

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



**Mémoire
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protect. de la ressource Sol Eaux Environnement

Présenté par : **Melle** BOUKHETTA NASSIRA

Mme BEDIAF HADDA

Thème

**Essai de valorisation des boues de la station de lagunage aérée
(SaidOtba) par la culture de la luzerne (*Medicago sativa L.*)
dans la région de Ouargla**

Soutenu publiquement

Le :03-07-2019

Devant le jury :

M.IDDER

M.BELAROUSSI

M.SAGGAÏ

Mohamed Tahar Pr.

Mohamed El Hafed M.C.B.

Mohamed Mounir M.A.A.

Présidente

Examinatrice

Encadreur

UKM Ouargla

UKM Ouargla

UKM Ouargla

Année Universitaire :2018 / 2019

Remerciement

Avant tout, Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir guidé toutes ces années d'étude et de m'avoir donné la santé, la volonté, la patience, le courage à fin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Nous tenons particulièrement à remercier notre promoteur Mr M.MOUNIR SAGGAI pour avoir accepté de nous encadrer, pour la confiance qu'il nous a faite, pour les conseils qu'il nous a accordés tout au long de la réalisation de ce modeste travail .Qu'il trouve ici nos sentiments de gratitudes et l'expression de notre vive reconnaissance.

Je tiens également à remercier les membres du jury, Mr M.IDDER pour qui m'a fait l'honneur de présider le jury, et ainsi de juger ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mr M. BELAROUSSI, qui m'ont fait l'honneur en acceptant d'examiner mon travail.

Je remercie aussi tous les ingénieurs et les employés de la station de lagunage de Said Otba.

Sans oublier bien sûr mes enseignants de l'année théorique. et tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie et plus particulièrement ceux du département des sciences agronomiques pour les informations reçus et les soutiens durant toute la période universitaire, une mention surtout à Mr M. BELAROUSSI pour sa disponibilité lors de nos contacts.

Et enfin je remercie toutes mes ami (e) et A toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la progression de mon travail et bien sûr à toute ma promotion protection de la ressource sol-eau et environnement.

Dédicace

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Ma mère FATIMA et mon père HOUCINE, je n'aurai pas abouti à stade d'étude, que dieu puisse m'aider à l'honorer, le servir et le combler.

A mes frères : CHIEKHE, DJALALE, AIMANE, ACHRAFE

A ma sœur : RABIA

A toute ma famille et mes proches : BOUKHETTA, AOUAMER

A tous mes amis en particulier.

A mon binôme BEDAIF HADDA et à mon collègue Ammari Yahia

BOUKHETTA NASSIRA

Dédicace

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Ma mère AICHA et mon père OMERANE , ata allah et mon mari

Faissal , je n'aurai pas abouti à stade d'étude, que dieu puisse m'aider à l'honorer, le servir et le combler. Ames frères:

MOHAMMED, CHIEKHE, MOKHTARE, ABD ARAZAKE , khalde

A mes soeurs: OM ALKHAIRE, ZOHRA, MESSAOUDA A toute ma famille et mes proches : BEDAIF, BEN ATIA , ben sedka.

A tous mes amies en particulier: A tous mes enseignants.

A mon binôme BOUKHETTA NASSIRA

A toute la promotion 2019

BEDIAF HADDA

Liste des abréviations

T : Témoin

D1 : Dose 2/3.

D2 : Dose 1/2.

D3 : Dose 1/3.

STEP : station d'épuration.

ONA : Office National d'Assainissement.

pH : potentiel d'hydrogène.

CE : conductivité électrique.

MO: Matière Organique.

Mo : Matière sèche.

N: Azote.

Nbr T : Nombre des tiges.

Nbr F : Nombre des feuilles.

Htr T : Hauteur des

Sommaire

Liste des abréviations.....	5
Remerciement	2
Dédicace.....	3
Sommaire	6
Liste de tableaux	9
Liste des figures	10
Liste de photos	11
Introduction général	1

Partie I: Synthèse bibliographique

Chapitre I: Origine et composition de boue de STEP

I. Nature et origine	3
I.1. Définition des boues :	3
I.2. Les différents types des boues résiduares	4
I.2.1. Les boues urbaines	4
I.2.2. Les boues industrielles	5
I.3. Composition des boues résiduares	5
I.3.1. Les éléments utiles	5
I.3.2. Les éléments indésirables	7

Chapitre II: Types et procédés de traitement des boues

II.1. Principales étapes de traitements des boues:.....	8
II.2. Procédés de réduction de la teneur en eau :	8
II.2.1. Lit de séchage	8
II.2.1.1. L'épaississement :	9
II.2.1.2. La déshydratation.....	9
II.2.2. Stabilisation des boues:	9

Chapitre III: La valorisation et l'exploitation des boues

III.1 Impact de l'épandage des boues et à l'environnement:	11
III.1.1. Valeurs agronomiques:.....	12
III.1.1.1. Valeur amendant:.....	12
III.1.1.1.1. Amendement organique:	13

III.1.1.2.Valeur fertilisante:	13
III.2. Effets de l'apport des boues sur le sol :	14
III.2.1.Conséquences sur la fertilité physique du sol :	14
III.2.1.1.la stabilité structurale du sol:	14
III.2.1.2.La réserve en eau du sol:	14
III.2.1.3.La densité apparente et la porosité:	14
III.2.2.Conséquences sur la fertilité chimique du sol	15
III.3.Conséquences sur la fertilité biologique du sol.....	16
III.2. Présentation de la région d'étude	16
III.2.1Présentation de la région d'Ouargla:	16
III.2.1.1. Situation géographique :	16
III.2.1.2.Climatologie :	17
III.2.1.3. La situation de l'assainissement dans la ville d'Ouargla :	19
III.3. Généralité sur la luzerne :	20
III.3.1. Systématique:	21
III.3.2. Morphologies:	21
III.4. Exigences de la culture:	22
III.4.1. Exigences climatiques.....	22
III.4.2. Exigences édaphiques :	22
III.4.3. Exigence hydrique:.....	22
III.4.4. Autres exigences :	23

Partie II: Partie pratique

Chapitre IV: Matériel et méthodes

IV.1. Présentation de la station :	26
IV.1.1.Situation géographique :	26
IV.1.2. Objectif de traitement des eaux de la station : (fixé initialement)	26
IV.1.3. Mode de fonctionnement de la station d'épuration par lagunage aérée :	26
IV.1.4. Description de l'installation :	26
IV.1.5. Dimensionnement de la station :	27
IV.1.6. Principe de l'épuration et filière de traitement :	28
IV.2. Procédés des traitements des eaux usées :	28
IV.2.1. Procédés d'épurations des eaux usées dans la station :	28
IV.2. Matériel d'étude :	33

IV.2. 1. Boues.....	33
IV.2. 2. Sol :	33
IV.2.3. Matériel végétal	34
IV.3. Méthodologie de travail.....	35
IV.3. 1. Protocole expérimental:	35
IV.3. 1.1. Dispositif expérimental :	35
IV.3. 1.2. Traitement:	35
IV.3.1.3. Mise en place de l'essai:	37
IV.3.1.4. Méthode et date de prélèvement:	38

Chapitre I: Résultats et discussion

V.1. Caractéristiques physico-chimiques des boues de STEP de Said Otba et du sol étudié:..	44
V.1.1. Caractérisation physico-chimique des boues:	44
V.1.1.1.Le pH :	45
V.1.1.2. La Conductivité électrique CE:	45
V.1.1.3. Eléments fertilisant NPK:.....	45
V.1.1.4. La teneur de matière organique:	45
V.2. Caractérisation physico-chimique du sol:	46
V.3.Les paramètres morphologiques de la luzerne:.....	47
V.1.3.1. La levée :	47
V.1.3.2. Nombre de tige :	49
V.1.3.3. Hauteur de tige:	50
V.1.3.4 Nombre de feuille Nbr F:	52
V.2. Evolution des certaines des caractéristiques physico-chimique du sol:.....	53
V.2.1. Résultat de pH:	53
V.2.2. Résultat de CE :	55
Conclusion	60
Références bibliographiques.....	61

