



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et environnement

### THEME

*Contribution à l'étude des boues de la station  
d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla*

Présenté par :

*M<sup>elle</sup> BAAISSA Fatima*

*M<sup>elle</sup> BELMEKKI Zohra*

*M<sup>elle</sup> BEN AISSA Hana*

**Devant le jury composé de :**

**Présidente :** Mme BOUKHTACHE Naoual

M.C.B Université d'El Oued

**Examineur :** M HADDAD Larbi

M.C.A Université d'El Oued

**Promotrice :** Melle MERABET Soumia

M.A.A Université d'El Oued

**Année universitaire : 2021/2022**





الله أكبر



## Remerciements

Au terme de cette étude, nous remercions avant tout, Dieu tout-puissant de nos avoirs année de formation et nous avoir permis la réalisation de ce présent travail.

En premier lieu, nous remercions a notre promoteur de mémoire ; **M<sup>elle</sup> MERABET Soumia**, Maître-Assistant A à université Echahid Hamma Lakhdar El Oued et pour leur aide, encouragements et diriger ce travail qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect.

Nous remercions vivement les membres du jury pour avoir accepté de juger du notre travail de mémoire :

. **Mme. BOUKHTACHE Naoual** Maitre Conférence B pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury.

. **Mr. HADDAD Larbi** Maitre Conférence A qui a bien voulu faire part de jury pour examiner ce travail.

Nous n'oublions pas de remercier le directeur de l'entreprise nationale de sel (ENASEL)- El Meghaier en particulier le chef du laboratoire **M. NASSIR Hisham**, **Mme LABOUZ A** responsable du laboratoire microbiologique de l'institution hospitalière DABBAKH Mohamed-El Meghaier, les employés de la direction de l'environnement de la wilaya d'El Oued en particulier Mme Samira et le directeur de la STEP de Ouargla monsieur **CHETTOUH Abd Alsalam** et son adjoint pour leurs aides à travail au champ et son soutien.

Nous tenons aussi à adresser notre remerciement à toute l'équipe du laboratoire d'écologie- **FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**, Université Echahid Hamma Lakhdar-El Oued.

Les derniers remerciements vont à tous ceux que j'ai côtoyés, de près ou de loin, et qui m'ont soutenu tout au long de ces études.



## *Dédicace*

Je tiens avant tout à remercier le dieu tout puissant qui ma donné beaucoup de courage et de volonté pour que je puisse arriver à finir ce modeste travail.

Je dédie ce travail à mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et le Prières tout au long de mes études, symbole de courage de don et de volonté.

A mes cherès sœurs ***Buthaina*** et ***Sabra*** et sa fille ***Ruwaida*** que dieu les protège et les grades.

A mes frères ***Moataz badin Allah***, ***Aïssa*** et ***Ibrahim*** sa femme et leurs fils ***Mohamed yazid*** et ***Amani***.

A ma chère tante et ma deuxième mère ***Turqya*** que dieu la protège pour moi et ses enfants.

Amon compagnon de route ***Elwazna*** et ma chère amie ***Donya***.

A mes collègues ***Fatima*** et ***Hana***... merci pour tous vos effort.

A toute ma famille, à mes collègues et amis, à tous mes proches.

***Zohra***



## *Dédicace*

Je tiens avant tout à remercier le dieu tout puissant qui ma donné beaucoup de volonté et de patience pour que je puisse arriver à finir ce travail.

je dédier ce modeste travail :

A mes très chers parents ***Mohamed*** et ***Dalila*** j'espère que constituée une légère compensation pour tous les nobles sacrifices ... merci pour votre confiance et votre amour.

A mes frères ***Youcef, Mourad, Younce*** et ***Mohy Eddin***... merci pour votre soutien constant.

A mon ancle **Ahmed Hadjaidji** et sa femme ... merci pour votre aide et votre soutien tout au long de ce mémoire.

A mes collègues ***Zohra et Fatima*** ...merci pour tous vos efforts.

A toute ma famille, à mes collègues et amis, à tous mes proches.

***Hana***

## *Dédicace*

Tout d'abord, je remercie dieu de m'avoir donné la force, le courage, la santé et de marche  
Sur chemin de la connaissance, et deuxièmement à mes parents et tous ceux qui m'ont soutenu.  
chère père, toi la cape de la production, la brave de sur temps, toi qui couvert d'éthique et de  
politesses

que dieu te couvert sur terre et dans l'au-delà.

Maman, toi le battement de mon âme, la grandeur et l'authenticité de ton temps, tu étais pour  
nous la

couverts dans cet univers.

A mes frères quoi que j'écrive, mes sentiments sont plus fort.

Mes sœurs **RADJA, SARRA, KAWTHER**, tes uns parti de mon cœur, que dieu t'assiste et tes  
Protège pour moi.

Mes frère **MABROUKE, MOHAMED AL AMINE, EL MEOUTAZ BILAHE** que dieu la  
Et tes protège pour moi.

A mes **KAWTHER** j'ai trouvé toi sœur d'une autre mère qu'die présente pour mai et mon frère  
**YOUSFFE.**

**Hadil** et **Zohra** mon amour, que dieu protège pour mai.

Ma camarade **HANA** merci pour tout.

En fin, j'offre mes salutations au reste de la famille, les proches.

Mes grands-parents, mes tout, mes oncles et parce que je suis les petit-enfant : **BOUBEKUR  
SIDIK, MOHAMED LAID, ABD AL MOUAINE, ABD AL HAAI AL QAYOUM,  
ASINATE, FAIZA CHMSE AL ASILE.** Et me frère maris **ABD AL HAKE, MOULODE,  
ZOHRA, DJAMILA.**

*Fatima*





Titres	Page
Sommaire	I
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	V
Liste des abréviations	VI
Introduction générale	01
<b>Partie théorique</b>	
<b>Chapitre 01 : Boues d'épuration des eaux usées</b>	
1. Epuration des eaux usées	03
1.1. Définitions	03
1.2. Origine des eaux usées	03
1.3. Composition des eaux usées	04
1.5. Les différentes étapes d'épuration des eaux usées	04
1.5.1. Traitement préliminaire (prétraitement)	04
1.5.2. Traitement primaire	04
1.5.3. Traitement secondaire	05
1.6. Stations d'épuration d'eaux usées urbaines en Algérie	05
2. Gestion des boues :	
2.1. Définition des boues	08
2.2. Différents types des boues	08
2.3. Composition des boues résiduares	10
2.4. Caractéristiques des boues résiduares	10

2.5. Quantité de boue produite	12
2.6. Les objectifs du traitement des boues	13
2.7. Les phases de traitement	13
2.8. Destination finale des boues et contraintes afférentes	17
2.9. Valorisation agricole	18
2.10. Valorisation énergétique	19
2.11. Utilisation du biogaz	20
2.12. Gestion des boues en Algérie	21
<b>Chapitre 02 : 1. Station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Ouargla</b>	
1. Présentation de la ville d'Ouargla	24
2. Présentation de la station d'épuration	26
3. L'objectif du traitement de la station	27
4. Fonctionnement de la station d'épuration	30
5. L'objectif de la mise en place d'une station d'épuration pour la ville d'Ouargla	31
<b>Partie pratique</b>	
<b>Chapitre 01 : Matériel &amp; Méthodes</b>	
1. La boue étudiée	34
1.1. Origine	34
1.2. Prélèvement	34
1.3. Description	35
2. Caractérisation de la boue étudiée	36
2.1. Préparation de l'échantillon	36
2.2. Analyses physiques	36
2.2.1. Détermination de la siccité	36
2.2.2. Détermination du pourcentage de la matière volatile en suspension (MVS %).	38

2.2.2.1. Matière en suspension	38
2.3. Analyses chimiques	40
2.3.1. Potentiel d'hydrogène	40
2.3.2. Conductivité électrique	41
2.3.3. Eléments fertilisants N, P, K, Mg	41
2.4. Analyses microbiologiques	43
2.4.1. Analyses bactériologiques	43
2.4.1.1. Recherches de coliformes totaux et fécaux	43
2.4.1.2. Recherches et dénombrement de streptocoques fécaux	46
<b>Chapitre 02 : Résultats et discussions</b>	
1. Qualité physico-chimique	49
1.1. Siccité.	49
1.2. Matière volatile en suspension (MVS)	50
1.3. pH, Conductivité électrique	51
1.4. Les éléments fertilisants	52
2. Qualité microbiologique	53
Conclusion	57
Annexes	59
Références bibliographiques	65

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>page</b>
<b>Partie théorique</b>	
<b>Chapitre 01</b>	
Figure 01: Boue d'épuration des eaux usées	08
Figure 02 : Schéma de principe de fonctionnement d'un épaisseur gravitaire	14
Figure 03 : Schéma de principe du séchage des boues	16
<b>Chapitre 02</b>	
Figure 04 : Localisation géographique de la ville d'Ouargla	24
Figure 05 : Digramme ombrothermique de la région d'Ouargla (1990-2004)	25
Figure 06 : Climagramme d'Emberger pour la région d'Ouargla (1990-2004)	26
Figure 07 : Localisation géographique de la station d'épuration d'Ouargla	27
Figure 08 : Station d'épuration d'Ouargla	28
Figure 09 : Etapes de traitement des eaux usées dans la station d'épuration d'Ouargla	29
Figure 10 : Schéma du principe de fonctionnement de système d'épuration des eaux usées par lagunage aéré dans la STEP de Ouargla	31
<b>Partie pratique</b>	
<b>Chapitre 01</b>	
Figure 11 : Lit de séchage des boues	35
Figure 12 : Echantillon de boue prélevé du bassin de séchage	35
Figure 13 : Four à moufle	37
Figure 14 : pH-mètre	41
Figure 15 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	45
Figure 16 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	47
<b>Chapitre 02</b>	
Figure 17 : La siccité.	49
Figure 18 : La matière volatile en suspension.	50
Figure 19 : Recherche des coliformes totaux.	54
Figure 20 : Présence des coliformes totaux.	54
Figure 21 : Recherche des coliformes fécaux.	55
Figure 22 : Absence des coliformes fécaux (Escherichia coli)	55
Figure 23 : Recherche des streptocoques fécaux.	55
Figure 24 : Absence des streptocoques fécaux.	55



## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>page</b>
<b>Chapitre 01</b>	
Tableau 01 : composition des boues résiduaires	10
<b>Chapitre 03</b>	
Tableau 02 : pH, salinité conductivité électrique	51
Tableau 03 : les éléments fertilisants	52
Tableau 04 : coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux.	53

## Liste des abréviations

**BCPL** : Bouillon lactose au Pourpre de Bromocresol.

**CET** : Centre d'Enfouissement Technique.

**D/C** : Double Concentration.

**DBO** : Demande Biochimique en Oxygène.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**EDS** : Eau Distillée Stérile.

**Eq/habitant**: Equivalent par habitant

**K** : Potassium.

**ME** : Ministère de l'Environnement

**MVS** : Matière Volatiles en Suspension.

**NPP** : Nombre le Plus Probable.

**ONA** : Office National de l'Assainissement

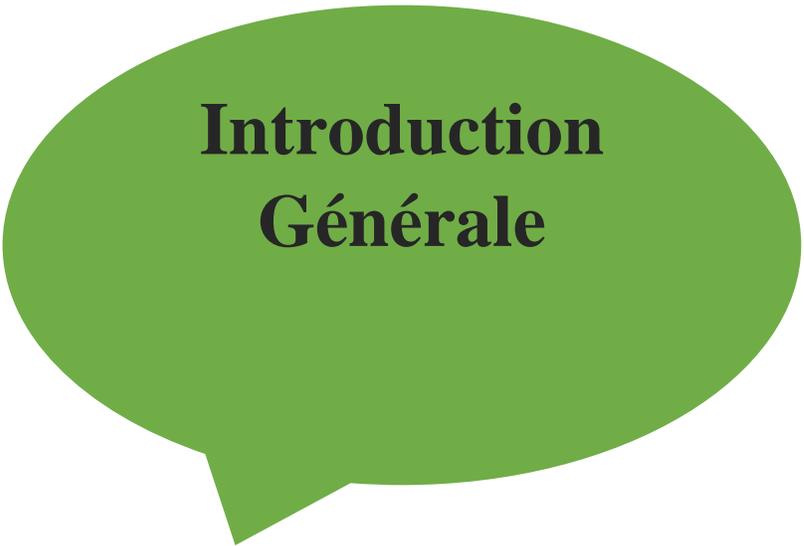
**ONS** : Organisation Nationale de Santé

**RN** : Route Nationale

**S/C** : Simple Concentration.

**SF** : Streptocoques Fécaux.

**STEP** : Station Technique d'épuration ponctuelle.



**Introduction  
Générale**

# Introduction

---



L'homme rejette beaucoup des déchets sous forme solide, liquide ou gazeuse. Par ailleurs l'industrialisation galopante, l'élévation du niveau de vie, les déficits pluviométriques enregistrés au cours de la dernière décennie, la demande en eau de qualité qui est de plus en plus grande, fait que les rejets d'eaux augmentent aussi.

Les eaux usées issues des diverses activités urbaines ne peuvent être rejetées telles quelles dans l'environnement, car elles contiennent divers polluants organiques et minéraux. L'Algérie a consenti un effort considérable en matière de traitement des eaux usées ; il existe actuellement plus d'une centaine de station d'épuration (I. N. R. A, 1980).

Par conséquent, ces dernières (eaux usées) doivent être traitées avant d'être rejetées dans l'environnement, ce qui conduit à la production des boues, au niveau national, les boues obtenues sont estimées au moins d'un million de tonnes pour an (BENABDELI K, 1999).

Les boues sont l'un des sous-produits les plus importants résultant du traitement des eaux usées, et augmentent d'année en année en raison de la population et donc du nombre des stations d'épuration dans le monde (ABD AL-WAHED Al-HALLAQ Z, 2019).

Actuellement, la pensée du devenir des boues en Algérie est devenue une importance primordiale pour le secteur économique. Par conséquent, une valorisation des boues dans le domaine agricole s'avère une nécessité dans le cadre d'une contribution à la valorisation des boues (AIT HAMOU R et BOULAHBAL O, 1998), à partir de ce contexte nous essaierons d'évaluer la qualité des boues restantes des eaux usées de la ville d'Ouargla afin de l'utiliser comme engrais.

Notre mémoire est structuré en deux parties :

- La première présente des informations bibliographiques divisées en deux chapitres : le premier qui comprend des renseignements généraux sur les eaux usées et les boues d'épuration, tandis

## **Introduction**

---

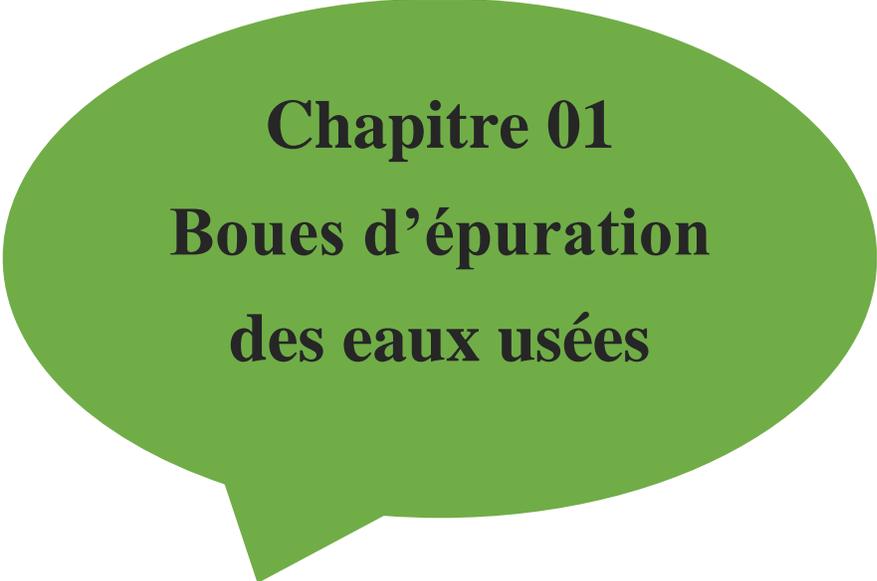
que le deuxième chapitre comprend l'identification de la zone d'étude et la présentation de la station d'épuration des eaux usées de Ouargla.

