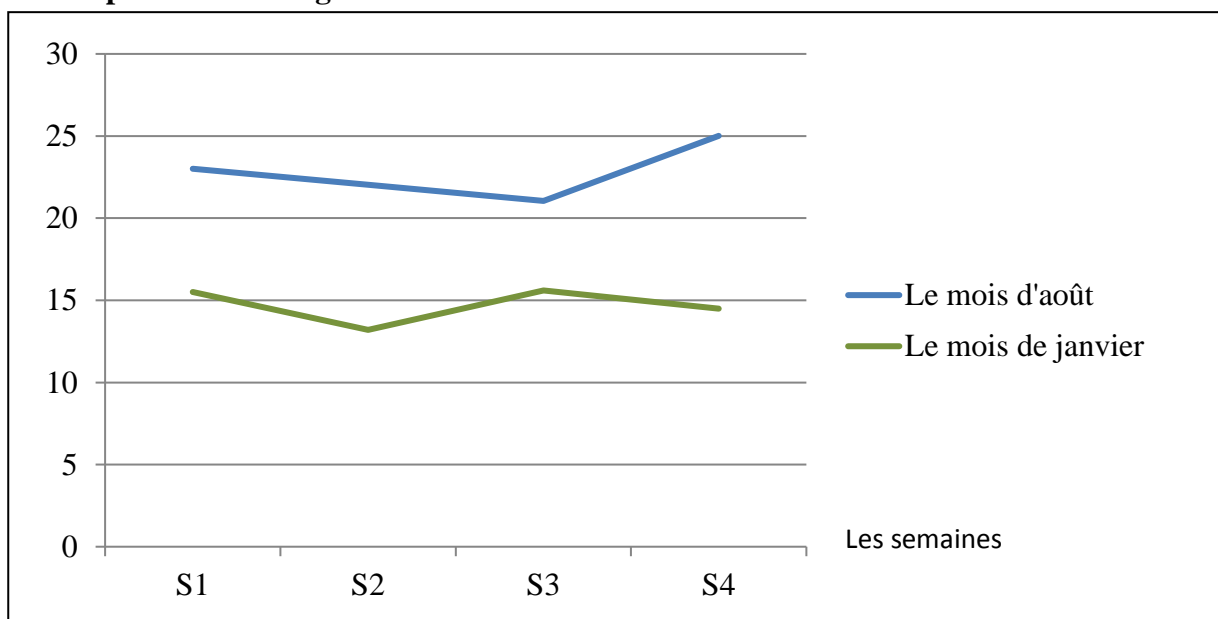


Figure 27 : _la déférence quantité de matière sèche produite entre mois d'août et janvier.

D'après les résultats des analyses de la boue rapportée dans la fiche d'analyse . Il en ressort que les résultats sont influencés par les conditions climatiques tel que la neige et la pluie pendant le moi de janvier et les températures élevées ainsi que la sécheresse pendant le mois d'aout.

- **Détermination d'indice de boue :**

Exemple de Boue de Retour

$$IB \text{ (ml/g)} = V_{30} / MS$$

$$IB \text{ (ml/g)} = 590/31$$

$$IB = 19.03 \text{ ml/g}$$

V_{30} : le volume décanté en 30 minutes exprimé en ml

MS : la matière sèche

$IB \leq 150$ Boues décantables.

$150 \leq IB \leq 200$ boues moyennement décantables.

$IB \geq 200$ Boues non décantables.

D'après ces résultats, l'indice de boue de la première semaine du mois d'avril est décantable.

- **La détermination de la siccité**

Pour déterminer la siccité, on prend la boues épaisse de la première semaine d'avril comme exemple

$$Siccité \text{ \%} = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

$$Siccité \text{ \%} = \frac{62.20 - 53.10}{83.10 - 53.10} \times 100$$

$$Siccité \% = 30 \%$$

P_0 :le pois de coupelle vide

P_1 :le poids de coupelle après remplacé dans une étuve pendent 24 H

P_2 : le poids de coupelle après Refroidir au dessiccateur

Tableau 14: La fiche d'analyse de la siccité de mois d'avril

Les semaines	S1	S2	S3	S4
Boue épaisse	30%	45%	51 %	52 %

Il est important de noter que, les boues sont humides, plus elles causent des problèmes de transport et de stockage. tout fois, tout milieu humide favorise le développement de micro-organisme multiple.