Liste de tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau N° 01	Principales étapes de traitement des boues résiduaire (Robert et al ; 1994).	10
Tableau N° 02	Composition en éléments fertilisants de 5 grandes types de boues (ITCF, 2001).	11
Tableau N° 03	Données climatiques de la région d'Ouargla (période 2009-2018).	18
Tableau N° 04	les données de bases de la STEP	27
Tableau N° 05	Caractéristiques physico-chimiques des boues étudiées	44
Tableau N° 06	Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié	46
Tableau N° 07	Résultats obtenus sur le développement de la luzerne	47
Tableau N° 08	Les groupes de la levée	48
Tableau N° 09	Les groupes de Nbr T	50
Tableau N° 10	Analyse de variance	51
Tableau N° 11	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	52
Tableau N° 12	Les moyennes et les groupes de Htr T	53
Tableau N° 13	les groupes de Nbr F	53
Tableau N° 14	Les moyennes de pH	54
Tableau N° 15	Analyse de variance de pH	56
Tableau N° 16	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	56
Tableau N° 17	les groupes homogène de CE.	56
Tableau N° 18	Analyse de variance de rétention en eau	58
Tableau N° 19	Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	59
Tableau N° 20	Les moyennes et les groupes de la capacité de rétention en eau	59

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure N ° 01	Situation de la cuvette de Ouargla (Bonnard et Gardel, 2003)	17
Figure N ° 02	Le réseau d'assainissement de la ville d'Ouargla (ONA, 2011)	21
Figure N° 03	Mode de fonctionnement de la station d'épuration par lagunage aérée	22
Figure N° 04	Dessbleur	28
Figure N°05	Lagune aéré	30
Figure N°06	Aérateur	30
Figure N° 07	Bassin de finition épurée	32
Figure N°08	la sortie des eaux	32
Figure N°09	Dispositif expérimental de l'essai	33
Figure N°10	Situation géographique de l'essai (Google Earth, 2019)	33
Figure N°11	Les moyennes de la levée en fonction des doses	39
Figure N°12	Nombre de tige (Nbr T) en fonction des doses	40
Figure N°13	Hauteur de tige (HtrT) en fonction des doses	48
Figure N°14	Nombre de feuille (NbrF) en fonction des doses	50
Figure N°15	Les valeurs de pH en fonction des doses	52
Figure N°16	Les valeurs de CE en fonction des doses	54
Figure N°17	Les valeurs de la capacité de rétention en eau en fonction des doses.	55

Liste de photos

photo	Titre	Page
photo N° 01	Les boues utilisées de notre essai	
photo N°02	Prélèvement un échantillon de sol	
photo N°03	Préparation la mélange (Boues - Sol)	
photo N°04	Préparation d'extrait	
photo N°05	Témoin à la mise en place	
photo N°06	Dose de mélange sol – boue à la mise en place	
photo N°09		

Introduction

Introduction général

Les sols sableux des régions sahariennes se caractérisent par une faible fertilité au vu d'un stock nutritionnel très faible dont le très faible taux de matière organique en est l'explication essentielle. En sols sahariens, généralement pauvres en éléments nutritifs, la fertilisation raisonnée reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention d'une productivité optimale. La fertilisation doit permettre une alimentation minérale équilibrée de la plante, son raisonnement est basée sur l'objectif de rendement; les exigences des cultures; la disponibilité du milieu en éléments fertilisants en période de forte utilisation (**Azzabi, 2012**).

Les boues résiduaires libèrent progressivement les éléments nutritifs et notamment l'azote pour le mettre à la disposition de la plante tout le long du cycle de la culture. La libération de l'azote est fonction des conditions climatiques prévalentes, des quantités de boues apportées et du rapport C/N (**Jamil et al, 2006 ; Pescod, 1992 ; Barbartik et al, 1985**).

L'utilisation des boues résiduaires traitées dans ce domaine apparaît comme une alternative attrayante pour augmenter la production (**Benmouffok et al, 2005; Chatha et al, 2002; CNB, 2000; Pescod, 1992; Ripert et al, 1990**).

En général les boues d'épuration sont utilisées en agriculture comme engrais c'est à dire comme produit capable de fournir aux cultures des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et à leur développement ; en outre certaines boues d'épurations compostées ou traitées à la chaux peuvent jouer un rôle d'amendements ce qui signifie qu'elles permettent d'entretenir ou d'améliorer la structure du sol, son activité biologique ou, encore de contrôler son acidité (**Morel, 1978**).

La valorisation agronomique des boues résiduaires participe à la protection durable de l'environnement , et tire profit de ces produits organiques en améliorant la fertilité des sols cultivés. En effet, il est généralement admis que ces déchets ont un pouvoir fertilisant en apportant au sol de l'azote, du phosphore et de la matière organique (**Nicourt et Barbier, 2009**), améliorant ainsi ses propriétés physiques (rétention en eau, porosité, stabilité structurale...), chimiques (disponibilité des éléments nutritifs) et biologiques (bonne activité microbiologique) (**Grimaud, 1996; Le Bissonnais, 2009; Capowiez, 2009**). Cependant, leur utilisation ne peut se pérenniser sans la garantie de leur innocuité (teneur en micropolluants et en pathogènes) (**Annabi, 2005**).

La luzerne (*Medicago Sativa L.*) est une des plantes fourragères les plus répandue sur tous les continents, sa cultures remonterait à plus de 9000 ans, dans les hauts plateaux du Caucase, l'Iran et la Turquie d'où elle se serait répandue dans le monde entier (**Mauries, 2003**).

Les légumineuses d'intérêt agronomique peuvent procure de l'azote nécessaire à leurs développement à partir des formes minérales de symbioses avec des *Rhizobium* et différenciation des nodosités (**Gadal, 1987** cité par **Bouhanna, 2011**).

Les fabacées fourragères et auraient du maintenir a ces espèces les faveurs de la production agricole parmi d'autre l'économie de la fertilisation azotée. Leurs valeurs entant que précédent cultural et leur potentiel de production des protéines élevé (**Genier, 1987** cité par **Bouhanna, 2011**).

Notre travail a été réalisé dans une serre de l'exploitation de l'université d'Ouargla dans un but de l'étude de la possibilité de valorisation des boues résiduelles de la station d'épuration (STEP) Said Otba de la ville d'Ouargla , comme amendement organique pour la croissance et l'influence du comportement de culture de la luzerne (*Medicago Sativa L*) à travers quelques paramètres physico-chimiques du sol et des végétales.

Ce mémoire est structuré en deux partie :

Le première partie est une synthèse bibliographique qui traite de trois :

- Le premier chapitre présente l'origine et composition de boues de STEP.
- Le deuxième chapitre sur type et procédés de traitement des boues.
- Le troisième chapitre sur la valorisation et l'exploitation des boues.

Le deuxième partie est consacré aux partie pratique contient deux chapitre :

- La première chapitre représente matériel et méthode.
- Le deuxième chapitre présente les résultats et discussion
- Une conclusion générale est présentée à la fin de ce travail.

Partie I

Synthèse

bibliographique

Chapitre I

Origine et composition de boues de STEP

Partie I : Synthèse bibliographique**Chapitre I : origine et composition de boues de STEP****I. Nature et origine****I.1. Définition des boues :**

Les boues, appelées aussi bio solides, sont définies comme étant un mélange d'eau et de matière solides, séparées par des procédés naturels ou artificiels de divers types d'eau qui le contiennent. Elles résultent du traitement des eaux usées dans des stations d'épuration urbaines, des fosses septiques domestiques, commerciales ou urbaines, des stations d'épuration industrielles, des usines de filtration ou de traitement de l'eau potable. Les eaux usées sont collectées puis acheminées vers les stations d'épuration ou elles sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée vers le milieu naturel et il reste des sous-produits désignés sous le terme de boues résiduelles (**Werther et Ogada, 1999**). Ces boues représentent avant tout une matière première composée d'eau, de différents éléments composés de matière organique, d'éléments fertilisants (N, P, K...), d'éléments traces métalliques (ETM), d'éléments traces organiques (ETO) et d'agents pathogènes (**Bousselhaj, 1996**).