- La deuxième partie contient un chapitre consacré aux méthodes adoptées et à la mise en œuvre du protocole expérimental, suivi d'un chapitre qui est réservé à la présentation des résultats, de leurs interprétations et leurs discussions.

La fin de ce manuscrit est terminée par une conclusion générale qui fait ressortir l'essentiel des aboutissements de cette étude.



**Partie théorique**



**Chapitre 01**  
**Boues d'épuration**  
**des eaux usées**

## Chapitre 01 : Boues d'épuration des eaux usées

### 1. Epuration des eaux usées :

#### 1.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont tous les eaux qui parvenant dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles ont été transformées par les utilisations domestiques, industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluies qui s'écoulent dans ces canalisations (TANDJIR L, 2011).

#### 1.2. Origine et les types des eaux usées

Suivant les diverses substances polluantes que contiennent les eaux ; on distingue quatre (04) catégories d'eaux usées :

- **Eaux usées domestiques :** Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Ce sont essentiellement, les eaux de cuisine contenant des éléments minéraux, des débris végétaux et animaux, des graisses et des détergents ; les eaux de salle de bain de buanderie riches en savons et des détergents en quantité substantielle et enfin les eaux de vanes composées en matières hydrocarbonées, azote, phosphore et qui sont également la sont la source de microorganismes.
- **Eaux usées industrielles :** ce sont toutes les eaux usées provenant de locaux utilisés à des fins commerciales ou industrielles.

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leur composition est liée au type d'industrie implantée, dont la pollution est parfois très importante. Elle peut être organique, minérale ou toxique selon l'activité de l'industrie.

- **Eaux de ruissellement :** les eaux de ruissellement comprennent les eaux de pluie, les eaux de lavage et les eaux de drainage. Ces eaux sont polluées par les matières qu'elles entraînent, en provenance des trottoirs et chaussées (mazout,

bitume, etc...). Elles contiennent également les métaux lourds ; Zinc, Plomb et le Cuivre.

- **Eaux usées agricoles** : sont des eaux polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Elles sont très riches en matières azotées ou phosphatées qui proviennent de l'utilisation d'engrais organiques ou minéraux pour la fertilisation des terres (BEHRA P, 2013).

### 1.3. Composition des eaux usées

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de composition. Elles peuvent contenir en concentration variables :

- Des matières en suspension plus au moins facilement décantables ou coagulables.
- Des matières colloïdales ou émulsionnées : argiles, microorganismes, macromolécules hydrophobes (organique huiles, graisses hydrocarbures, etc...).
- Des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous.
- Des microorganismes végétaux (algues, plancton, ...) ou animaux (protozoaires, bactéries...) (RODIER J, 2009).

### 1.4. Les différentes étapes d'épuration des eaux usées

**1.4.1. Traitement préliminaire (prétraitement)** : pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage). Ce sont de simples étapes de séparation physique, ils génèrent beaucoup de déchet.

**1.4.2. Traitement primaire** : le traitement primaire consiste en une circulation lente de l'eau usée dans de grands bassins circulaires afin de laisser le temps aux matières en suspension de précipiter dans le fond du réceptacle, on fait appel à des procédés physiques (décantation) et des procédés physico-chimiques (la coagulation-floculation).

**1.4.3. Traitement secondaire :** il utilise des méthodes biologiques comme les bactéries qui oxydent la matière organique, et finalement les bactéries, les virus et la matière organique sont éliminées (AMIN KATOUT S, 2008).

## **1.5. Épuration des eaux usées urbaines en Algérie**

La croissance démographique que le pays a connue ces dernières années des effets positifs comme négatifs pour l'environnement en fait, la pollution peut être la principale cause des pénuries d'eau dans un pays semi-aride comme le nôtre, d'où la nécessité de protéger les ressources en eau. Le traitement des eaux usées est donc un processus inévitable nécessaire pour protéger contre le risque de pollution par les eaux usées d'une part et d'autre part, la conservation des ressources en eau. En 1999, il y avait 12 stations d'épuration en Algérie d'une capacité de plus de 90 millions de m<sup>3</sup>/an.

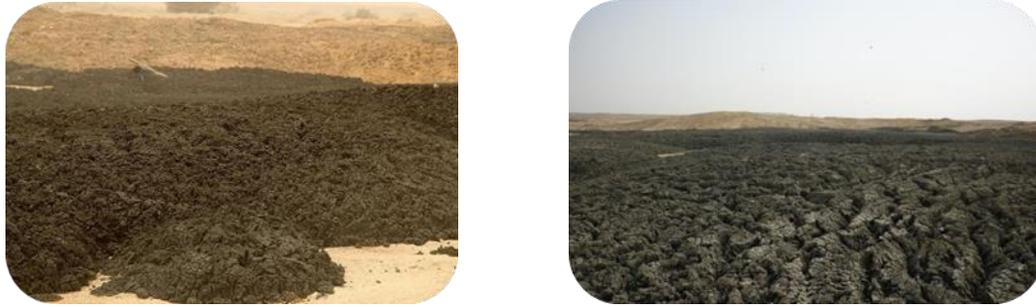
Actuellement, l'Algérie en 2018 compte 177 stations de désinfection d'une capacité de 13791687m<sup>3</sup> équivalente à la population de 805 millions de m<sup>3</sup>/an, dont 48 ont une capacité de 6 millions d'équivalents à la population des grandes villes côtières comme l'Algérie, Oran, Jijel, et Boumerdes...etc.

En plus des stations pratiques, le secteur des ressources en eau compte 69 stations de désinfection en cours d'achèvement avec une capacité estimée à 6 millions d'équivalents à la population, soit 244 millions de m<sup>3</sup>/an, une fois achevées les perspectives pour les usines de désinfection 2020 atteindront plus de 270 unités estimées à environ 1300 millions de m<sup>3</sup>/an (ME, 2018).

## **2. Gestion des boues**

### **2.1. Définition des boues**

Ce sont des matières solides en suspension qu'ils soient organiques ou inorganiques dans les eaux usées qui se déposent dans les bassins de sédimentation des stations d'épuration (Figure 01) (SHEPU, 2015).



**Figure 01** : boues d'épuration des eaux usées (RCFRC, 2017).

## 2.2. Différents types de boues

Les boues résiduelles et d'épurations sont classées en fonction de la nature du traitement épuratoire qu'elles subissent.

**2.2.1. Les boues primaires :** sont issues d'un traitement des effluents par décantation des eaux usées. Ces eaux transitent en effet par un bassin de décantation pour extraire les matières les plus lourdes. Ces dépôts récupérés au fond du bassin présentent une concentration élevée en matières minérales et inorganiques ces dernières continuent ensuite leur parcours d'épuration vers les bassins d'aération.

**2.2.2. Les boues physico-chimiques :** ce sont les boues pour lesquelles on utilise un réactif pour éliminer les matières organiques qui n'ont pas pu être neutralisées lors du traitement primaire.

**2.2.3. Les boues biologiques :** les boues biologiques sont issues d'un traitement bactérien qui consiste en une oxygénation intense du milieu par des aérateurs ou des surpresseurs. Ces boues sont principalement constituées de déchets, de microorganismes aérobies et sont riches en matières organiques.

**2.2.4. Les boues mixtes :** les boues mixtes sont constituées d'un mélange de boues primaires et de boues secondaires (les boues physico-chimiques).

**2.2.5. Les boues d'aération prolongée :** A la différence des boues biologiques qui succèdent à un traitement de décantation primaire, les boues d'aération prolongées ne passent pas par un traitement de décantation mais proviennent directement de matières polluantes aérées de

manière intensive. Les boues d'aération prolongée sont très peu concentrées et contiennent moins de matières organiques que les boues biologiques. Elles sont moins donc susceptibles de produire des odeurs (MACE M, 2022).

### 2.3. Composition des boues résiduaires

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration. Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (matière organique éléments fertilisants, éléments traces métalliques, éléments traces organiques et agents pathogènes) (Tableau 01) (AITAYNE K ET DOUNLA S, 2009).

**Tableau 01** : composition des boues résiduaires (AITAYNE K ET DOUNLA S, 2009).

<b>Composition des boues résiduaires</b>				
<b>Matière organique</b>	<b>Eléments fertilisants</b>	<b>Eléments indésirables</b>		
Lipides protéines, Acides aminés, Produits de métabolisation, Crops microbiens	Azote, phosphore, magnésium, calcium, soufre, potassium, cuivre, zinc, chrome, nickel.	Des métaux qui peuvent devenir très toxiques arrivées à certains seuils	Les micro-organismes pathogènes : virus, bactéries, protozoaires, parasites, champignons, présents dans les matières fécales	Les micropolluants organiques : Pesticides, résides de médicaments, phtalates, nitrates, hydrocarbures...

## 2.4. Caractéristiques des boues résiduares

### 2.4.1. Caractéristiques physico-chimiques

#### 2.4.1.1. Caractéristiques physiques

Les boues sont caractérisées par un certain nombre de critères définissant leur composition Physiques qui est :

La consistance, Liquidité, plasticité, friabilité, adhérence, comportement sous agitation (REJESK F, 2002).

#### 2.4.1.2. Caractéristiques chimiques

Il s'agit des caractéristiques générales de la partie solide et de la partie liquide d'une boue.

Pour la phase solide, on peut caractériser :

- \_ La concentration en matières sèches (MS) en  $g.l^{-1}$
- La teneur en matières volatiles (MV) en % des MS
- \_ La teneur en matières minérales (MM) en % des MS
- \_ L'état de surface de la matière solide caractérisé par la mesure du potentiel zêta.

Toutefois, d'autres composants doivent être quantifiés pour choisir la destination finale des boues. C'est notamment le cas de l'azote et du phosphore, tous deux valorisables en agriculture, mais aussi des métaux tels que cadmium, cuivre, nickel, plomb, zinc, mercure, du fait de leur toxicité. La réglementation, par la norme NF U 44041 du 15 juillet 1985, fixe des concentrations limites à ne pas dépasser dans les boues destinées à la valorisation agricole.

Pour la phase liquide, il est intéressant de mesurer :

- \_ Le pH, l'alcalinité
- \_ La DCO et la DBO<sub>5</sub> pour apprécier la pollution organique
- \_ La teneur en acide volatils et en sulfures pour des processus de stabilisation anaérobie des boues (REJESK F, 2002).

### 2.4.2. Caractéristiques biologiques

Les eaux usées contiennent une flore et une faune variée qu'on retrouve en partie dans la boue. Le traitement biologique des eaux usées en modifie la composition biologique par la multiplication de certaines espèces au dépend d'autres.

- Les bactéries : on dénombre de très nombreux types de bactéries dans les boues, une partie de celle-ci est d'origine fécale et certaines proviennent de porteurs de germe, elles peuvent donc être pathogènes. On peut les classer en quatre classes.

- \_ Aérobies strictes qui ne développe qu'en présence d'air, elles sont nombreuses dans les boues activées.

- \_ Aérobies facultatives qui peut se développer en anaérobiose par consommation de l'oxygène contenue dans la matière organique (exemple aéromonas).

- \_ Anaérobie facultatives qui peuvent supporter la présence de l'air mais ne se développent que grâce à des processus anaérobies (exemple lactobacillus).

- \_ Anaérobie stricte dont le développement ne s'effectue qu'en anaérobiose (exemple : clostridium).

- Les virus : on trouve des entérovirus, des adénovirus, et des ré virus absorbés sur les matières organiques solides des boues dans une proportion non négligeable sur environ 30% des échantillons de boues, leur élimination n'est pas facile à mener à bien mais selon l'utilisation ultérieure des boues, il faut s'en préoccuper.

- Les parasites : on trouve de très nombreux parasites dans les boues d'origines fécale ou tellurique. Ce sont des œufs d'ascaris ou de trichocéphales, de ténia, ou des formes enkystées de gardai ou trichomonas, leur élimination est d'autant plus difficile que ces parasites prennent une forme végétative dans des conditions qui leurs sont hostiles, alors qu'ils se développent lorsqu' ils se retrouvent dans les animaux à sang chez l'homme.

- Les champignons : ce sont essentiellement les levures et les saprophytes normalement présents dans l'aire, ils ne sont généralement pas pathogènes pour les animaux et les hommes sauf pour certains qui peuvent le devenir lorsque les conditions sont défavorables, en particulier

Opportuniste fingie, par contre, certaines moisissures sont phytopathogènes et doivent être éliminées avant l'utilisation des boues en agriculture. Comme par exemple le fusarium ou les démâtés.

- Les algues : on en trouve peu dans les boues primaires et secondaires, par contre dans le lagunage naturel, une grande partie de boues est constituée de détritrus d'algues.
- La macro faune : on trouve dans les boues activées de vers, des larves, d'insectes, des crustacés et même parfois de petites araignées (**RAMDANI N, 2007**).

## 2.5. Quantité de boue produit

A titre indicatif, à fin 2015 production des boues, au niveau des 58 STEP de type boues activées gérées par l'ONS, est de 54000tonnes de matières sèches par an, et a atteint en 2016, une quantité de 90 000 tonnes de matières sèches par an, produites par 63stations à boues activées.

A horizon 2020, la production de boue devrait augmenter de plus de 50% et devrait atteindre une quantité estimée de plus de 150 000 tonnes/an (**ONA, 2017**).

## 2.6. Objectifs du traitement des boues

L'objectif du traitement des boues est de réduire le volume des boues produites, mais également de les valoriser par :

- \_ Une réutilisation à des fin agricoles, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques.
- \_ valoriser leur potentiel énergétique sous forme de biogaz.
- \_ Maitriser la gestion de ces produits.
- \_ Créés une valeur ajoutée (énergie, amendement, fertilisant, cimenterie...).
- \_ participer à la protection de l'environnement et au développement durable (**LADJEL F et ABBOU S, 2016**).

\_ Réduire la propriété des boues telles que les odeurs désagréables en stabilisant la teneur organique susceptible de fermentation ou de décomposition.

\_ réduire la teneur en agent pathogènes des boues pour une réutilisation en toute sécurité (**ABD AL-WAHED AL-HALLAQ Z, 2019**).

\_ Réduire les risques la santé des plantes, des humains, et des animaux (**BANI MESTAFI M, 2020**).

## **2.7. Phases du traitement**

### **2.7.1. L'épaississement**

La réduction de masse et de volume permet de limiter la taille de certains équipements et Cout d'évacuation.

Quelle que soit la destination finale des boues, il est impératif de réduire leur volume, autrement dit leur teneur en eau. Cela permet de diminuer les couts de transport et de stockage, d'augmenter le pouvoir calorifique en cas d'incinération, ou d'atteindre une siccité d'au moins 30% en cas de stockage en cas décharge. L'épaississement est la première étape du traitement. Par de concentration, il réduit le volume à transférer sur la filière et permet d'obtenir une boue dont la concentration varie de 15 à 100 g/l. elle peut donc être pompée (**SAHNOUN A, 2019**).

L'épaississement peut être statique ou dynamique.

#### **2.7.1.1. L'épaississement statique gravitaire**

Il s'effectue par décantation dans une cuve cylindrique à fond conique, sous la seule action de pesanteur. La boue épaissie est évacuée par le bas (**Figure 02**) (**SAHNOUN A, 2019**).

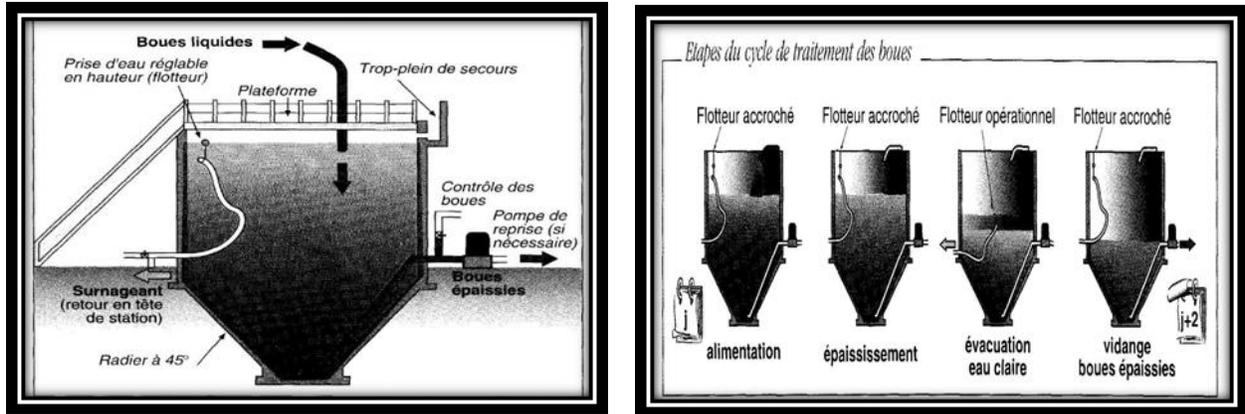


Figure 02 : Schéma de principe de fonctionnement d'un épaisseur gravitaire.