La siccité est 47% pendant le moi d'avril. et représente un taux élevé, donc de ce cas la boue ne présente aucun danger pour l'agriculture.

Tableau 15: les concentrations des métaux lourds présents issus de la station d'épuration de **SOUR EL GHOZLANE**

Paramètre	Résultats (mg/Kg)	Concentration de référence selon AFNOR (mg/Kg)
Nickel	31	200
Cuivre	105	1000
Cadmium	1	20
Plomb	107	800
Zinc	542	3000

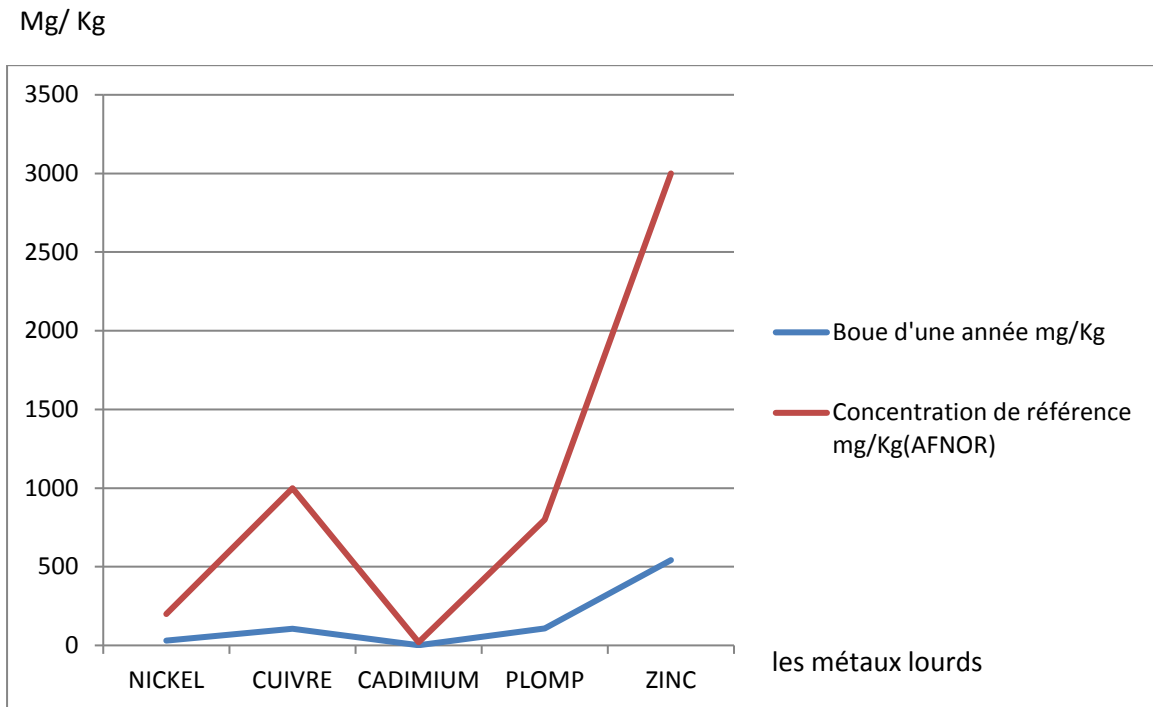


Figure 28 : comparaison entre les concentrations des métaux lourds selon **AFNOR** et les concentration en métaux lourds dans les boues de **SOUR EL GHOZLANE**

Interprétation des résultats

✓ Le plomb

la valeur de ce métal dans les boues de notre étude est d'une moyenne de 107 mg/Kg de MS et, elle est moindre par rapport à celle fixée par **AFNOR**.

✓ Le cadmium

La concentration en cadmium dans nos échantillons est en moyenne de 1mg/Kg de MS inférieur à la limite fixée par l'**AFNOR** qui est de 20 mg/Kg de MS.