Les boues résiduelles peuvent être considérées comme des substances extraites à partir des eaux usées afin de pouvoir récupérer dans le milieu naturel une eau épurée (**Anred, 1982**).

Le traitement primaire de décantation des eaux prétraitées sous l'influence de la pesanteur forme les boues primaires (**Zekad, 1982**), au cours du traitement biologique les particules dissoutes sont fixées et métabolisées par les micro-organismes (bactéries) en présence d'oxygène, cette biomasse bactérienne est séparée par une décantation pour donner les boues secondaires, les deux types de boues issues de ce procédé sont mélangés pour donner les boues mixtes. Les boues issues d'une épuration physico-chimique sont dites boues de coagulation (**Anred, 1982**), celles-ci sont riches en résidus formés de réactifs chimiques (**Sbih, 1990**).

L'épuration des eaux usées produit des boues résiduelles. Les caractéristiques de ces boues dépendent du type de traitement des eaux usées (physico-chimique ou biologique), du procédé de stabilisation des boues (aérobie ou anaérobie, chaulage, compostage), et de leur état physique (variant d'un état Liquide jusqu'au séchage) (**O.T.V, 1997; Culot, 2005; Girard et al., 2005**).

I.2. Les différents types des boues résiduelles

La production des boues résiduelles à partir de l'épuration des eaux usées passe par plusieurs étapes: le prétraitement de l'eau usée, son traitement primaire (décantation primaire) et son traitement secondaire (décantation secondaire).

on obtient des boues à caractéristiques différentes :

- **Les boues issues d'un traitement primaire** : elles sont produites par une simple décantation des Matières En Suspension (MES) contenues dans les eaux usées ; 70 % des MES peuvent ainsi être retenues. Avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer.
- **Les boues issues d'un traitement physico-chimique** : 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. Séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant.
- **Les boues d'un traitement biologique** : 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.

Généralement il existe deux grandes catégories de boues résiduelles qui sont les boues urbaines et les boues industrielles.

I.2.1. Les boues urbaines

Elles résultent du traitement des eaux usées d'origine domestique.

Pour être réputé « urbain », un effluent doit répondre aux caractéristiques suivantes :

Rapport DCO/DBO₅ < 2,7 (DCO: demande chimique en oxygène, DBO₅: demande biologique en oxygène sur cinq jours) DCO < 750 mg/l

NTK < 100 mg/I. (NTK: azote total I Kjeldhal)

Ces données sont déterminées sur un échantillon moyen prélevé sur 24 heures, après une décantation de deux heures.

Les principaux types de boues proposés au recyclage en agriculture sont les boues liquides issues de traitements aérobies, les boues pâteuses issues de traitements aérobies ou anaérobies, les boues chaulées, les boues compostées, les boues physico-chimiques, les boues de lits de séchage et les boues de lagunage.

I.2.2. Les boues industrielles

Elles résultent du traitement des eaux usées issues des industries. Leurs caractéristiques sont liées à la nature des activités industrielles concernées.

Généralement, les industries agro-alimentaires produisent des boues organiques facilement valorisables, tandis que d'autres boues industrielles sont essentiellement minérales et comportent parfois certains éléments traces métalliques ou organiques.

I.3. Composition des boues résiduelles

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année, et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration **(O.T.V, 1997)**.

En général, les boues se composent de trois éléments: les éléments utiles (matière organique, éléments fertilisants), les éléments indésirables (éléments traces métalliques, composés traces organiques), et les micro-organismes pathogènes.

I.3.1. Les éléments utiles

I.3.1.1. La Matière organique:

Les boues contiennent généralement autant de matière organique qu'un fumier. Leur concentration en matière organique peut varier de 30 à 80%. Celle-ci est constituée de matières particulières éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique) ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) **(Ademe, 2001; Amir, 2005)**.

I.3.1.2. Les éléments minéraux:

D'une manière générale, les boues contiennent des quantités appréciables en éléments nutritifs. Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité les besoins des cultures en éléments nutritifs (azote, phosphore, magnésium, calcium et soufre), elles peuvent aussi corriger les carences à l'exception de celles en potassium (**Zebarth et al., 2000**). Ce sont donc ces éléments qui déterminent la qualité agronomique des boues. Les éléments les plus importants sont les suivants:

-L'azote : La teneur en azote des boues représente 3 à 7% de la matière sèche. Cet azote est présent sous différentes formes, plus ou moins rapidement assimilables par les plantes. Les boues peuvent être considérées comme des fertilisants azotés: 30 à 50 % de l'azote sont disponibles dès la première année de culture (**O.T.V, 1997**). Dans les boues, l'azote est présent sous deux formes: l'azote organique et l'azote minéral (NH_4^+). Les boues ne contiennent généralement pas d'azote nitrique (NO_3) ou d'azote nitreux (NO_2), sauf à l'état de traces (**Grimaud, 1996**).

-Le phosphore : Les boues sont toujours riches en acide phosphorique (2 à 7 % de la matière sèche). Le phosphore des boues est assimilable à hauteur de 70% la première année, une efficacité qui est voisine de certains types d'engrais. Compte tenu du prix du superphosphate utilisé comme engrais, cet élément (le phosphore) constitue un facteur intéressant pour la valorisation des boues (**Impens et Avril, 1992; O.T.V, 1997**).

-Le potassium : Les boues sont généralement pauvres en potassium.

Elles contiennent souvent 0,5 à 1,5 % de la MS (**Moleta et Consell, 2003**), car cet élément reste en solution dans les eaux rejetées (**O.T.V, 1997; Impens et Avril, 1992**).

-Le calcium : Les boues sont très riches en calcium. Leur teneur en cet élément varie de 4 à 5,5 % de la MS.

Quand elles sont traitées par la chaux, elles se comportent comme de véritables amendements calcaires (**O.T.V, 1997**).

-Le magnésium : Selon (**Impens et Avril (1992)**), les sels de magnésium sont très solubles et sont donc éliminés dans l'eau épurée. La teneur des boues en magnésium est faible, elle varie de 0,5 à 1,5 % de la MS.

I.3.2. Les éléments indésirables

I.3.2.1. Les éléments traces métalliques (ETM):

Selon **(Baize *et al.* (2006))**, les ETM sont des constituants indésirables des boues résiduaire. Leur présence génère une inquiétude lorsqu'il est question d'épandre ces boues sur des sols destinés à produire des aliments pour l'homme et/ou les animaux.

Selon **(Terce, 2001)**, les boues concentrent entre 70 et 90 % des quantités d'ETM des eaux usées entrantes dans la station d'épuration. L'essentiel de ces éléments vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants, détergents, peinture...). Les épandages des boues industrielles apportent des quantités non négligeables d'ETM aux sols. Bien que, certains sont des oligo-éléments (Zinc, Cuivre, Fer), indispensables à faibles doses aux plantes, ils peuvent devenir toxiques s'ils dépassent un certain seuil. D'autres, comme le cadmium, le plomb, et le mercure sont toxiques même à faibles doses **(Benterrouche, 2007)**.

I.3.2.2. Les composés traces organiques (CTO):

Dans les boues, une multitude de polluants organiques (hydrocarbures polycycliques aromatiques, polychlorobiphényles, phthalates etc..) peut se trouver en faible concentration (de l'ordre de $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de MS) **(Perez *et al.* , 2001 cité par Amir, 2005)**. Ces CTO se dégradent dans le sol à des vitesses variables et n'ont pas donc un effet cumulatif. Néanmoins, au même titre que les ETM, les CTO peuvent, à forte dose, devenir toxiques pour les micro-organismes responsables de la fertilité des sols **(Benterrouche, 2007)**.

I.3.2.3. Les micro-organismes pathogènes

Les boues résiduaire contiennent des milliards de micro-organismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans le processus d'épuration. Seule une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes) et elle provient en majorité des excréments humains ou animaux **(Sahström *et al.*, 2004)**. Pour la majorité des pathogènes, la durée de vie est limitée dans le sol. En revanche, les éléments parasitaires présentent une résistance plus élevée dans ces milieux. Pour cela, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture **(Garrec *et al.*, 2003)**.

