

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



# Mémoire

*de fin de cycle*

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agronomie*

*Spécialité : Science du sol*

## Thème

***Caractérisation des boues résiduaires urbaines  
pour une utilisation agricole et une prévention  
de la pollution de la ressource sol dans la wilaya  
de Tizi-Ouzou***

*Réalisé par :*

M<sup>elle</sup>. BOUZIDI Kahina

M<sup>elle</sup>. HACHEMI Karima

Devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> BOURBIA S.	M.C.A	UMMTO	Présidente
M <sup>me</sup> OMOURI O.	M.A.A	UMMTO	Promotrice
M <sup>me</sup> OMARI O.	M.A.A	UMMTO	Examinatrice

Promotion 2018 - 2019

## *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions « Dieu » le tout puissant qui nous a donné sagesse et santé pour faire ce modeste travail.*

*Il est agréable d'exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à M<sup>me</sup> Omouri O. de nous avoir encadrées. Nous lui exprimons notre reconnaissance pour ses précieux conseils qui nous ont guidés dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.*

*Nous remercions M<sup>me</sup> Tibiche qui nous a suivies pendant nos expériences au laboratoire UMMTO pour tout l'aide qui nous a donnée, nous remercions aussi M<sup>me</sup> War et les agents de laboratoire de la station d'épuration Tizi Ouzou Est pour la disponibilité qu'elle a affichée à notre égard afin de mener à bien ce travail.*

*Notre gratitude va particulièrement à tous nos enseignants du département des sciences Agronomiques de Tizi-Ouzou*

*Nous adressons également nos remerciements à :*

*M<sup>me</sup> Omari O. M<sup>me</sup> Bourbia S.*

*Qui nous ont fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail.*

*Ainsi nous remercions M<sup>r</sup> BOUZIDI S. pour son aide si précieux,*



# Dédicaces

*Je tiens à dédier ce travail :*

*A mes chers parents qui ont toujours été là pour moi.*

*Je vous suis reconnaissante pour les sacrifices consentis pour mon bien être, je  
vous dis merci.*

*A mes chers frères : Ali, Arezki, Mohamed et Slimane, ma chère sœur Samira, et  
à mon cher fiancé.*

*A mon cher neveu et nièce Idir et Tassadit.*

*A toute ma famille à la quelle j'adresse mon profond respect et mon indéfectible  
attachement.*

*A tous mes cousins et cousines.*

*A ma très chère binôme Karima que je remercie infiniment, je lui souhaite bon  
courage, et bonne réussite dans sa vie, ainsi qu'un profond respect pour sa  
famille.*

*A tous mes amis (es) de prés ou de loin.*

*A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.*

*A toute la promotion science du sol 2018-2019*

**KAHINA BOUZIDI**

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes très chers parents pour leurs encouragements, leurs aides, le soutien qu'ils m'ont apporté et le sacrifice qu'ils ont fait pour moi, dieu les protèges et les entoure de sa bénédiction.*

*A mes chers frères (OMAR et MEZIANE).*

*A mes chères sœurs (OURDIA et son mari MUSTAPHA, OUIZA et son mari MOURAD, DJEDJIGA et son mari MOURAD, MELHA et son mari ALI, CHABHA et son mari HACEN et DALILA).*

*A mes chers neveux (ALILOUCHE, MOUMOUH, AMMAR, LARBI et MEZIANE)*

*A mes chères nièces (THANINA, LYDIA, SYLINE, MYRIAM, ALICIA et LEA).*

*A toute ma grande famille.*

*A tous mes amis (es) surtout ma très chère binôme KAHINA que je remercie infiniment, je lui souhaite bon courage, et bonne réussite dans sa vie, ainsi qu'un profond respect pour sa famille.*

*A mon gérant LAKER ALI qui m'a autorisé et soutenu pour suivre ce MASTER,*

*A tous ceux que je connais qui m'aiment et que j'aime.*

*A toute la promotion de science de sol 2018/2019.*

*et toutes les promos des sciences Agronomiques.*

*Karima Hachemi*

## Liste des abréviations

**AFEE** : Association Française pour l'Etude des Eaux

**AFNOR**: Association Française de la Normalisation

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrique

**° C** : Degré Celsius

**C**: carbone

**Ca CO<sub>3</sub>** : Carbonate de Calcium

**Ca**: Calcium

**Cd**: Cadmium

**CE** : Conductivité électrique

**cm** : Centimètre

**CNB** : Comité National des Boues

**CO**: Oxyde de Carbone

**CPCS** : Commission de pédologie et de cartographie des sols

**Cr**: Chrome

**Cu**: Cuivre

**DBK**: Draa Ben Kheda

**DBO<sub>5</sub>**: Demande biologique en Oxygène pendant 5 jours

**DCO** : Demande chimique en Oxygène

**DEM**: Draa El Mizane

**DPSB** : Direction de la Programmation et Suivi Budgétaires

**dS/m** : Déci siemens par mètre

**EH** : Equivalent Habitant

**EPA** : Environnement Protection Agency (agence américaine de protection de l'environnement)

**Eq/hab**: Equivalent par habitant

**ETM** : Eléments Traces Métalliques

**FNRDA** : Fonds National de Régulation et de Développement Agricole

**g** : Gramme

**ha** : Hectare

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**Hg**: Mercure

**I A N O R** : Institut Algérien de Normalisation

**IB** : Indice de boue

**IM** : Indice de Mohlman

**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique

**ISO** : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)

**K**: Potassium

**Kg** : Kilogramme.

**Km** : Kilomètre

**m<sup>3</sup>/j** : Mètre cube par jour

**MES** : Matières en suspension

**Mg** : Magnésium

**mg** : Milligramme

**ml** : Millilitre

**MM** : Matière minérale

**MO** : Matière organique

**MS** : Matière Sèche (siccité)

**mS/cm** : Milli siemens par centimètre

**MVS** : Matières volatiles sèches

**N**: Azote

**Ni** : Nickel

**NO**: Oxyde d'Azote

**NO<sub>2</sub>**: Dioxyde d'Azote

**ONA** : Office National d'Assainissement

**OTV** : Omnium de Traitement et de Valorisation

**P**: Poids

**P**: Phosphore

**Pb**: Plomb

**PCB** : Polychlorures Diphénols

**PCI** : Pouvoir calorifique inférieur

**PCS** : Pouvoir calorifique supérieur

**pH** : Potentiel hydrique

**Q** : Débit

**Qtt** : Quantités

**R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>**: Répétitions 1, 2, 3

**RGPH:** Recensement Général de la Population et de l'Habitat

**STEP :** Station d'épuration

**TO:** Tizi-Ouzou

**USDA:** United States Department of Agriculture

**V<sub>30</sub>:** Volume dilué après 30 minute de décantation

**Zn :** Zinc

## Liste des figures

Figure 01: Schéma de principe d'une filière de traitement des boues .....	08
Figure 02: Représentation schématique d'une filière de traitement des boues (Baudez., 2001)	34
Figure 03: pH mètre .....	40
Figure 04: Conductimètre.....	43
Figure 05 : Séchage des boues à l'étuve.....	43
Figure 06: Incinération des boues au four à moufle.....	44
Figure 07: Test de décantation .....	46
Figure 08 : Taux de potentiel hydrique moyen des boues étudiées.....	48
Figure 09 : Taux de conductivité électrique moyenne des boues étudiées en mS/cm .....	49
Figure 10 : . Taux moyen de calcaire total dans les boues étudiées .....	50
Figure 11: Taux moyen de la matière sèche des boues étudiées .....	51
Figure 12 : Taux moyen la matière organique des boues des huit stations d'épuration .....	52
Figure 13: Le taux de la matière minérale moyenne des boues des huit stations d'épuration ...	53

## Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition générale des boues d'épuration.....	18
Tableau 02 : Composition en éléments utiles des boue.....	25
Tableau 03: Composition des boues selon la filière de traitement des eaux résiduaires Urbaines .....	26
Tableau 04: Concentrations moyennes en ETM des boues d'épuration.....	27
Tableau 05: Les différentes classes de boue selon la nature de traitement. ....	30
Tableau 06: Classification des boues selon leur aspect physique .....	31
Tableau 07: Classification des boues en fonction des traitements .....	32
Tableau 08: Les opérations de traitement des boues et leurs objectifs .....	33
Tableau 09 : Représentation des STEP de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	39
Tableau 10: Analyses des boues liquides des différentes étapes de la STEP Est Tizi-Ouzou..	55
Tableau 11: Analyses des boues liquides des différentes étapes de la STEP Est Tizi Ouzou ..	56

# Sommaire

---

## Sommaire

### Introduction Générale

### Chapitre I : Synthèse Bibliographique

#### Partie I : Situation de la gestion des boues en Algérie et dans le Monde

I.1.1. Présentation de la région d'étude .....	2
I.1.1.1. Description générale de la wilaya de Tizi-Ouzou .....	2
I.1.1.1.1. Localisation et géographie .....	2
I.1.1.1.2. Présentation géomorphologiques .....	2
I.1.1.1.3 Caractéristiques économiques .....	3
I.1.1.1.4. Répartition des terres agricoles .....	3
I.1.1.2. Eaux usées .....	4
I.1.1.3. Les boues résiduaires urbaines .....	4
I.1.1.3.1. Généralités sur les Boues résiduaires des stations d'épuration .....	4
I.1.1.3.1.1. Définition des boues .....	4
I.1.1.3.1. 2. Etape d'épuration des eaux usées .....	5
I.1.1.3.1. 3. Nature et origine des boues .....	5
I.1.1.3.1. 4. Traitements des boues à la station d'épuration .....	6
I.1.1.3.1.5. Procédés de réduction de la teneur en eau des boues .....	6
I.1.1.3.1.5.1. Le séchage .....	6
I.1.1.3.1.5.2. L'épaississement .....	7

## Sommaire

---

I.1.1.3.1.5.3. La déshydratation.....	7
I.1.1.3.1.5. 4. Stabilisation des boues.....	7
I.1.1.1.3.5. 5. Type de boues .....	8
I.1.1.1.3.5. 5.1. Boues liquides.....	8
I.1.1.1.3.5. 5.2. Boues pâteuses .....	8
I.1.1.1.3.5. 5.3. Boues chaulées.....	9
I.1.1.1.3.5. 5.4. Boues compostées.....	9
I.1.1.1.3.5. 6. Production des boues .....	9
I.1.1.1.3.5. 6.1. Dans le monde .....	9
I.1.1.1.3.5. 6.2. En Algérie .....	9
I.1.1.1.3.5. 7. Destination .....	9
I.1.1.1.3.5. 7.1. Incinération .....	10
I.1.1.1.3.5. 7.2. Mise en décharge contrôlée .....	10
I.1.1.1.3.5. 7.3. Utilisation en agriculture .....	10
I.1.1.1.3.5. 7.3.1. Epanchage direct .....	10
I.1.1.1.3.5. 8. Traitement des boues .....	11
I.1.1.1.3.5. 8.1. Chaulage .....	11
I.1.1.1.3.5. 8.2. Méthanisation .....	11
I.1.1.1.3.5. 8.3. Compostage .....	12
I.1.1.1.3.5. 9. Les avantages et les inconvénients de la valorisation des boues en agriculture .	12
I.1.1.1.3.5. 9.1. Les avantages .....	12

# Sommaire

---

I.1.1.1.3.5. 9.2. Les inconvénients .....	12
I.1.1.1.3.5. 10. Le recyclage agricole des boues dans le monde .....	12
I.1.1.1.3.5. 11. Problèmes rencontrés dans la filière de recyclage agricole des boues .....	13
I.1.1.1.3.5. 12. Les contraintes d'utilisation des boues .....	14
I.1.1.1.3.5. 13. Effets des boues résiduaires sur le sol.....	14
I.1.1.1.3.5. 13.1. Effets des boues résiduaires sur la composante bio chimique .....	14
I.1.1.1.3.5. 13.2. Les éléments minéraux.....	15
I.1.1.1.3.5. 13.3. Effets des boues résiduaires sur la composante physique.....	15
I.1.1.1.3.5. 14. Impact de l'épandage des boues sur l'environnement.....	16
I.1.1.1.3.5. 14. 1. Parasites .....	16
I.1.1.1.3.5. 14. 2. Phytotoxicité .....	16
I.1.1.1.3.5. 14. 3. Dégradation de la structure .....	17
I.1.1.1.3.5. 15. Intérêt agronomique des boues .....	17

## **Partie II : Caractérisation des boues pour usage agricole**

I.2.1. Caractéristiques des boues .....	19
I.2.1.1. Caractéristiques physiques .....	19
I.2.1.1.1. L'indice de MOHLMAN (IM).....	19
I.2.2. L'indice de boues (IB) .....	19
I.2.3. Teneur en matière minérale.....	19
I.2.4. Matière sèche et siccité .....	20
I.2.5. Matière volatile .....	20

## Sommaire

---

I.2.6. Pouvoir calorifique .....	20
I.2.7. Consistance de la boue .....	20
I.2.8. Facteurs caractérisant la structure des boues .....	20
I.2.8.1. La viscosité .....	20
I.2.8.2. Granulométrie .....	21
I.2.8.3. Nature de l'eau contenue dans la boue .....	21
I.2.9. Caractéristiques chimiques des boues .....	21
I.2.9.1. Acidité des boues (pH) .....	21
I.2.9.2. Détermination de Calcaire .....	21
I.2.9.2.1. Dosage de calcaire total .....	21
I.2.9.2.2. Dosage du calcaire actif .....	22
I.2.9.3. Mesure de la conductivité électrique .....	22
I.2.9.4. Demande chimique en oxygène (DCO) .....	22
I.2.9.5. Demande biochimique en oxygène (DBO5) .....	22
I.2.10. Caractéristiques biologiques .....	22
I.2.11. Caractéristiques chimiques .....	23
I.2.11.1. Teneur en matières minérales .....	23
I.2.11.2. La composition en éléments chimiques des boues.....	23
I.2.11.2.1. L'azote .....	23
I.2.11.2.2. Le phosphore.....	23
I.2.11.2.3. Le potassium .....	24
I.2.11.2.4. Le soufre .....	24
I.2.11.2.5. Le calcium, Le magnésium et le sodium.....	24

## Sommaire

---

I.2.11.2.6. Les métaux lourds .....	26
I.2.11.3. Les composés indésirables et nuisances olfactives .....	27
I.2.11.3.1. Micro-organismes pathogènes .....	27
I.2.11.3.2 Contaminants chimiques inorganiques et organiques .....	28
I.2.12. Classification des boues .....	29
I.2.13. Traitement des boues .....	32
I.2.13.1. Objectifs de traitement .....	33
I.2.13.2. Système de traitement des boues .....	33
I.2.13.2.1. La stabilisation .....	34
I.2.13.2.1.1. Stabilisation biologique .....	35
I.2.13.2.1.2. Le compostage .....	35
I.2.13.2.1.3. La stabilisation chimique .....	35
I.2.13.2.2. Le séchage thermique.....	36

### Chapitre II: Matériel et méthodes

1. Le choix des boues .....	37
2. Localisation géographique des huit stations .....	37
2.1. Localisation de la STEP de Boukhalfa.....	37
2.2. Localisation de la STEP de la ville de Draa Ben Khedda .....	37
2.3. Localisation de La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou.....	37
2.4. Localisation de la station d'épuration DEM.....	37
2.5. Localisation de la station d'épuration de Boghni .....	38
2.6. Localisation de la station d'épuration de la ville de Tadmaït .....	38

## Sommaire

---

2.7. Localisation de la station d'épuration de la ville d'Azzefoune .....	38
2.8. Localisation de la station d'épuration de Tizirt .....	38
3. Etude expérimentale .....	40
3.1. Protocole expérimental .....	40
3.2. Analyse des échantillons .....	40
3.2.1. Analyses chimiques .....	40
3.2.1.1. Mesure de pHeau .....	40
3.2.1.2. Dosage de calcaire total .....	41
3.2.1.2. Mesure de la conductivité électrique .....	42
3.2.1.3. Dosage de la matière organique et la siccité de boues issues des différentes étapes de traitements des eaux usées.....	43
3.2.1.4. Matière sèche MS .....	44
3.2.1.5. Test de décantation V30 .....	44
3.2.1.6. La matière volatile sèche MVS .....	46
3.2.1.7. Dosage de la matière organique et la siccité et la matière minérale des boues sèches .	46
3.2.1.7.1. Dosage de la siccité des boues sèches (MS) .....	46
3.2.1.7.2. Dosage de la matière minérale (MM) .....	47
3.2.1.7.3. Dosage de la matière organique (MO) .....	47

### Chapitre III: Résultats et discussion

I. Discussion des résultats d'analyse des différents paramètres des boues étudiées .....	48
I.1. Résultats de pH moyen des différentes stations d'épuration .....	48
I.1.1. Discussion des résultats .....	48
I.2. Résultats de la conductivité électrique moyenne des boues des étudiées .....	49

# Sommaire

---

I.2.1. Discussion des résultats .....	49
I.3.Résultats de calcaire total moyens des boues des STEP :.....	50
I.3.1. Discussion des résultats .....	50
I.4. Résultats de la matière sèche moyenne des boues des stations d'épuration .....	50
I.4.1. Discussion des résultats .....	51
I.5. Résultats de la matière organique moyenne des boues étudiée .....	52
I.5.1. Discussion des résultats .....	52
I.6. Résultats de la teneur en matière minérale moyenne des boues étudiées .....	53
I.6.1. Discussion des résultats .....	53
I.7. Les données des métaux lourds des huit stations d'épuration étudiées .....	53
I.7.1. Discussion des résultats des données.....	54
I.8. Résultats des analyses des boues liquides de la STEP Est Tizi-Ouzou et de celle de Boukhalfa .....	55
I.8.1. Résultats des analyses des boues liquides des différentes étapes de la STEP Est Tizi-5Ouzou et Boukhalfa.....	55

## **Conclusion Générale**

## **Références Bibliographiques.**

## **Annexes.**

# Introduction

---

## Introduction

L'homme rejette beaucoup de 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 élevée, fait que les rejets d'eaux usées augmentent aussi. Ces eaux, pour un environnement sain, doivent donc subir avant leur rejet dans le milieu naturel, un traitement d'épuration qui conduit à la production des boues résiduaire, dont la production croît avec l'augmentation des stations d'épuration (Ramdani, 2007).

En Algérie, les quantités des boues produites annuellement sont énormes, le volume global d'eaux usées rejetées annuellement est évalué par l'Office National d'Assainissement en 2015 à près de 600 millions de m<sup>3</sup>, ce chiffre passerait près de 1,150 millions de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020 (Chouial, 2017).