✓ Le zinc

La concentration en zinc dans nos boue est de 542mg/Kg, elle est inférieur à celle référence qui est de 3000mg/Kg de MS.

✓ Le Nickel

31 mg/Kg de MS, en moyenne ont été relevé dans nos échantillons, ce qui est inférieur à la norme.

✓ Le cuivre

Nos échantillons de boues ne contiennent que 105 mg/Kg de MS, inférieur à la norme **AFNOR**.

D'après les résultats obtenues, les boues étudiées ne présentent aucune menace ou une réelle toxicité liée à la présence de métaux lourds

Discussion des résultats

Les boues de stations d'épuration (STEP) ne renferment pas seulement des éléments fertilisants (azote, phosphore) et de la matière organique intéressants en fertilisation. Ils contiennent aussi des microorganismes pathogènes et des micropolluants tel que les métaux lourds et les hydrocarbures, car ils sont potentiellement dangereux pour l'homme, les animaux ou l'environnement.

L'évaluation du danger potentiel de l'épandage agricole des boues est difficile.- d'une part parce que ces agents pathogènes sont très variés, souvent difficiles à identifier et à dénombrer dans ce milieu très particulier que représentent les boues de STEP

. En effet, s'il est possible de définir une dose minimale infectante (DMI) pour l'homme ou l'animal, de leur alimentation. De plus, la viabilité et la virulence des agents pathogènes peuvent être sensiblement altérées par les conditions de traitement des boues.

Toutefois, l'hygiénisation des boues, c'est à dire le traitement permettant de "réduire à un niveau non détectable les agents pathogènes présents".

Cette hygiénisation peut se faire par action de la chaux (chaulage), par séchage ou compostage thermique.

Les risques associés aux métaux lourds dépendent de la capacité d'absorption des végétaux, qui conditionne la contamination de la chaîne alimentaire et de la forme chimique sous laquelle il est présent dans le sol. Certains sels métalliques comme par exemple les sulfures, correspondent à une immobilisation de l'élément qui ne sera pas absorbé par les racines; d'autres sels sont au contraire bien hydrosolubles et davantage biodisponibles pour la plante.

La spéciation dépend du type de traitement qu'a subi la boue, ainsi que des caractéristiques du sol : teneur en matière organique, pH, potentiel rédox ... Ainsi, l'acidité augmente en général la biodisponibilité du métal.

Conclusion générale

Les risques de contamination de la chaîne alimentaire ne sont pas les seuls à surveiller. Il est important de considérer les risques et le danger de contamination des ressources en eau.

Les effets potentiels des polluants issus des boues de la STEP sur "l'écosystème sol" nécessite des tests de laboratoire afin d'évaluer l'effet toxique sur certaines espèces témoins telles que les ver de terre. Cependant cet aspect mériterait de faire l'objet de recherches plus approfondies, en particulier concernant la microflore et la microfaune du sol.

La valorisation agricole des boues de station d'épuration dans le strict respect des conditions réglementaires, représente une solution intéressante en matière de fertilisation et de recyclage des déchets. il est souhaitable cependant qu'elle soit accompagnée d'études complémentaires sur le terrain, afin de vérifier d'une part que les valeurs maximales fixées garantissent effectivement la sécurité alimentaire, d'autre part que l'épandage n'a pas impact négatif sur la fertilité des sols.



Conclusion

CONCLUSION

Compte tenu du volume d'eaux usées que produisent nos agglomérations et tous les risques épidémiologiques qu'elles peuvent engendrer, de part leurs composition en éléments pathogènes et leur nuisances, qu'elles soient olfactives visuelle ou sanitaire, il est plus que nécessaire de réagir pour diminuer les risque de pollutions qui y sont liées.

Pour le traitement des eaux, les méthodes et moyens existent tels que les stations d'épuration qui rejettent dans les lits des cours d'eau une eau épurée à 95% après traitement, mais ce traitement génère des résidus qui sont les boues. Celles-ci peuvent être source de pollution et posent des problèmes de stockage et de pollution des sols.