Chapitre II

Types et procédés de traitement des boues

Chapitre II: Types et procédés de traitement des boues**II.1. Principales étapes de traitements des boues:**

Quel que soit le mode d'épuration des eaux, les boues sont initialement constituées d'eau (99%), de matière organique fraîche très fermentescible, et des matières minérales dissoutes ou insolubles. La matière organique qui représente 35 à 85 % de la matière sèche est constituée essentiellement de cadavres de bactéries et leurs substances toxiques. Selon le but de leur utilisation, des traitements complémentaires leur sont appliqués pour :

- **Garrec et al., 2003** Réduire leur teneur en eau est ceci dans le but de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction de la matière organique facilement décomposable.
- Stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire au moins et supprimer les mauvaises odeurs ;
- Pour les hygiéniser nécessaire en détruisent les micro-organismes pathogènes.

II.2. Procédés de réduction de la teneur en eau :**II.2.1. Lit de séchage**

Pour des raisons d'hygiène et afin de ne pas créer des odeurs désagréables, on utilise des lits de séchage ; on élimine en grande partie ou, en totalité l'eau par évaporation : Soit par voie naturelle (lits de séchage) soit par voie thermique. La technique des lits de séchage se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine l'évaporation naturelle et le drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable ou de graviers ; l'emprise au sol est de 1m² pour 4 à 5 habitants raccordés. Ce système extensif donne des boues solides à 35 – 40 % de siccité mais reste fort dépendant des conditions météorologiques.

Le séchage thermique permet une élimination quasi-totale de l'eau (siccité – 95 %) les boues obtenues sont pulvérulentes ou en granulés, mais en raison du coût énergétique, ce procédé reste peut utiliser (**Visilind, 1974 cité par ATI Sabrina, 2009**).

II.2.1.1. L'épaississement :

Qui vise à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier leur caractère. Ce procédé se fait par voie gravitaire «décantation» dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation) (**Benterrouche, 2007 cité par Boulahbal Ouahiba, 2011**).

II.1.2. La déshydratation

Qui a pour objectif de réduire le volume des boues (plus de 97 % d'eau) pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage. Les boues passent donc de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues pâteuses 20-25 % de siccité, par contre les filtres-presses donnent des boues de structure plus solide (30 à 35 % de siccité) (**Benterrouche, 2007 cité par Boulahbal Ouahiba, 2011**)

II.2.2. Stabilisation des boues:

Dans la stabilisation biologique, les boues primaires et les boues activées en excès sont souvent mélangées, elles présentent une tendance à la fermentation, on aère ce mélange l'air ou de l'oxygène, on assiste alors à une minéralisation de la matière organique en CO₂ ce procédé permet l'élimination de certains parasites ; cette technique résume la digestion aérobie, tandis que pour la digestion anaérobie, et qui a bénéficié d'une grande publicité, permet une production des gaz combustibles (**Maes, 1977 cité par ATI Sabrina, 2009**), elle consiste à favoriser le développement des bactéries méthanifères qui agissent en anaérobie sur la matière organique en la décomposant en produisant le méthane, ce procédé peut être important pour certaines cultures lorsqu'on prévoit l'utilisation agricole.

La stabilisation non biologique ou chimique comporte la pasteurisation, et le traitement à la chaux. La pasteurisation consiste à l'injection de vapeur à une température de 80 ° durant 30 mn ; Les boues sont désinfectées mais non stérilisées (**Hesse, in Gamrasni, 1981**).

Le compostage constitue un procédé particulier de stabilisation biologique aérobie il se réalise de préférence sur les boues déjà déshydratées, les boues compostées ont une structure solide.

Tableau N°01. Principales étapes de traitement des boues résiduelles (**Robert et al ; 1994**).

Epaississement	<ul style="list-style-type: none">• Procédés physiques (décantation – flottation• Procédé physico-chimique– (floculation – poly électrolytes)
Stabilisation	<ul style="list-style-type: none">• Procèdes biologiques (digestions anaérobies – ou aérobie)• Chaulage.
Désinfection	<ul style="list-style-type: none">• Désinfection : pasteurisation 70 °C : Traitement aérobie thermique et anaérobie• Centrifugation

Chapitre III:

La valorisation et l'exploitation des boues

Chapitre III: la valorisation et l'exploitation des boues

Pour beaucoup de pays, l'épandage agricole constitue la voie préférentielle d'élimination des boues issues des stations d'épuration urbaines car cette solution présente un double intérêt, environnemental et économique. En effet, la nature de la matière organique des boues d'épuration fait qu'elle est facilement minéralisée par les micro-organismes du sol et produit peu d'humus. Ainsi, les boues représentent un apport de matière fertilisante très bon marché en comparaison avec les engrais chimique (**Tableau N°02**). Elles peuvent être valorisées comme matière résiduelles fertilisantes (MRF) et suppléer une partie de l'apport d'engrais minéraux nécessaire à des cultures économiquement importantes (blé, maïs,) tout en agissant favorablement sur les propriétés du sol (**Ademe, 1996**). En effet, des études de la valeur fertilisante ont démontré que l'application de boues résiduaires urbaines s'est traduite par une production importante d'azote minérales (**Mench et al., 1989**) et une augmentation de la teneur de formes organique et minérales du phosphore (**Brossard et al., 1989**).

Tableau N°02: Composition en éléments fertilisants de 5 grandes types de boues (**Itcf, 2001**).

	Boues chaulées	Boues Compostées	Boues liquide	Boues pâteuse	Boues sèches
MS % du produit brut	40-60	2-à 6	18-22	90 95	25-40
Teneur en MO (%MS)	80-90	65-70	50-70	50 -70	30-40
Teneur en minéral (%MS)	10-20	30-35	30-50	30 -50	60-70
pH	6-7	6.5-7	7-8	6-8	9-12
C/N	15-25	4-5	5-6	4-6	8-11
Azote (Kg N/ T brut)	5-9	2-4	8-12	30-50	6-10
Phosphore (Kg P₂O₅/T brut)	6-8	2-3	6-9	50-70	6-10
Potasse (Kg K₂O/T brut)	1-2	0-9	0-8	5	1
Chaux (Kg CaO /T brut)	10-30	1-3	5-15	40-60	60-90

III.1 Impact de l'épandage des boues et à l'environnement:

Cette pratique constitue une solution particulièrement favorable l'environnement, car elle offre l'opportunité de recycler la matière organique nécessaire au sol. De plus, les boues représentent un fertilisant peu onéreux, qui permet à l'agriculteur de réduire ses charges e²n

engrais fertilisants classiques (O.T.V., 1997) .

L'aspect positif de l'utilisation agricole des boues résiduelles a été démontré par plusieurs recherches effectuées au Canada (N'Dayegamiye *et al.*, 2004), en France (Koboulewsky *et al.*, 2001) et en Espagne (Riguero-Rodriguez *et al.*, 2000). Ces recherches ont confirmé les impacts favorables des boues résiduelles sur la fertilité chimique, biologique et physique de différents types de sol, et sur les rendements des cultures (maïs, vigne, blé, fourrage, maraîchage, sylviculture...).

En France, l'épandage des boues en agriculture reste la principale filière de valorisation. Actuellement, les deux tiers des boues urbaines, soit environ 0,5 million de tonne par an (matière sèche) sont recyclés par l'agriculture (Nicourt et Barbier, 2009).

Aujourd'hui, en France, l'épandage des boues obéit à une réglementation qui impose le traitement pour assurer la qualité sanitaire des boues et renforce la responsabilité des producteurs des boues (Nicourt et Barbier, 2009).

En revanche, en Algérie, le recyclage agricole et forestier des boues résiduelles reste au stade expérimental et a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche, notamment sur les cultures maraîchères (Ouanouki *et al.*, 2009), les cultures fourragères (Aït Hamou et Boulahbal, 1998), le blé dur (Tamrabet *et al.*, 2009), et les plantations forestières (Igoud, 2001; Roula, 2005)

La contrainte majeure de la valorisation agricole des boues résiduelles en Algérie reste donc liée à l'aspect réglementaire juridique qui doit définir:

- Les modalités de mise en œuvre de l'opération d'épandage.
- Les normes de valorisation.
- Les responsabilités et les prérogatives des différents acteurs

Concernés par l'opération.