A cet effet, beaucoup de réflexions à propos de la gestion et l'utilisation des boues urbaines, en l'occurrence, celle du directeur de l'assainissement au ministère des ressources en eau et de l'environnement Mr. Ait Amara en 2017, où il a précisé qu'une étude a été réalisée pour la mise en place de nouvelles normes d'utilisation des boues dont l'objectif concernant les conditions et les modalités d'utilisation de ces boues. L'intérêt de ce dernier consiste à l'utiliser comme fertilisant naturel, en vue d'améliorer le rendement des terres agricoles, sachant que le parc national de stations d'épuration (STEP), compte actuellement 177 stations, générant ainsi 120.000 tonnes de boues par an (ONA, 2017).

Plusieurs filières existent pour l'élimination des boues d'épuration, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement. La mise en décharge s'avère une technique peu valorisante et légalement interdite dans de nombreux pays. L'incinération à un coût exagéré et présente un risque lié à l'impact de gaz toxiques sur l'environnement. Le recyclage ou valorisation agricole seule, constitue un mode de gestion plus rationnel et contribue à une réintégration des éléments minéraux et organiques dans les sols, ce qui permet de se rapprocher des cycles naturels (De Bertoli et al., 1983). En effet, les boues présentent les caractéristiques d'un amendement organique, bien pourvu en matière organique, en azote, en phosphore, ainsi qu'en oligo-éléments (Jarde, 2003).

Au cours de ces dernières années, de nombreuses études sur la valorisation agricole des boues résiduaire ont été menées (Couillard., 1986 ; Kiemmecc et al., 1990 ; Mcconell et al.,

# Introduction

---

1993 ; Ozores et *al.*, 1997 ; Amir., 2005 ; Zraibi et *al.*, 2015). Par ailleurs, plusieurs auteurs ont vérifié l'efficacité de l'épandage des boues des stations d'épuration en milieu forestier pour augmenter de façon significative le taux de survie et d'améliorer la croissance des plants après plantation (Benmouffok., 1994 ; Dridi et *al.*, 1998, Bascoul et *al.*, 2000 ; Cadillon et *al.*, 2000 ; Chossat., 2000 ; Ripert., 2000 ; Igoud., 2001 ; Bentrouche., 2007). Cependant, peu d'études ont porté sur l'utilisation de boues dans la production des arbres fruitiers et le suivi de ces vergers (Polan et *al.*, 1993 ; Roula, 2005, Laala et *al.*, 2016).

L'objectif de cette étude est de caractériser, voire envisager la valorisation agricole des boues résiduelles, provenant des huit stations d'épuration des eaux usées domestiques dans la wilaya de Tizi-Ouzou, en étudiant et analysant leurs différents paramètres physiques et chimiques, en vue de connaître les possibilités et les limites de leur utilisation pour les cultures arboricoles.

Ce présent travail est scindé en trois parties :

- ✓ Une synthèse bibliographique traitant deux aspects :
  1. Situation de la gestion des boues en Algérie et dans la wilaya de Tizi-Ouzou.
  2. Caractérisation des boues pour usage agricole
- ✓ Matériels et méthodes
- ✓ Résultats et discussions
- ✓ Une conclusion générale

**Partie I :**

**Situation De La Gestion Des  
Boues En Algerie Et Dans La  
Wilaya De Tizi-Ouzou**

### **I.1.1. Présentation de la région d'étude**

#### **I.1.1.1. Description générale de la wilaya de Tizi-Ouzou**

##### **I.1.1.1.1. Localisation et géographie**

Situé dans la région centre Nord de l'Algérie, la wilaya de Tizi-Ouzou, est une région montagneuse, qui compte environ 70 km en bordure maritime est délimitée par :

- Au Nord par la mer Méditerranée;
- Au Sud et au Sud-Ouest par la wilaya de Bouira ;
- A l'Ouest par la wilaya de Boumerdes ;
- A l'Est par la Wilaya de Béjaia.

##### **I.1.1.1.2. Présentation géomorphologiques**

La wilaya de Tizi-Ouzou couvre une superficie totale de 295 793 ha, elle est composée de 5 grands ensembles géomorphologiques qui sont :

- La chaîne côtière et son prolongement oriental, le massif de Yakouren.

Cet ensemble correspond au territoire situé de la rive droite de l'oued Sebaou jusqu' à la mer.

- La montagne Kabyle, zone centrale de la wilaya, elle est délimitée au nord par la chaîne côtière et le massif de Yakouren et au sud par le massif de Djurdjura et la dépression de Draa El Mizan ;

- La chaîne au massif de Djurdjura qui n'occupe en réalité qu'une partie restreinte en bordure sud de la Wilaya.

- La zone des vallées intérieures avec le Sebaou et ses affluents, oued Aissi, Ksatiet Rabta qui entaille le massif Kabyle;

- La dépression de Draa El Mizane dans limite sud- ouest coincée entre la montagne Kabyle et le massif de Djurdjura (Saadi., 1970).

### I.1.1.1.3 Caractéristiques économiques

De par sa géographie et l'importance de son relief, la Wilaya de Tizi-Ouzou possède un faible potentiel de terres agricoles cultivables, les principales activités agricoles sont l'oléiculture et l'élevage.

Les activités industrielles sont principalement concentrées sur le long de Oued Sebaou. Il s'agit d'activités industrielles importantes au nombre d'emplois et assez variées électroménager, fabrication électro-industrielles, transformation du bois pour fabriquer des meubles et complexes textiles. L'industrie agroalimentaire est représentée par une unité de conditionnement d'eau minérale et des laiteries...etc

Le secteur de la pêche en cours de développement est représenté par les deux ports Tizirt et Azeffoun. La Wilaya possède également des atouts touristiques importants ;

Parc national de Djurdjura, sites romains et une activité artisanale fortement réputés. (Annuaire., 2011 DPSB).

La répartition des emplois par branche d'activités (source RGPH 98) est la suivante :

Administration.....	36%
Commerces, transports et services .....	35%
Industrie .....	12%
BTPH.....	11%
Agriculture .....	05%

### I.1.1.1.4 Répartition des terres agricoles

Les principaux chiffres indicateurs concernant les superficies agricoles et leur répartition sont les suivants :

- Surface agricole totale (SAT) .....143 253 ha
- Surface agricole utile (SAU) .....96 914 ha

- Pacage et parcours .....27 299 ha
- Terres improductives des exploitations.....19 040 ha
- Les terres des domaines forestiers (forêt et maquis) représentent 115000 ha.

La SAU qui est égale à 96,914 ha représente 67,7% de la SAT et 32,7% de la superficie totale de la Wilaya (Larbi et Oumedjebeur., 2013)

### **I.1.1.2. Eaux usées**

Selon une enquête menée par le ministère des ressources en eau, le taux de raccordement pour la wilaya de Tizi-Ouzou est de 83% et le volume rejeté est de 18,923 m<sup>3</sup>/jour. Il existe dans la wilaya 10 stations d'épuration dont seulement 08 sont en service.

### **I.1.1.3. Les boues résiduaires urbaines**

#### **I.1.1.3.1. Généralités sur les Boues résiduaires des stations d'épuration**

Une station d'épuration urbaine a certes pour premier objectif d'épurer une eau résiduaire, en vue de rejeter un effluent de qualité convenable pour le milieu récepteur, mais il faut ajouter une deuxième finalité, la fabrication d'un sous-produit appelé les boues. Ces dernières sont aptes, selon leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques à une éventuelle valorisation agricole. Cependant, leur utilisation soulève différentes contraintes agronomiques, environnementales et sanitaires. En effet, si cette ressource constitue un potentiel de matières fertilisantes (N, P, K, et MO), sa teneur en métaux lourds et la présence d'agents pathogènes, représentent néanmoins des risques pour la santé humaine à prendre en considération (Ouali., 2016).

#### **I.1.1.3.1.1. Définition des boues**

Ce sont les sédiments résiduaires des installations de traitement ou de prétraitement biologique, physique ou physico-chimique des eaux usées produites par les stations d'épurations (STEP) urbaines ou industrielles (Damien., 2013).

### I.1.1.3.1. 2. Etape d'épuration des eaux usées

- **Les traitements primaires**

Il s'agit d'éliminer les particules en suspension par sédimentation, ceci permet l'obtention de boues primaires.

- **Les traitements secondaires**

Il s'agit de réduire la charge polluante, soit par des procédés biologiques (boues secondaires de type biologiques), soit par des procédés physico-chimiques (Boues secondaires de type physico-chimiques). Le mélange des boues primaires et secondaires constitue des « **boues mixtes** » (Barnat., 2001).

- **Les traitements tertiaires**

Assurent une dénitrification, une déphosphatation ou la désinfection de l'eau (boues de dénitrification ou de déphosphatation).

D'une manière générale, le traitement des boues a pour but de limiter leur volume et les nuisances liées à leur caractère putrescible (Barnat., 2001).

### I.1.1.3.1. 3. Nature et origine des boues

Selon les différentes phases de traitement des eaux usées, on obtient des boues à caractéristiques différentes :

- **Boues primaires**

Elles sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées ; 70 % de MES peuvent ainsi être retenues. Avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer (Azabi., 2012).

- **Boues physico-chimiques**

C'est une Variante du type précédent, les matières organiques particulaires ou colloïdales contenues dans les eaux usées sont agglomérées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium) ; 90 % des MES peuvent ainsi être captées et séparées par décantation,

les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant (Azabi., 2012).

➤ **Boues biologiques**

Ces boues sont essentiellement formées par les résidus de bactéries "cultivées" dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries se sont nourries des matières organiques contenues dans les eaux usées et les ont digérées. Pour maintenir l'activité biologique de la station à un bon niveau, une partie de la masse des bactéries ou "biomasse en excès" doit être soutirée régulièrement, entretenant ainsi la dynamique de reproduction bactérienne (Azabi., 2012).

➤ **Boues mixtes**

C'est le mélange des boues biologique et boues primaire, existantes au niveau des STEP dotées d'une filière de traitement complète (Azabi., 2012).

#### **I.1.1.3.1. 4. Traitements des boues à la station d'épuration**

Les boues présentent au départ sous forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes quelle que soit la destination des boues et imposent la mise en place d'une filière de traitement, c'est-à-dire une suite organisée de procédés qui agissent de façon complètement (Belksir., 2013).

Les boues récupérées par le raclage de fond sont recerclées en tête de chaque bassin d'aération par l'intermédiaire de deux postes de pompage accolés aux bassins d'aération.

#### **I.1.1.3.1.5. Procédés de réduction de la teneur en eau des boues**

##### **I.1.1.3.1.5.1. Le séchage**

Le séchage ou l'incinération ne sont généralement appliqués qu'à des boues ayant subi une déshydratation préalable car l'élimination mécanique de l'eau est beaucoup moins coûteuse que son évaporation. Le séchage peut être nécessaire soit pour faciliter l'incinération ultérieure de boue soit pour faciliter sa valorisation agricole sous forme sèche (Ademe., 1996).

### I.1.1.3.1.5.2. L'épaississement

Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues. L'épaississement peut être gravitaire, ou s'effectuer par flottation, par égouttage ou par centrifugation. Il a pour objectif de réduire le volume des boues brutes et d'augmenter la concentration des matières sèche (résultat : 3 à 8% de siccité selon les techniques utilisées). L'épaississement facilite en particulier les traitements ultérieurs.

Cette étape permet aussi l'évaluation d'une eau claire, peu chargée qui est cerclée en tête de la station (Oukaci., 2015)

### I.1.1.3.1.5.3. La déshydratation

- Réduction de la teneur en eau de la boue (humidité inférieure à 88% ce qui correspond aux siccités supérieures à 12%).
- L'aspect de la boue obtenue diffère ; il est pâteux, solide ou sec (Krog et Pedersenn., 1997).

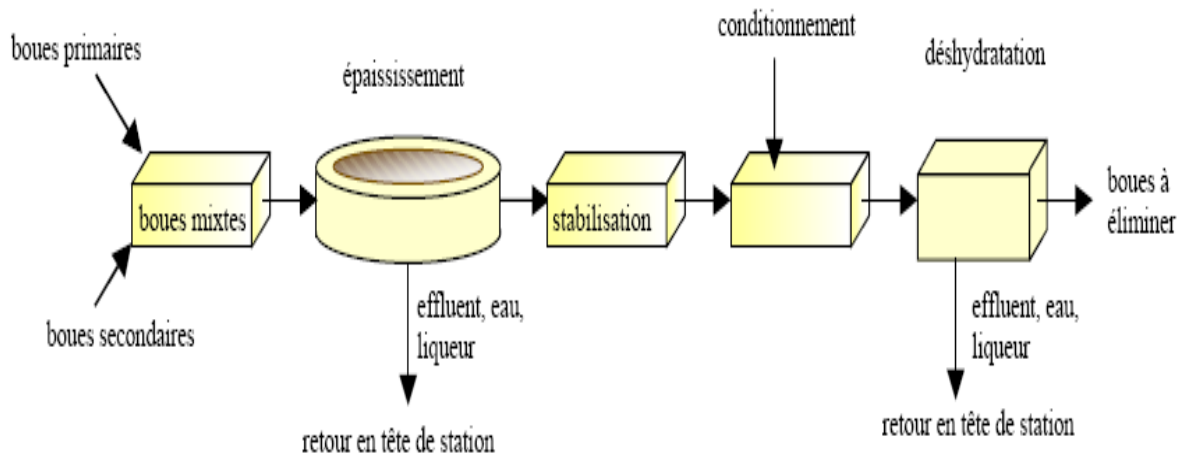
### I.1.1.3.1.5. 4. Stabilisation des boues

Le traitement de stabilisation utilisé est de type biologique, chimique ou thermique. Ils s'appliquent aux boues mixtes fraîches, aux boues secondaires ou à l'ensemble des boues.

- **La stabilisation biologique** réduit la teneur des boues en matières fermentescibles. Elle se fait soit par la voie aérobie, soit par la voie anaérobie dans des digesteurs avec production de biogaz (méthane), ce dernier procédé réduit sensiblement la masse de matières organiques (30%).

- **La stabilisation chimique** bloque l'activité biologique et donc l'évolution de la boue par digestion d'une quantité importante de chaux (10 à 50% de la matière sèche), ce qui a pour conséquence d'élever le pH.

- **La stabilisation par chaulage et compostage** se pratique sur des boues déjà stabilisées biologiquement en station d'épuration. Pour les boues primaires ou physico-chimiques, le chaulage est l'unique mode de stabilisation (Hue., 1995).



**Figure 01 : Schéma de principe d'une filière de traitement des boues**

#### I.1.1.1.3.5. 5. Type de boues

Les différents types de boues résultent de la combinaison de plusieurs critères :

- Nature de l'effluent (urbaine, abattoir, papeterie)
- Caractère de traitement des eaux (primaire, physico-chimique, biologique)
- Procédé de stabilisation (aérobie, anaérobie, chaulage, compostage)
- État physique des boues (liquides, pâteux, solide granulé)
- Type de matériel de déshydratation (quatre grand types de boues) sont recyclés en agriculture le classement va se référer à leur état physique ou à leur mode de stabilisation (Chakri et Lounaci., 2013).

#### I.1.1.1.3.5. 5.1. Boues liquides

Les boues liquides sont issues des petites stations en zone rurales ou périurbaines (environ 15% des tonnages de matière sèche), ces boues se stockent et se manipulent à la façon des lisiers du porc ou de bovins (Chakri et Lounaci., 2013).

#### I.1.1.1.3.5. 5.2. Boues pâteuses

Les boues pâteuses sont issues des stations de taille moyenne ce type de boues (environ 35 % des tonnages de matière sèche) est difficile à manipuler et à stocker, surtout il favorise la fermentation anaérobie, d'où un problème d'odeur. On applique de plus en plus à ces boues un traitement complémentaire à la chaux ou par compostage (Chakri et Lounaci., 2013).

### **I.1.1.1.3.5. 5.3. Boues chaulées**

Les boues chaulées sont issues des stations moyenne ou de grande taille, selon le procédé utilisé et la dose de chaux incorporée, ses boues sont de consistance pâteuse ou solide, ces types de boues sont fréquentes en France, environ de 30% de tonnages de matières sèches de boues sont chaulées (Chakri et Lounaci., 2013).

### **I.1.1.1.3.5. 5.4. Boues compostées**

Le compostage, appliqué aux boues pâteuses, est un procédé de fermentation aérobie qui permet la stabilisation, l'hygiénisation, et séchage biologique. La matière organique des boues est dégradée et stabilisée pour former un compost riche en humus (Degremont., 1989).

### **I.1.1.1.3.5. 6. Production des boues**

#### **I.1.1.1.3.5. 6.1. Dans le monde**

A l'échelle mondiale, la production de boues est de l'ordre de 200 millions de tonne par an. L'Europe et l'Amérique du nord produisent 40 millions de tonnes de matières sèches par an. L'Allemagne est le premier pays producteur de boues d'épuration en Europe avec presque 2,1 millions de tonnes, soit environ 21% du tonnage total en Europe. Le Royaume Uni arrive ensuite avec une production de 1,5 millions de tonnes de MS suivi par la France en troisième position avec plus de 1,1 millions de tonnes de MS (Buffet., 2010).

#### **I.1.1.1.3.5. 6.2. En Algérie**

En Algérie, la production des boues en 2015, par 58 STEPS (types boues activées), gérées par l'ONA, était estimée à 54.000 tonnes de matières sèches par an. Elle a atteint, en 2016, les 90.000 tonnes de matières sèches par an, produites par 63 stations à boues activées. A l'horizon 2020, selon l'ONA la production de boue devrait augmenter à plus de 50% et devrait atteindre une quantité estimée à plus de 150.000 tonnes de matières sèches par an. De ce fait, leur gestion durable s'impose (Journal le premier quotidien de l'Oranie., 2017).

### **I.1.1.1.3.5. 7. Destination**

Les éliminations finales des boues de station d'épuration sont, la mise en décharge, l'incinération et la valorisation agricole.

### **I.1.1.1.3.5. 7.1. Incinération**

L'incinération aboutie à la destruction par combustion à haute température (+ 500°C) de la matière organique, sous forme de fumées. L'eau s'évacue dans l'atmosphère à l'état de vapeur d'eau, seules les matières minérales (cendre) qui restent, l'incinération est surtout envisageable pour :

- Des grosses quantités de boues
- Des boues auto-combustibles qui libèrent en brûlant la chaleur nécessaire ou maintiens du four en température, les boues sont riches en matière organiques et peu humides. La chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui-même, pour le chauffage urbain ou industriel, cette technique est néfaste de point de vue écologique puisqu'elle contribue en plus de gaspillage des matières organiques utiles pour le sol à la diffusion de gaz très toxiques (NO, NO<sub>2</sub>, CO, ...etc.) (Larbi et Oumedjbeur., 2013)

### **I.1.1.1.3.5. 7.2. Mise en décharge contrôlée**

Elle consiste à enfouir les boues souvent mélangées avec les ordures ménagères en prenant en considération les précautions suivantes : site étanche, compostage des résidus, récupération et traitement des jus de décharges (Lixiviats), ...etc.