### 2.7.1.2. L'épaissement dynamique

Il est réalisé sous l'action de forces mécaniques, et s'effectue selon différents principes.

- Par flottation : de fines bulles d'air permettent à la boue de remonter en surface, par captation. Ce procédé est principalement réservé aux boues biologiques de faible densité.
- Par égouttage : la boue floculée est épaissie par égouttage sur une toile filtrante.
- Par centrifugation : la boue floculée est épaissie sous l'effet de la force centrifuge (SAHNOUN A, 2019).

### 2.7.2. Déshydratation

La déshydratation est nécessaire pour évacuer une partie de l'eau libre contenue dans les boues. Les traitements comprennent généralement en première étape un conditionnement chimique de la boue pour faciliter l'évacuation de l'eau de la boue grâce à un changement de structure. Les principales technologies de déshydratation sont :

- \_ Les lits de séchage (pour mémoire)
- \_ La filtration sur bande pressante (siccité de 15 à 35 %)
- \_ La filtration sous pression (siccité de 35 à 55 %)
- \_ La centrifugation (siccité de 15 à 40 %) (SADOWSKI A, 2002).

### 2.7.3. Séchage

Le séchage des boues après déshydratation sera recherché si l'on souhaite l'obtention d'une plus grande siccité (supérieure à 60%), réduire considérablement les risques de nuisances olfactives, les couts de transport ou éventuellement pour permettre une phase ultime de valorisation par oxydation thermique (incinération) ou gazéification (la matière organique contenue dans la boue sèche portée de 800 à 900 °C en l'absence d'air se décompose en gaz combustible valorisable). Nous distinguerons le séchage, sans ou avec apport de source de chaleur externe :

Le séchage par voie naturelle sans apport de source de chaleur externe :

- Les lits de séchage à l'air libre sur des boues liquides, combinant évaporation naturelle et drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sables (siccité de 30% à 40%)
- Les lits séchage plantés de roseaux à l'aire libre sur des boues liquides, combinant drainage et évapotranspiration par les plantes et minéralisation des boues (siccité de 13 à 20 %)
- Le séchage par rayonnement solaire sur des boues déshydratées, sous serre et faisant appel au phénomène d'évaporation par convection thermique (siccité de 60 à 80 %, en fonction de l'ensoleillement)

Le séchage par voie thermique (apport d'une source de chaleur externe) :

- Il permet l'élimination quasi-totale de l'eau.
- La siccité obtenue de l'ordre de 90 %.
- Les boues obtenues sont pulvérulentes ou en granules (**BEHRA P, 2013**).

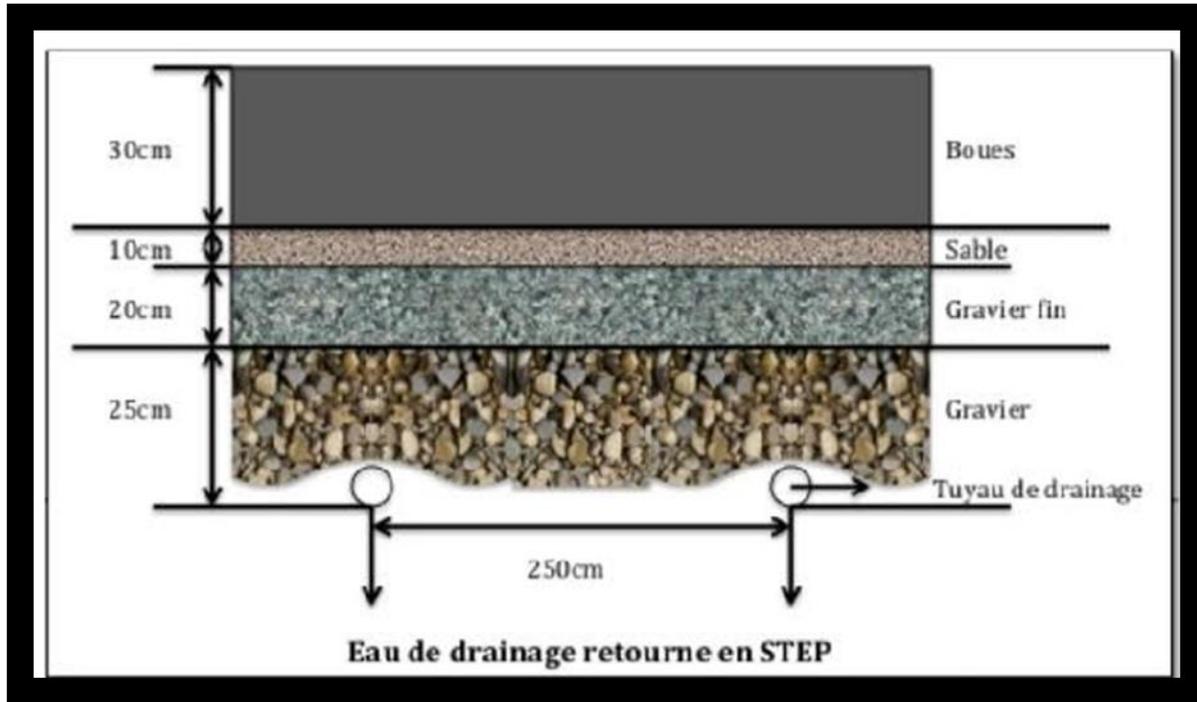


Figure 03 : schéma de principe du séchage des boues (AMORCE, 2012)

#### 2.7.4. Stabilisation

La stabilisation chimique des boues, après déshydratation par l'adjonction de chaux vive, Recherche si l'on souhaite un amendement calcique pour la valorisation agricole des boues, ou pour assurer une certaine hygiénisation des boues par un stockage prolongé à un pH des boues supérieur à 11,5 (BEHRA P, 2013).

#### 2.7.5. Compostage

Le compostage est une transformation aérobie thermophile de matière organique par des microorganismes, sous conditions contrôlées et qui conduit à un résidu organique stabilisé et partiellement hygiénisé.

Le compostage des boues nécessite l'apport d'un substrat carboné ayant un double rôle de structurant et de texturant (augmentation de la porosité pour permettre la circulation d'air et la rétention de l'humidité). Le compost, particulièrement apprécié en valorisation agricole, peut être commercialisé comme amendement organique – compost contenant des matières d'intérêt agronomique issues du traitement des eaux (MIATE) en respectant la norme NFU 44- 095 (BEHRA F, 2013).

## 2.8. Destination finale des boues et contraintes afférentes

Après avoir les différents traitements, les boues doivent être éliminées sans nuire à l'environnement l'élimination est réalisable selon deux grandes voies : l'incinération qui aboutit à une destruction complète de la boue et la mise en décharge contrôlée. Mais ces deux modes d'élimination ne devront être utilisés qu'en derniers recours, lorsque aucune valorisation agronomique (dans certaines condition) ou énergétique (par exemple : récupération de gaz méthane produit au cours de la digestion anaérobie) ou aucun recyclage des déchets (récupération des produits tels que la chaux ou le carbonate de calcium) est envisageable.

### 2.8.1. L'incinération

Elle consiste à transformer par oxydation, les constituant organiques des boues en composés stables et simples ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , etc.) et également de vaporiser l'eau que les boues contiennent, il ne reste, après passage au four, que des cendres inertes ne contenant que les matières minérales présentes dans les boues au départ.

Ces cendres peuvent être utilisées dans la constitution de revêtements routiers, de produits stabilisateurs de sol ou de ciment.

### 2.8.2. La mise en décharge contrôlée

Permet par la mise en place des déchets dans le sol en tenant compte des principes d'hygiène et d'esthétique, de maîtriser en quelque sorte les phénomènes de fermentation et par conséquent d'éviter les nuisances.

La technique est dite l'avancement : c'est la décharge (feuilletée) ou les dépôts des couches successives sont compactées et nivelées avant couverture par des matériaux intercalaires inertes (appropriés) ou de la terre d'une épaisseur de 10 à 30 cm suivant la cohésion des matériaux et le soin apporté à leurs tassements, de sorte qu'il n'y a aucune pollution des eaux souterraines et de surface (RAMDANI N, 2007).

## 2.9. Valorisation agricole

La valorisation des boues d'épuration dans l'agriculture est assez répandue dans le monde.

Cependant, elle suscite beaucoup d'opposition en raison des risques sanitaires qui lui sont associés. La valorisation agricole des boues peut être considérée comme le monde de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimiques, et s'avère d'un très grand intérêt économique. Elle vise ainsi 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 sont une source potentielle de matière organique utilisable. Elles contiennent aussi des macro et microéléments essentiels pour la croissance des plantes.

En effet, l'utilisation agricole des boues résiduaires répond, d'une part, au besoin en matière organique qui dans conditions climatique des pays sud méditerranées sont rapidement minéralisées, au besoin d'entretien organo-minéral des sols dont le déficit est accéléré par les techniques modernes de production et d'autre part, aux potentialités du sol en tant que système épurateur et de recyclage.

En effet, les sols traités avec des boues résiduaires gardent plus longtemps l'humidité et la végétation installée sur de tels sols un système racinaire plus développé comparativement aux sols non traités. Les boues résiduaires libèrent progressivement les éléments nutritifs et notamment l'azote pour le mettre à la disposition de la plante tout le long du cycle de la culture. La libération de l'azote est fonction des climatiques prévalentes, des quantités de boues apportées et du rapport C/N. Les boues d'épuration ont particulièrement toujours suscité un intérêt auprès des agriculteurs du fait de leurs propriétés agronomiques en particulier leur teneur en azote et en phosphore. De plus, comme amendement organique, les boues contribuent à équilibrer le bilan humique du sol. Elles améliorent la structure, les propriétés hydrodynamiques et l'activité biologique du sol. Sur le plan économique, l'épandage agricole est l'une des filières d'élimination les moins chères disponibles.

Si l'épandage agricole des boues résiduaires semble constituer une méthode d'élimination prometteuse, la présence de métaux lourds et de microorganismes pathogènes dans ces déchets peuvent constituer des obstacles à cette pratique (SAHNOUN A, 2019).

## **2.10. Valorisation énergétique**

Les technologies de valorisation énergétique des boues de station d'épuration permettent de tirer profit de la nécessité d'éliminer et de détruire les boues.

La valorisation des boues, sur le site de la station d'épuration permet d'améliorer le bilan environnemental en diminuant le transport des boues et en produisant une énergie (chaleur électrique) directement consommée sur la station, elle peut également avoir lieu après fermentation qui se produit par méthanisation des fractions organiques libérant du biogaz en mem temp que le compost de ce fait, la méthanisation présente plus d'avantages sur le plan économique et environnemental.

### 2.11. Utilisation du biogaz

Le biogaz généré dans cette étape est généralement utilisé en :

- Chaudière : pour produire de l'énergie calorifique, et constitue ainsi une énergie renouvelable de qualité qui peut être récupérée et valorisée de plusieurs façons.

Cette condition est nécessaire car la production de biogaz au niveau des stations d'épuration est continue et stockage du biogaz n'est pas économiquement avantageux.

- Cogénération : l'utilisation la plus courante du biogaz est la production d'électricité qui peut être consommée directement par la station ou revendue au centre de distribution d'électricité.
- Chaleur : une fois produite, elle est en premier lieu utilisée pour maintenir le digesteur à sa
- Température de consigne, séchage thermique des boues digérées, utilisation externe de la chaleur ; production d'eau chaude pour un utilisateur potentiel, production de froid à partir de la chaleur (technologie encore peu développée).

Il existe également deux autres modes de valorisation du biogaz qui ne sont pas encore très matures. Son utilisation comme bio carburant pour véhicules et son injection sous forme épuré dans un réseau de distribution de gaz naturel (GAY J, 2011).

### 2.12. Gestion des boues en Algérie

Les boues de station d'épuration sont des résidus du traitement des eaux usées, composés en majeure partie de matières organiques. La production actuelle de boues en Algérie est de l'ordre de 15000 m<sup>3</sup> de matière sèche par an (ONA 2018). La quantité majeure de ces déchets est couramment destinée vers le rejet en décharge et le reste utilisés comme fertilisants et amendements organiques sur les terres agricoles. L'épandage agricole concerne chaque année

une surface de l'ordre de 200.000 hectares, et est encadré par une réglementation limitant les risques liés à l'utilisation de boues qui peuvent contenir des métaux lourds, des germes pathogènes et des micro-polluants organiques.

Le marché de l'épandage agricole est la principale filière de gestion de boues de stations d'épuration urbaines en Algérie, représentant moins de 40% des boues. Une des raisons qui explique cette prédominance de l'épandage est le cout relativement faible de cette filière de gestion des boues, par rapport à l'incinération. Mais ce marché est actuellement menacé. En effet, il est actuellement exposé à une série d'initiatives privées visant à interdire ce type d'épandage, à travers le refus des produits cultivés sur des terrains ayant reçu des boues. Divers acteurs du secteur agro-alimentaire (industries agro-alimentaires, distributeurs, et coopératives) adoptent désormais une position radicale de refus de tous épandage de boues invoquant" le principe de précaution "pour justifier leur attitude. Compte tenu des incertitudes attachées aux risques sanitaires et environnementaux potentiels de l'épandage de boues, ils préfèrent se prémunir de façon radicale contre les risques commerciaux que l'épandage pourrait entraîner. Ce marché est donc menacé de disparaître si un accord n'est pas trouvé entre les différents acteurs concernés pour renoncer à de telles initiatives et maintenir le fonctionnement du marché. Des mesures ont été adoptées par les pouvoirs publics afin d'éviter un mouvement massif d'initiatives des différents acteurs et d'aboutir à un consensus sur l'intérêt de l'épandage agricole des boues (ONA, 2017).

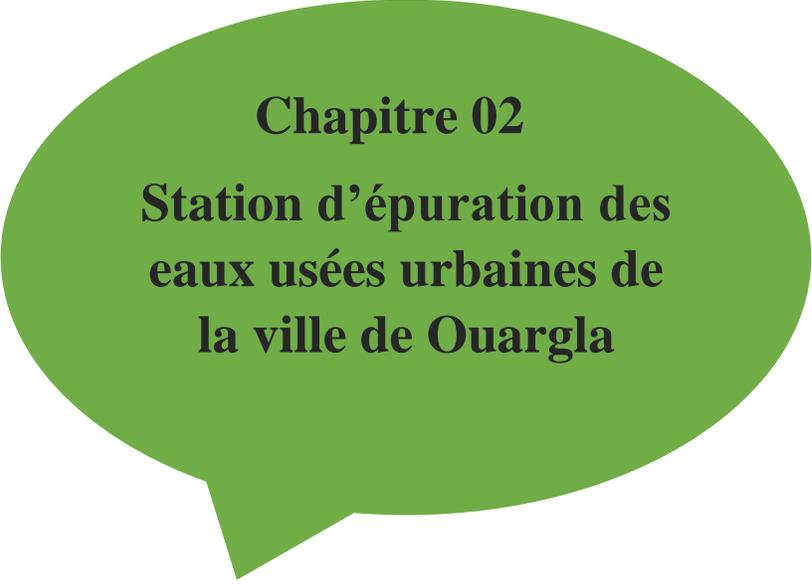
Les STEP algériennes produisent une énorme quantité de boue, environ 150 000m<sup>3</sup> de matière sèche apte à valoriser. Les différentes voies de valorisation en Algérie sont :

La mise en décharge (CET) pour 60 à 65%

La valorisation agricole, pour 35% à 40%

La valorisation énergétique 1% à 5 %

Et 0 % pour l'incinération (ONA, SEAAL, SEOR, SEACO, 2018).