III.1.1. Valeurs agronomiques:

III.1.1.1. Valeur amendante:

Les boues sont des amendements humiques et parfois leur application sur les champs cultivés contribue à améliorer les propriétés physiques de la couche labourée.

Un amendement constitue un apport d'une matière organique ou minérale aux sols dont le but principal est d'améliorer leurs propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques (**Girard et al., 2005**).

Certaines boues compostées pourront être utilisées comme amendements organiques pour entretenir, voire augmenter le stock humique dans les sols. D'autres seront utilisées comme amendements calcaires pour augmenter le pH des sols.

III.1.1.1.1. Amendement organique:

Plusieurs auteurs ont remarqué une augmentation du taux de carbone organique du sol suite à des apports de boues compostées. En effet, **Le Bissonnais (2009)** a indiqué que l'apport répété de compost de boue, dont la matière organique est faiblement biodégradable, a fait croître le stock humique du sol et a stabilisé ses agrégats. De même, ont enregistré un enrichissement significatif du sol en carbone organique, suite à l'apport de 90 t / ha de compost de boues de station d'épuration. Pour un compost de boues mûr, on considère que 50% de la matière organique apportée contribuera à entretenir la matière organique stable du sol. De ce fait, un apport de 10 t/ha de boues compostées contenant 400 kg de matières organiques/tonne de produit brut, fournira l'équivalent de 2000 kg de matière organique (MO) stable dans le sol (**Adem, 2010 cite par boulahbal ouahiba 2011**).

Selon **Dudkowski (2000)**, les boues déshydratées agissent comme des «engrais verts». Seul le compost (mélange de boues et de coproduits ligneux tels que la sciure) permet de remplir une fonction humique

III.1.1.1.2. Amendement calcaire:

Le chaulage est un des moyens de stabilisation et d'hygiénisation des boues résiduelles issues de l'épuration des eaux usées. Il réduit aussi, temporairement, la mobilité des ETM dans les sols après épandage. Les boues chaulées qui contiennent de 20 à 30% de CaO (par rapport à la MS), sont utilisées comme amendements calcaires pour élever le pH des sols acides (**Girard et al., 2005; Culot, 2005**).

III.1.1.2. Valeur fertilisante:

Les boues contiennent certains éléments utiles à la croissance des plantes, les quantités varient d'une boue à l'autre selon l'origine et le mode de traitement

III.2. Effets de l'apport des boues sur le sol :

Les propriétés amendantes et/ou fertilisantes des boues résiduaire modifient les propriétés des sols qui lui sont liées et attribuent au sol sa fertilité physique, biologique et chimique (Girard *et al.*, 2005; Culot, 2005).

III.2.1.Conséquences sur la fertilité physique du sol :

La fertilité physique d'un sol peut être définie comme étant sa capacité à assurer la bonne implantation d'une culture et sa bonne alimentation en eau. La structure du sol et sa stabilité, sa capacité de rétention en eau sont les deux composantes majeures de la fertilité physique. De la structure du sol dépend sa porosité et donc la bonne circulation des gaz et des solutés dans le sol ainsi que la bonne croissance des systèmes racinaires (Girard *et al.*, 2005).

III.2.1.1.la stabilité structurale du sol:

Plusieurs auteurs ont démontré que les apports répétés des boues compostées ont favorisé l'agrégation et la stabilité structurale des sols limoneux (Le Bissonnais, 2009; Capowiez, 2009), l'augmentation du pH du sol, après un apport de boues chaulées, contribue aussi à cette stabilisation de la structure. De ce fait et lorsque la structure est plus stable, le sol résiste mieux au ruissellement et à l'érosion hydrique (Capowiez, 2009).

III.2.1.2.La réserve en eau du sol:

En augmentant la teneur en matière organique des horizons de surface, les boues compostées modifient leurs propriétés de rétention en eau et les teneurs en eau augmentent à tous les potentiels. Quand la teneur en eau massique à la capacité au champ augmente plus que celle au point de flétrissement permanent, l'eau disponible pour les plantes augmente (Girard *et al.*, 2005). Selon Culot (2005), la matière organique des boues compostées donne au sol une meilleure rétention en eau en limitant les remontées capillaires. Ceci réduit les problèmes de sécheresse, tout en favorisant une meilleure percolation (rôle d'éponge)

III.2.1.3.La densité apparente et la porosité:

Seules les boues compostées, ayant une valeur d'amendement organique, agissent positivement sur les propriétés physiques du sol. En effet, ces dernières contiennent une matière organique plus stable qui améliore la densité apparente et par conséquent la porosité du sol. N'Dayegamiye (2009) indique que l'apport des boues mixtes a amélioré de façon

significative la structure et la densité apparente du sol.

III.2.2. Conséquences sur la fertilité chimique du sol

L'impact de l'apport des boues sur la fertilité chimique des boues se traduit par l'augmentation de la capacité d'échange cationique du sol et la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures. Cette disponibilité s'exprime en proportion de l'élément fertilisant total apporté par année culturale après l'apport des boues (**Girard *et al.*, 2005**). De ce fait, il faut tenir compte, dans le raisonnement de la fertilisation, de cette proportion disponible lors de la première année après l'apport (effet direct) mais également lors des années suivantes (arrière-effet) et des effets cumulés d'apport successifs.

la disponibilité de l'azote: Des travaux ont montré qu'environ 30 % de l'azote des boues sont disponibles dans le sol au courant de l'année d'épandage (**Girard *et al.*, 2005; Houot, 2009**).

La minéralisation et la disponibilité de cet élément aux plantes sont reliées au rapport C/N et à la forme d'azote. Les matières organiques ayant les rapports C/N inférieurs à 25, tels que les boues mixtes, et les engrais verts se minéralisent rapidement et peuvent libérer des quantités importantes d'azote aux cultures (**Abdallahi et N'Dayegamiye, 2000; Simard, 2001**). Selon **Houot (2009)**, la disponibilité variable de l'azote des boues peut entraîner des risques de lixiviation des nitrates si les boues sont apportées en fin d'été et en absence d'implantation d'une culture piège à nitrates.

La disponibilité du phosphore: La disponibilité dans le sol du phosphore des boues est importante (60 à 100 % du phosphore total des boues). Elle est équivalente à

un engrais minéral (**Girard *et al.*, 2005; Houot, 2009**). **Morel (2009)** a montré que l'apport de 55 kg de P_2O_5 total avec des boues liquides a le même effet pour la culture que 55 kg de P_2O_5 sous forme d'engrais minéral. Cet apport compense les exportations de phosphore par les grains d'un blé à 85 quintaux. Mieux encore, un épandage de boues séchées, tous les 3 ans, suffit à compenser les pertes de phosphore occasionnées par la récolte de 100 quintaux de maïs grains par an (60 kg /ha). La valorisation du phosphore des boues est une solution pour économiser la ressource mondiale non renouvelable en phosphates (**Morel, 2009**).