Afin d'éviter toute nuisance au niveau du stockage, les boues doivent être débarrassées des matières organiques fermentescibles. De plus, pour réduire la production des lixiviats et éviter une saturation rapide de la décharge, seules les boues peu humides sont acceptées. La mise en décharge étant facturée à la tonne, il est de toute façon préférable de réduire l'humidité pour réduire les couts d'élimination. La mise en décharge contrôlée de la boue nécessite des opérations préliminaires de stabilisation et de déshydratation poussée. Cette solution va progressivement perdre de son intérêt pour des raisons financières (Larbi et Oumedjbeur., 2013).

### **I.1.1.1.3.5. 7.3. Utilisation en agriculture**

#### **I.1.1.1.3.5. 7.3.1. Epandage direct**

C'est sans doute la meilleure solution. Les composés tels que le carbone, l'azote, le phosphore, et le potassium étant ainsi recyclés et valorisés par la végétation en place : on parle

alors de fertilisation. Cette méthode vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de la matière organique dû à la l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges (Lambkin et *al.*, 2004).

Toutefois, cette filière impose de rechercher et de se mettre d'accord avec des partenaires (agriculteurs) et leur proposer un produit intéressant et de qualité, à savoir :

- Stable : de composition constante, sans odeurs ;
- Riche en éléments fertilisants (boue concentrées) ;
- Disponible selon les besoins (nécessité de stockage) ;
- Facile à utiliser (matériel adéquate pour le transport, le stockage, la reprise et l'épandage) ;
- Rentable en comparaison avec l'utilisation d'engrais minéraux du commerce. Cet aspect économique conditionne la répartition des tâches (stockage, reprise, transport, épandage, analyse, etc.) et de leur financement entre producteurs et utilisateurs.

#### **I.1.1.1.3.5. 8. Traitement des boues**

##### **I.1.1.1.3.5. 8.1. Chaulage**

Il s'agit d'une technique particulière de conditionnement des produits issu de la digestion qui pour jouer sur deux facteurs selon la chaux utilisé (vive ou éteinte) : la montée en température et l'augmentation du pH. Le chaulage peut donc avoir un effet complémentaire (hygiène) du produit digéré (Larbi et Oumedjbeur., 2013).

##### **I.1.1.1.3.5. 8.2. Méthanisation**

La méthanisation ou digestion anaérobie est un procédé naturel de transformation de la matière organique en énergie par des bactéries en l'absence d'oxygène. Conduits dans des enceintes confinées et contrôlées, elle produit du biogaz composé majoritairement de méthane, tout en réduisant de moitié le taux de matière organique de nombreux déchets ou sous-produits biodégradables. Le résidu de la gestion est stable, désodorisé, débarrassé en majeure partie des germes pathogènes (Larbi et Oumedjbeur., 2013).

### **I.1.1.1.3.5. 8.3. Compostage**

Le compostage est un processus de décompositions et de transformation sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant en milieu aérobie (Amir., 2005).

Des communautés différentes de micro-organismes se succèdent lors du compostage, elles sont constituées majoritairement de bactéries, d'actinomycètes, de champignons (ou mycètes), de protozoaires ou d'algues (Toumela et *al.*, 2000 ; Hassen et *al.*, 2001).

Elles sont déjà présentes dans tous les substrats de compostage démarre donc généralement tout seul. Il reproduit en accéléré les étapes de transformation des résidus végétaux en humus, dans un sol composter correspond donc essentiellement à la production des substances humiques, stables dans le produit final, et à un recyclage d'une matière organique dont le trajet naturel a été modifié (Mustin., 1987, in Amir., 2005).

### **I.1.1.1.3.5. 9. Les avantages et les inconvénients de la valorisation des boues en agriculture**

#### **I.1.1.1.3.5. 9.1. Les avantages**

- Les boues sont riches en fertilisants naturels (phosphore, Azote), en oligo-éléments (zinc, cuivre).
- Elle offre l'opportunité de recycler la matière organique nécessaire au sol.
- Les boues représentent un fertilisant peu coûteux par apport aux engrais.
- Elles améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologique des sols.
- Elles agissent comme un catalyseur de biologie du sol.

#### **I.1.1.1.3.5. 9.2. Les inconvénients**

- Les boues ont une forte teneur en éléments –traces métalliques.
- Les risques sanitaires liés à leur utilisation.
- L'odeur des boues constituent un gêne pour l'utilisateur et le voisinage (Collection OTV., 1997).

### **I.1.1.1.3.5. 10. Le recyclage agricole des boues dans le monde**

Au niveau européen, l'Allemagne, l'Autriche, le Danemark et la Suède sont des pays qui affichent des politiques favorables à l'épandage sous réserve de critères de qualité stricts. Ils considèrent le recyclage biologique des boues comme la voie optimale dans la mesure ou

les boues sont peu contaminées. L'Italie, l'Espagne, la Grèce et l'Irlande sont des pays qui considèrent aussi l'épandage des boues comme la solution optimale, qui permettrait la réduction des mises en décharge et des rejets en mer. Cependant, la Belgique (Flandres) et les Pays-Bas ont des politiques très défavorables à l'épandage des boues car ils sont préoccupés prioritairement par l'épandage de déjections animales surabondantes.

Aux Etats-Unis, l'EPA (13) a mandaté 15 experts indépendants pour étudier l'influence des boues de stations d'épuration appliquées en agriculture. Ils ont finalement conclu que « L'utilisation raisonnée des boues d'épuration posait des risques négligeables pour les cultures, les consommateurs et l'environnement ».

Des possibilités de valorisation agronomique existent potentiellement en sylviculture (production de bois) ou pour la réhabilitation de sites dégradés (végétalisation) comme les talus routier et autoroutier, la réhabilitation de friches industrielles, de friches urbaines ou de décharges et la création de pistes de ski, tout en restant dans un cadre d'épandage contrôlé et réglementé (Djamel., 2015).

#### **I.1.1.1.3.5. 11. Problèmes rencontrés dans la filière de recyclage agricole des boues**

##### **➤ Les boues, potentiellement dangereuses pour la santé ?**

Les boues peuvent contenir des bactéries et autres germes pathogènes ou des métaux lourds toxiques. Concernant ces métaux lourds, plusieurs dispositions peuvent réduire les risques de nocivité. Comme cela existe déjà pour certaines sorties d'égouts d'usines, il peut y avoir un prétraitement permettant d'éliminer les métaux lourds rejetés. L'adjonction d'argiles à ces boues peut permettre de complexer et donc de bloquer les métaux lourds. Par ailleurs, ces boues étant épandues sur de grandes surfaces, entraînent une forte dilution des métaux lourds éventuellement présents. En la matière, l'ONA équipe les stations des moyens modernes afin d'analyser la qualité des boues résiduelles produites. Par ailleurs l'office s'est prononcé pour « la constitution d'une banque de données qui dresse pendant un an des boues en quantité et qualité et une cartographie des cultures des zones concernées par l'épandage ».

Pour cet office «la clé de la problématique reste bien entendu l'instauration d'un cadre réglementaire, juridique qui définit : les modalités de mise en œuvre de l'opération d'épandage, les normes de valorisation, les responsabilités et prérogatives des différents acteurs concernés par l'opération» (ONA., 2007).

L'ONA indique également sur son site, qu'une réflexion est menée au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation (I A N O R) concernant le volet valorisation agricole des boues issues des stations d'épuration.

#### **I.1.1.1.3.5. 12. Les contraintes d'utilisation des boues**

Les eaux résiduaires peuvent être vectrices d'éléments indésirables pour l'agriculture. Si des boues infectées sont distribuées sur des terres, qui vont être labourées peu après il n'y a pratiquement aucun risque que ses germes subsistent. Mais si elles sont épandues sur des herbages ou des cultures maraîchères, des bactéries pathogènes trouvent de nouveau, un terrain favorable à leur pullulation.

Le cycle se trouvera fermé par infection des animaux ou des humains consommant l'herbe ou les légumes.

Il est donc absolument nécessaire, soit d'éliminer les germes pathogènes par stérilisation, soit de restreindre l'utilisation des boues, au cas où le cycle des parasites est interrompu.

La teneur en métaux des boues doit donc être contrôlée et les apports d'analyses tenues à disposition des agriculteurs, en respectant les directives admises par les stations d'épurations et en incorporant correctement les boues dans les plans de fumure, il n'y a pas de danger à court terme dans leur utilisation en agriculture.

#### **I.1.1.1.3.5. 13. Effets des boues résiduaires sur le sol**

##### **I.1.1.1.3.5. 13.1. Effets des boues résiduaires sur la composante bio chimique**

Une des raisons qui explique les changements de la composante biologique dans un système de culture du sol est la présence de ressources nutritionnelles différentes en quantité et en qualité par rapport à un système de culture sans amendement du sol.

Comparé à un sol non amendé, les teneurs en azote et carbone organiques augmentent en présence de boues, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol (Pekrun et *al.*, 2003).

Dans leur synthèse bibliographique, ces derniers auteurs rapportent que dans certaines situations, l'accumulation de matières organiques en surface s'accompagne de leur diminution

en profondeur. Cette stratification des matières organiques résulte principalement du maintien d'une quantité élevée de résidus en surface d'un sol amendé (Rasmussen., 1999). La quantité d'azote labile dans les matières organiques augmente en irrigué. Mettent en évidence une importante réduction de la vitesse de minéralisation du carbone organique. Malgré tout, la quantité élevée de matières organiques permet de conserver une minéralisation importante en sol amendé (Pekrun et *al.*, 2003).

#### **I.1.1.1.3.5. 13.2. Les éléments minéraux**

L'amendement du sol en boues conduit à un enrichissement en éléments minéraux des premiers centimètres de sol, par rapport à une situation sans addition (Edwards et *al.*, 1992). D'un autre côté, les quantités d'éléments minéraux peuvent être réduites en profondeur, notamment le phosphore et le potassium (Pekrun et *al.*, 2003).

En fait, ces contradictions sur le comportement des polluants s'expliquent par le fait que la présence de boues joue sur des phénomènes qui réduisent le risque de pollution (*e.g.* l'augmentation de la quantité de matières organiques accroît l'adsorption de la plupart des pesticides) et sur d'autres qui l'accroissent (*e.g.* les écoulements préférentiels peuvent augmenter en irrigué). La balance entre les deux dépend étroitement des conditions expérimentales telles que le type de sol, la topographie ou le régime des précipitations (Ati., 2010).

#### **I.1.1.1.3.5. 13.3. Effets des boues résiduelles sur la composante physique**

En modifiant la structure du sol, la boue résiduelle influe sur la qualité du sol (Dexter., 1997), particulièrement la circulation de l'air et de l'eau, la pénétration des racines dans le sol et l'accessibilité des nutriments aux végétaux (Ati., 2010).

##### **➤ Structure et propriétés hydriques d'un sol amendé en boues**

La stabilité des agrégats est corrélée à la quantité de carbone organique présent dans le sol. Comme cette quantité augmente sensiblement avec les boues, les agrégats sont plus stables.

Si la stabilité des agrégats est accrue avec des boues, son absence dans le sol conduit, en revanche, à une diminution de la porosité de l'horizon de surface ; de nombreuses études

réalisées dans des conditions pédoclimatiques variées concluent à une augmentation de la densité apparente en non amendé, dans les cinq à dix premiers centimètres de sol.

Généralement, une conséquence de la compaction du sol en non amendé est la pénétration plus difficile des racines dans le sol montrant que l'écart de densité apparente entre un sol amendé et un sol non amendé en boues est maximal ; l'écart décroît au cours de la saison de culture (Ati. S., 2010).

De nombreuses études s'accordent pour montrer qu'un sol déjà amendé en boues retient plus d'eau (Dao., 1993) du fait de la modification de l'espace poral mais aussi du fait de la présence des résidus en surface qui réduisent l'évaporation (Munawar et *al.*, 1990). En revanche, il n'existe pas de consensus concernant les effets des boues sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol. Comparé à un sol non amendé, la vitesse d'infiltration de l'eau dans un sol amendé peut être augmentée (Miller et *al.*, 1998 ; Arshad et *al.*, 1999), similaire (Blanco-Canqui et *al.*, 2004 ; Fuentes et *al.*, 2004) ou diminuée (Ferrerias et *al.*, 2000 ; Lampurlanés et Cantero-Martínez, 2006).

L'action de l'eau peut détruire la continuité des bio-pores formés pendant le cycle cultural précédent (Logsdon et *al.*, 1993). A l'inverse, la réduction du nombre de méso- et macropores du sol après l'abandon de l'utilisation des boues. De plus, l'augmentation de la quantité de matières organiques (boues) dans les premiers centimètres d'un sol irrigué faciliterait l'infiltration de l'eau (Findeling et *al.*, 2003).

#### **I.1.1.1.3.5. 14. Impact de l'épandage des boues sur l'environnement**

##### **I.1.1.1.3.5. 14. 1. Parasites**

Le sol comme les boues contient un nombre très élevé de germes banneaux, mais dans ces dernières sont concentrés des microorganismes d'origine fécale donc à priori dangereux pour l'homme et pour les animaux (Mahma., 1995).

##### **I.1.1.1.3.5. 14. 2. Phytotoxicité**

Si des produits, tels que le chlorure ferrique, flocculant pour les phosphates, un excès de chlorure peut avoir des effets néfastes sur le développement des végétaux. Ainsi, la

richesse en azote ammoniacal des boues, peut inhiber la croissance racinaire du cresson alénois (plante Test) (Mahma., 1995).

#### **I.1.1.1.1.5. 14. 3. Dégradation de la structure**

Les apports intensifs et répétés de certaines boues riches en sodium, risquent de dégrader la structure, particulièrement dans les sols déjà sensibles (texture limoneuse et/ou teneur en MO Faible) (Mahma., 1995).

#### **I.1.1.1.3.5. 15. Intérêt agronomique des boues**

L'utilisation des fumiers de ferme a été considérée durant des siècles comme étant la seule source de matière organique pouvant maintenir une bonne fertilité des sols. L'apparition de grandes exploitations agricole a conduit à l'investigation et à la recherche d'autres sources à même de combler le déficit en matière organique.

Parmi les matières disponibles, les déchets d'épuration des eaux usées, appelés communément (boues résiduares) qui peuvent de part leur caractéristiques fournir au sol les éléments nécessaires au maintien de la stabilité des sols ainsi que la fertilité de ce dernier. A cet effet, de nombreux auteurs ont montré une nette amélioration des propriétés du sol, suite à un épandage de ces résidus (Benmouffok., 1994).

Riches en matières organiques, parfois en calcium, ainsi qu'un certains éléments fertilisants les déchets urbains sont potentiellement intéressant pour améliorer les propriétés des sols. Les boues agissent comme un catalyseur de l'activité biologique et non pas seulement comme amendement et fertilisant.

La valorisation agricole des boues résiduares peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique (C, N, P..), 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 dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges (Lambkin et *al.*, 2004). Les boues résiduares peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux.

Le tableau (02) tiré du courrier de l'environnement de l'INRA Dudkowski (2000), indique à titre d'exemple, le pourcentage des éléments fertilisants ainsi que le pourcentage de la matière organique contenue dans les boues.

**Tableau 01 : Composition générale des boues d'épuration** (Dudkowski., 2000)

<b>Matière sèche (MS)</b>	<b>2 à 95% selon la siccité</b>
<b>Matière organique</b>	50 à 70 % de la MS (30% si boue chaulée)
<b>Azote</b>	3 à 9% de la MS
<b>Phosphore</b>	4 à 6 % de la MS
<b>Potasse</b>	<à 1% de la MS
<b>Magnésie</b>	<à 1% de la MS
<b>Chaux</b>	4 à 8% de la MS (25% si boue chaulée)
<b>Carbone/Azote</b>	5 à 12

La disposition du phosphore, de l'azote, et du taux de matière organique des boues est conditionnée par le procédé de traitements utilisé dans la station. Par leur composition, les boues, une fois épandue, augmentent le rendement des cultures. Elles contiennent des nutriments pour les cultures et servent d'amendement organiques et calcique pour améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol, surtout si elles sont chaulées ou compostées.

Des microorganismes présents en grand nombre dans le sol digèrent en partie les matières organiques apportées par les boues et les transforment en éléments minéraux disponibles pour les plantes. Une autre partie des matières organique est incorporée au sol et contribue à l'entretien d'une structure favorable au développement des racines (Benmoufok., 1994).

**Partie II :**  
**Caractérisation des boues**  
**pour usages agricole**

### **I.2.1. Caractéristiques des boues**

Les caractéristiques des boues dépendent fortement de la charge polluante de l'effluent traité ainsi que des techniques d'épuration mise en place. Une distinction se fait ainsi en fonction du traitement du quel proviennent, d'où trois types de boues sont repérées (Satin et Selmi., 2006).

Les échantillons prélevés des différentes stations d'épuration sont acheminés au laboratoire. À leurs réceptions, il est nécessaire de procéder d'abord au séchage à l'air libre puis broyage et tamisage avec un tamis de 2 mm, avant tout traitement physique et chimique. Elles sont par la suite conservées dans un endroit sec.

Les échantillons ainsi obtenus, vont être soumis à une série d'analyses :

- ✓ Analyses physiques ;
- ✓ Analyses chimiques ;

#### **I.2.1.1. Caractéristiques physiques**

##### **I.2.1.1.1. L'indice de MOHLMAN (IM)**

L'indice de **MOHLMAN** (ou Sludge Volume Index) se définit comme étant le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1gramme de matière sèche (Rodier., 2009).

#### **I.2.2. L'indice de boues (IB)**

L'indice de boues (ou Diluted Sludge Volume Index) est défini à partir de tests de décantation permettant d'obtenir des volumes de boues compris entre 100 et 250 ml (Rodier., 2009).

#### **I.2.3. Teneur en matière minérale**

La teneur en matière minérale (MM) est calculée selon la formule suivante, à partir des matières volatiles (Coulibaly., 2010).

$$\text{MM (\%)} = 100 - \text{MV}$$

#### **I.2.4. Matière sèche et siccité**

La boue est essentiellement constituée d'eau et de matière sèche (MS), cette dernière est exprimée soit en mg de boues soit en pourcentage, elle est déterminée par la pesée après séchage de la boue à l'étuve à 105°C ou par Balance infrarouge. Une boue brute à 10% de siccité aura une humidité de 90% (Bechac., 1987 ; Rejsek., 2002).

#### **I.2.5. Matière volatile**

Elle est mesurée par la différence entre le poids de boue sèche à 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 (Jamonet., 1987 ; collection OTV., 1997).