**Chapitre 02**  
**Station d'épuration des**  
**eaux usées urbaines de**  
**la ville de Ouargla**

## Chapitre 02 : Station dépurations des eaux usées urbaines de la ville d'Ouargla

### 1. Présentation de la ville d'Ouargla

#### 1.1. Localisation géographique

Notre étude s'articule sur la boue de la station d'épuration des eaux usées d'Ouargla, l'une des principales oasis du Sahara Algérien. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à une distance de 800 Km de la capitale (figure 04) (SLIMANI R, 2006).

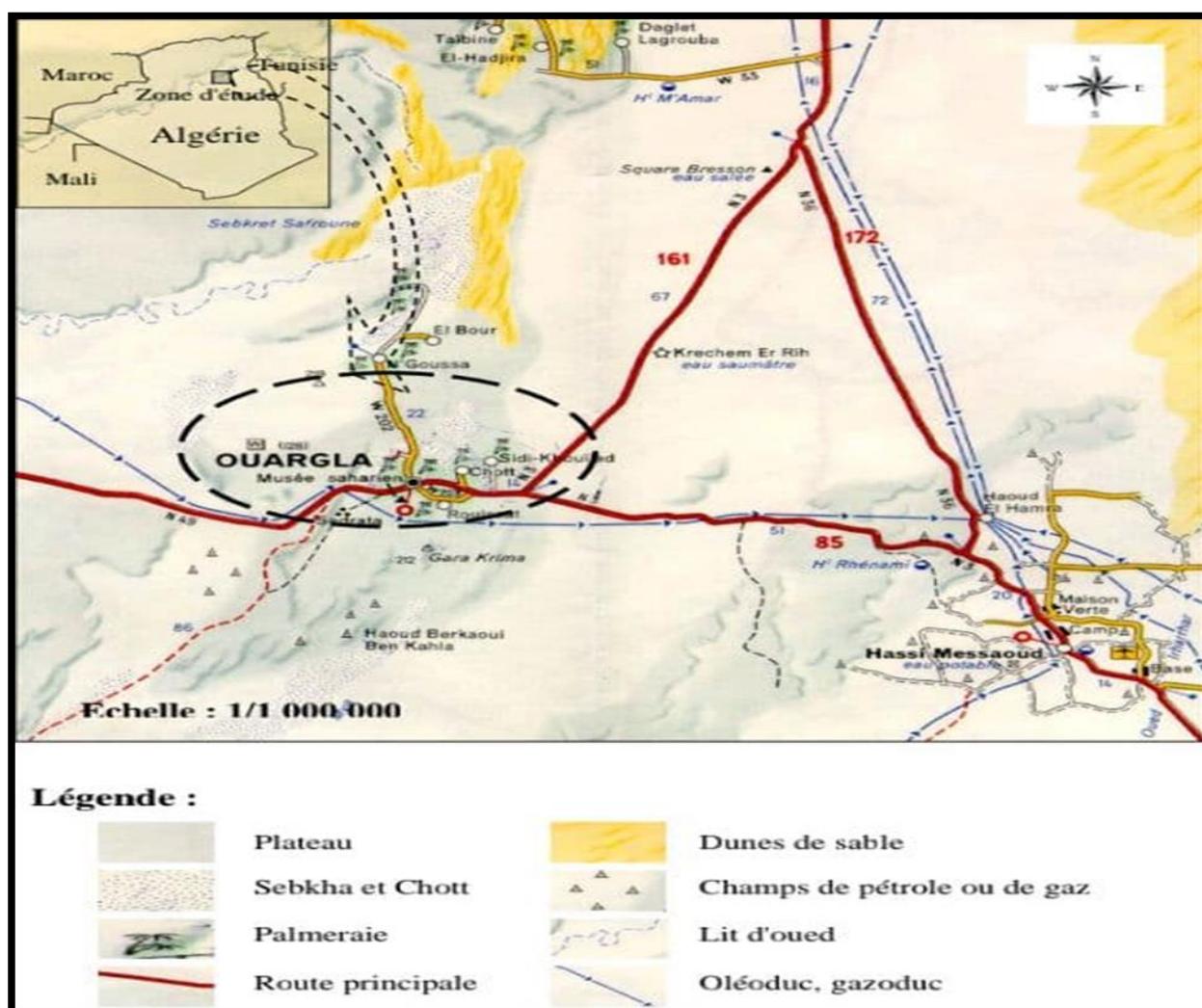
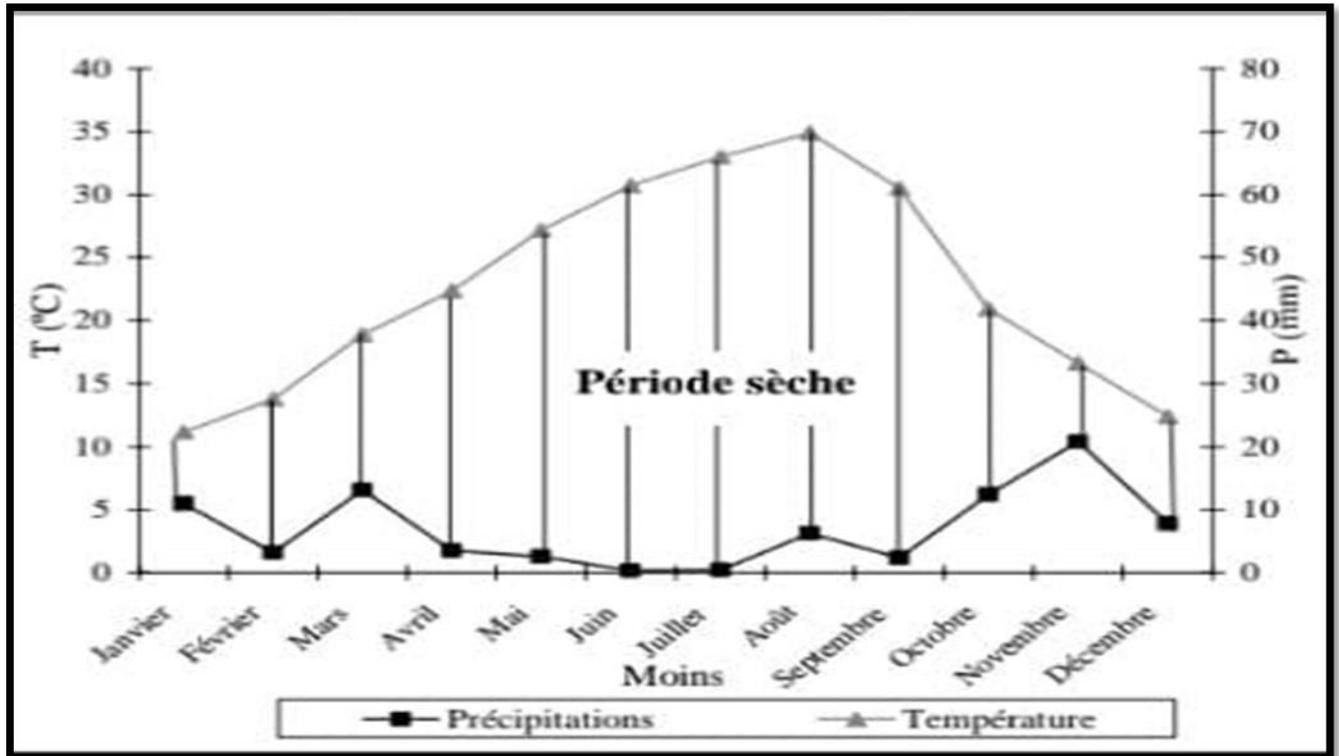


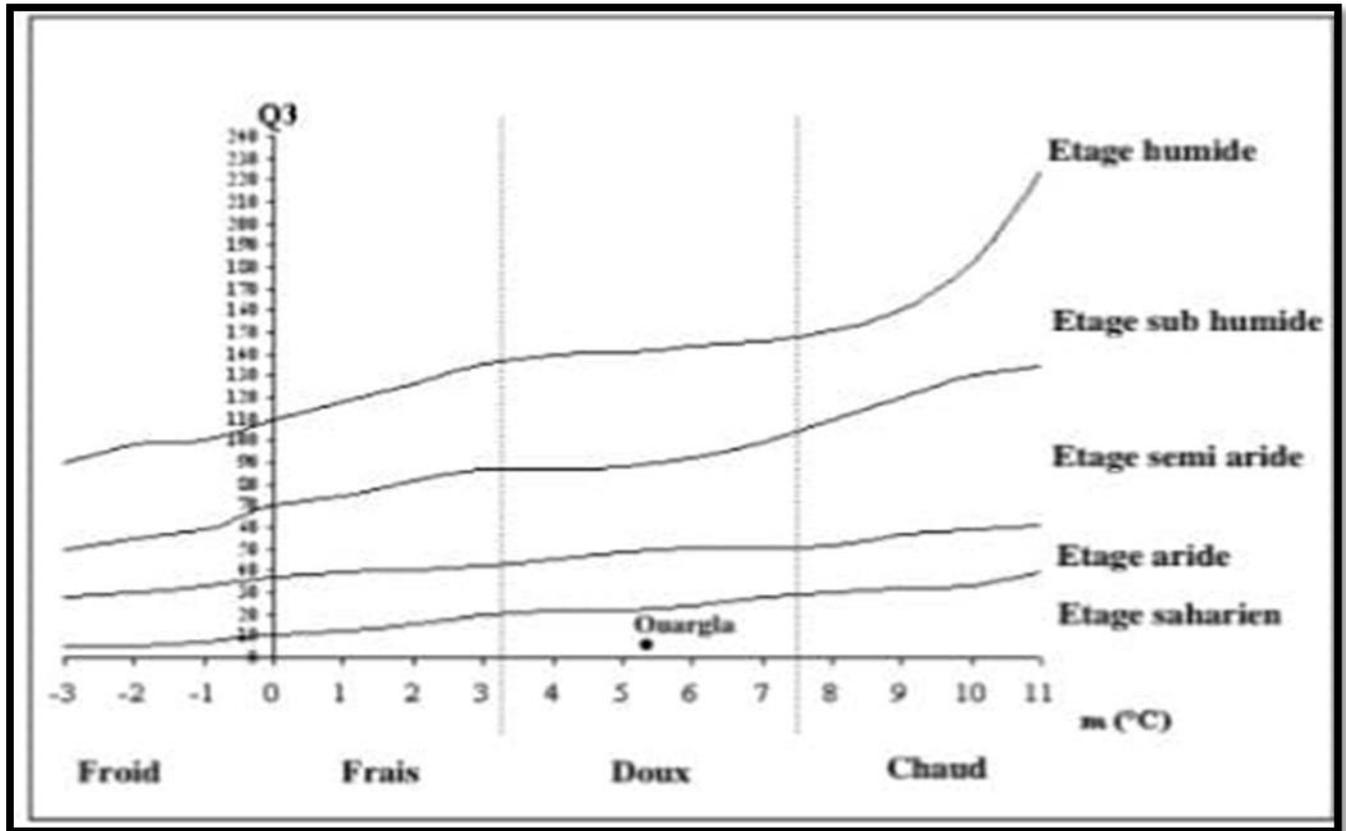
Figure 04 : Localisation géographique de la ville d'Ouargla (SLIMANI R, 2006).

## 1.2. Etude climatique

La wilaya d'Ouargla est une région saharienne bénéficie d'un climat désertique chaud du Sahara avec des étés très longs et extrêmement chauds et des hivers courts et très doux (figure 05) et (figure 06) (SLIMANI R, 2006).



**Figure 05 :** Diagramme ombrothermique de la ville d'Ouargla (1990- 2004) (SLIMANI R, 2006).



**Figure 06 :** Climagramme d'Emberger pour la ville d'Ouargla (1990- 2004) (SLIMANI R, 2006).

## 2. Présentation de la station d'épuration

### 2.1. Localisation géographique

La station de lagunage d'Ouargla, mise en service en 2009, a été réalisée par la société allemande Dywidag pour le compte de l'ONA. Elle se situe dans la région de Saïd Otba au nord de la Route nationale N° 49 (figure 07) (STEP, 2022).

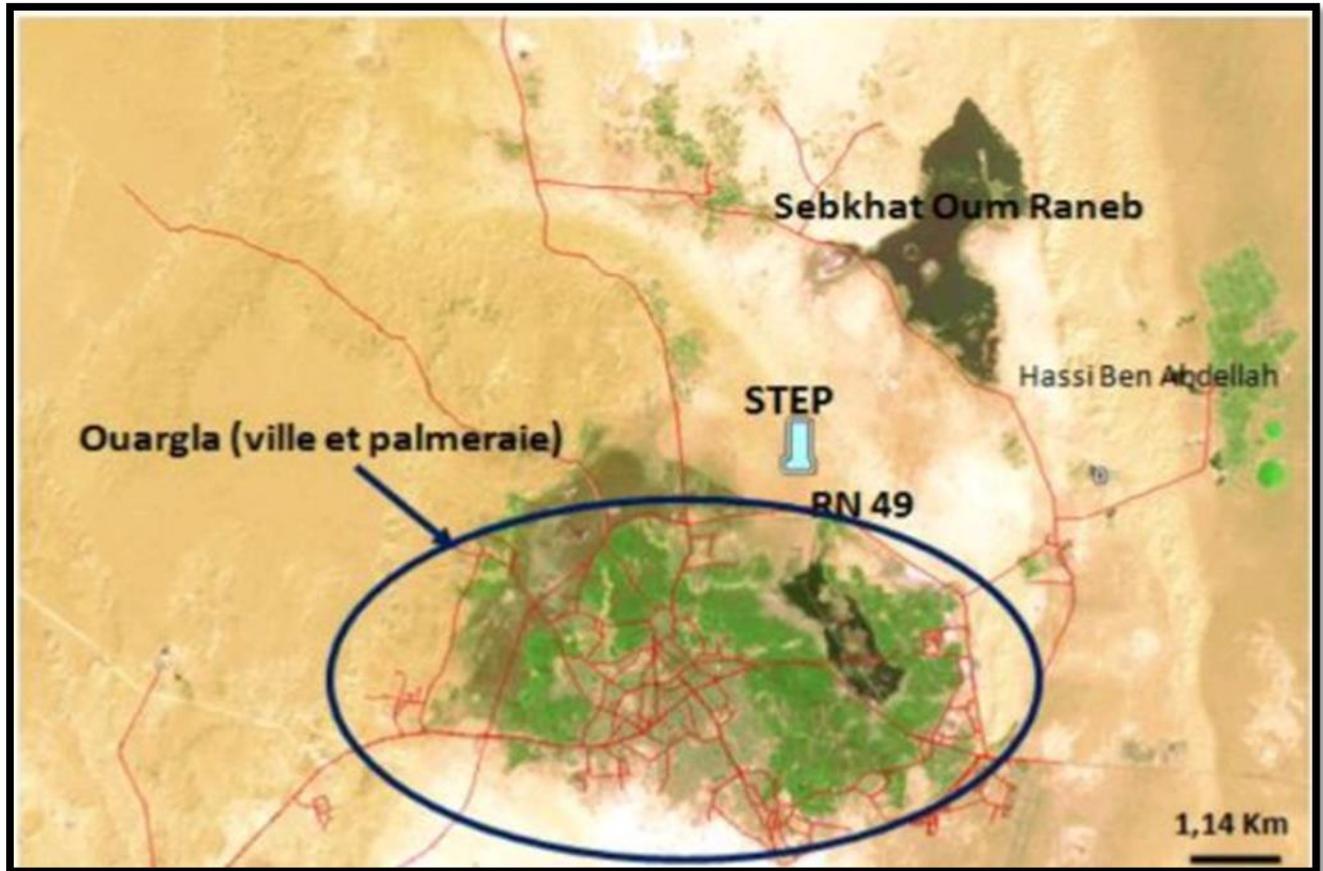


Figure 07 : localisation géographique de la station d'épuration d'Ouargla (GADDA N, 2013).

### .3. Objectifs de traitement de la station

Les objectifs initialement fixés sont :

- Suppression des nuisances et des risques de contamination au niveau des zones urbanisées.
- La protection du milieu récepteur.
- La suppression des risques de remontée des eaux en diminuant le niveau de la nappe phréatique.
- La possibilité de réutiliser les effluents épurés en irrigation ou en agriculture (MENSOU, 2011).