III.3. Conséquences sur la fertilité biologique du sol

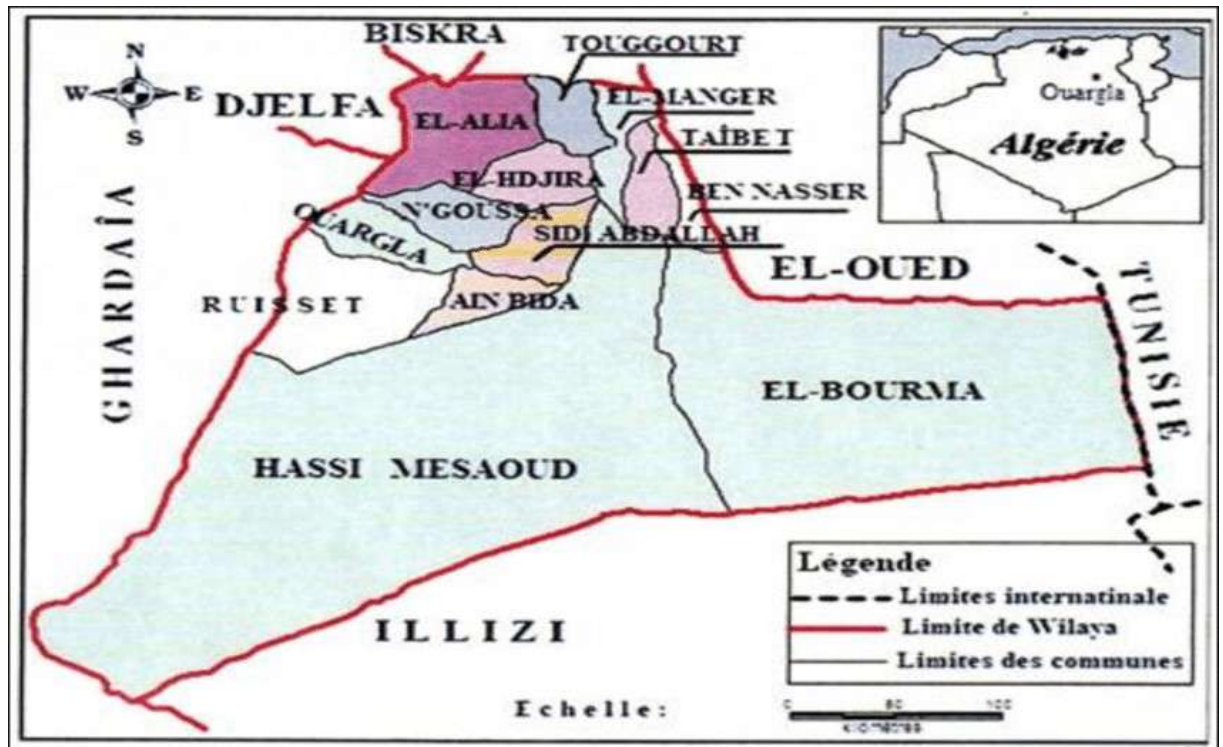
La fertilisation organique stimule l'activité biologique du sol. Les organismes du sol ont des fonctions centrales dans la nutrition des plantes, à la fois par leur implication dans les processus de décomposition et le recyclage des nutriments pour la fourniture d'éléments nutritifs et pour le transfert de ces éléments à la plante, notamment par les mycéliums des champignons mycorhiziens (**Lemercier, 2002**).

La structure des communautés microbiennes: Les communautés microbiennes des sols agricoles jouent un rôle clé dans le cycle de la matière organique et des éléments minéraux. La fertilité des sols en est ainsi largement dépendante. Les micro-organismes agissent aussi bien sur la mobilité des métaux que sur l'adsorption et la dégradation de molécules organiques (**Houot, 2009**). Cet auteur a également montré que la structure des communautés bactériennes et fongiques évolue avec le temps en fonction des conditions climatiques variables, et selon la présence ou non des plantes.

La macrofaune lombricienne: Les résultats de **N'Dayegamiye *et al.* (2004)** ont montré que les sols ayant reçu des boues mixtes ont donné les populations les plus nombreuses de vers de terre, suivis par les traitements ayant reçu des applications de fumier. Les quantités de vers de terre étaient directement proportionnées aux doses de boues mixtes apportées. Selon **Capowiez (2009)**, le nombre de vers de terre et leur masse ont augmenté deux mois après l'épandage de compost de boues. Cet effet positif s'estompe par la suite, du fait de la stabilité du compost. Selon le même auteur, la grande abondance de lombrics dans les sols amendés en composts de boues se traduit par un réseau de galeries plus dense et plus profond.

III.2. Présentation de la région d'étude**III.2.1 Présentation de la région d'Ouargla:****III.2.1.1. Situation géographique :**

La ville d'Ouargla est située au Sud-est de l'Algérie, à une distance de 800 km d'Alger. La wilaya d'Ouargla couvre une superficie de 163 000 km². Elle se trouve dans le Nord-est de la partie septentrionale du Sahara (5° 19' longitude Est, 31° 57' latitude Nord) .



**Figure N°01: Situation de la cuvette de
(Bonnard et Gardel, 2003)**

La population est estimée à 633967 habitants, en 2010, répartie à travers 21 communes. Elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Djelfa et d'El Oued.
- Au Sud par les wilayas d'Illizi et de Tamanrasset.
- À l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa.
- Et à l'Est par la Tunisie (Khadraoui, 2006).

III.2.1.2.Climatologie :

Données météorologiques de la région d'Ouargla : Ouargla est caractérisée par un climat saharien avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées et une forte évaporation.

Tableau N°03 : Données climatiques de la région d'Ouargla (période 2009-2018).

Paramètres climatiques								
Mois	Température			Précipitation (MM)	Humidité (%)	Evaporation (mm)	Vitesse du Vent (m/s)	Insolation (Heure)
	TM (°C)	Tm (°C)	Tmoy (°C)					
Janvier	19.5	5.2	12.4	8.8	55.3	97.9	8.2	248.4
Février	21.2	7.0	14.1	4.1	48.0	120.7	9.2	237.4
Mars	25.7	10.7	18.2	5.6	42.3	180.6	9.7	266.8
Avril	30.8	15.4	23.1	1.5	36.2	231.3	10.3	285.3
Mai	35.3	20.0	27.7	2.3	30.7	302.6	10.6	316.3
Juin	40.4	24.8	32.6	0.8	27.0	366.9	10.0	229.3
Juillet	44.0	28.1	36.1	0.4	22.9	447.2	8.9	317.5
Aout	42.4	27.3	34.8	0.5	26.8	388.0	8.9	341.4
Septembre	38.1	23.5	30.8	5.4	35.7	266.8	9.1	268.1
octobre	31.8	17.1	24.5	4.7	41.5	207.6	7.9	270.7
Novembre	24.6	10.5	17.5	3.1	51.2	124.5	7.3	248.2
Décembre	19.8	5.9	12.8	3.7	58.1	86.2	6.9	239.0
Moyenne	31.1	16.3	23.7	/	39.6	/	8.9	272.4
Cumule	/	/	/	40.8	/	2820.2	/	/

(ONM Ouargla, 2019)

T moy. : Température moyenne.**TM** : Température maximale.**Tm** : Température minimale.**a. Température :**

A partir du tableau N°3, nous observons que la température maximale du mois le plus chaud est atteinte en Juillet avec 44,0 °C et la température minimale du mois le plus froid est atteinte en Janvier avec 5,2 °C. La température annuelle moyenne est de 23.7 °C.

b) Précipitations :

Généralement, il pleut rarement à Ouargla, les précipitations sont irrégulières entre les saisons et les années. Le cumul moyen annuel de (2009-2018) est de 40.8 mm. La période pluviale de l'année est très restreinte, elle est de 2 à 3 mois, par contre la période sèche s'étale sur le reste de l'année.

c) Humidité relative :

L'air à Ouargla est très sec. L'humidité moyenne annuelle est de 39.6 %. Le taux d'humidité varie d'une saison à une autre. Le maximum d'humidité étant de 58.1 % pour le mois de décembre, le minimum est de 22.9 % pour le mois de juillet à cause des fortes évaporations et des vents chauds durant ce mois.

d) Évaporation :

L'évaporation est très importante surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Le cumul est de l'ordre de 2820.2 mm/an avec un maximum mensuel de 447.2 mm au mois de juillet et un minimum de 86.2 mm au mois de décembre.

e) Insolation :

Dans la région d'Ouargla, la durée maximale d'insolation est de 341.4 heures enregistrés pour le mois d'Aout et un minimum de 229.3 heures au mois de Juin. La moyenne annuelle est de 272.4 heures.

f) Vent :

Les vents dans la région sont fréquents, ils soufflent le long de l'année dans différentes directions en fonction des saisons : En hiver : se sont les vents d'Ouest qui dominent. • En printemps : se sont les vents du Nord, du Nord-est et les vents de sables qui • prédominent avec une vitesse maximale de 10.6 m/s. La vitesse moyenne annuelle des vents est de 8.9 m/s

III.2.1.3. La situation de l'assainissement dans la ville d'Ouargla :