L'absence d'air de stockage adéquate, et le risque de pollution des sols nous poussent vers la voie d'élimination de ces déchets quand c'est possible et réalisable. L'incinération des boues comme voie d'élimination de ces dernières reste très onéreuse en l'absence d'infrastructure adéquate tel que les incinérateurs, aussi il ya le risque de pollution atmosphérique qui peut en résulter.

Dans l'optique d'un développement durable, il est souhaitable d'opter pour une revalorisation de ces boues en agriculture. Vu que les boues résiduaires possèdent une valeur agronomique liée à leur richesse en matière organiques, en éléments fertilisant (N.P) et oligo-éléments.

La valorisation agricole des boues résiduaires peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique de carbone, d'azote, et de phosphore pour la protection de l'environnement, et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique du à l'incinération ou l'enfouissement dans les décharger.

La connaissance de la composition physico-chimique des boues résiduaires est impérative pour l'estimation de leurs valeurs agronomiques et leurs contraintes d'utilisation. Cette composition varie surtout en fonction de l'origine et du traitement des boues. En effet de nombreux auteurs affirment que les boues, selon leur mode d'utilisation, peuvent se substituer en partie à la fertilisation minérale, tout en améliorant les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols.



Bibliographie

- ADEME (2001)**. les boues d'épuration municipale et leurs utilisation en agriculture, Dossier documentaire ,3(1)Ademe , Angers..
- ADEME (2005)**.Contamination des sols Transferts vers les plantes édition, 10-33p.
- ANONYME** .La fertilisation .Fédération nationale de l'industrie des engrais.6 ème édition.84p.1988.
- ANONYME**. Valorisation agricole des boues des stations d'épuration urbaines ;Publication N023.A.N.R.E.D.Angers(France).1988.
- BOUZIANI M (2000)**. L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun Oran. 117p.
- BAUMONT S (2000)**. Réutilisation des eaux usées épurées risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Inst. d'Aménagement et d'Urbanisme de la région Ile-de-France. L'ORS Ile-de-France. Observatoire régional de santé d'Ile-de-France. École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT). 222p.
- BECHAC J (1987)**. Traitement des eaux usées (2ème édition).Edition. Eryolles
- BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONIE A, (2004)**.Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- Centre d'information sur l'eau (2000)**.Réglementation des eaux usées (brochure) traitement des eaux usées (brochure).
- DESJARDINS R (1997)**. Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique.
- **DAGOT CH LAURENT J (2014)**. Module d'enseignement ASTEP, Version 1.0, 88p.
- DEGREMENT (1978)**.Mémento technique de l'eau, 1236p, 8ème edition , relié.
- DEGREEMENT (1989)**. Mémento technique de l'eau ,9ème édition, 119-130p.
- DAYEGAMIYE A DRAPEAU S HUARD Y (2004)**. Thibeault , Intégration de boues mixtrs et de fumiers dans dans des ro tations agricoles , Réponse des cultures et interactions avec les propriétés du sol .83p
- EDLINE F (1979)**. L'épuration biologique des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, Paris, 306p
- FABY J A , BRISSAUD F (1997)** . L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation,Office international de l'eau,76p.
- FATMA.DROUCHE (2004)**. Contribution à l'étude des boues résiduaire comme amendement organique pour les cultures maraichères, magistère, Université d'Oran .
- FAOUZI BEN REBAH (2001)** utilisation des boues d'épuration comme milieu de culture pour la Production d'inoculant à base de rhizobium, Thèse de doctorant en Sciences de l'eau,Université du Québec INRS-Eau..