#### **I.2.6. Pouvoir calorifique**

La teneur en matière organique des boues leur confère une aptitude à la combustion, ce qui permet de les incinérer. On peut définir deux pouvoirs calorifiques :

- Le pouvoir calorifique inférieur (PCI).
- Le pouvoir calorifique supérieur (PCS).

Ce pouvoir calorifique s'exprime en kg de boue ou de matière volatile en K.cal/kg de MV (Lassée., 1985).

#### **I.2.7. Consistance de la boue**

C'est une donnée obligatoire à connaître pour toute manipulation des boues. La consistance est un état physique dépendant de la siccité.

#### **I.2.8. Facteurs caractérisant la structure des boues**

##### **I.2.8.1. La viscosité**

Les boues urbaines sont considérées comme des véritables systèmes colloïdaux, dont la forte stabilité est déterminée par la nature des propriétés de la surface des colloïdes et par l'interaction entre les particules. Les boues ne sont pas des liquides newtoniens, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement (viscosité de Bingham), cette viscosité permet de définir leurs caractères thixotropiques, qui est important pour leur transports (A.F.E.E., 1974).

### **I.2.8.2. Granulométrie**

La granulométrie mesure la taille et étudie la répartition statistique, selon la grosseur des éléments d'une substance pulvérisant (Hachette et Livre., 2000). L'analyse granulométrique s'effectue jusqu'à 80 µm par tamisage du matériau par voie sèche ou par voie humide (Ladjel., 2004).

### **I.2.8.3. Nature de l'eau contenue dans la boue**

L'eau représente 95% de la masse de la boue. Dans une boue urbaine elle est sous deux états :

- Libre : assez facilement éliminable par la filtration
- Liée ou combinée : comprend l'eau hydratation colloïdale, l'eau capillaire, l'eau cellulaire et enfin l'eau chimique. Cette eau ne peut être éliminée que par la chaleur, conditionnement thermique, séchage ou incinération (Coulibaly., 2010).

## **I.2.9. Caractéristiques chimiques des boues**

### **I.2.9.1. Acidité des boues (pH)**

Le pH est un paramètre important pour l'utilisation ultérieure des boues en agriculture. Il détermine partiellement la charge électrique des particules solides et, par conséquent, influe sur la stabilité colloïdale. Dans le cas des boues digérées par la voie anaérobie, la fermentation se fait dans un milieu légèrement alcalin le pH doit être proche de la neutralité. Une chute de pH en dessous de 5 indique un déséquilibre de la digestion. En cas de la stabilisation aérobie, le pH sera acide (Ladjel., 2004).

### **I.2.9.2. Détermination de Calcaire**

#### **I.2.9.2.1. Dosage de calcaire total**

La quantité de calcaire dans les boues sous forme de carbonate de calcium est dosée par la méthode dite volumétrique qui consiste d'abord en une attaque de carbonate de calcium par de l'acide chlorhydrique, l'excès d'acide est titré par de la soude.

### **I.2.9.2.2. Dosage du calcaire actif**

Méthode par titration en retour : pour le dosage de calcaire actif on utilise la propriété de calcium à se combiner aux oxalates pour donner de l'oxalate de calcium insoluble (Drouineau., 1942), l'excès de solution d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

### **I.2.9.3. Mesure de la conductivité électrique**

La conductivité électrique d'une solution des boues, est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité (Mathieu., 2003).

### **I.2.9.4. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène en g/l, qui est consommée par les matières oxydables, elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation, par voie chimique des matières organique et des matières minérales oxydables (Collection OTV., 1997). La DCO permet d'apprécier la quantité des matières organiques dans les boues, et éventuellement leur fermentation possible. La DCO figure parmi les indicateurs permettant de contrôler le bon fonctionnement d'une STEP.

### **I.2.9.5. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La demande biochimique en oxygène indique la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes, pour réduire la fraction biodégradable en 5 jours d'incubation à 20°C (Ladjel., 2004).

## **I.2.10. Caractéristiques biologiques**

### **➤ Teneur en matières organiques**

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matière particulaire éliminée par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19% de matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (kaki et *al.*, 1986; Inoue et al., 1996; Adem., 2001; Jard et al., 2003 ; In Amir., 2005).

Le carbone organique présente la plus grande partie de la matière organique des boues résiduelles, c'est donc un élément important pour une valorisation agricole. La teneur en carbone se situe entre 20 et 30% de MS, ce carbone est issu surtout des corps microbiens et des produits de leurs métabolisme (Degremont., 1966 ; Benmouffok., 1980).

### ➤ **Les Micropolluants organiques**

Ils doivent être caractérisés, en cas d'épandage agricole comme en cas d'incinération, car ils peuvent se retrouver dans les fumées. Les législations se sont longtemps tenues aux seuls micropolluants minéraux en limitant les rejets des métaux lourds tels que le plomb, chrome, cuivre, manganèse, nickel, arsenic, cadmium et mercure (Suh et Roussaux., 2002).

## **I.2.11. Caractéristiques chimiques**

### **I.2.11.1. Teneur en matières minérales**

Les éléments les plus couramment rencontrés sont: Silice, alumines, carbonates et phosphates, à l'exception des boues minérales d'industries spécifiques ont ainsi leur importance pour préciser la qualité agricole d'une boue épandue, la silice est un élément défavorable. Par ailleurs les chlorures, essentiellement solubles, sont peu appréciés en cas d'utilisation des cendres de boues incinérées en valorisation dans le béton (Tauzin, Juste., 1986).

### **I.2.11.2. La composition en éléments chimiques des boues**

#### **I.2.11.2.1. L'azote**

La concentration en azote varie de 1 à 7%, les plus fortes teneurs sont observées dans le cas des boues liquides (7 à 8%), alors que les boues déshydratées ont des teneurs qui varient entre 2 à 6% (Koller., 2004).

#### **I.2.11.2.2. Le phosphore**

Les teneurs en P des boues dépendent des caractéristiques des eaux usées et des traitements mis en œuvre. Les boues primaires sont généralement moins riches en Phosphore que les boues biologiques qui contiennent des corps microbiens à teneur élevée en Phosphore (Sommers., 1977; Kirkham., 1982; Jokien., 1990; Sommelier et al., 1996).

**I.2.11.2.3. Le potassium**

C'est l'élément le moins représenté dans les boues dix fois moins que la teneur en azote. Le déficit en potassium des boues résulte de sa solubilisation et dans son entraînement dans l'effluent épuré. Par conséquent, les apports en potassium par les boues sont pratiquement négligeables. Mais la minime quantité contenue semble être rapidement assimilable (King et Morris., 1972; Sabey et Hart., 1975; Benmouffok., 1980).

**I.2.11.2.4. Le soufre**

Les boues sont caractérisées par leurs richesses en soufre dont les teneurs varient entre 0,8 et 1,5%. Une proportion de 25 à 70% s'y trouve sous forme minérale : sulfure, soufre élémentaire, thiosulfates et poly thionates (Anonyme., 1988).

**I.2.11.2.5. Le calcium, Le magnésium et le sodium**

Les boues se caractérisent par une teneur élevée en calcium, il se trouve probablement sous forme relativement mobile puisque plusieurs auteurs signalent un accroissement des teneurs en calcium des horizons du sol. Les teneurs en magnésium varient de 0,3 à 1% et sont indépendantes du type de boue (Juste et Solda., 1997). Le niveau du sodium dans les boues d'épuration relativement important; cependant il est rapidement entraîné par le lessivage (Benmouffok., 1980), et d'après (Anonyme., 1988), les teneurs en Na restent inférieures à 1%.

**Tableau 2: composition en éléments utiles des boues** (Ju-Zhen, Y ; Li-Ming Z., 2008)

Les éléments utiles \ Type de boues	Boues composées	Boues liquides	Boues pâteuses	Boues sèches	Boues chaulées
Teneur en matière sèche MS (%)	40 à 60	2 à 6	18 à 22	90 à 95	25 à 40
Teneur en matière organique MO (%)	80 à 90	65 à 70	65 à 70	35 à 70	30 à 40
Teneur en matière volatile sèche MVS(%)	10 à 20	30 à 35	30 à 50	30 à 50	60 à 70
pH	6 à 7	6,5 à 7	7 à 8	6 à 8	9 à 12
Rapport Carbone/Azote (C/N)	15 à 25	4 à 5	5 à 6	4 à 6	8 à 11
Azote (Kg N/T brute)	5 à 9	2 à 4	8 à 12	30 à 50	6 à 10
Phosphore (Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /T brute)	6 à 8	2 à 3	6 à 9	50 à 70	6 à 10
Potassium (Kg K <sub>2</sub> O/T brute)	1 à 2	0,9	0,8	5	1
Chaux (Kg CaO/T brute)	10 à 30	1 à 3	5 à 15	40 à 60	60 à 90

**Tableau 3: composition des boues selon la filière de traitement des eaux résiduaires urbaines (Rejsek., 2002).**

<b>Composants</b>	<b>Décantation primaire</b>	<b>Traitement biologique</b>	<b>Aération prolongée</b>	<b>Lagunage</b>	<b>Traitement Chimique</b>
<b>Matière organique%</b>	55-65	70-85	60-75	45-60	35-55
<b>N total% MS</b>	2,3-3	4-6	4-5	2-3	1,5-2
<b>P%MS</b>	1-,5	2,5-3	2-2,25	1,5-,5	1,5-3
<b>K%MS</b>	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,1-0,2
<b>C% MS</b>	33-40	38-50	33-40	25-35	20-30
<b>Ca% MS</b>	5-15	5-15	5-15	5-15	5-30
<b>Mg% MS</b>	0,4-0,8	0,4-0,8	0,4-0,8	0,4-0,8	1,7-4,5
<b>Pouvoir fermentescible</b>	++	++	+	-	(++)(-)
<b>Contamination bactériologique</b>	++	++	+	-	(++)(-)

**I.2.11.2.6. 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 effet, certains métaux lourds présents dans les boues d'épuration peuvent être toxiques pour les plantes et pour l'homme.

Lorsque la concentration d'un ou de plusieurs métaux lourds dans les sols dépasse les valeurs limites, l'épandage des boues est interdit (Coïc et Coppenet., 1989).

Le tableau (4) illustre les concentrations moyennes en ETM des boues d'épuration

**Tableau 4: Concentrations moyennes en ETM des boues d'épuration (Dudkowski., 2000)**

<b>ETM</b>	<b>Valeurs limites (mg/Kg MS)</b>	<b>Moyenne (mg/Kg de MS)</b>
<b>Cd</b>	20*	5,3
<b>Cr</b>	1000	80
<b>Cu</b>	1000	334
<b>Hg</b>	10	2,7
<b>Ni</b>	200	39
<b>Pb</b>	800	133
<b>Zn</b>	3000	921

### **I.2.11.3. Les composés indésirables et nuisances olfactives**

Les stations d'épuration recueillent des rejets contenant un très grand nombre de polluants selon les activités raccordées au réseau d'assainissement. Les boues d'épuration peuvent contenir des composés dont les effets sont indésirables, soit pour la conservation des sols, soit pour la qualité alimentaire des cultures, au-dessus d'un certain seuil, peuvent rendre certaines boues impropres à l'épandage agricole. Les composés indésirables sont les éléments traces métalliques, les composés traces organique et les germes pathogènes.

#### **I.2.11.3.1. Micro-organismes pathogènes**

Les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes, etc.) et provient en majorité des excréments humains ou animaux (Sahlström et *al.*, 2004).

La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux

sont très largement contaminées (Ecrin., 2000). Ainsi, par mesure de précaution, et afin d'éviter de propager la maladie de la vache folle, il est interdit d'utiliser les boues d'épuration provenant des eaux usées des abattoirs ou des équarrissages pour fabriquer de la fumure ou du compost (arrêté n°2210 du 30 avril 2004: Abattoirs). D'une façon générale, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture (Garrec et al., 2003).

#### **I.2.11.3.2 Contaminants chimiques inorganiques et organiques**

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses (Chang et al., 1992; Cripps et al., 1992). D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels (Alloway., 1995; McBride., 2003). Ainsi, un polluant peut-être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues, une multitude de polluants organiques (HAP, PCB, etc) peut se trouver en concentrations en général de l'ordre de  $\mu\text{g}/\text{kg}$  MS (Lega et al., 1997; Pérez et al., 2001).

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants, déchets de bricolage...). Du fait de la décantation lors du traitement, ces contaminants chimiques se retrouvent dans les boues à de très grandes concentrations par rapport aux eaux usées (Klöpffer., 1996).

Dans le cas des éléments traces métalliques, il faut différencier la part qui résulte de la contamination d'origine humaine (anthropogène) liée aux activités minières et industrielles et la part naturelle (géogène), qui constitue le fond pédo-géochimique local, et provient de la dégradation des roches ou des émissions volcaniques. Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (Khalis et al., 1997 ; Caussy et al., 2003 ; Sekhar et al., 2004).

Dans ces apports, les boues résiduaires ne sont qu'une source de risques parmi d'autres (Wong et al., 1985 ; Nicholson et al., 2003). La présence des métaux dans les boues résiduaires provient de la phase de séparation liquide-solide par décantation due à une

rétenion par adsorption sur la matière organique, à la formation de complexe insoluble entre cette dernière et la fraction minérale et à la précipitation d'hydroxydes métalliques à partir d'un certain pH (Guibaud et *al.*, 2003, Karvelas et *al.*, 2003). Les teneurs des métaux dans les boues montrent toujours un niveau plus élevé que celui des eaux usées entrant dans l'unité d'épuration (Fars., 1994 ; Karvelas et *al.*, 2003). Ainsi, pour préserver les teneurs naturelles du sol en ETM lors de l'utilisation de boues en agriculture, des réglementations ont été mises en place car, incorporés au sol, les ETM contenus dans les boues peuvent être absorbés par les plantes et s'incorporer ainsi dans la chaîne alimentaire ou bien migrer vers les nappes d'eau souterraines (Moreno et *al.*, 1996 ; Wong et *al.*, 1996; Gove et *al.*, 2001).

### **I.2.12. Classification des boues**

La classification des boues, est établie en fonction de plusieurs paramètres : nature du traitement, la teneur en eau (siccité). Les tableaux 5,6 et 7 montrent à titre indicatif une classification élaborée selon (Collection OTV., 1997).

**Tableau 5: les différentes classes de boues selon la nature de traitement**

Boues de classe A	Boues primaires Boues primaires physico-chimiques Boues de forte et très forte charge
Boues de classe B <sub>1</sub>	Boues biologique en eau brute Boues de faible charge Boues d'aération prolongée
Boues de classe B <sub>2</sub>	Boues biologiques en eau décantée Boues de faible charge
Boues de classe C	Boues mixtes de type A+B <sub>2</sub>
Boues de classe D	Boues stabilisées biologiquement Boues de digestion anaérobie mésophile Boues de digestion anaérobie mésophile

Les boues peuvent être classées selon leur aspect physique (Tableau 6)

**Tableau 6: Classification des boues selon leur aspect physique**

Appellation	Nature	
<b>Boues liquides</b> Elles présentent une concentration en matière sèche (MS) comprise entre 3 et 10%. On peut également exprimer cette concentration en g/l	Boues Liquides	Siccité de 3% (épaississeur statique ou hersé)
	Boues liquides égouttées	Siccité de 6% (tables d'égouttage)
<b>Boues pâteuses</b> Leur siccité (% en poids de MS) est comprise entre 10 et 25%	Non chaulées	Siccité de 10 à 18% (épaississement et filtre à bandes)
	Chaulées	Siccité de 10 à 18% (épaississement et filtre à bandes, chaulage). Le chaulage permet une stabilisation et un conditionnement des boues indispensables à leur valorisation agricole.
<b>Boues solides</b> Leur siccité dépasse 20% de MS	Chaulées	Siccité de 30 à 35 % (épaississement, filtre-pressé avec conditionnement à la chaux et au chlorure ferrique)
	Digérées chaulées	Siccité de 25 à 35% (épaississement, digestion, centrifugeuse avec chaulage éventuel)
<b>Boues sèches</b> Siccité de 95% (épaississement, digestion, centrifugeuse et séchage thermique)		

Les boues de STEP peuvent également être différenciées selon le traitement dont elles sont issues (tableau 7)

**Tableau 7: Classification des boues en fonction des traitements**

Appellation	Nature
Boues issues du traitement primaire des eaux usées, dites «fraiches »	Elles sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées. 70% de MES peuvent ainsi être retenues. Avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer.
Boues issues du traitement physico-chimique des eaux usées	Elles sont formées par l'agglomération des matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées.  Cette agglomération est obtenue grâce à l'addition d'aluminium. 90% de MES peuvent ainsi être captées. Séparées par décantation, les boues obtenues renferment une part importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant.
Boues issues du traitement biologique des eaux usées	Elles sont constituées par les résidus de bactéries « cultivées dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries ont pour rôle d'éliminer une partie de la matière organique contenue dans les eaux usées en les digérant. Pour maintenir, l'activité biologique de la station à un bon niveau, une partie de la masse des bactéries ou « biomasse en excès » doit être soutirée régulièrement, entretenant ainsi la dynamique de reproduction bactérienne.
Boues mixtes	Mélange de boues primaires et biologiques.

### I.2.13. Traitement des boues

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leurs destinations finales fiables et sans nuisance. Les boues subissent le traitement de déshydratation et de stabilisation avant être rejetées dans le milieu naturel ou réutilisées à des fins agricoles ou énergétiques (Blondeau., 1985).