L'assainissement est par définition une technique qui consiste à évacuer par voie hydraulique, les déchets provenant d'une agglomération humaine Le réseau de l'assainissement

urbain dans la ville de Ouargla est du type unitaire, il couvre les trois communes de Ouargla, Rouissat et Ain Beida (**Baouia et Hebbaz ,2006**). Les principales caractéristiques du réseau d'assainissement urbain de la ville d'Ouargla sont résumées ci-dessous (Figure N°2):

- 26 stations de relevage et de pompage.
- 106 km de canalisation et conduite de refoulement.
- 3 stations d'épurations (pour les 3 daïra de Ouargla, Sidi khouiled, N'goussa).
- 71km de drains

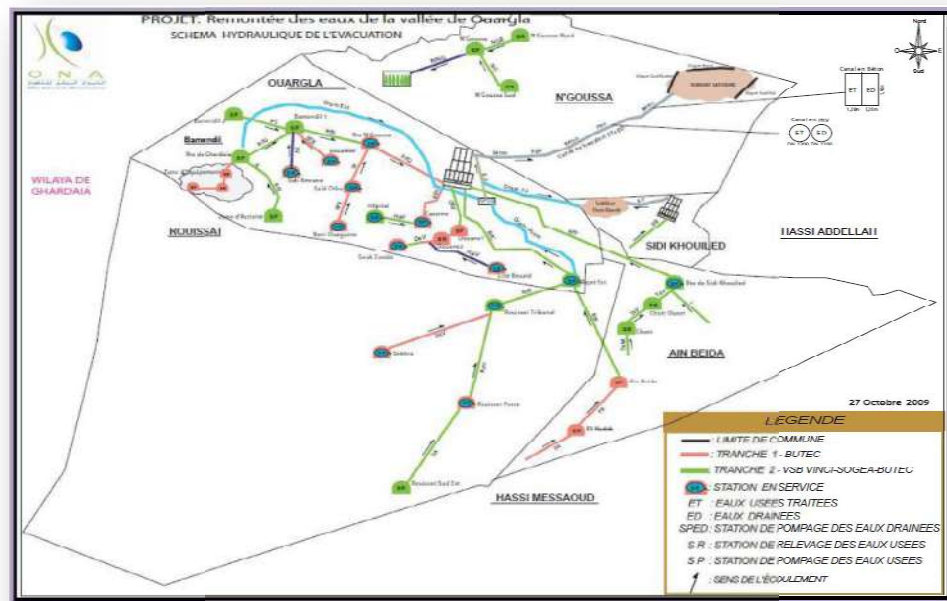


Figure N°02: Le réseau d'assainissement de la ville d'Ouargla (ONA, 2011)

III.3. Généralité sur la luzerne :

La luzerne développe un système racinaire profond, elle est donc bien adaptée aux sols profonds (argileux, limoneux, sablonneux humifères). Elle résiste bien aux périodes sèches en puisant l'humidité en profondeur. En été, la luzerne profite mieux de l'eau du sol que les graminées. En ferme d'élevage, la luzerne peut être utilisée en vert, fanée ou ensilée. Le pâturage est parfois pratiqué mais attention aux risques de météorisation.

Attention : lors de l'ensilage, la luzerne doit contenir >25% de matière sèche, sans quoi il faut ajouter un conservateur acide. La luzerne est une légumineuse capable de produire l'azote dont elle a besoin grâce à ses rhizobiums racinaires qui captent l'azote de l'air.

La luzerne est un formidable précédent pour les graminées, les céréales ou le maïs.

III.3.1. Systématique:

L'espèce *Medicago Sativa L* est classée comme suite

- **Embranchement:** Spermaphytes
- **Sous embranchement:** Angiospermes
- **Classe:** Dicotylédones
- **Sous classe:** Dialypétales
- **Ordre:** Rosales
- **Famille:** Fabacées (légumineuses)
- **Sous famille:** Papilionacées
- **Tribu:** Trifoliées
- **Genre:** *Medicago*
- **Espèce:** *Medicago Sativa L*

III.3.2. Morphologies:

Plante à tige plus au moins dressée, pouvant atteindre plus de 80cm de haut. Les feuilles sont trifoliées, pétiolées, dentées et mucronnées au sommet, ordinairement glabre (**Baameur, 1998 cité par Chaoukii, 2010**).

Inflorescence en grappes de 10 à 30 fleurs violettes, par fois bleuâtre plus au moins bigarrées.

Le fruit est une gousse spiralée, contenant de 5 à 15 graines. La graine est de 2 à 2.5 mm de long de couleur jaune-or ou jaune-olive à brun suivant l'âge et les conditions de la récolte. Le poids de 1000 graines est de 1 à 2.7g. La racine pivotante descend jusqu'à 2m; plus au moins fasciculée. Dans le type *Sativa* le développement des racines secondaires des surfaces même en cas d'accident freinant le développement du pivot, reste très faible. Les nodosités en grappes sur les racines, ce sont des minuscules boules roses pâles qui fixent l'azote de l'air.

Elles approvisionnent ainsi la plante en azote pendant sa vie et enrichissent le sol après le retournement de la luzernière (Itidas, 1993 cité par Chaouki, 2010).

III.4. Exigences de la culture:

III.4.1. Exigences climatiques:

bien qu'ayant une aire de culture très large, la luzerne exige des conditions de température et d'humidité suffisantes. Le zéro de croissance est de 8°C, les froids hivernaux provoquant un arrêt de croissance plus ou moins prononcé selon les variétés surtout la première année, les années suivantes elle peut supporter des températures de 10- 15°C, et dès que la température atteint 2-3°C, elle germe (Itidas, 1993 cité par Chaouki, 2010). Dans un lit de semence bien préparé et suffisamment humide, la germination intervient si la température est le minimum de 7°C, l'optimum étant de 25°C.

La température maximale autorisant la croissance est de l'ordre de 37°C, où la luzerne accuse un net fléchissement de production pendant les mois d'été en Afrique du Nord. La température minimale au-dessous de laquelle la plante suspend son activité définit une autre limite. (Lapeyronie, 1982 cités par Chaabnaa, 2001).

III.4.2. Exigences édaphiques :

La luzerne ayant un système racinaire très développé mais à très faible pouvoir de pénétration, doit être implanté sur un sol lui permettant d'installer son pivot en profondeur (ITDRA, 1974 cité par CHAOUKI I, 2010). Elle demande des terrains sablonneux profonds, à sous-sol perméable, permettant un bon drainage ; elle supporte l'humidité à condition qu'elle ne soit pas persistante et s'accommode bien d'une faible salinité. La luzerne est calcicole et ne tolère pas les terrains acides ; il faut donc rendre les terres alcalins avant la planter .

III.4.3. Exigence hydrique:

La luzerne est une plante très exigeante en eau mais cependant elle est résistante à la sécheresse quand à son pivot pénètre profondément lui permet de résister à une sécheresse de 2 à 3 mois. Elle exige entre 12000 à 13000 m³ par hectare pour une année de culture, et pour élaborer un gramme de matière sèche, il faut 800 à 1000 g d'eau (INRA, 1965 cité par CHAOUKI I, 2010).

III.4..4. Autres exigences :

La luzerne est très exigeante en potassium, en chaux, en acide phosphorique et en certains oligo-éléments tels que Mo, Zn, Mg, Cu, Fe, Cl, Br et Co que la plante trouve normalement dans le sol (**Baameur, 1998 cité par Chaoukii, 2010**).

Partie II
Partie expérimentale

Chapitre IV

Matériel et méthodes

Partie II : partie expérimentale

Chapitre IV : Matériel et méthode

IV.1. Présentation de la station :

IV.1.1. Situation géographique :

La station d'épuration des eaux usées par le lagunage aéré d'Ouargla est située dans la région de Saïd Otba entre les deux branches du canal de drainage (**Figure N° 04**)

IV.1.2. Objectif de traitement des eaux de la station : (fixé initialement)

- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur.
- Supprimer les risques de remontée des eaux en diminuant le niveau de la nappe phréatique.
- Se garder la possibilité de réutiliser les effluents épurés.

IV.1.3. Mode de fonctionnement de la station d'épuration par lagunage aérée :

Cette station d'épuration est de type lagunage aéré.