- HARZALLAH B(2011).** Etude de la biodégradation du 2,5-diméthylphénol par le micro-biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'IBN ZIAD. Mémoire. Magister. Microbiologie Appliquée. Université. Mentouri Constantine. 102p
- GALAF F, GHANNA M. (2003).** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site Web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur d'état.
- KECK G, VERNUS E. (2000).** Déchets et risques pour la santé, Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2450p.
- LAKHDARI BOUAZZA (2011)** .effet de la coagulation –floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, mémoire de magister en chimie, Université de Tlemcen , 106p.
- MAYET J (1994).** La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, , 2ème Edition, Paris ,382p
- MARTIN G. (1979).** le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris, 279p.
- METAHRI Mohammed Saïd (2012).** Elimination simultanée de la pollution azoté et phosphatée des eaux usées traité, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou172p.
- Manuel D'épuration** et entretien de la station d'épuration des eaux usées, SOUR EL GHOZLANE, Bouira, Algérie
- Mohammed Saïd.Metahri (2012)** .élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte.cas de la station de la ville de Tizi-Ouzou, thèse de doctorat en agronomies, université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- NADIA. RAMDANI (2007)** , Contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaires,Effet sur la fertilité d'un sol sableux ,Mémoires de magistère en science de l'environnement et climatologie , université d'Oran .
- ONA (2009).**station d'épuration des eaux usées de SOUR EL GHOZLANE .
- PAUL JEAN, BEADRY. (1992).** chimie des eaux le griffen d'argile.
- RODIER J . (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.
- RAKREK ZAKARIA (2013).** la station d'épuration de Chlef performances épuratoires et rendements, Master Hydraulique, Université de Tlemcen,.
- RICHARD ALAIN RODIER (1984)** . Analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer..

Référence bibliographie

- REMY ALBRECHT (2007).**Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts :Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique, Thèse de doctorant en Science de l'Environnement, université Paul Cézanne Aix-Marseille,France.
- SOUMIA.AMIR (2005).** contribution à la valorisation des boues de station d'épuration par Compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du Compost, Thèse de doctorant en science Agronomie l'institut national polytechnique de Toulouse, France.
- SABRINA ATI (2010) .**Etude de l'effet des boues résiduelles sur le sol cultivé :Dynamique du phosphore et son utilisation en zone semi –aride, mémoire de magistère en science agronomique ,Université El Hadj Lakhdar .Batna .
- SEBASTIEN RENO(2006).** Analyse de cycle de vie appliquées aux systèmes de traitement des eaux usées Thèse de doctorant en Génie des procédés, Institut national polytechnique de lorraine,.
- STEP (2005).** Réalisation de la station d'épuration des eaux usées de la ville de soue El Ghoulane.
- SIDI MOHAMED.TELLI (2013).**Etude sur la valorisation par séchage solaire des boues d'épuration des Eaux urbaines-cas de la station d'office National d'assainissement (ONA)-Tlemcen, Mémoire du Master, Génie énergétique et environnement, Université de Tlemcen.
- WERTHER J OGADA T (1999).** Sewage sludge combustion .Progress in Energy and Combustion Science, 25:55-116.
- ZOULEIKHA Gurfi (2012) ,** Impact de l'utilisation des boues résiduelles sur les propriétés Physico-chimique du sol de haute vallée de la Medjerda wilaya de Souk Ahras, Mémoire Magistère en écologie et environnement, Université Badji –Mokhtar Annaba ,.



annexes

Tableau 01 : les normes de rejet

Paramètres	Normes	Unités
T°	30	C°
PH	6.5-8.5	
DBO₅	30	Mg d'O ₂ /l
DCO	90	Mg d'O ₂ /l
MES	30	Mg/l
Phosphates	02	Mg/l
Azote total	50	Mg/l
Hydrocarbures	10	Mg/l
Huiles et graisses	20	Mg/l
Détergent	01	Mg/l
Zinc	02	Mg/l
Chrome	0.10	Mg/l

2- les appareils existants dans laboratoire



Balance électrique.



Spectrophotomètre.



Four à moufle 550°C.



Réacteur DCO.