### I.2.13.1. Objectifs de traitement

Les traitements spécifiques des eaux usées engendrent une matière organique hautement fermentescible. Les objectifs des différents traitements de cette matière secondaire sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

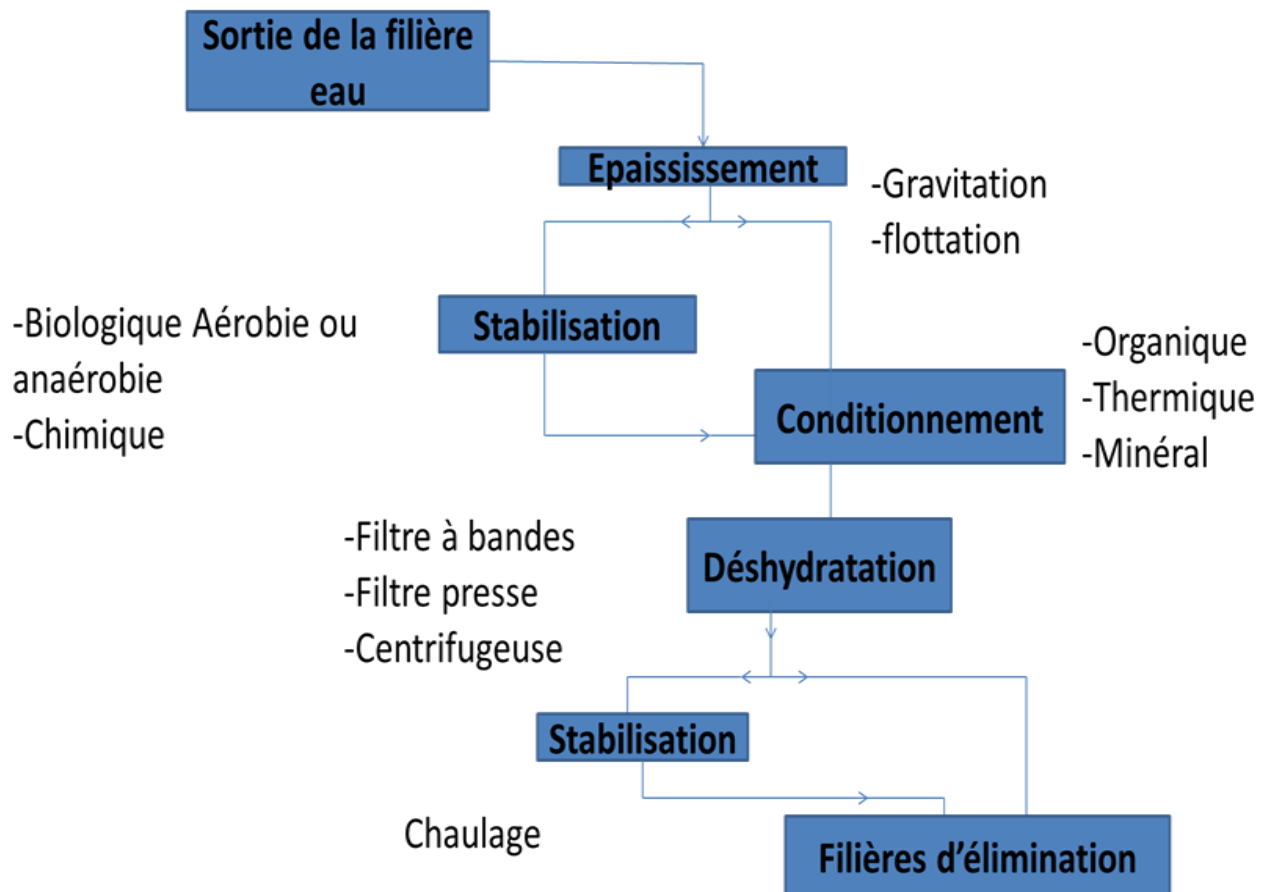
**Tableau 8: Les opérations de traitement des boues et leurs objectifs** (Duchene., 1990).

<b>Opérations</b>	<b>Buts</b>
<b>Stabilisation</b>	Réduire la fermentescibilité des boues pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs
<b>Concentration</b>	Eliminer une partie de l'eau interstitielle afin d'éviter son transport
<b>Stockage</b>	Assurer une capacité tampon harmonisant les besoins d'extraction et les possibilités d'évacuation à l'extérieur
<b>Homogénéisation</b>	Donner au destinataire finale un produit connu et relativement constant
<b>Conditionnement</b>	Modifier les caractéristiques de la boue afin de faciliter la séparation des phases solides et liquide
<b>Déshydratation</b>	Augmenter la siccité afin de rendre le produit solide ou pâteux

### I.2.13.2. Système de traitement des boues

Telle qu'elles apparaissent au cours du traitement des eaux usées, les boues d'épuration nécessitent un traitement préalable et ce dans le but de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction des matières organiques facilement décomposables (Brame et Lefevre., 1977).

La figure ci- dessous illustre le système de traitement des boues (Figure 2)



**Figure 2: Représentation schématique d'une filière de traitement des boues** (Baudez., 2001).

On distingue trois grands types de traitement :

#### I.2.13.2.1. La stabilisation

Ce mode de traitement consiste soit à forcer l'évolution des boues jusqu'à une minéralisation assez poussée c'est la digestion; soit une interruption de la vie au sein des boues, il s'agit de la stabilisation physico- chimique (Blondeau., 1985).

La notion de stabilisation renseigne sur le niveau d'odeur de la boue (absence d'odeur, ou odeur faible, moyenne, forte). A noter qu'une boue peut être traitée, tout en n'étant pas stabilisée au sens défini ci-dessus (Ministère de l'Environnement Française., 1999). Les traitements de stabilisation utilisés sont de type biologique, chimique ou thermique. Ils

s'appliquent aux boues mixtes fraîches, aux boues secondaires ou à l'ensemble des boues afin de réduire leur fermentescibilité et limiter, voire annuler, les nuisances olfactives (Koller., 2004).

#### **I.2.13.2.1.1. Stabilisation biologique**

Elle réduit la teneur des boues en matières fermentescibles. La stabilisation biologique se fait soit par voie aérobie dans les bassins d'aération, jusqu'à l'obtention des boues à teneur non négligeable en oxygène et biologiquement stable. La consommation d'énergie de ce procédé ne permet pas d'envisager son utilisation de manière systématique pour les boues d'origine urbaines (Alexandre., 1979). Soit par voie anaérobie dans des digesteurs avec production d'un biogaz riche en méthane et on obtient des boues digérées, encore appelées stabilisées anaérobies. Pour maintenir l'activité biologique de la station à un bon niveau, une partie de la masse des bactéries ou biomasse en excès doit être prélevée, soutirée régulièrement, entraînant ainsi la dynamique de reproduction bactérienne (CNB., 2001).

#### **I.2.13.2.1.2. Le compostage**

Le compostage constitue un procédé particulier de stabilisation biologique aérobie. Il se réalise de préférence sur des boues déjà déshydratées d'une façon à économiser l'approvisionnement en support de compostage. Les boues compostées ont un aspect de terreau et présentent une structure solide ; elles sont stables. On constate actuellement, un fort regain d'intérêt pour cette technique en raison des nouvelles données réglementaires et économiques concernant la gestion des déchets. Le compostage se pratique dans des stations de moyenne taille et ne représente que 2% des tonnages des boues (O.P.E.C.S.T., 2001).

#### **I.2.13.2.1.3. La stabilisation chimique**

Elle bloque l'activité biologique, et donc l'évolution de la boue, par adjonction d'une quantité importante de chaux (10 à 50% de la matière sèche, en général 30%) élevant le pH au-delà de 12 (Koller., 2004). Ce traitement apporte un appoint en calcium qui peut être bénéfique, si la boue sera valorisée (Gamrasni, in Nakib., 1986).

**I.2.13.2.2. Le séchage thermique**

Le séchage thermique des boues revêt un effet temporaire de stabilisation (par absence d'eau), son intérêt est la réduction des volumes et des odeurs. Le séchage se fait soit par action de soleil soit celle de chaleur (SPDE., 2006).

# **Chapitre II**

## **Matériel et méthodes**

## **1. Le choix des boues**

Nous avons prélevé des échantillons de toutes les boues résiduelles sèches des huit stations d'épurations de la wilaya de Tizi-Ouzou, destinées à la l'épandage agricole (sur sols cultivés en arbres fruitiers).

## **2. Localisation géographique des huit stations**

### **2.1. Localisation de la STEP de Boukhalfa**

La station d'épuration de Boukhalfa est située à l'ouest de la ville de Tizi-Ouzou, sur la rive gauche de l'oued Bouaid à 40 mètres de la RN 12 (à proximité de l'autoroute Tizi-Ouzou -Alger) qui déverse vers Oued Sebaou au nord.

### **2.2. Localisation de la STEP de la ville de Draa Ben Khedda**

La station d'épuration de la ville de D.B.K est située à la sortie Ouest de la ville, en contrebas de la RN12 reliant Alger à Tizi-Ouzou. Conçue au cours de l'année 1972 [l'étude a été dressée par SAFEG ; (Société française d'études et de Gestion)]. Sa mise en service remonte à 1974 et sa gestion a été menée par la Direction de l'Hydraulique de Tizi-Ouzou à ce jour (Djebra et Taieb, 2015).

### **2.3. Localisation de La station d'épuration Est de Tizi-Ouzou**

Est un établissement classé; d'une capacité de 120 000 équivalents habitants; qui a été conçu pour épurer les eaux usées urbaines afin de protéger le milieu récepteur, en l'occurrence l'Oued Sebaou. Elle est située sur la rive gauche d'Oued Sebaou à 200 m en amont du Pont de Bougie sur le chemin de Wilaya n° 124 reliant Tizi-Ouzou à Béjaia.

La STEP est donc implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, en dehors du tissu urbain. D'une superficie de 35 591 m<sup>2</sup> dont 14 714 m<sup>2</sup> bâtis (Manuel, juin 2012).

### **2.4. Localisation de la station d'épuration DEM**

La station d'épuration des eaux usées de Draa El Mizane est située à la sortie nord de la ville de Draa El Mizane, au lieu dite Barbarou, cette station répondra probablement à une exigence des plus pressantes en matière de lutte contre la pollution et de la sauvegarde de l'environnement.

En effet, les eaux usées de toute cette localité sont, depuis des années, déversées directement dans l'oued qui s'étend sur la RN25. Son portail donne sur le chemin Inegrachen ([www.elwatan.com](http://www.elwatan.com)).

### **2.5. Localisation de la station d'épuration de Boghni**

La station d'épuration de la ville de Boghni est située à 50mètres du côté droit du CW°128 (ONA., 2019).

### **2.6. Localisation de la station d'épuration de la ville de Tadmait**

La station d'épuration de la ville de Tadmait est située à proximité de la route nationale N°25 (ONA., 2019).

### **2.7. Localisation de la station d'épuration de la ville d'Azzefoune**

La station d'épuration d'Azzefoune est située à 3 Km de la ville d'Azzefoune et à 7 mètres de la mer (ONA, 2019).

### **2.8. Localisation de la station d'épuration de Tizirt**

La station d'épuration de Tizirt est située au nord-ouest de la ville de Tizirt sur la route national N° 24 à 100 m de la mer.

Tableau 9 : Représentation des STEP de la wilaya de Tizi-Ouzou

Wilaya	Tizi Ouzou							
Nom (Step)	Tizi Ouzou Est	Tizi Ouzou Ouest	Tadmait	Boghni	Draâ El Mizan	Draâ Ben Khedda	Tigzirt	Azeffoun
Date de mise en service	juillet-00	1985 réhabilitée en 2006	1984 réhabilitée en 2007	1985 réhabilitée en 2006	mars-07	1974 en cours d'extension	mai-07	juillet-06
Procédé	Boues activées "moyenne charge"	Boues activées "faible charge"	Boues activées "faible charge"	Boues activées "faible charge"	Boues activées "faible charge"	Boues activées "faible charge"	Boues activées "faible charge"	Boues activées "faible charge"
Capacité actuelle en EQH	120 000	25 000	13 000	13 000	30 000	25 000	5 000	5 000
Volume réel entrant à la STEP en m <sup>3</sup> /j	17 411	2 575	580	353	147	3 750	101	300
Communes raccordées à la STEP	Tizi Ouzou Nord Est, Est, et Sud, Tazmalt, Redjaouna, Abid Chamlal, Sikh Oumeddour	Boukhalfa, Tala Allam, Tizi Ouzou Ouest et Nord-ouest en partie	Tadmait Est	Partie Est de la ville de Boghni	Ville de Draâ El Mizan et Draâ Sachem	Ville de Draâ Ben Khedda	Tigzirt	Ville d'Azeffoun
Impact	Protection de la nappe phréatique de l'oued Sébaou			Protection de l'oued Boghni		Protection de la nappe phréatique de l'oued Sébaou	Protection du littoral	

Source : DRHW de Tizi-Ouzou

### 3. Etude expérimentale

#### 3.1. Protocole expérimental

Pour notre expérimentation, nous avons opté pour un échantillonnage de type aléatoire. Les lits de séchage des boues sont divisés en 4 blocs, chaque bloc est divisé en 4, on prend un échantillon de chaque bloc et on les mélange pour avoir un échantillon représentatif pour chaque lit de séchage des huit stations.

#### 3.2. Analyse des échantillons

Les échantillons prélevés dans différentes stations d'épuration sont acheminés au laboratoire. À leur réception, nous avons procédé d'abord au séchage à l'air libre, puis broyage et tamisage avec un tamis de 2 mm, avant tout traitement physique et chimique. Ils sont par la suite conservés dans des sachets étiquetés et conservés dans un endroit sec. Les échantillons ainsi obtenus, ont été soumis à une série d'analyses physiques et chimiques.

##### 3.2.1. Analyses chimiques

###### 3.2.1.1. Mesure de $\text{pH}_{\text{eau}}$

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité des boues est définie par la concentration en  $\text{H}_3\text{O}^+$  (ou  $\text{H}^+$  pour faciliter l'expression) libre, existant dans la solution des boues.



**Figure 3 : pH mètre**

➤ **Le mode opératoire :**

Consiste à suivre les étapes suivantes :

- Peser 5g d'échantillon de la boue broyée et tamisée à 2mm dans un bécher de 100ml ;

- Ajouter 25 ml de l'eau déminéralisée ;
- Agiter pendant 10 minutes ;
- Laisser reposer pendant 2 heures ;
- Plonger l'électrode dans le liquide surnageant et effectuer la mesure ;
- Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes, et noter les valeurs au deuxième décimal.

### 3.2.1.2. Dosage de calcaire total

La quantité de calcaire dans les boues sous forme de carbonate de calcium est dosée par la méthode dite volumétrique qui consiste d'abord en une attaque des carbonates de calcium par l'acide chlorhydrique, l'excès d'acide est titré par de la soude.

#### Mode opératoire :

- **Préparation de la solution de l'acide chlorhydrique**

En fonction de la concentration de l'acide chlorhydrique et de sa densité, calculer la quantité à mettre dans un litre d'eau déminéralisé :

- **Données :**

La densité (D) = 1,18 Kg = 118 g ;

$$[\text{HCl}] = (36+38)/2 = 36,5 \quad \Longrightarrow \quad [\text{HCl}] = 36,5\% = 0,365$$

A une fois normal :  $N_1 = 1$

$$V_1 = 1000 \text{ ml}$$

$$N_2 = (D \times [\text{HCl}]) / M_{\text{HCl}} \quad \Longrightarrow \quad N_2 = (1180 \times 0,365) / 36,46$$

$$N_2 = 11,81 \text{ ml}$$

$$V_2 = (1 \times 1000) / 11,81 \quad \Longrightarrow \quad V_2 = 84,67 \text{ ml}$$

Dans une fiole de 1000 ml, verser 84,67 ml d'HCl et diluer avec de l'eau distillée jusqu'à 1000 ml de la solution, pour avoir la solution de l'acide chlorhydrique.

- **Préparation des échantillons :**

Dans un bécher, verser 20 ml de la solution de l'acide chlorhydrique, ajouter 1g de l'échantillon de boues, dilué avec de l'eau distillée jusqu'à 100 ml.

Mettre les béchers dans le bain de sable pendant 45 minutes après avoir couvert les échantillons, agiter de temps en temps la solution des béchers, puis enlever les couvert des

béchers et les placer dans une plaque chauffante, puis laisser bouillir pendant 3 minutes pour éliminer le CO<sub>2</sub> de la solution des béchers, puis les laisser refroidir.

Après refroidissement des échantillons, préparer des fioles de 100ml et filtrer la solution de bécher vers la fiole à l'aide d'un entonnoir contenant le papier filtre, et laver la terre avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre le trait de jauge de la fiole de 250 ml, déplacer les filtrats des fioles dans des bouteilles.

➤ **Préparation de la solution de NaOH :**

Prendre l'équivalent de poids moléculaire de NaOH (40g) en gramme dans un litre d'eau distillé.

Préparer les 2 témoins avec la même méthode sans avoir ajouter les échantillons.

➤ **La titration**

Prélever 100ml de filtrat dans un bécher de 400ml, ajouter 3 gouttes de phénophtaléine à 2% et à l'aide d'une pipette titrer l'acide chlorhydrique jusqu'à ce que la solution devienne rouge violacée.

Noter la quantité de l'acide chlorhydrique titrée.

Le calcaire total sera calculé par la formule suivante :

$$\text{Calcaire total (\%)} = (\text{Témoin} - \text{lecture}) * 12,5$$

### 3.2.1.2. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution des boues est un indice des teneurs en sels solubles dans la boue, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon c'est-à-dire son degré de salinité.



**Figure 4 : Conductimètre**

➤ **Mode opératoire**

Peser 5g de d'échantillon de boues dans un bécher, ajouter 25ml de l'eau déminéralisée et agiter pendant 10 minutes avec une baguette en verre.

Laisser reposer 2 heures, faire les mesures. La conductivité électrique est calculée par la formule :

$$CE = (\text{lecture} * (1,08/0,8) / 1000)$$

**3.2.1.3. Dosage de la matière organique et la siccité de boues issues des différentes étapes de traitements des eaux usées**

➤ **Mode opératoire :**

Chauffer les creusets durant 16 heures dans un four à 550°C, puis les refroidir dans un dessiccateur ;

Noter le poids des creusets  $P_0$  ;

Introduire 5g les échantillons des boues (<2mm) dans des creusets tarés et mettre à l'étuve à 105°C jusqu'à ce que leurs poids se stabilise, puis les refroidir dans un dessiccateur.



**Figure 5 : Séchage des boues à l'étuve**

Noter le poids des creusets + l'échantillon déshydraté  $P_1$  ;

Placer les creusets contenant les 3g de chaque échantillon déshydraté dans le four à  $450^{\circ}\text{C}$  pendant 16 heures puis les faire refroidir dans un dessiccateur ;

Noter le poids des creusets + échantillons calcinés  $P_2$ .

- **Calcul**

Perte à feux en % =  $[(P_1 - P_2) / (P_1 - P_0)] \times 100$ .



**Figure 6 : incinération des boues au four à moufle**

#### 3.2.1.4. Matière sèche MS

On obtient les matières sèches par une méthode de filtration par gravité

➤ **Mode opératoire :**

- On prend un papier filtre et on le pèse ( $P_0$ )
- On place un entonnoir sur un bécher et on place dessus le papier filtre
- On verse une quantité de boue dans ce dispositif (au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou ils prennent 100ml)
- Après filtration, on met le papier filtre dans une coupelle en aluminium qu'on va placer dans une étuve à  $105^{\circ}\text{C}$  jusqu'à déshydratation.

- Après, on place ce filtre dans un dessiccateur pour enlever toute humidité restante et puis on refait la pesée ( $P_1$ )
- On calcule la concentration en MS en utilisant la formule ci-dessous :

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

**Avec :**

$V = 100 \text{ ml}$

$P_0$  : poids du papier filtre plissé

$P_1$  = poids du filtre + boue séchée

### 3.2.1.5. Test de décantation $V_{30}$

Le calcul de l'indice de boue nous permet d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation et prévenir d'éventuelles pertes de boues liées au dépassement de la capacité du clarificateur.