### 3.1. Les données de base de la station

La station de lagunage aéré est conçue pour traiter les effluents urbains de l'agglomération de Ouargla jusqu'à l'horizon à l'horizon 2030. La station est constituée des éléments suivants : le relevage et prétraitement des effluents bruts (poste de relevage, dégrillage et dessablage) ; le premier étage de lagunage aéré ; le deuxième étage de lagunage aéré ; les lagunes de finition et le traitement des boues par lits de séchage (Figure 08) (STEP, 2022).

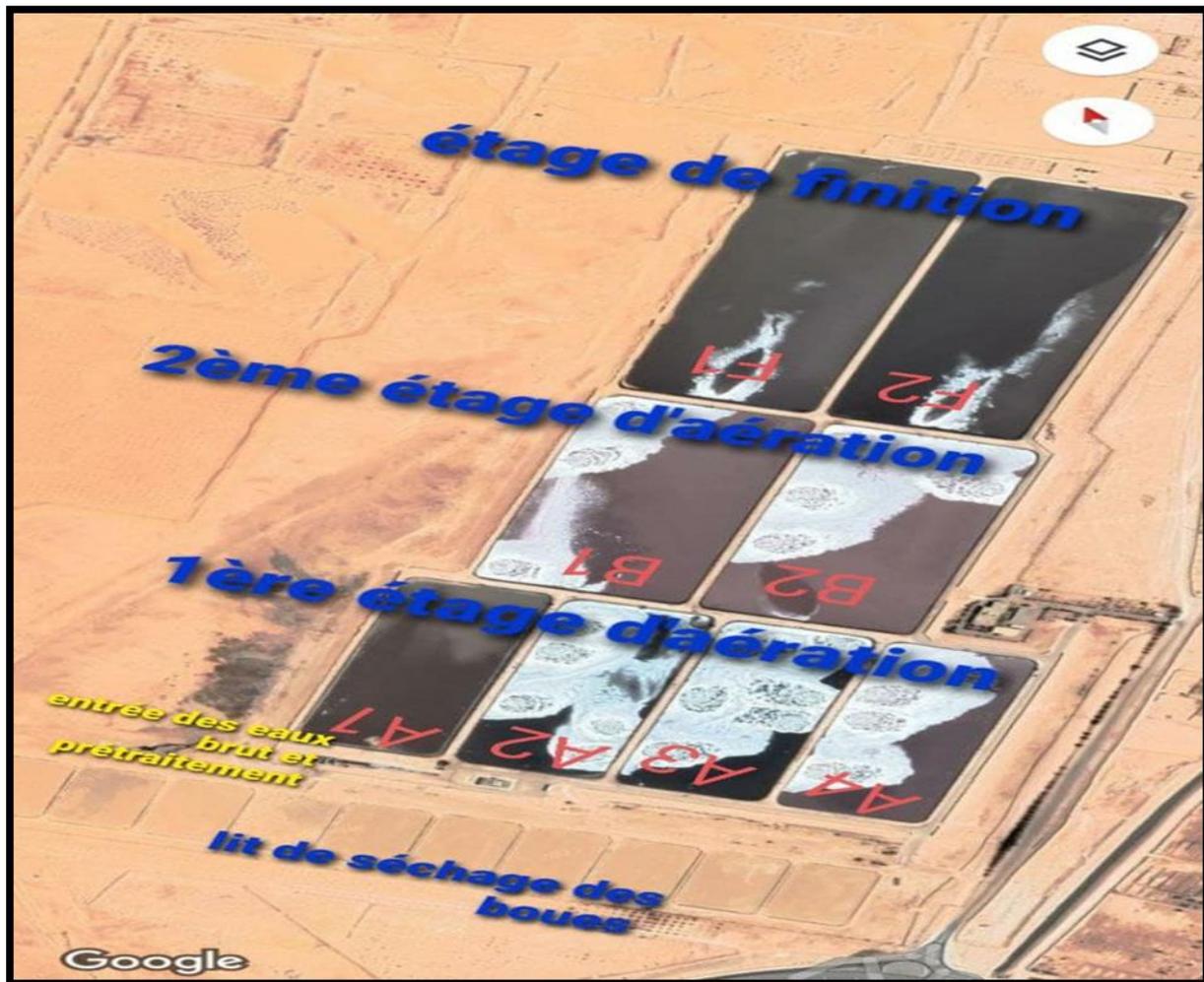


Figure 08 : Station d'épuration d'Ouargla (Google Earth, 2022).



Figure 09 : Etapes de traitement des eaux usées dans la station d'épuration d'Ouargla.

### 3.2. Dimensionnement de la STEP d'Ouargla

Capacité : 400000 eq/habi

Surface totale : 80 ha

Nombre de lit de séchage : 11 lits

Nombre de bassins : 08 bassins devisés en 3 niveaux

### 4. Fonctionnement de la station dépuracion

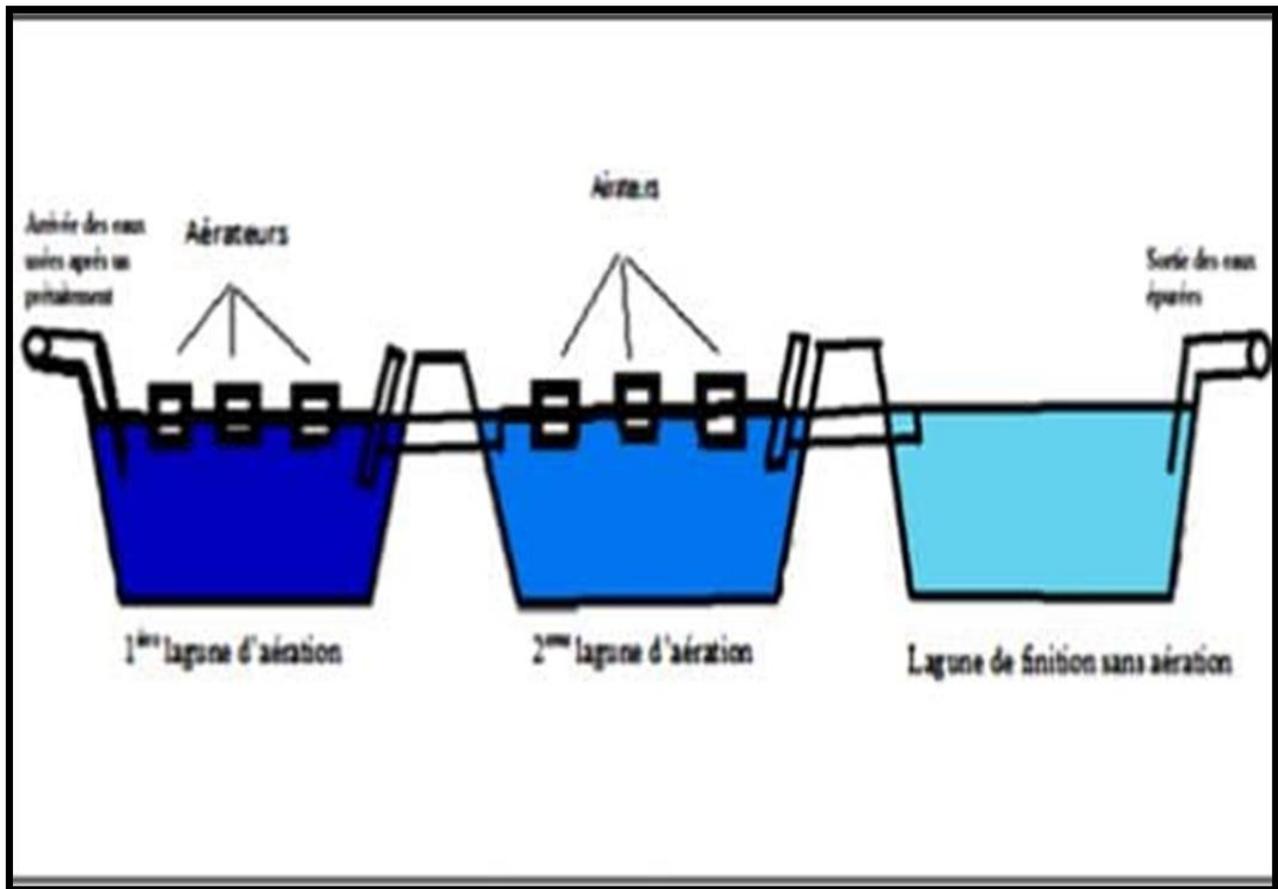
La station d'épuration des eaux usées d'Ouargla fonctionne sur la base du procédé, de traitement biologique extensif par lagunage aéré (figure 09 et 10). Le procédé de traitement est réalisé en plus est réalisé en plusieurs étapes, comme suit :

1/- amenée des eaux usées à l'entrée de la station : les eaux brutes arrivent à la station d'épuration par la Baie de cinq (05) stations de refoulement des régions du chott, de sidi Khouild, du ksar, de douane et la route N Goussa.

2/- prétraitement, dans laquelle les eaux usées sont reçues dans ouvrage de réception (bassin), dans ce bassin, les gaz toxiques les plus dangereux sont éliminés, dont les plus importants sont le  $\text{CH}_4$  et  $\text{H}_2\text{S}$ . Puis suivi de la deuxième étape (dégrillage), qui consiste à se débarrasser des objets solides tels que le bois plastique et le verre...pour la sécurité du bon fonctionnement de la station car ce sont des matériaux difficilement décomposables biologiquement. Pour passer à l'étape suivante de sable dans cette étape, il y a trois couloirs, où la vitesse de l'écoulement de l'eau est lente, pour l'atterrissage d'objets lourds, dont la base est du sable. Le sable fosse (piégé de sable) puis l'eau se dirige vers le distributeur. Toute cette étape s'appelle lagunage aéré.

3/- la deuxième étape, où le distributeur distribue l'eau à travers six (06) bassins. Dans les quatre (04) premiers bassins l'eau est filtrée à 80%, en alimentant les bassins en oxygène pour augmenter l'activité bactérienne. Dans les deux bassins restants, le traitement a été effectué de la même manière.

4/- la dernière étape consiste en un bassin lorsque l'eau les atteint le processus de traitement est terminé pour finalement drainer l'eau vers le sebkhet sefioune (SETP, 2022).



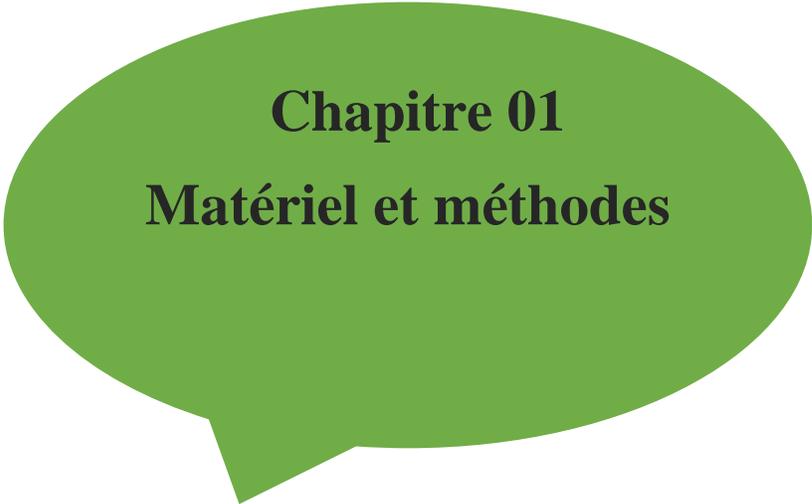
**Figure10** : Schéma de principe de fonctionnement de système d'épuration des eaux usées par lagunage aéré dans la STEP d'Ouargla (BEUHANNA A, 2014).

## 5. l'Objectif de la mise en place d'une station d'épuration pour la ville d'Ouargla

- Protection des ressources et des eaux.
- Résister à toutes les formes de pollution de l'environnement.
- Préserver la santé publique.
- Utiliser l'eau traitée dans l'agriculture (STEP, 2022).



**Partie pratique**

A green speech bubble with a tail pointing towards the bottom-left corner, containing the chapter title.

**Chapitre 01**  
**Matériel et méthodes**

## Chapitre 01 : matériel et méthodes

L'objectif de cette étude est la caractérisation physico-chimique et bactériologique de la boue issue de la station d'épuration d'Ouargla afin de déterminer la valorisation appropriée.

Ce chapitre étalera donc le matériel et la démarche utilisés dans la réalisation de cet objectif.

### 1. La boue étudiée :

Avant de prélever l'échantillon de la boue pour étudier, nous avons effectué une visite à la STEP de Ouargla pour connaître les étapes du traitement de l'eau, c'est par l'observation directe et l'enquête avec les responsables de la station (Annexe 01).

#### 1.1.Origine

La boue étudiée ici provient de la station d'épuration des eaux usées urbaines (STEP) de la ville d'Ouargla.

Il s'agit d'un échantillon prélevé au bassin du lagunage aéré et subit au séchage pendant 15 mois

#### 1.2.Prélèvement

Nous avons prélevé un échantillon de boue directement du lit de séchage de la station dans un bocal hermétiquement fermé, qui emporté au laboratoire pour la réalisation des analyses nécessaires (figure 11).



**Figure11** : Lit de séchage des boues.

### 1.3. Description

En général, c'est les produits finals (boues biologiques) donc la boue à éliminer ou à valoriser qui a fait l'objet de notre étude, elle est de forme solide à une couleur grise.

Concernant l'odeur des boues, il a été noté que plus les boues sont sèches moins elle a d'odeur (figure12).



**Figure 12** : échantillon de boue prélevé.

## 2. Caractérisation de la boue étudiée

Les différentes analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la boue de la station d'épuration de Ouargla ont été effectuées aux laboratoires suivants :

- Le laboratoire de la faculté de science de la nature et de la vie (Université Hamah Lakhdar El Oued) pour la préparation de l'échantillon et la détermination du pH et la CE.
- Le service de contrôle de qualité de l'ENASEL (El Meghaier) pour la détermination de la siccité.
- Le laboratoire de l'établissement de santé publiques Debbakh Mohammed-El meghaier pour les analyses bactériologiques.
- Le laboratoire fatilab (laboratoire privé) pour le dosage des éléments et la MVS (Matières volatiles en suspensions).

### 2.1. Préparation de l'échantillon

On prépare la poudre de boue en bruyant l'échantillon dans un mortier, puis tamisé pour éliminer les éléments grossiers avec un tamis d'un diamètre de trou de 2 mm Cette poudre sera utilisée pour les différentes analyses.

### 2.2. Analyses physiques

#### 2. 2.1. Détermination de la siccité

Siccité d'une boue est la quantité, en poids, de matières sèches contenue dans un poids total de boue, exprimée en % par rapport au MS (REJSEK F, 2002).

#### ✓ Méthode

Un petit volume d'échantillon préalablement homogénéisé est déshydraté dans une coupe de céramique placée dans une étuve à 105°C. La matière restante dans la coupe après le passage au four est appelée matière solide totale. Elle comprend les solides organiques, inorganiques, dissous, suspendus et volatiles (WHO, 2022)

#### ✓ Mode opératoire

Elle se réalise sur des boues solides dont on ne peut mesurer le volume.

\_ peser une coupelle de porcelaine, propre et sèche : poids  $P_0$  en g.

\_ déposer dans cette coupelle l'équivalente d'une noix de boue à analyser, peser à nouveau la coupelle : poids  $P_1$  en g.

\_ d'améliorer la précision de l'analyse, le poids de boue pesé doit être important, de l'ordre de 50 g environ.

La différence  $P_1 - P_0$  correspond au poids total de la boue analysée.

\_ placer au four à  $105^\circ\text{C}$ , jusqu' à évaporation totale de l'eau contenue dans la boue. Cette Etape nécessite une nuit (12 h environ) (Figure 13).

\_ peser la coupelle, après refroidissement, dans un dessiccateur : poids  $P_2$  en g.

La différence  $P_2 - P_0$  correspond au poids de MS restantes (REJSEK F, 2002).

### ✓ Expression des résultats

La siccité qui est le rapport en % des MS par rapport au poids total de la **boue** sera donnée par la formule suivante :

$$\frac{(P_2 - P_0)}{(P_1 - P_0)} \cdot 100 \text{ (REJSEK F, 2002)}$$



**Figure 13** : Four à Moufle

## 2.2.2. Détermination du pourcentage de matières volatiles en suspension (MVS%)

### 2.2.2.1. Matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont en majeure partie, de nature biodégradable. Elles se subdivisent en 2 groupes :

- **La teneur en matière sèche** : il s'agit de mesurer le poids de résidus sec après chauffage à (105°C) jusqu' au poids constant, on l'exprime généralement en pourcentage, celui-ci varie de 3 à 8 % de matière sèche.
- **La teneur en matière volatiles** : on mesure cette teneur par la différence entre le poids de boue sèches (105°C) et celui de cette même boue après chauffage jusqu'au poids constant à 550°C, cette teneur varie de 60 à 85 % des matières sèches (**BENYAHIA R et al, 2020**).