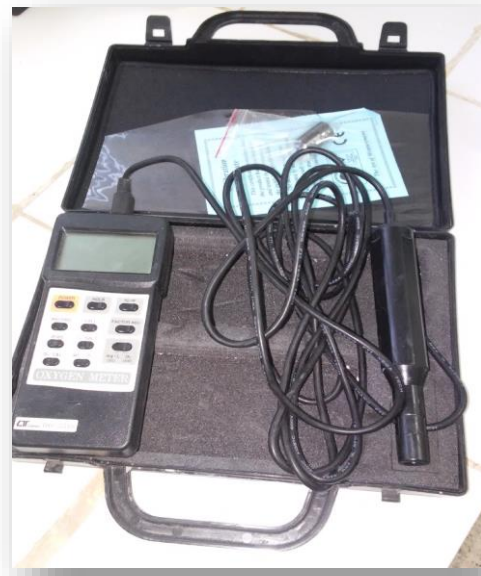
Réfrigérant



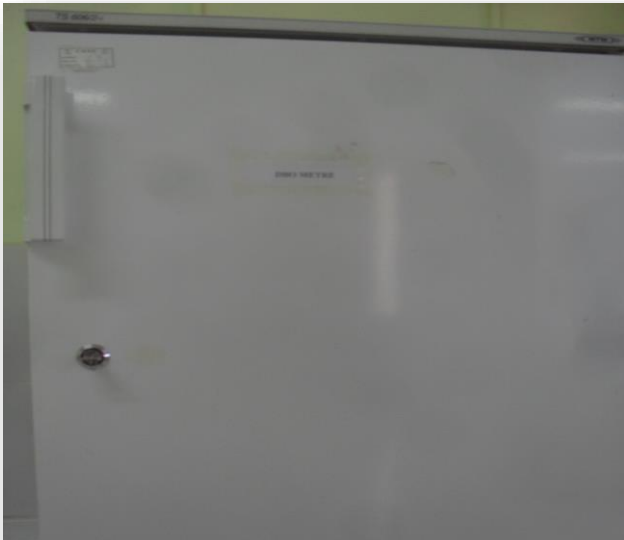
Centrifugeuse.



Distillateur.



Oxymétrie Portatif.



Le DBO mètre.



Dissecteur



Microscope Binoculaire

Résumé

Les eaux usées traitées et brutes sont continuellement évacuées des centres urbains et largement réutilisées en irrigation agricole, en particulier, là où les sols sont déficitaires en matière organique et les ressources en eau sont limitées. Le traitement des eaux usées s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeables. Ces eaux usées brutes et boues résiduelles sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale, et ce, en particulier dans les pays en développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires concomitants. Lorsqu'elles sont traitées, les eaux usées et les boues constituent une source hydrique d'irrigation non négligeable, d'éléments fertilisants et d'amélioration des propriétés du sol. Cependant cet aspect mériterait de faire l'objet de recherches plus approfondies, en particulier concernant la microflore et la microfaune du sol.

Mots clés : eau usée, boues, station d'épuration, valorisation

Abstract

Treated and untreated sewage is continually evacuated from urban centers and widely reused in agricultural irrigation, especially where soil is deficient in organic matter and water resources are limited. The treatment of wastewater is accompanied by the production of significant quantities of sludge. These raw sewage sludge and wastewater sludge are the source of various sources of environmental pollution, particularly in developing countries with less concern and less awareness of concomitant health risks. When treated, wastewater and sludge are a significant source of irrigation water, fertilizer and improved soil properties. However, this aspect deserves further research, in particular concerning microflora and soil microfauna.

Key words: wastewater, sludge, wastewater treatment plant, valorisation

ملخص

تتم إزالة مياه الصرف الصحي المعالجة والمواد الخام بشكل مستمر من المراكز الحضرية وإعادة استخدامها على نطاق واسع في مجال الري الزراعي، وخصوصاً حيث التربة تعاني من نقص في المواد العضوية والموارد المائية المحدودة. ويرافق معالجة مياه الصرف الصحي عن طريق إنتاج كميات الحمأة كبيرة. هذه مياه الصرف الصحي والحمأة هي مصدر من المصادر المختلفة من التلوث البيئي، وخاصة في البلدان النامية أقل قلقاً وأقل وعياً من المخاطر الصحية المصاحبة. عندما المجهزة، وحمأة مياه الصرف الصحي والمياه هي مصدر كبير من الري والمغذيات وتحسين خواص التربة. ولكن هذا الجانب يستحق أن يكون موضوع إجراء مزيد من البحوث، وخاصة على النباتات والحيوانات الصغيرة من التربة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، حمأة، محطة التصفية، التثمين