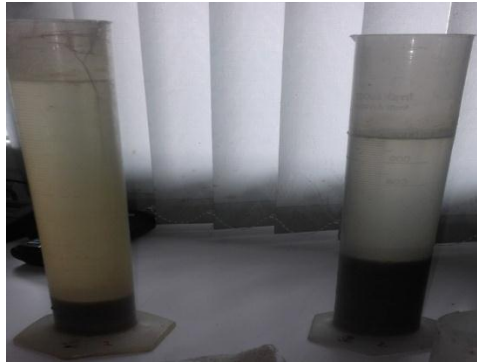
➤ **Mode opératoire :**

- Au niveau de la surverse du bassin d'aération on prélève un échantillon de boue dans les bassins d'aération après 15 min de fonctionnement de l'aérateur
- On remplit une éprouvette de 100 ml de cet échantillon et on laisse décanter pendant 30 min
- Une fois les 30 min écoulées on note le volume décanté.
- En cas où le  $V_{30} < 300$ , on calcule l'indice de Molmane.

$$I_m = V_{30} / MS$$

En cas où le  $V_{30} > 300$ , on effectue la dilution en utilisant l'eau épurée puis on calcule l'indice de boue ( $I_B$ ). L'indice de boue est calculé comme suite :

$$I_B = V_{30D} / MS \times \text{facteur de dilution}$$



**Figure 7 : Test de décantation**

### 3.2.1.6. La matière volatile sèche MVS

➤ **Mode opératoire :**

- On met une quantité de boue dans une coupelle en porcelaine de poids  $P_0$
- On la place dans une étuve à  $105^\circ\text{C}$  jusqu'à évaporation totale de l'eau
- Après on pèse la coupelle  $P_2$
- On met la coupelle dans un four à moufle à  $550^\circ\text{C}$  pendant 2 heures
- Après refroidissement on pèse la coupelle à nouveau et on obtient le  $P_3$
- On calcule la concentration des MVS.

$$\text{MVS} = (P_2 - P_3) / (P_2 - P_0) \times 100$$

**Avec :**

$P_0$  : Poids de la coupelle vide

$P_2$  : Poids de la coupelle+ Poids de la boue séchée à  $T = 105^\circ\text{C}$ .

$P_3$  : Poids de la coupelle + Poids de la boue après l'avoir passé dans l'étuve à  $T=105^\circ\text{C}$  et  $T= 550^\circ\text{C}$  pendant 2h.

### 3.2.1.7. Dosage de la matière organique et la siccité et la matière minérale des boues sèches

#### 3.2.1.7.1. Dosage de la siccité des boues sèches (MS)

➤ **Mode opératoire :**

Chauffer les creusets durant 16h dans un four à  $550^\circ\text{C}$ , puis les refroidir dans un dessiccateur ;

Noter le poids  $P_0$  ;

Introduire 5g d'échantillon des boues (<2mm) dans les creusets tarés ;

Les mettre à l'étuve à 105°C jusqu'à ce que leurs poids se stabilise, puis les refroidir dans un dessiccateur ;

Notez le poids des creusets + l'échantillon déshydraté  $P_1$

On va avoir le poids de la matière sèche ou la siccité des boues dans les 5g d'échantillon.

### **3.2.1.7.2. Dosage de la matière minérale (MM)**

#### **➤ Mode opératoire :**

Placer les creusets contenant 3g d'échantillon séché à l'étuve auparavant dans un four à moufle à 450°C pendant 16h ;

Faire refroidir les échantillons dans un dessiccateur ;

Notez le poids des creusets + échantillon calciné ;

On va avoir le poids de la matière minérale (MM)  $P_2$ .

### **3.2.1.7. 3. Dosage de la matière organique (MO)**

La quantité de la matière organique est calculée par la soustraction de poids des creusets contenant les 3g de la matière sèche et le poids après passage au four à moufle. En introduisant le résultat obtenu en pourcentage, nous obtenons le taux de la matière organique contenant dans la matière sèche de la boue.

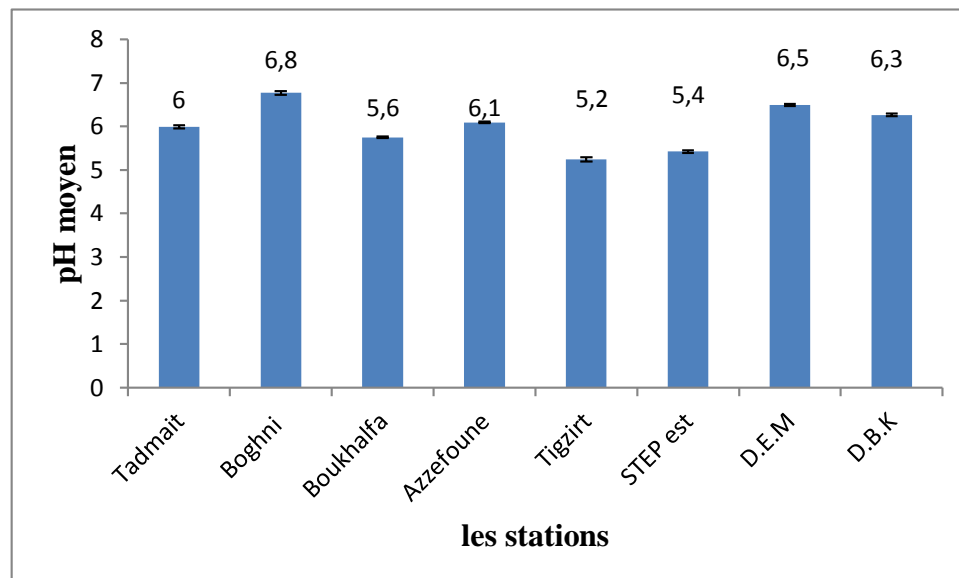
# **Chapitre III**

## **Résultats et discussion**

## I. Discussion des résultats d'analyse des différents paramètres des boues étudiées

### I.1. Résultats de pH moyen des différentes stations d'épuration

Les valeurs moyennes de potentiel hydrique obtenu pour les différentes boues étudiées sont représentées dans la figure suivante :



**Figure 8. Taux de potentiel hydrique moyen des boues étudiées**

#### I.1.1. Discussion des résultats

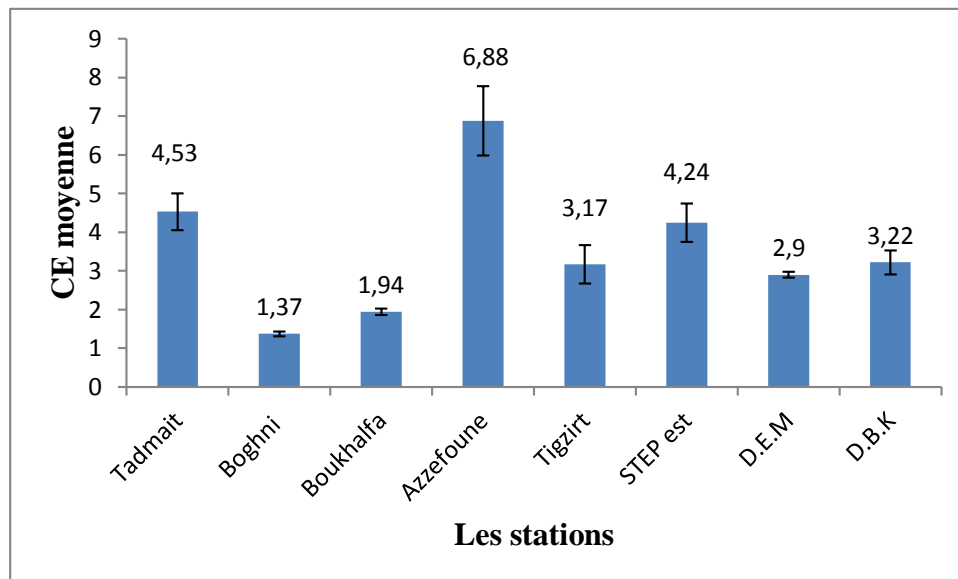
D'après (Bensegher., 1996), le substrat doit présenter un pH compris entre 5 et 8, en dehors de ces limites, le plant sera confronté à des problèmes de nutrition minérale. Le pH a une incidence sur la facilité du plant à se nourrir, il influe aussi sur la contamination par divers champignons (à l'origine de la fente de semis par exemple) trop acide, peut être à l'origine de brûlures des racines (Falonnet et *al.*, 1992).

D'après les résultats obtenus, on constate que les boues de huit stations d'épuration des eaux usées sont dans les normes ( $5.2 < \text{pH} < 6.8$ ], donc légèrement acide à neutre.

L'utilisation des boues étudiées sur sol agricole, ne peut pas entraîner des effets sur la solution du sol, mais il est conseillé de les épandre sur sol alcalin, ou bien les chauler avant épandage.

### I.2. Résultats de la conductivité électrique moyenne des boues des étudiées

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique moyenne obtenues pour les différentes boues étudiées sont représentées dans la figure suivante :



**Figure 9. Taux de conductivité électrique moyenne des boues étudiées en mS/cm**

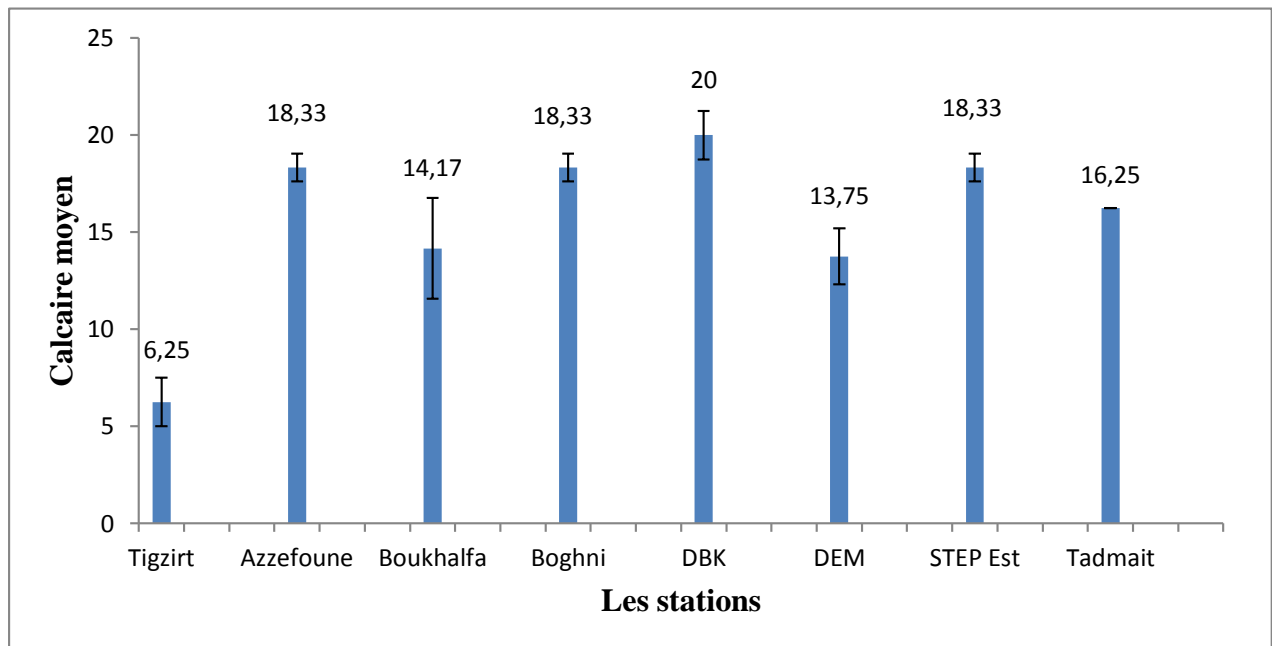
#### I.2.1. Discussion des résultats

D'après les résultats obtenus, on constate que les boues des huit stations d'épuration des eaux usées ont une CE variant entre 1,37mS/cm et 6,88mS/cm. Les boues des stations de Boghni et de Boukhalfa ont une CE légèrement élevée. Les boues des stations Tadmaït, Tizirt, STEP Est de Tizi Ouzou, Draa El Mizane et Draa Ben Kheda ont une CE très élevée, les boues de la station d'Azzeffoune ont une CE extrêmement élevée, ce qui est probablement dû à la nature des rejets et à l'eau salée (Annexe 01).

Lorsque la concentration saline de la solution aqueuse d'un sol ou d'un substrat (dans notre cas les boues utilisées comme amendement pour le sol), est trop élevée, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie, on aboutit même dans des cas graves, au dépérissement de la plante.

### I.3. Résultats de calcaire total moyens des boues des STEP :

Les valeurs moyennes de calcaire total obtenus pour les différentes boues étudiées sont représentées dans la figure suivante :



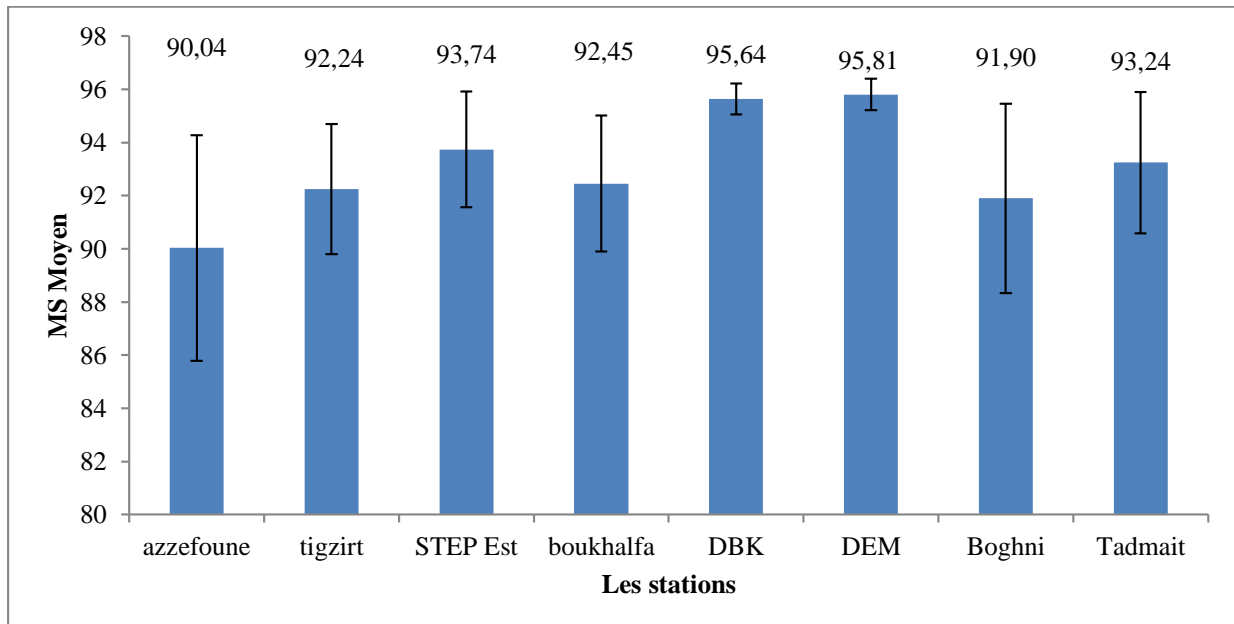
**Figure 10. Taux moyen de calcaire total dans les boues étudiées**

#### I.3.1. Discussion des résultats

D'après les résultats obtenus, on constate que les boues de huit stations d'épuration des eaux usées ont un taux de calcaire total variant entre 6,25 et 20, donc faible à élever.

### I.4. Résultats de la matière sèche moyenne des boues des stations d'épuration

Les valeurs moyennes de la matière sèche obtenue pour les différentes boues étudiées sont représentées dans la figure suivante :



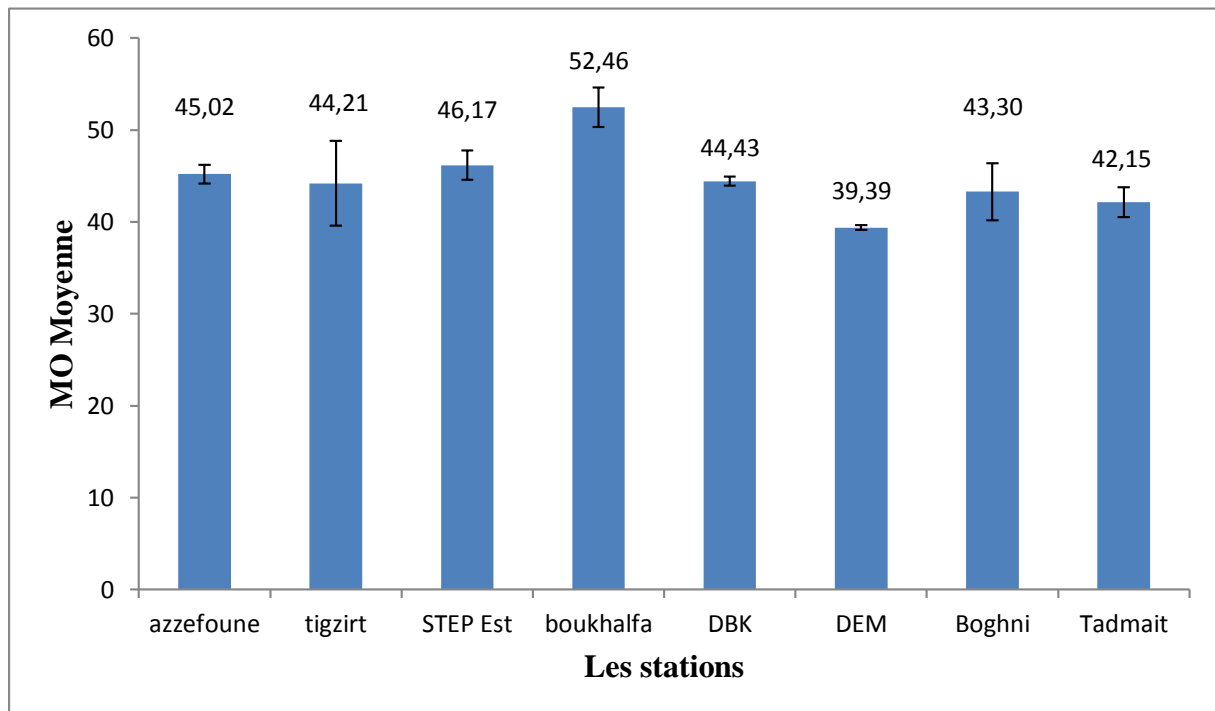
**Figure 11. Taux moyen de la matière sèche des boues étudiées**

#### I.4.1. Discussion des résultats

On remarque que le taux de la matière sèche des boues des huit stations d'épuration est dans les normes (90-95%) (Tableau 3), et que le taux le plus élevé est enregistré dans les boues de la station de Draa El Mizane avec une valeur de 95,81%.