#### ✓ Principe

Les matières organiques ont la propriété d'être minéralisées à haute température : **Température élevée (550°C)**



Les molécules produites par la calcination de la matière organique sont forme gazeuse à haute température et vont donc se volatiliser. C'est pour cette raison que l'on détermine la teneur en matières organiques par calcination à 550°C et par pesée du résidu (les cendres) qui représente les éléments minéraux. Par différence entre la masse de matières sèches initiale et la masse de matières restante, on détermine la masse de matières organiques.

On peut donc écrire :

$$\text{MES : Matières organiques (MVS) + Matières minérales (MM)}$$

La teneur en matière organique est habituellement ramenée à la masse initiale en MES et est donc exprimée en % de MES.

$$\text{Taux et MVS en \% = (MVS)/(\text{MES}).100 \text{ (REJSEK F, 2002).}$$

### ✓ Mode opératoire

Cette analyse peut être effectuée après la détermination de MES, des MS ou de la siccité d'une boue.

- A la fin de chacune de ces analyses, déterminer le poids  $P_{\text{sec}}$  en g, correspondant au poids de la coupelle en porcelaine et des matières sèches qu'elle contient.
- placer ensuite la coupelle en porcelaine dans un four à 550 °C (four à moufle) pendant une durée de 2 heures.
- Après refroidissement dans un dessiccateur, la coupelle, ne contenant plus que les cendres, est à nouveau pesée :

Poids  $P_{\text{min}}$  en g.

La différence  $P_{\text{sec}} - P_{\text{min}}$  représente le poids des MVS de l'échantillon

Si la quantité des MS est trop importante, on peut prélever une partie de ces MS et Réaliser la technique sur cette fraction.

- Homogénéiser les matières sèches obtenues par broyage avec un mortier.
- Prélever une masse de MS et la placer ensuite dans une coupelle en porcelaine préalablement pesée  $P_0$  g.
- déterminer le poids  $P_1$  en g de la coupelle et des MS.
- placer la coupelle à 550 °C pendant 2 heures.
- après refroidissement, déterminer le poids  $P_2$  en g de la coupelle et des matières minérales.

la différence  $P_1 - P_2$  correspond au poids des MVS se la boue. (REJSEK F, 2002).

### ✓ Expression des résultats

La concentration en MVS n'est pas déterminée en concentration massique, En g. L<sup>-1</sup>, mais en pourcentage par rapport aux matières en suspension ou sèches.

Lors du calcul de ce pourcentage, il faut donc diviser le poids des MVS par le poids des MS ou de MES présentes avant la calcination, avec une formule du type :

Taux de MVS en % = (poids des MVS/poids des MS ou MVS). 100

Si l'analyse est réalisée sur une partie des matières sèches, le taux de MVS en % est donné par la formule suivante :

$$(P_1 - P_2) / (P_1 - P_0) \cdot 100 \text{ (REJSEK F, 2002).}$$

## 2.3. Analyses chimiques

### 2.3.1. Potentiel d'hydrogène

Le pH est une expression logarithmique de l'acidité d'une solution. C'est le logarithme négatif de la concentration  $H^+$  :

$$pH = - \log H^+ \text{ (INSLD, 2016).}$$

Le pH a été étudié afin de connaître sa valeur et parce qu'il s'agit d'un élément sensible.

#### ✓ Principe

La mesure sur l'échantillon se réalise de façon classique avec un pH-mètre permettant la lecture au 1/100 d'unité (RODIER J, 2005).

#### ✓ Mode opératoire

- Peser 10 g de boues dans une capsule tarée.
- Ajouter ensuite 100 ml de l'eau distillée.
- Homogénéiser la solution avec une agitation légère à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 30 minutes.

#### ✓ Réalisation de la mesure du pH

- Rincez l'électrode du pH-mètre avec de l'eau distillée puis l'essuyer avec du papier absorbant.
- Versez la solution à tester dans un bécher : remplissez environ la moitié du récipient.
- Trempez l'électrode du pH-mètre dans la solution.
- Après stabilisation de l'afficheur, relevez le pH (BENYAHIA R, 2020 et al).



**Figure 14 :** pH- mètre.

### **2.3.2. Conductivité électrique**

D'après **DOGAR (1980)** et **Ben Moussa (2005)** la conductivité électrique représente la totalité des sels soluble, la mesure de (CE) s'effectue à l'aide d'une conducté mètre a un rapport (**DEROUICHE F, 2012**). L'objectif de la mesure de la conductivité est de donner un aperçu de la qualité et de la quantité de sels dissous dans l'eau (**BENAMEUR N, 2018**).

#### **2.3.2.1. Principe**

La conductivité d'un liquide est fonction de sa concentration en électrolyte, en pratiquant des extraits aqueux de sols, la mesure de la conductivité permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous (**INSLD, 2016**).

### **2.3.3. Eléments fertilisants (N, P, K, Mg)**

#### **2.3.3.1. L'azote (N)**

L'azote peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides des acides aminés de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se retrouvent qu'à de très faible concentration. Quant à l'azote

minéral (ammoniaque, nitrates, nitrites), il constitue la majeure partie de l'azote total (**BAIZE D, 2000**).

### ✓ Principe

L'azote N (%) a été déterminé par la méthode KJELDAHL basée sur l'attaque à chaud de la matière organique par l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO) concentré en présence d'un catalyseur. La solution d'extraction est distillée avec un excès de soude et titrée par HSO<sub>4</sub> (0.05N) (**CHOUIAL M et al, 2017**).

#### 2.3.3.2. Phosphore (P)

Le phosphore total est l'ensemble du phosphore présent dans un échantillon sous forme de phosphates ou de composés organophosphorés.

La présence de phosphore dans les eaux naturelles provient du lessivage de certains minéraux et de la décomposition de la matière organique (**BAIZE D, 2000**).

Il a aussi une grande importance dans la photosynthèse, le développement des enzymes et des protéines, la division des cellules végétales, tout comme l'azote (**FAO, 2022**).

#### 2.3.3.3. Magnésium (Mg)

C'est un élément chimique connu depuis des siècles. C'est cinquième minéral le plus abondant dans la croûte terrestre et le troisième composant des sels dissous dans l'eau (**ADRIEN, 2022**). Son importance en tant que composant minéral essentiel dans la formation de la chlorophylle chez les plantes et la formation de glucides, d'huiles et de graisses (**FAO, 2022**).

#### 2.3.3.3. Potassium (K)

Le potassium est un élément minéral essentiel. Le potassium (K) est fréquemment présent dans les roches et les sols par altération météorique et érosion des minéraux contenant du potassium ou lessivage des sols contenant des engrais. Les concentrations de potassium dans les effluents secondaire varient de 10 à 30 mg (**BENAMEUR N, 2018**).

## 2.4. Analyses microbiologiques

### 2.4.1. Analyses bactériologiques

#### 2.4.1.1. Recherche de coliformes totaux et fécaux

##### 2.4.1.1.1. Définition des coliformes

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des enterobacteriaceae. La définition suivante a été adoptée par l'organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme « coliformes » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, gram négatifs oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C (RODIRE J, 2005).

##### ➤ Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont considérés comme des indicateurs de la qualité microbienne de l'eau, issue de la matière fécale. Les coliformes totaux sont des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies facultatives, possédant l'enzyme  $\beta$ -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié. Les principaux genres inclus dans le groupe sont : Citrobacter, Enterobacter, Escherichia, Klebsiella et Serratia (BENAMEUR N, 2018).

##### ➤ Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont appelés aussi « coliformes thermotolérants » dans les 22 éditions (2012) de l'ouvrage de référence intitulé : méthodes standard pour l'examen de l'eau et des eaux usées, et qui se définissent comme étant des bactéries anaérobies facultatives, à gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet et produisant des colonies bleues en moins de 24 heures à 44,5°C sur un milieu contenant du lactose. En raison de leur capacité de croître à une température élevée de 44,5°C comme les coliformes totaux (BENAMEUR N, 2018).

Afin d'examiner ces 2 type de germes on réalise les 2 tests suivants :

### A. Teste présumptif :

A partir de l'eau testée, on porte aseptiquement :

- 03 fois 10 ml, dans 03 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de durham.
- 03 fois 10 ml, dans 03 tube contenant 9 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de durham.
- 03 fois 0.1 ml, dans 03 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de durham.

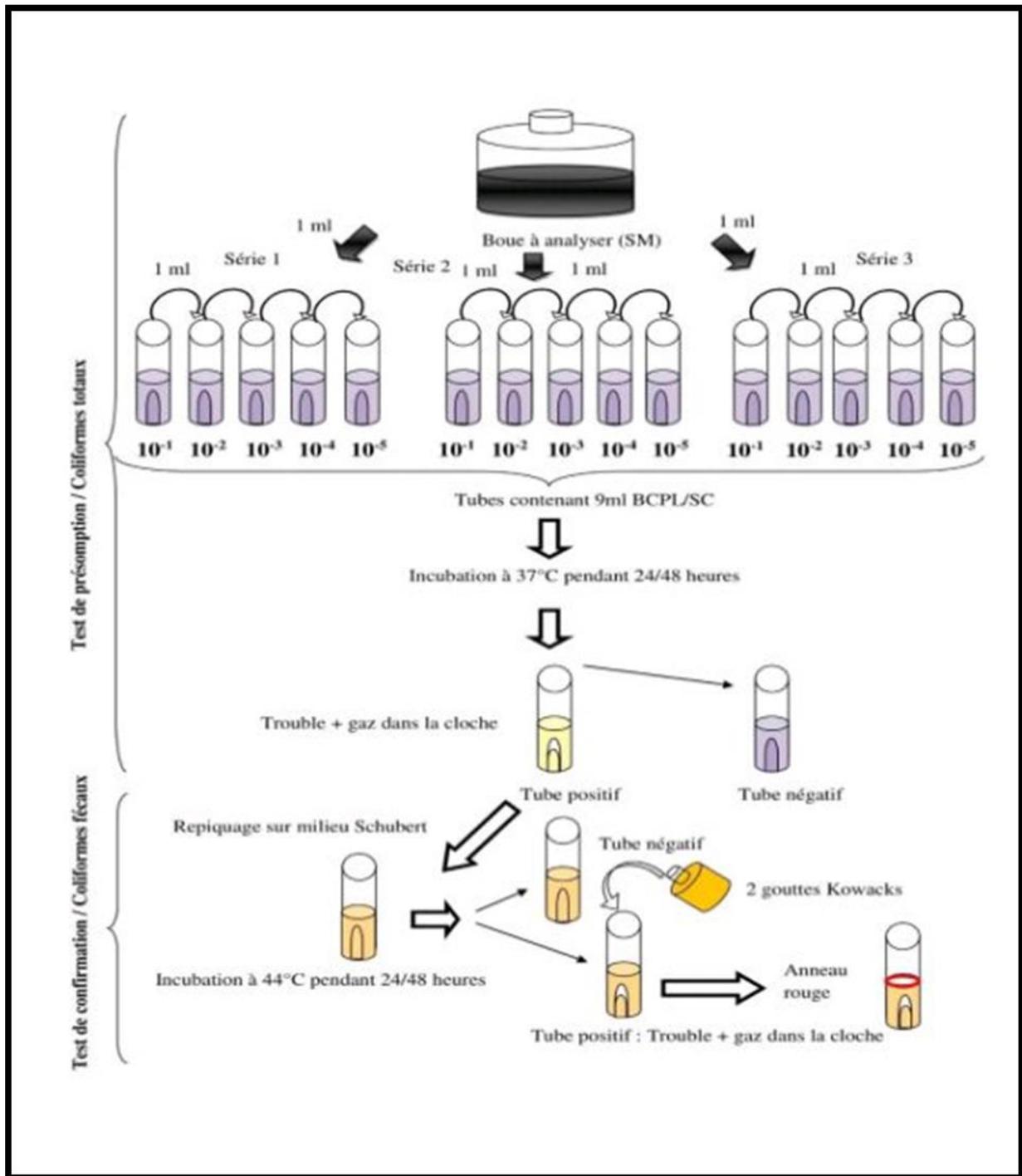
### ❖ Lecture

Après 48 heures d'incubation à 37°C et en absence d'air, les tubes qui présentent à la fois un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune et un dégagement gazeux se considèrent comme positifs. Le dénombrement des coliformes se fait selon les prescriptions de la table du NPP (**REJSEK F, 2002**).

### B. Teste confirmatif

Les tubes qui présentent à la fois un anneau rouge en surface (témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli*), après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs et un dégagement gazeux se considèrent comme positifs (Figure 15).

Le dénombrement s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (**REJESK F, 2002**).



**Figure15 :** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (MAALEM T et al, 2018).

### 2.4.1.2. Recherche et dénombrement de streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des espèces considérées comme pathogène, qui appartiennent à un groupe de streptocoques qui n'est pas toujours d'origine fécale (groupe D). Toutefois, leur recherche constitue un bon indice de contamination fécale ces derniers étaient un meilleur témoin que les coliformes fécaux pour des pathologies infectieuses d'origine hydriques (BENAMEUR N, 2018).

#### A. Teste présomptif

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1ml dans un tube contenant 9ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution  $10^{-1}$ .
- Prélevé 1 ml de tube précédent  $10^{-1}$  et mettre dans les secondes tube contenant 9ml de milieu Rothe S/C pour avoir la dilution  $10^{-2}$ .
- Transférer 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution  $10^{-3}$ .
- Refaire la technique pour les 2 autres séries.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (Figure 16) (REJSEK F, 2002).

#### ❖ Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs et la lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (REJSEK F, 2002).

#### B. Teste Confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe (D) éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans un tube contenant le milieu EVA-Litsky, bien mélangé le milieu et Linoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures (REJSEK F, 2002).

#### ❖ Lecture

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.

- Un pastille violette (blanchâtre) au fond de tube.
- La lecture finale seffectue également selon les prescriptions de la table du NPP (MAALEM T *et al*, 2018).

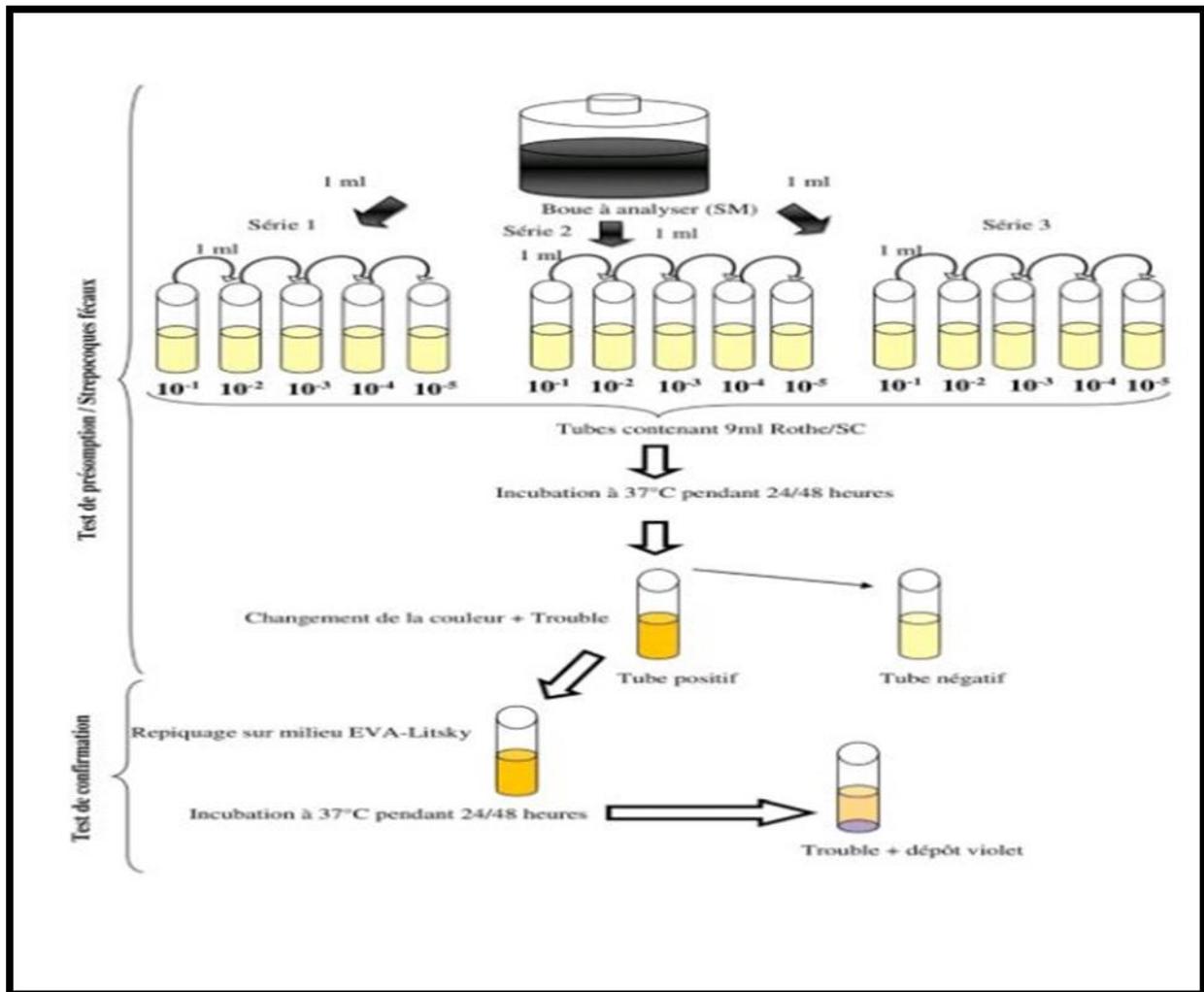
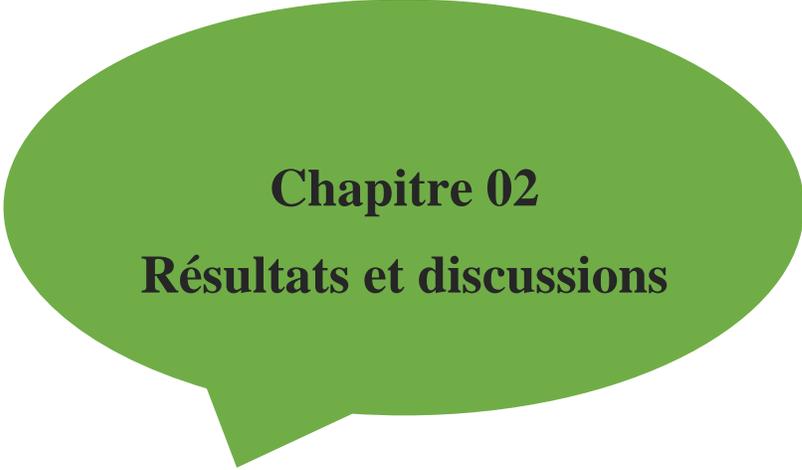


Figure 16 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (MAALEM T *et al*, 2018)

A green speech bubble with a tail pointing downwards and to the left, containing the chapter title.

**Chapitre 02**  
**Résultats et discussions**

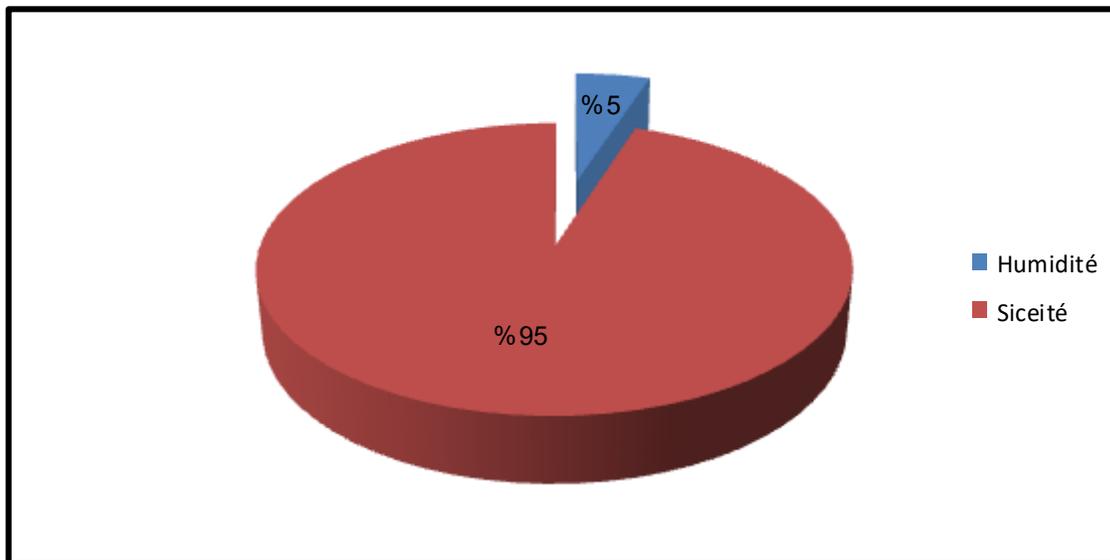
## Chapitre 02 : Résultats et discussions

Ce chapitre présente les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques, liées aux boues produites au cours du traitement des eaux usées de la station de Ouargla. Ou ils ont été discutés en les comparant aux résultats de SIBOUKUR et HABBAZE (2019), les normes algériennes (2017) et les normes AFNOR (1985).

### 1. Qualité physico - chimique

#### 1.1. Siccité

La figure N°18 représente la valeur de siccité de la boue étudiée, on remarque que cette boue est caractérisée par une siccité très élevée qui était estimée à **95%** dans l'étude réalisée par **SIBOUEUR et HABBAZ** en **2019**, la boue d'épuration se caractérise par une siccité très faible qui était estimée à **5.2%** (figure 17).



**Figure 17** : la siccité.

Selon le tableau réalisé par **REJSEK (2002)**, qui détermine la consistance de la boue en fonction de sa siccité, la boue de la station d'épuration de Ouargla est sèche.

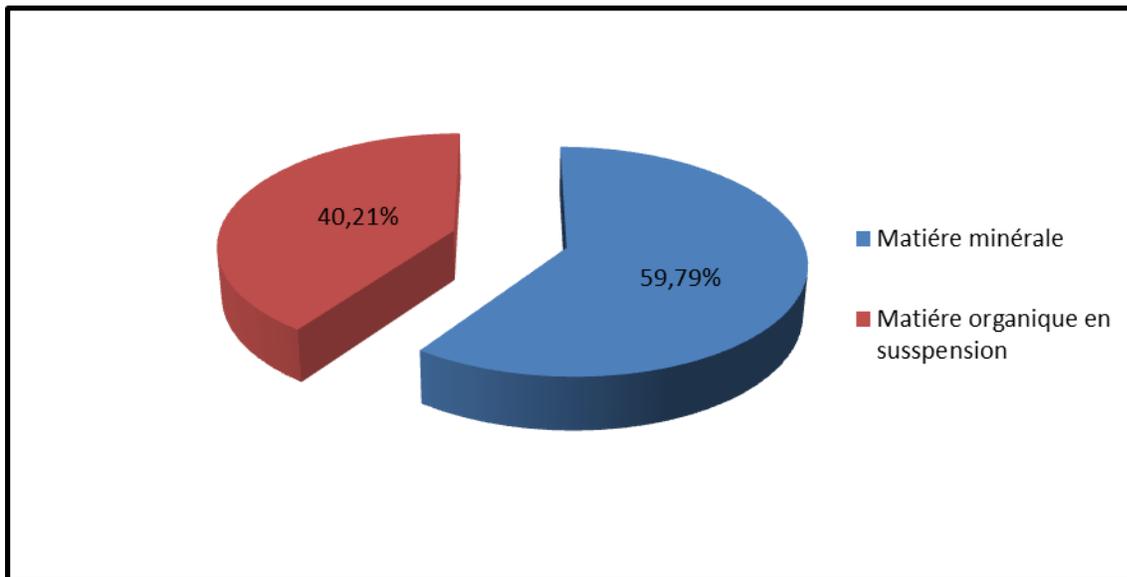
Cette grande consistance peut être expliquée par l'efficacité du procédé de séchage – séchage solaire – appliqué au niveau de la station.

Suivant **AIT YOUNS ET AZOUZZI (2012)**, la siccité est considérée comme un élément important et positif elle permet à :

- La réduction de la masse et le volume des boues.
- L'accès large aux filières agronomique (valorisation comme amendement agricoles).
- Facilité d'inhumation. Que plus les boues sont humides, plus elles représentent un milieu de développement et de croissance des micro- organismes, elles causent la propagation d'odeurs désagréables et la pollution des sols, contaminant ainsi les racines des plantes.

### 1.2. Matière volatile en suspension (MVS)

L'analyse de la figure N° 19 montre que le pourcentage de la matière organique présente dans la boue est moyen, elle contient **40,21%** de matière organique par rapport aux matières sèches, la concentration en matière organique dans cette boue est supérieure à celle trouvé par **SIBOUKEUR et HABBAZ (2019)** qui était estimée à **21.8%** (figure18).



**Figure 18** : La matière volatile en suspension

Notre échantillon de boue est conforme aux normes d'**AFNOR (40% -60%)** en termes de matière volatile en suspension.

La MO assure plusieurs fonctions et services :

- Contribuer à adsorbé une partie des cations du sol (ions calcium, potassium, ect...). Cette propriété, la désignée, la capacité d'échange cationique (CEC) contribue à l'entreposage et à la fourniture de nutriments aux plantes.
- La CEC permet en outre de lutter contre les pertes en éléments nutritifs.
- La MO constitue également la source principale d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol.
- La MO participe à la qualité des cultures en limitant le prélèvement par les plantes des polluants organiques (e. g. pesticides) et minéraux (e. g. métaux lourds) (LEFEVRE R, 2015).
- Améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol telles que la densité interne et l'augmentation de la porosité.
- Augmenter la capacité du sol à célebrer l'eau (ZAALANE R et NADER S, 2016).

### 1.3. pH et conductivité électrique

Selon les valeurs du pH, la conductivité électrique enregistrée dans le tableau N° 02, la boue étudiée est :

Alcaline, avec un pH de **7.54** ; Salée avec une conductivité électrique de **9390  $\mu\text{S/cm}$** .

**Tableau 02 : pH et conductivité électrique.**

Paramètre	Résultat	Unité
pH	7.54	/
Conductivité électrique	9390	$\mu\text{S/cm}$

✓ La valeur du pH trouvée notre échantillon de boue (**7.54**) est inférieur à celle trouvé par **SIBOKEUR et HABBAZ (2019) (7.92)** et acceptable en vertu des normes algériennes ( $\text{pH} > 6$ ).

D'après **DROUCHE F (2012)** et **OUABED J et OUABED F (2015)**, le pH est un paramètre important dans l'agriculture et ce pour le bon développement de la plante, dans les cas de neutralité, relativement favorable à toutes les espèces.

✓ La conductivité électrique obtenue correspond à la moitié de la valeur obtenue par **SIBOKUR et HABBAZ (2019)**, Ou la valeur enregistrée était de **18490  $\mu\text{S/cm}$** , mais les deux valeurs sont très élevées. Qui sont étroitement en relation avec la conductivité électrique des

eaux usées de la ville de Ouargla ; suivant la STEP (2017), la conductivité électrique est égale **24000 $\mu$ S/cm** dans les eaux brutes et **14000 $\mu$ S/cm** dans les eaux épurées.

Une conductivité électrique élevée reflète le taux de salinité, qui représente la concentration d'électrolytes dissous, en particulier Na, Ca et Mg. Un pourcentage élevé d'électrolytes est la preuve d'un forte au milieu, mais cette augmentation est due négativement aux plantes, en particulier la concentration de sel et d'ions Na, qui endommage la structure physique du sol et entrave l'absorption de cations importants tels que K et Ca, la perméabilité et l'aération, y compris la conductivité de l'eau (ATAGO, 2022).

#### 1.4. Les éléments fertilisants

A partir le tableau N°03, les principaux éléments fertilisants – N, P, K et Mg – ne représentent que 9.02% de matière sèche de la boue étudiée. Le magnésium est l'élément le plus présent par un taux de 6.04%, les autres éléments avec des taux inférieurs à 1.5%.

**Tableau 03** : Les éléments fertilisants

Élément	Résultat	Unité
<b>Azote (N)</b>	1.16	%
<b>Phosphore (p)</b>	1.27	%
<b>Potassium (k)</b>	0.55	%
<b>Magnésium (Mg)</b>	6.04	%

✓ D'après **CHAFI M (2011)**, l'azote (N) est l'un des éléments nutritifs majeurs utilisés pour les plantes.

C'est le quatrième constituant des plantes incorporées dans l'élaboration de molécules importantes comme les protéines, les nucléotides, les acides nucléiques et la chlorophylle. Il favorise l'utilisation des hydrates de carbone, stimule le développement et l'activité racinaire, favorisant ainsi l'absorption des autres éléments minéraux et la croissance des plantes.

L'azote est un facteur limitant majeur de la production agricole, un facteur limitant signifie ici qu'il s'agit d'un facteur majeur dans la croissance de toutes les plantes et qu'on ne peut s'en passer.

✓ Le phosphore (P), selon **CHAFI M (2011)**, le phosphore favorise le développement des racines, la rigidité des tissus, la reproduction, la qualité des produits végétaux.

Une alimentation convenable en phosphore permet un développement harmonieux des plantes. Il renforce la résistance des plantes et contribue au développement des racines.

✓ Suivant **CHAFI M (2011)**, le potassium (K) est indispensable à la vie, il participe directement à la formation et à la croissance de la cellule. Il est nécessaire dans la synthèse des protéines et l'utilisation des glucides.

Le potassium est abondant dans la matière sèche des végétaux. Il intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules et régularise les échanges inter cellulaires, réduit la transpiration des plantes augmentant la résistance à la sécheresse et active la photosynthèse, favorise la formation des glucides dans la feuille et contribue à favoriser la floraison.

✓ D'après **THOMPSON L (2022)**, le magnésium est une composante indispensable de la chlorophylle. Il aide à la formation des glucides, des huiles et des gras. Comme le magnésium est mobile à l'intérieur des végétaux et se diffuse vers les tissus en croissance.

## 2. Qualité microbiologique

Les résultats des analyses bactériologiques (tableau 04) montrent que la boue de la station d'épuration de Ouargla est contaminée par les coliformes totaux, tandis qu'il ne contient pas les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

**Tableau 04** : coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

Paramètre	Résultat
Coliformes totaux	+
Coliformes fécaux	-
Streptocoques fécaux	-

(+) présence des bactéries.

(-) absence des bactéries.

Ces résultats ne sont pas conformes aux résultats obtenus par **SIBOUKEUR** et **HABBAZ (2019)**, en termes d'existence des coliformes fécaux. Cette absence peut être expliquée par l'effet de l'assèchement solaire de la boue (Figure : 20,21, 22,23, 24,25).



Figure 19 : Recherche des coliformes

Totaux.



figure 20 : Présence des coliformes

Totaux.



Figure 21 : Recherche des coliformes fécaux.



Figure 22 : Absence des coliformes fécaux (Escherichia coli)



**Figure 24 :** Recherche des streptocoques

Fécaux



**figure 23 :** Absence des streptocoques

Fécaux.

A green speech bubble with a tail pointing towards the bottom-left corner, containing the text "Conclusion Générale".

**Conclusion  
Générale**

## Conclusion

---



### Conclusion

L'épuration des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Ouargla se fait par lagunage aéré. Elle est opérationnelle depuis 2009, à partir de cette année les boues s'accumulent au niveau des bassins de la sédimentation et leur volume s'augmente avec le temps. Dans les dernières années, il y a des essais de curage des bassins et de séchage des boues pour les caractériser.

Cette étude avait donc pour l'objet d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de la boue produite au niveau de cette station.