### I.5. Résultats de la matière organique moyenne des boues étudiée

Les valeurs moyennes de la matière organique obtenue pour les différentes boues étudiées sont représentées dans la figure suivante :



**Figure 12. Taux moyen la matière organique des boues des huit stations d'épuration**

#### I.5.1. Discussion des résultats

D'après les résultats obtenus, on constate que les boues des huit stations d'épuration des eaux usées étaient moyennement riches en matière organique (Norme [35-70%]), ce qui permet de les classer comme amendement organique (Grenier 1989), et que le taux le plus élevé est enregistré au niveau de la station de Boukhalfa (52,46), et le taux le plus faible est enregistrée au niveau de la station de Draa El Mizane (39,39)

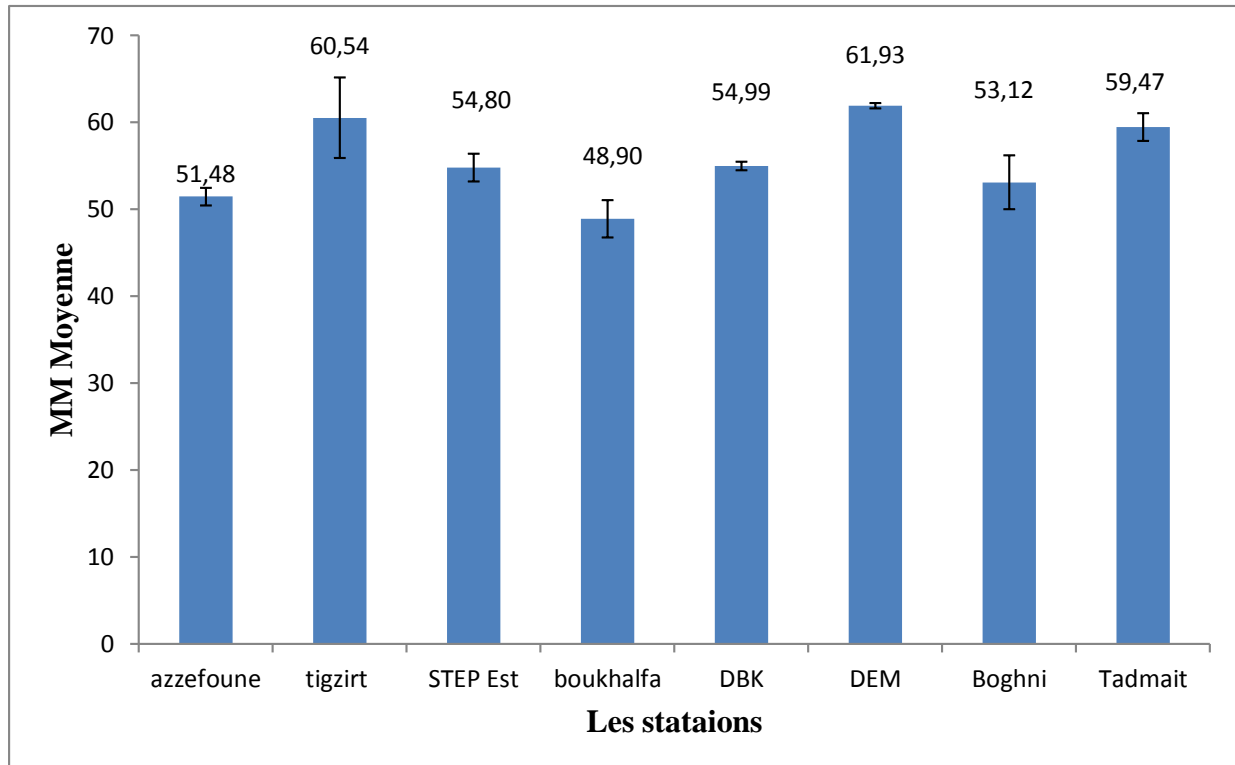
La différence de taux de la matière organique entre les différentes stations est due à la nature des rejets, le nombre d'habitants et l'activité exercée et le traitement biologique dans ces zones.

L'augmentation de taux de matière organique dans les boues sèche de la station d'épuration de la région de Boukhalfa par rapport aux autres boues des différentes stations

d'épuration, est peut-être expliquée par la nature des rejets, contrairement aux boues des autres régions.

### I.6. Résultats de la teneur en matière minérale moyenne des boues étudiées

Les valeurs de matière minérale moyenne obtenue pour les différentes boues étudiées sont représentées dans la figure suivante :



**Figure 13. Le taux de la matière minérale moyenne des boues des huit stations d'épuration**

#### I.6.1. Discussion des résultats

La valeur la plus élevée de la matière minérale est enregistrée au niveau de la station de Draa El Mizane avec un taux de 61,93%, cette augmentation est peut-être due aux taux des éléments chimiques plus importants dans les boues de cette station.

### I.7. Les données des métaux lourds des huit stations d'épuration étudiées

Les données concernant les métaux lourds des boues des huit stations étudiées sont présentées en annexes 2, 3, 4 et 5.

### I.7.1. Discussion des résultats des données

Plusieurs auteurs précisent que les métaux lourds sont dangereux pour les végétaux et les animaux, ils peuvent se révéler toxiques à trop forte dose (Chang et al., 1992 : Cripps et al., 1992).

D'après les données l'ONA de Tizi Ouzou, on a remarqué que les valeurs enregistrées pour les boues des différentes stations d'épuration étudiées, étaient largement inférieures aux normes AFNOR citées par Lacée (1985) et Couillarde et Grenier (1988), donc ne présentaient pas ainsi de risque de toxicité à court terme, mais il est préférable de faire un suivi de la teneur de ces éléments pour les sols amendés avec les boues afin d'éviter le risque d'accumulation à long terme.

On a remarqué aussi que la boue de la STEP de Tizirt a un taux en métaux lourd faible par rapport aux autres boues des STEP de la willaya de Tizi-Ouzou, et on constate que cette dernière est considérée comme meilleure boue de point de vu de la charge en contaminants métalliques.

### I.8. Résultats des analyses des boues liquides de la STEP Est Tizi-Ouzou et de celle de Boukhalfa

#### I.8.1. Résultats des analyses des boues liquides des différentes étapes de la STEP Est Tizi-Ouzou et Boukhalfa

**Tableau 10 : Analyses des boues liquides des différentes étapes de la STEP Est Tizi-Ouzou**

Date	Boue		couleur	V <sub>30</sub>	V <sub>30d</sub>	Facteur du dilution	IB	MS (mg/l)	MVS (mg/l)
<b>05/05/2019</b> <b>STEP</b> <b>Tizi-Ouzou</b> <b>Est</b>	Boues activées	A <sub>1</sub>	Marron	970	280	1/3	185,84	4,52	
		A <sub>2</sub>	Marron	960	180	1/3	148,76	3,63	
	Boues stabilisées	S <sub>1</sub>						17,87	
		S <sub>2</sub>						19,55	
	Boues de Retour	R <sub>1</sub>						18,83	
		R <sub>2</sub>						19,10	
<b>08/05/2019</b> <b>STEP</b> <b>Tizi</b> <b>Ouzou Est</b>	Boues activées	A <sub>1</sub>	Marron	960	200	1/3	140,51	4,27	57,88
		A <sub>2</sub>	Marron	920	150	1/3	91,27	4,93	56,25
	Boues stabilisées	S <sub>1</sub>						17,49	63,81
		S <sub>2</sub>						20,65	63,72
	Boues de Retour	R <sub>1</sub>						20,64	
		R <sub>1</sub>						20,70	

**Tableau 11 : Analyses des boues liquides des différentes étapes de la STEP Est Tizi Ouzou**

Date	Boue		couleur	V <sub>30</sub>	V <sub>30d</sub>	Facteur du dilution	IB	MS (mg/l)	MVS (mg/l)
<b>06/05/2019 STEP Tizi-Ouzou Est</b>	Boues activées existant	A <sub>ex</sub>	marron	800	200	1/3	60,24	9,96	69,35
	Boues activées d'extension	A <sub>ext</sub>	marron	920	240	1/3	65,63	10,97	70,60
	Boues stabilisées	S <sub>1</sub>						15,54	63,97
	Boues de Retour	R <sub>1</sub>						13,66	

# Conclusion

---

## Conclusion

À travers cette étude préliminaire, les résultats d'analyses des échantillons de boues retenues des huit stations d'épuration des eaux usées de la wilaya de Tizi-Ouzou, présentent certaines qualités et caractéristiques permettant de les valoriser en agriculture.

Les résultats obtenus ont montré que ces boues ont :

- Un pH légèrement acide à neutre ; l'utilisation de celles ayant un pH acide sur sol agricole peut présenter un effet d'acidité sur la solution du sol, raison pour laquelle il est conseillé de les épandre sur des sols alcalins ou bien les chauler avant épandage ;
- Un taux de calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ ) faible à élever ;
- Une conductivité électrique qui varie entre 1,37 à 6,88ms/cm
- Les boues des stations de Boghni et de Boukhalfa sont légèrement salées, les boues des stations Tadmait, Tizirt, Est de Tizi Ouzou, Draa El Mizane et Draa Ben Kheda ont une CE élevée ;
- Les boues de la station d'Azzefoun ont une CE extrêmement élevée ;
- Un taux de matière sèche qui est dans les normes ;
- Un taux moyen en matière organique, ce qui permet de les classer comme amendement organique.

L'emploi des boues, pourrait être recommandé à chaque fois que le respect des normes en métaux lourds et l'analyse de sol aurait été vérifié. C'est un critère primordial dans le choix de l'utilisation des différentes boues.

Les données de l'ONA (annexes 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13), affirment que les boues ne présentaient aucun danger de point de vue toxicité en métaux lourds, et que les valeurs enregistrées pour les boues des différentes stations d'épuration étudiées sont largement inférieures aux normes fixées par ISO et par l'IANOR.

Il faut impérativement orienter les chercheurs sur les moyens efficaces de diminution d'agents jugés polluants et toxiques, tel que les métaux lourds, les polluants organiques et les agents pathogènes.

Il faut noter que les boues sont considérées comme amendements organiques, et que leur valorisation est très importante, puisqu'elles donnent un plus à la production ligneuse et

# Conclusion

---

arboricole, et qu'avant leur utilisation, il faut qu'elles subissent des traitements de stabilisation et d'hygiénisation.

Les boues étudiées doivent être comparées sur le terrain et sur plusieurs espèces arboricoles, afin d'identifier les doses adéquates, en fonction des cultures, établir des plans de fumure organiques et suivre l'évolution des polluants métalliques, de la salinité dans les sols récepteurs.

## Références Bibliographiques

---

- Ademe., 1996.** La faune, indicateurs de la qualité des sols, Ademe édition, Paris, p62.
- AFNOR., 1985.** Boues des ouvrages de substrat des eaux usées urbaines. Dénominations et spécifications. Norme NF U 44-041, Afnor, Paris La Défense.
- Alain Damien., 2013.** Guide de traitement des déchets. Réglementation et choix des procédés. 6<sup>ème</sup> Edition, p137.
- Alexandre D., 1979.** Valorisation des boues, utilisation en agriculture.
- Alloway B J., 1995.** Heavy metals in soils. Blackie academic and professional, London.368 p.
- Amir S., 2005.** Contribution à la valorisation de boues de stations and water conservation.
- Amir S., 2005.** Contribution à la valorisation de Boues de station d'épuration par compostage.
- ANNUAIRE., 2011 DPSB.** La Direction de la Programmation et Suivi Budgétaires de la Wilaya de Tizi-Ouzou.
- Anonyme., 1988.** La valorisation agricole des boues des stations d'épuration urbaines, publication N °23. A.N.R.E.D. Angers(France) 117p.
- ANRH.** Agence Nationale des Ressources Hydrique ANRH d'Alger.
- Association française pour l'étude des eaux (A.F.E.E) ; 1974.** Utilisation agricole des boues d'origine urbaine, synthèse bibliographique. Centre national de documentation et d'information sur l'eau, 2 rue de Madrid, 75008 Paris.
- Ati S., 2009.** Etude de l'effet des boues résiduaires sur sol cultivé.
- Azabi A., 2012.** Influence des boues résiduaires sur le comportement d'une culture sous-jacente à Touggourt.
- Barnat S., Juin 2001.** Les boues d'épuration document de synthèse Comité sécurité alimentaire d'aprifel.
- Bascoul V et Chaumonyet O., 2000.** Epannage sylvicole des boues de station d'épuration. Experience pratique du SIVOM du pays des Maures et du pays des Maures et du Golfe de Saint-Tropez. Forêt méditerranéenne t,XXI, n°3 .pp374-380
- Baudez J C., 2001.** Rhéologie et physico-chimie des boues résiduaires pâteuses pour l'étude de stockage et de l'épandage.
- Bechac., 1987.** Traitement des eaux usées (2ème édition). P281.
- Benmouffok A., 1994.** Caractérisation et valorisation agricole des boues résiduaires de Draa Ben Khedda (Algerie). Cahiers d'études et de recherches francophones/ agricultures. Vol3, 295-299 pp.
- Benmouffok A., Allili N., Djebala L., Akil A et Medjani A., 2005.** Caractérisation et valeur agronomique des boues issues d'épuration des eaux usées (cas de la station d'épuration de tiziouzou Est, Algerie), Watmed2 (Marrakech), 4p.

## Références Bibliographiques

---

- Bensegher L A., 1996.** Amélioration des techniques de production hors sol du chêne-liège : conteur- substrats- nutrition minérale. Master en sciences forestieres CEMARGEF (Aix en Provence), 26p.
- Benterrouche I., 2007.** Réponses écophysiologicalues d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration. Mémoire magister. Université de constatine. p158.
- Blanco-Canqui H., Gantzer C J., Anderson S H et Alberts E E., 2004.** Tillage and crop influences on physical properties for an Epiaqualf. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 567-576.
- Blondeau F., 1985.** Traitement centralisé des boues T.S.M l'eau, n°6, JUIN PP 231-242.
- Buffet M., 2010.** Analyse sur la situation du recyclage agricole des boues résiduares en Europe. Mémoire de fin d'étude présenté pour l'obtention du Master spécialisé « Gestion, traitement et valorisation des déchets » Option Déchets Industriels. Ecole National du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 51 p.
- Cadillon M., Lancar L et Lacassin J-C., 2000.** Le comportement des espèces forestières dans les sols amendés avec de forts tonnages de boues d'épuration. *Foret méditerranéen t. XXI*, n° 3,381-386pp.
- Chakri S et Lounnaci L., 2013.** Contribution à la connaissance des caractéristiques chimiques et physiques d'un sol amendé avec des boues résiduares urbaines dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Tadmaït).
- Chakri S., 2013.** T Contribution à la connaissance des caractéristiques chimiques et physiques d'un sol amendé avec des boues résiduares urbaines dans la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Chang A C., Granato T C., Page A L., 1992.**A methodology for estabilishingphytotoxicity criteria for Cr, Cu, Ni, and Zn in agricultural land application of municipal sewage sludges*J. Environ. Qual.*, 21, 521-536.
- Chossat JC., 2000.** Utilisation des boues de station d'épuration sous forêt de pins en Aquitainet. *XXI*, n° 3, 391-394pp.
- Chouial M et al.** *Revue Agriculture vol. 8 n°1 (2017) 55 – 67*, Université Ferhat Abbas Sétif 1 Performances et limites d'utilisation des boues des stations d'épuration pour l'élevage de plants forestiers en pépinière : Cas du pin maritime (*Pinus pinaster*Ait.) Performance and limits of use of sewage sludge for seedlings production: case of maritime pine (*Pinuspinaster*Ait.)
- Coïc Y., Coppenet M., 1989.** Les oligo-éléments en agriculture et élevage. Incidences sur la nutrition humaine. Paris : INRA Ed.114p.

## Références Bibliographiques

---

- Collection OTV., 1997.** Ouvrage collectif. Traiter et valoriser les boues. Collection OTV. N°2. 457P.
- Comité National des Boues (CNB), 2001.** Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture collection « valorisation agricole des boues d'épuration ». Ed. Ademe. France.
- Couillard C et Grenier Y., 1988.** Alternative à la gestion des boues résiduaires municipales, recyclage en sylviculture, sci, techn, de l'eau, vol, 20, n°3 215-220 pp.
- Couillard C., 1986.** Etude de quelques indices de croissance de Larixlaricina fertilisés par des boues anaérobies. Pub.div.selper LTD, pp 191-206.
- Coulibaly M A., 2010.** Contribution à l'analyse des eaux usées urbaines de la nouvelle station d'épuration Est de Tizi-Ouzou p34.
- Dao T H., 1993.** Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 1586-1595.
- De Bertoldi M., Vallini G et Pera A., 1983.** The biology of composting: a review. *Waste. MngmtRes.* 1, 157-176.
- Degremont., 1989.** Mémento Technique de l'eau, 9eme Edition, Tome 1 et 2, Edition.Devenir des micropolluants métalliques et organiques et Bilan humique du compost, Thèse dedoctorat Faculté des sciences Semlalia Marrakech.
- Dexter A R., 1997.** Physical proprieties of tilled soils. *Soil and tillage research.*43,41-63.
- Djamel B., 2015.** « Livre boues résiduel Edition » Recueil réalisé par cet agronome, utilisation des boues résiduelles de station d'épuration en Algérie.
- Doran J W., 1980.** Soil microbial changes associated with reduced tillage.soil science society of America journal. 44, 765-771.
- Dudkowski A., 2000.** L'épandage agricole des boues de station d'épuration d'eau urbaines courrier de l'environnement de l'INRA. Octobre 2000, pp 134-135.
- Edwards J H., Wood C W., Thurlow D L et Ruf M E., 1992.** Tillage and crop rotation effects on fertility sattus of hapludutsoil.soil science society of America Journal. 56, 1577-1582.
- Ehlers W., Kopke U., Hesse F et Bohm W., 1983.** Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil& Tillage Research*, 3, 261-275.
- Falonnnet G et al., 1992.** La production des plants forestiers hors-sol ENGREF (Nancy) 18p.
- Ferreras L A., Costa J L., Garcia F O et Pecoran C., 2000.** Effect of no tillage on some soil physical proprieties of structural degraded pertocalcicpaleudollod southern "pampa"of Argentina .soil & tillage research, 54, 31-39.