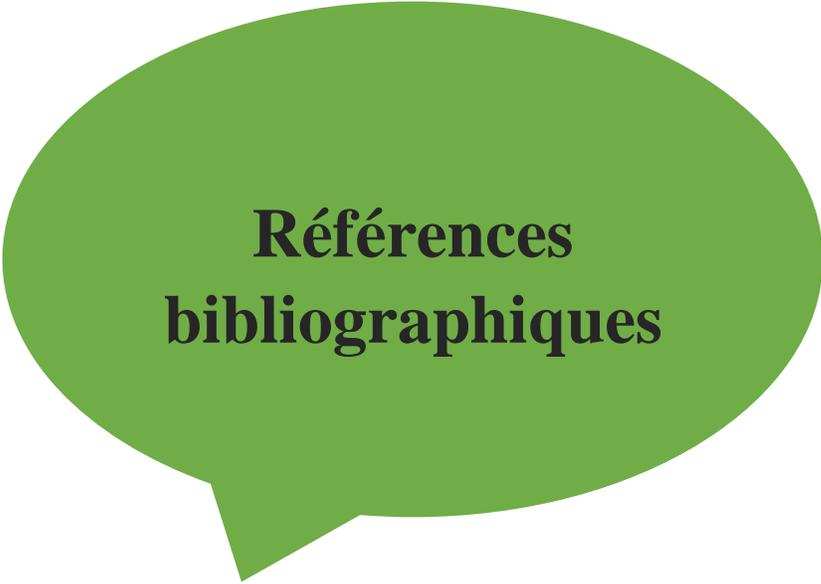
Les analyses sont effectuées sur la boue biologique sèche pour la détermination des paramètres suivants : le pH, la CE, la siccité, les éléments fertilisants (N, P, K, Mg), les matières volatiles en suspension, coliformes totaux et fécaux et streptocoques fécaux.

Le résultat obtenu montre que cette boue est caractérisée par :

- Une siccité très élevée qui était estimée à 95 %, elle considérée comme un élément important et positif dans la valorisation agricole.
- Une matière volatile en suspension approximativement moyen, elle contient 40.21 % qui permet d'améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol dans la valorisation agricole.
- L'alcalinité et la salinité, cette dernière forme un obstacle dans la valorisation agricole.
- La présence de l'azote, le phosphore, le potassium et le magnésium comme des éléments fertilisants.
- La contamination par les coliformes totaux et l'absence de coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

Pour la valorisation agricole :

La valorisation de cette boue, doit commencer par l'élaboration d'un bilan complet comprend une estimation des métaux lourds et des parasites qui forment des facteurs limitant de la qualité de la boue.



**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographies

---

### Références bibliographiques

#### (A)

- ❖ **ABD AL-WAHED AL-HALLAQ. Z, (2019)** \_ Modification des propriétés des propriétés de sédimentation des pentes des bassins de sédimentation primaire à laide d'additifs chimiques, Université Al-Baath, faculté de génie civil, République Syrienne.
- ❖ **AIT HAMOU. R et BOULAHBLAL. O,1998** \_ Etude de l'effet dose de boues résiduelles sur un sol agricole. Revue (recherche agronomique) N 2 : 27-42
- ❖ **AITAYANE. K ET DOUNLA. S, (2009)** \_ valorisation agricole et énergétique des boues issues de l'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech. Université CADI AYYAD faculté des sciences et techniques. Marrakech.
- ❖ **AMIN KATOUT. S, (2008)** - Hydrologie, page112, Mison d'édition Dijlah, Bagdad, Irak.
- ❖ **Amorce, (2012)** – boues de station d'épuration : techniques de traitement valorisation et élimination.
- ❖ **AZOUZI. M et AIT YOUNS. O, (2012)** \_ valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech \_ Université Cadi Ayyad \_ Maroc.

#### (B)

- ❖ **BEHRA. P, (2013)** \_Chimie et environnement, cours, études de cas et exercices corrigés, licence3 master écoles d'ingénieurs, page93-94-164, Dunod, Paris, Imprimé en France N° 201304.0034.
- ❖ **BENABDLI. K, (1999)** – Elément de réflexions sur une politique de choix technologique et écologique de mobilisation des eaux de surface dabs la wilaya de SIDI BEL ABBES. Colloque maghrébin sur les eaux et le choix technologique, université Djilali Liabèsse. De SIDI BEL ABBES
- ❖ **BENAMERUR. N, (2018)** \_ analyse des indicateurs de pollution dans les rejets des eaux usées civiles de la ville de Biskra\_ Thèse de doctorat \_ Université MOHAMED KHIDER Biskra.

## Références bibliographiques

---

❖ **BENYSHIA, SAID ABESSAMEUD.Y et BERBCHE. S, (2020)** analyse bibliographique des boues résiduaires de la STEP de baraki (w. Alger) -mémoire mastère 2 - université Blida 01.

❖ **BOUZIANE. F, SLIMANI. R, (2012)** – mode de dégradation du sol sableux naturel dans la cuvette de Ouargla par deux formes chimiques précipité et complexe possibilité d'utilisation agricole \_ Thèse magister \_ université KASDI MERBAH \_Ouargla \_ 100p.

### (C)

❖ **CAEVEL. B, DEVOS. M, CHABRIER. P, POLLET. P, (09/2007)** \_ Revue des filières de traitement et valorisation des boues RECORD 0560132/1A.

❖ **CHFI. M, (2011)** \_ Vici faba L. un engrais pour la réhabilitation des zones marginalisées (zones arides et semi-arides) algériennes.

❖ **CHERIF. H (2011)**, Amélioration de la croissance du blé dur en milieu salin par inoculation avec Bacillus sp. Et pantoea agglomerans isolées de sols arides\_ Thèse de Doctorat\_ Université FERHAT ABBAS Sétif1.

### (D)

❖ **DEROUICHE. F, (2012)** \_ contribution à l'étude des boues résiduaires comme amendement organiques pour les cultures maraichères \_ Mémoire Magister \_ Université d'Oran 126p.

### (E)

❖ **EDDINE. B, (2016)** \_ guide pratiques des analyses des sols et eaux cas des sols calcaires

### (F)

❖ **FATILAB, (2022)** \_ Laboratoire de contrôle de qualité et de conformité. El Oued.

### (G)

❖ **GADDA. N, (2013)** \_ impacts des usées épurées sur les propriétés physico- chimiques des sols dans les régions de Ouargla \_ mémoire master \_ Université KASDI MERBAH \_ Ouargla.

❖ **GAY. J, (2011)** \_ lutte contre la pollution des eaux valorisation énergétique des boues \_ techniques de l'ingénieur.

❖ **GHETTAS. N, (2009)** \_ épuration des eaux usées cas de la ville de Touggourt \_ Université KASDI MERBAH\_ Ouargla.

## Références bibliographies

---

❖ **Guide du stagiaire le programme de formation d'un technicien de traitement des boues d'épuration 2015** \_ La société holding d'eau potable et d'assainissement programme de parcours professionnel pour les travailleurs du secteur de l'eau potable et de l'assainissement, le troisième degré le matériel a été préparé par la société holding pour le secteur du développement des ressources humaines de l'eau potable et des eaux usées et le renforcement des capacités administration générale de la planification des parcours de carrière \_ Egypte.

(I)

❖ **I.N.R.A 1980.** Institut national de la recherche agronomique.

(L)

❖ **LADJEL. F et ABBOU. S, (2016)** \_ perspective de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STAP en Algérie, ONA.

(M)

❖ **MAALEM. T, SAIDIA. C, TOGO I (2018)**, caractérisation bactériologique des boues résiduelles de station d'épuration des eaux usées : cas de la station de Guelma -mémoire master2 Université 8 Mai 1945-Guelma \_ 100p.

❖ **MACE. M** – Rapporte de centre d'information sur l'eau, France.

❖ **MENSOUS. M, (2011)** \_ Etude du système de gestion des eaux usées dans l'oasis de Ouargla mémoire Magister Ecologie saharienne. Université Ouargla\_ 150p.

❖ **Méthode d'analyse**, centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 04/10/2011, page 05.

(O)

❖ **ONA, (2017)** \_ valorisation des boues issues des stations d'épuration à l'honneur\_ 25/10/2017.

❖ **ONA, (2018)** \_ l'office national de l'assainissement.

❖ **OUABED. D et OUABED. F, (2015)** \_ valorisation des boues de la station d'épuration de Sour El Ghozlane comme amendement au sol \_ mémoire master \_ Université Akli Mohamed Oulhadj \_ Bouira \_ 59p.

(R)

## Références bibliographiques

---

- ❖ **RAMDANI. N, (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, thèse magister « science de l'environnement et climatologie », université d'Oran faculté des sciences département de physique \_ 138p.
- ❖ **REJSCK. F, (2002)** \_ analyse des eaux, aspect réglementaires et techniques, page164, N°337, directeur de la publication : Jean - Marie Puslecki, Achevé d'imprimer en France.
- ❖ **RODIER. J, (2009)** – L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 9<sup>ème</sup> édition.
- ❖ **RODIERR. J, (2005)**, l'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8<sup>ème</sup> édition Dunod page 663.
- ❖ **Royal commission for Riyadh city\_ 25/09/2017.**

### (S)

- ❖ **SADOWSKI. A, (2002)** \_ le rôle des institutions et les politiques en matière d'eau \_ lyonnaise des eaux.
- ❖ **SAHNOUN. A, (2019)** \_ contribution à la valorisation des boues des stations d'épuration des eaux usées, thèse doctorat, faculté sciences et la technologie, université Mohamed Boudiaf d'Oran \_ 199p.
- ❖ **SEAAL, SEOR, SEAC, (2018)**  
**SEAAL** : la société des eaux et de l'assainissement d'Alger.  
**SEOR** : la société de l'eau et de l'assainissement d'Oran.  
**SEACO** : la société de l'eau et de l'assainissement de Constantine.
- ❖ Sédimentation des de bassin de sédimentation primaire à l'aide d'additifs chimiques, université Al-Baath faculté de génie civil département de génie l'environnement Syrie.
- ❖ **SIBOUKAEUR. K et HABBAZ. D (2019)** \_ Essai de caractérisation des boues de la station d'épuration de Said-Otba (Ouargla) \_ Mémoire Master Académique\_ Université KASDI MERBAH \_ Ouargla \_ 41p.
- ❖ **SLIMANI. R, (2006)** \_ Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla : Cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines) \_ spécialité : agronomie saharienne\_ Mémoire Magister\_ Université KASDI MERBAH \_ Ouargla \_ 91p.
- ❖ **STEP, (2022)** \_ Station d'épuration des eaux usées, SAID OTBA\_ Ouargla.

## Références bibliographies

---

### (T)

- ❖ **TANDJIR. L, 2011**\_ les eaux et leurs effets subtils sur l'environnement, page29.

### (Z)

- ❖ **ZAALANE. R et NADRE. S, (2016)** \_ l'effet de l'ajout de boues sur la productivité des plantes DIPLTOXIS ERUCOIDES et sa capacité à accumuler l'élément de Temps et de Cadmium \_ journal des sciences agricoles \_ Al Mujahid 12 \_ N°2.

### (W)

- ❖ WHO, (2022) \_ memento-assainissement.
- ❖ [www.atago.net](http://www.atago.net) 29-05-2022/ 18 :58min
- ❖ [www.e3arabi.com](http://www.e3arabi.com) \_16-02-2022-16 :50min / publié par BANI MUSTAFA. M - 27-09-2020.
- ❖ <http://Techno-Science.net> publié par Adrien. ESO. 14-04-2022/12.22
- ❖ <http://www.fao.org>. 12-05-2022/ 13 :19min
- ❖ <http://www.me.gov.dz> 12-02-2022/15 :07min
- ❖ [www.omafrag.gov.on.ca](http://www.omafrag.gov.on.ca) 03-06-2022/ 18 :12 min\_ publié par THOMPSON. L\_ gestion du sol, fertilisation, nutrition des cultures et de cultures de couverture



Annexes

---

## ANNEXE

---

### ANNEXE 01

- 1/- Quel est l'objectif de la réalisation de cette station ?
- 2/- Quelle est la quantité d'eau entrée dans à la station chaque jour et chaque année ? Et quel est le type de cette eau ?
- 3/- Comment l'eau est-elle reçue et épurée dans cette station ? Quelles sont les étapes du traitement suivies ?
- 4/- Quel est le devenir de l'eau traitée ?
- 5/- Y a-t-il des dangers lorsqu' on recoïta de l'eau et qu'on la traite ?
- 6/- Quelle est la raison du choix de la méthode du traitement de l'eau ?
- 7/- Quelle est la méthode utilisée pour extraire la boue ? Et quelle est la quantité à quoi ressemble-t-il après l'avoir extrait ?
- 8/- Quel est le devenir de la boue extraite ?
- 9/- Quelles sont les difficultés qui processus ? D'extraction de la boue ?
- 10/- Combien de temps faut-il pour extraire la boue des bassins d'épuration ?
- 11/- Sont-ils affectés par des facteurs externes (atmosphériques) ? Si oui comment ?
- 12/-Quelle est la raison du choix de la méthode d'une de traitement de boue ?
- 13/- Combien de temps faut-il pour que la boue sèche ?
- 14/- comment la boue séchée est-elle stockée ?
- 15/- Quelle est durée de séchage ?
- 16/- Quelle est le type de cette station ?

## ANNEXE

### ANNEXE 02

Description de la station d'épuration d'Ouargla (STEP Ouargla, 2022).

<b>Caractéristiques</b>	<b>Nombre de bassin</b>	<b>Volume total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume par unité de bassin (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Surface totale (ha)</b>	<b>Surface par unité de bassin (ha)</b>	<b>Profondeur des bassins (m)</b>	<b>Temps de séjour, en fonction des débits varié</b>	<b>Nombre d'aérateur</b>
<b>Premier niveau (1<sup>er</sup> étage d'aération)</b>	04 bassins d'aération	3408000	25200	9.6	2.4	3.5	De 08 à 10 jours	12
<b>Deuxième niveau (2<sup>ème</sup> étage d'aération)</b>	02 bassins d'aération	227200	113600	8.2	4.1	2.8	3 à 5 jours	07
<b>Troisième niveau (étage de finition)</b>	2 bassins	148054	74027	9.8	4.9	1.5	02	00



# Résumé

## Résumé

Notre travail porte sur la caractérisation physico-chimique et bactériologique de la boue de la station d'épuration de Ouargla en terme du pH, la CE, la siccité, les éléments fertilisants (N, P, K, Mg), la matière volatile en suspension, coliformes totaux et fécaux et streptocoques fécaux.

Les résultats obtenus montrent que cette boue caractérisée par : une siccité très élevée qui était estimée à 95 %, une matière volatile en suspension approximativement moyen, l'alcalinité et la salinité, la présence de l'azote, le phosphore, le potassium et le magnésium comme des éléments fertilisants, la contamination par les coliformes totaux et l'absence des coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

**Mots clé :** la boue, Ouargla, caractérisation physico-chimique et bactériologique, les éléments fertilisants.

## Sammary

Our work concerns the physico-chemical and bacteriological characterization of the sludge from the sludge from the Ouargla wastewater treatment plant in terms of pH, EC, dryness fertilizing elements (N, P, K, Mg), volatile matter in suspension totale and faecal coliforms and fecal streptococci.

The results obtained show that this sludge characterized by a very high dryness which was estimated at 95% approximately average suspended volatile matter, alkalinity and salinity, the presence of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium as fertilizing elements, contamination by total coliforms and the absence of faecal coliforms and faecal streptococci.

**Key words :** sludge, ouargla, physico-chemical and bacteriological characterization, fertilizing elements.

## المخلص

يركز عملنا على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للحماة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بورقلة من حيث الاس الهيدروجيني, التوصيل الكهربائي, الجفاف و عناصر التسميد (N, P, K, Mg) المادة المتطايرة في التعليق القولونيات البرازية و المكورات العقدية البرازية.

اظهرت النتائج المتحصل عليها ان هذه الحماة تتميز بالجفاف شديد للغاية يقدر 95 % و بمتوسط تقريبي للمواد المتطايرة العالقة و القلوية و الملوحة و وجود النتروجين, الفسفور, البوتاسيوم و المغنزيوم كعناصر تسميد و التلوث بالكوليفورم الكلي و عدم وجود القولونيات البرازية و المكورات العقدية البرازية.

**الكلمات المفتاحية :** الحماة, ورقلة, الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية, عناصر التسميد.