## Références Bibliographiques

---

- Findeling A., Ruy S. et Scopel E., 2003.** Modeling the effects of a partial residue mulch on runoff using a physically based approach. *Journal of Hydrology*, **275**, 49-66.
- Garrec N et al., 2003.** Occurrence of listeria sp. Andl.monocytogenes in sewage sludge used for land application: effet of dewatering, liming and storage in tank on survival of listeria species. *FEMS immunol. Med. Microbiol*, **275**, 353-28.
- Grenier Y., 1989.** La valorisation des boues pour la fertilisation des forêts, Thèse ing Canada, rech, forest.189 p.
- Guiraud G., 1977.** Evolution de l'azote du sol en présence des boues résiduaires, Orleon, Min, Environt.
- HUE N V., 1995.** Swegesluge. In soil amendement and environmental quality, chp 6, CRC Press. 199-247.
- Igoud S., 2001.** Valorisation des boues résiduaires issues des stations d'épuration urbaines par leur épandage dans les plantations forestières. *Revue des énergies Renouvelables : Production et valorisation - Biomasse*, 2001, 69-74.
- Jamonet B., 1987.** Le traitement des boues résiduaires. Université des sciences et technique du Languedoc. Montpellier.
- Jarde E., Mansuy L et Faure P., 2003.** Characterization of the macromolecular organic content of sewage sludges by thermally assisted hydrolysis and methylation-gas chromatography-mass spectrometer (THM-GC/MS). *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 68-69, 331-350pp.
- Juste et Solda., 1997.** Effets d'application massive de boue de station d'épuration en monoculture de maïs : action sur le rendement et la composition des plantes et sur quelques caractéristiques du sol ; pp147-155.
- Ju-Zhen Y., Li-Ming Z., 2008.** Removal of methylene blue dye from aqueous solution by adsorption onto sodium humate/clay hybrid hydrogels, *bioresource technology* 99, 2182-2186.
- Kiemnec G L., HemphiLL D D., Hickey M., Jackson T L et Volk V V., 1990.** Sweet corn yield and tissue metal concentration after seven years of sewage sludge applications. *J. Prod. Agric.*, 3: 232-237pp.
- King L D., Morris H D., 1972.** Land disposal of liquid sewage sludge. -J. *Envir. Qual.*, pp.325-329.
- Klopffer W., 1996.** Environmental hazard assessment of chemicals and products. Part V. anthropogenic chemicals in sewage sludge. *Chemosphere*, p33, 1067-1081.
- Koller E., 2004.** Traitement des pollutions industrielles eau, air, sols, boues. Ed 2004, pp 4-22.

## Références Bibliographiques

---

- Krog P H., Pedersenn M., 1997.** Ecologieeffets assessment of industriel sludge for microarthropods and decomposition in a spruce plantation. *Ecotoxicologie and environmentalSafety*, 36, P 162-168.
- Laala A., Maameche M et Hafsi M., 2016.** Effet de quelques substrats sur la production des plants forestiers : cas du cyprès. *Revue Agriculture. Université Ferhat Abbas Sétif 1 Numéro spécial 1*, 62-69pp.
- Lacee C., 1985.** Analyses des boues. AFEE, Tome 1, 135 p. Tome 2, 127 p.
- Ladjel., 2004.** L'exploitation des eaux usées urbaines dans la station d'épuration CFMA-Boumerdes.
- Lambkin D., Nortclif S., White T., 2004.** The importance of precision in sampling sludges, biowastesandreated soils in a regulatory framework *trends in Analytical Chemistry*, 23, 10-11.
- Larbi B et Oumedjbeur F., 2013.** Contribution à l'évaluation des effets des Boues Résiduairees sur les caractéristiques physiques et chimiques d'un sol de vignoble Tadmait Wilaya de Tizi-Ouzou-Fadel et Khoury, 2000.
- Lega R., Ladwig G., Merez O., Clement R E., Crawford G., salami R., Jones Y., 1997.** Quantitative determination of organic priority pollutants in sewage sludge by GC/MS. *Chemosphere*, 34, 1705-1712.
- Logsdon S D., McCoy E L., Allmaras R R. et Linden D R. 1993.** Macropore characterization by indirect methods. *Soil Science*, 155, 316-324.
- Mahma S A, 1995** Caractérisation physico-chimique des boues de station d'épuration de management for soil water conservation. *Agronomy Journal*, 82, 773-777.
- McconneL D B., Shiralipou R A et Smith W H., 1993.** Compost application improves soil properties. *Biocycle*, 4: 61-67 pp.
- Miller J J., Sweetland N J., Larney F J. et Volkmar K M., 1998.** Unsaturated hydraulic conductivity of conventional and conservation tillage soils in southern Alberta. *Canadian Journal ofSoil Science*, 78, 643-648.
- Munawar A., Blevins R L., Frye W W et Saul M R., 1990.** Tillage and cover crop.
- Mustin m., 1987.** Le composte Gestion de la matière organique. Edition François
- O.P.E.C.S.T., 2001.** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, par Miquel G. Rapport n°261.pp100-261.
- Ouali., 2016.** Teneurs en Éléments Traces Métalliques des sols agricoles de la Wilaya de Tizi Ouzou.
- Ouest tribune., Novembre 2017.** « Edition National », le premier quotidien de l'Oranie.
- Oukaci N., 2015.** Traitement et analyse des eaux domestique. Rapport de stage. Alger.

## Références Bibliographiques

---

- Ozores-Hampton M., Hanlon E., Bryan H et Schaffer B., 1997.** Cadmium, copper, lead, nickel and zinc concentration in tomato and squash grown in MSW compost-amended calcareous soil. *Compos. Sci. Util.*, 5 : 40-45 pp.
- Pekrun L., Kaul H P et Claupein W., 2003.** Soil tillage for sustainable nutrient management in *EL Tiri*, A (ed.) soil tillage in *Agroecosystems*, CRC Press New York (USA), pp83-113.
- Polan P., Gagnon J et Jones J P., 1993.** L'utilisation du compost de boues de stations d'épuration des eaux comme substrat de culture pour la production des plants forestiers en récipients. *Canadian Journal of civil engineering* 20 : 518-527pp.
- Ramdani N., 2007.** Magister science de l'environnement et climatologie contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaire. Effet sur la fertilité d'un sol sableux.
- Rasmussen K J., 1999.** Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil & Tillage Research* 53, 3-14.
- Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP d'Aquitaine. France : 358p.(P241-242-243).
- Ripert C., 2000.** Utilisation de compost d'ordures ménagères en reboisements méditerranéennes. *Forêt méditerranéennes*. T, XXI, N°3, 374-380 pp.
- Rodier J, 2009.** L'analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> Edition. P1579.
- Roula S., 2005.** Caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduaire urbaines pour la confection de substrats de cultures en pépinière hors-sol. Thèse. Magistère. Dpt. Agro. Batna. 115p.
- Saadi N., 1970.** Etude agro pédologique des plaines alluviale de la vallée Du Sébaou. Thèse. Service de l'Hydraulique de Tizi-Ouzou, 196p.
- Satin M., Selmi B., 1994.** Guide technique de l'assainissement, 2ème édition. Edition
- Sommers 1977.** «Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potentiel use as fertilizers » *journal of environnement quality*, pp 225-232.
- SPDE., 2006.** Syndicat professionnel des entreprises de services d'eau et d'assainissement
- Suh Y J et Roussaux P., 2002.** An LCA of Alternative Waste Water Sludge Treatment Sydney. pp. 271-273.
- Tauzin C., Juste C., 1986.** Effets de l'application à long terme de diverses matières.
- Terbouche L., Zitoun H., 2018.** La caractérisation chimique d'un sol alluvial agrumicole amendé avec les boues résiduaire urbaines dans la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Wong L., Henry J G., 1985.** Biological removal and chemical recovery of metals from sludges. *Proc. IndwasteConf.*, 39 th, (1985) 515-520.

## Références Bibliographiques

---

**Yefsah., 2017.** L'effet de l'épandage des boues résiduaire urbaines sur la biodisponibilité du potassium assimilable et non échangeable dans un sol alluvial (cas d'orangerie de Boukhalfa).

**Zraibi L., Chaabane K., Berrichi A., Sbaa M., Badaoui M., Zarhloule Y et Georgiadis M., 2015.** Evaluation de la valeur agronomique du compost des boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Nador. J. Mater. Environ. Sci. 6 (10). ISSN : 2028-2508. 2975-2985 pp.

**([www.elwatan.com](http://www.elwatan.com))**. Posté par Sofiane, écrit par Madjid Talbi (18/11/2007).

# Annexes

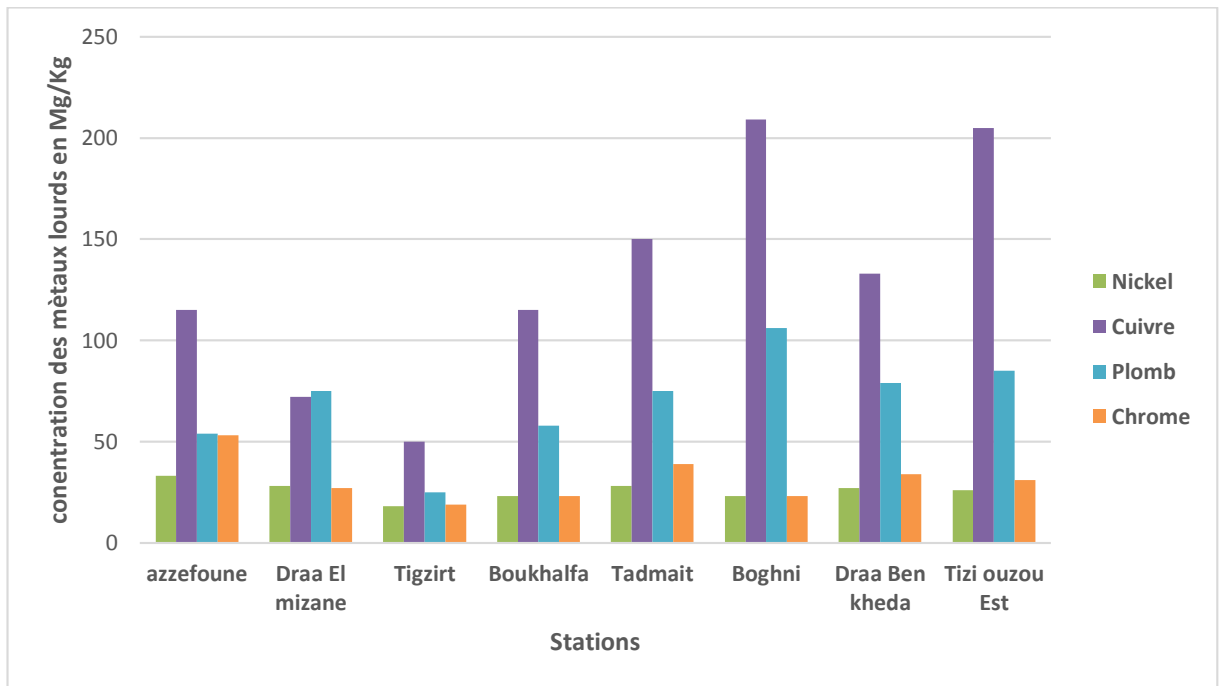
## Annexe 02: Les concentrations en métaux lourds des boues (mg/kg m.s)

La STEP Le Paramètre	Azzefoune	Draa El Mizane	Tigzirt	Boukhalfa	Tadmait	Boghni	DBK	TiziOuzou Est
Nickel	33	28	18	23	28	23	27	26
Cuivre	115	72	50	115	150	209	133	205
Cadmium	1	1	1	1,3	1,6	1	1	1,4
Plomb	54	75	25	58	75	106	79	85
Chrome	53	27	19	23	39	23	34	31
Zinc	623	415	285	483	574	650	1071	754

(ONA, 2018)

# Annexes

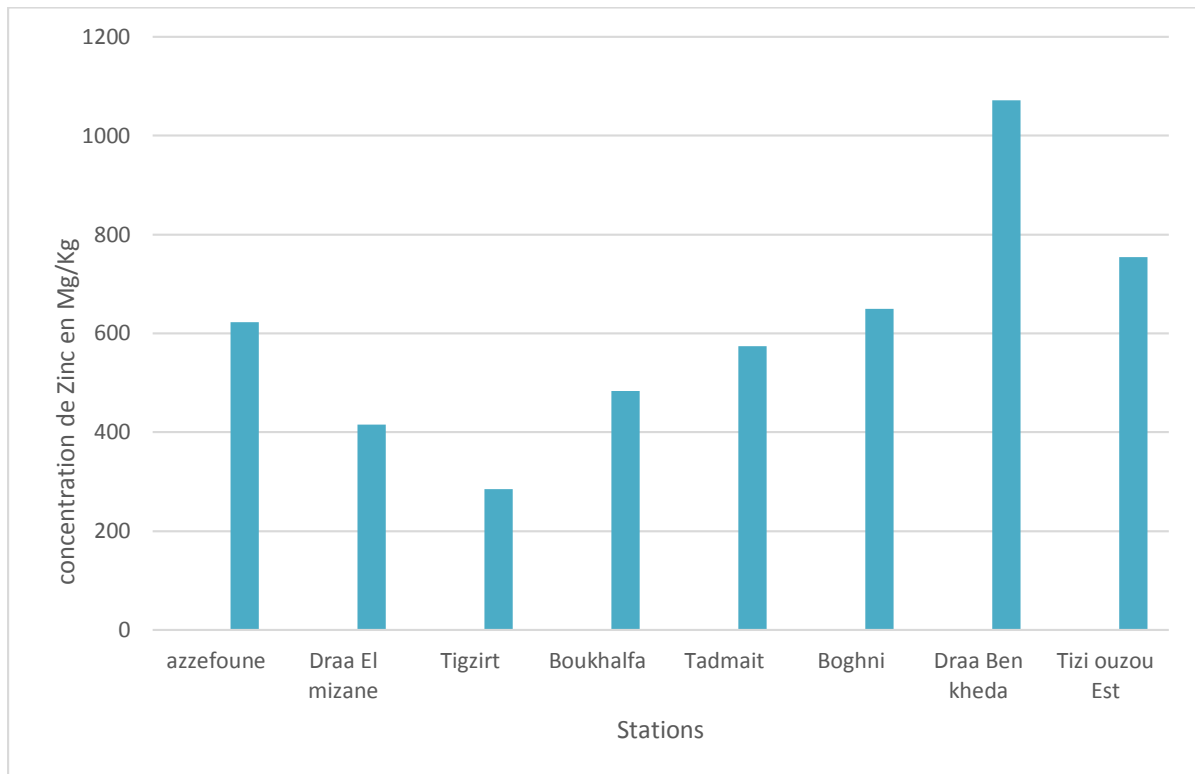
## Annexe 03



**Figure 14 : Les concentrations moyennes de métaux lourds des boues des huit stations d'épuration**

# Annexes

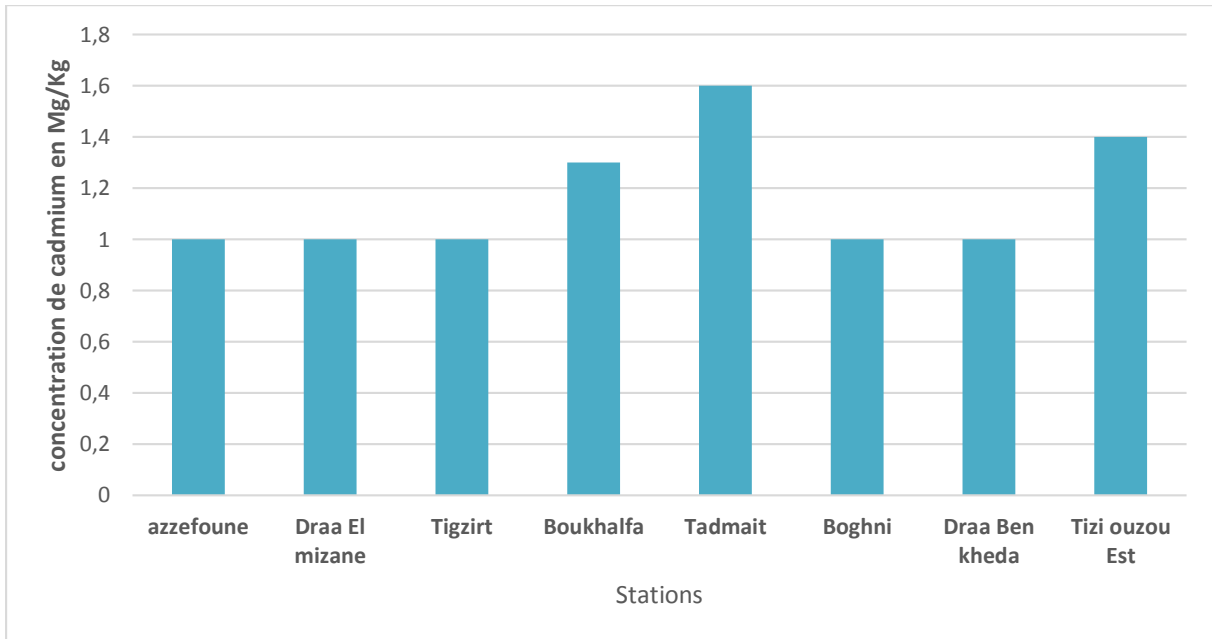
## Annexe 04



**Figure 15. La concentration moyenne de zinc des boues des huit stations d'épuration**

# Annexes

## Annexe 05



**Figure 16. La concentration moyenne de cadmium des boues des huit stations d'épuration**

## Résumé

Ce travail porte sur la caractérisation physique et chimique des boues résiduaire issues de huit stations d'épuration dans la région de Tizi-Ouzou. L'objectif est d'évaluer la possibilité de leur utilisation comme amendement organique sur sols agricoles et de prévenir la pollution de ces derniers.

Pour cela, nous avons fait quelques analyses physiques et chimiques et comparé les résultats obtenus par rapport aux normes. Les résultats ont donc montré, que les boues de huit stations d'épuration des eaux usées étudiées peuvent être valorisées en agriculture fruitière. Leur utilisation sur sol agricole donc ne peut pas entraîner des effets sur la solution du sol. Les meilleures boues qui représentent des faibles concentrations en métaux lourds sont celles de Tizirt, et celles présentant un taux de matière organique élevé sont celles de Boukhalfa.

**Mots clés :** Stations d'épuration, boues résiduaire urbaines, Valorisation agricole, Tizi-Ouzou

## Abstract

This work deals with the physical and chemical characterization of the residual sludge from eight treatment plants in the Tizi-Ouzou region. The objective is to assess the possibility of their use as an organic amendment on agricultural soils and to prevent their pollution.

For that, we made some physical and chemical analyzes and compared the results obtained by contribution to the standards. The results have therefore shown that the sludge from eight wastewater treatment plants studied can be used in fruit farming. Their use on agricultural soil therefore cannot have effects on the soil solution. The best sludges which represent low concentrations on heavy metals are those of Tizirt, and those presenting a high rate of organic matter are those of Boukhalfa.

**Keywords:** wastewater treatment plants, urban wastewater sludge, agricultural recovery, Tizi-Ouzou.