La filière de traitement retenue est constituée :

- De prétraitement.
- D'un premier étage de traitement par lagunage aéré.
- D'un second étage de traitement par lagunage aéré.
- D'un troisième étage de traitement par lagunage de finition.
- De lits de séchage des boues.

IV.1.4. Description de l'installation :

L'installation se compose pour l'essentiel d'ouvrages à ciel ouvert, de caniveaux, canalisations, pompes, aérateurs, instruments de mesure, organes de vanneries et automatismes industriels avec commandes et dispositifs de régulation.

IV.1.5. Dimensionnement de la station :

- Capacité:400000 eq/habi
- Surface totale:80 ha
- Nombre de lit de séchage: 11 lits
- Nombre de bassins: 08 bassins devisés en 03 niveaux

Tableau N°04 : les données de bases de la STEP

première niveau	
Nombre de bassin d'aération	4 bassins d'aération
volume total	3408000 m3
Volume par unité de bassin	25200 m3
sur face totale	9.6 ha
surface par unité de bassin	2.4 ha
profondeur des bassins	3.5 m
temps de séjour	5 jours
Nombre d'aération	12 d'aération
deuxième niveau	
Nombre de bassin d'aération	2 bassins d'aération
volume total	227200 m3
Volume par unité de bassin	113600m3
sur face totale	2.8 ha
surface par unité de bassin	4.1 ha
profondeur des bassins	2.8 m
temps de séjour	3 jour
Nombre d'aération	7 d'aération
Troisième niveau	
Nombre de bassin d'aération	2 bassins de finition
volume total	148054m3
Volume par unité de bassin	74027m3
sur face totale	9.8 ha
surface par unité de bassin	4.9 ha
profondeur des bassins	1.5 m
temps de séjour	2 jours
Nombre d'aération	8 dont 01 non fonctionnel

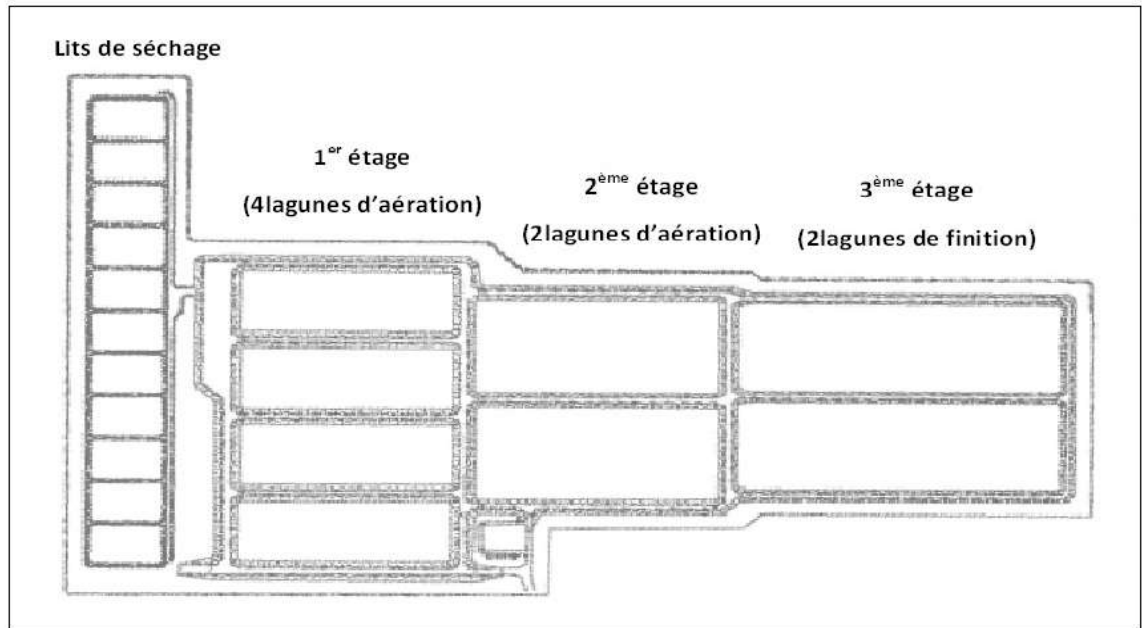


Figure N°03: Mode de fonctionnement de la station d'épuration par lagunage aérée

IV.1.6. Principe de l'épuration et filière de traitement :

La station fonctionne sur la base du procédé de traitement biologique extensif par lagunage aéré, elle est composée de 06 bassins de traitement dans lesquelles la charge biodégradable de l'effluent est détruite par voie bactérienne. En aval des lagunes d'aération se situent les deux lagunes de décantation, appelées aussi lagunes de finition, son rôle est de réduire à des teneurs très basses les polluants peu ou pas éliminés.

Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes volumineuses ou difficilement biodégradables, et aussi de limiter la fréquence de curage des lagunes, le traitement biologique est précédé d'un prétraitement.

IV.2. Procédés des traitements des eaux usées :

IV.2.1. Procédés d'épurations des eaux usées dans la station :

IV.2.1.1. Prétraitement :

Le prétraitement comporte les éléments suivants :

IV.2.1.1.1. Dégrillage :

Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle. Un canal de secours équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposé en parallèle permet de by-passer complètement l'ensemble des prétraitements, en cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques.

Les refus de l'ensemble des dégrilleurs sont acheminés au moyen d'une vis de convoyage vers une benne à déchets (ONA, 2009).

IV.2.1.1.2. Dessablage :

Le dessablage est réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et 23m de long. Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables décantés dans une fosse placée à l'extrémité de chaque canal. Une pompe permet l'extraction des sables vers un classificateur à sable.

Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphonide. Les sables extraits sont ensuite stockés dans une benne. La station actuellement n'est pas équipée d'un système de déshuilage (S.T.E.P. Ouargla, 2009).



Figure N°04 : Dessableur

IV.2.1.1.3. Ouvrage de répartition

Disposé en tête de station en aval des ouvrages de prétraitement, il permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage.

Cette répartition est assurée par six seuils déversant identiques, de 1,50m de largeur, munis de obstacles pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service (ONA, 2009).

IV.2.1.2. Traitement secondaire

A la suite de ces prétraitements, les eaux à traiter subissent un traitement par le système de lagunage aéré.

Cette étape est constituée de deux étages d'aération et d'un étage de finition.

IV.2.1.2.1. Lagunes d'aération

Les bassins d'aération sont revêtus de géomembrane bitumineuse de type PHD (polyéthylène haute densité). Cette géomembrane est constituée par un liant bitumineux qui vient imprégner à coeur et surfacer un géotextile non tissé polyester. Le géotextile confère à la géomembrane ses propriétés mécaniques et le liant l'étanchéité. (ONA, 2009).

A. Lagunes d'aération (1er étage) :

Les effluents sont répartis entre les quatre lagunes grâce à un répartiteur. Dans l'étage d'aération, l'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface. Cette aération mécanique favorise le développement des bactéries qui dégradent la matière organique et assimilent les nutriments. Le temps de séjour minimal dans les lagunes d'aération du premier étage est supérieur ou égal à 5 jours.

La canalisation gravitaire de liaison (fabriquée en béton) entre l'ouvrage de répartition et les lagunes du premier étage, ainsi que la liaison entre deux lagunes d'étages différents est revêtue d'une géomembrane du même type PHD afin de faciliter la soudure et d'éviter les infiltrations et donc les affaissements. Actuellement, il n'y a que deux lagunes qui fonctionnent au niveau de cet étage (ONA, 2009).



Figure N°05: Lagune aéré

Figure N°06: Aérateur

B. Lagunes d'aération (2ème étage) :

Au deuxième étage, le nombre d'aérateurs et de bassins est inférieur au premier. Les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes aérées de 1er étage vers les lagunes aérées deux étages (lagunes de décantation). Actuellement il n'y a qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage.

Curage : Les Lagunes de deux étages doivent être régulièrement curée afin d'éviter les odeurs et la dégradation du traitement par les départs des boues (ONA, 2009).

IV.2.1.2.2. Traitement complémentaire (Lagune de finition)

Les eaux sortant des lagunes aérées du 2ème étage sont dirigées vers les deux lagunes de finition. C'est le lieu de séparation physique d'eau épurée et de la boue biologique, cette dernière est formée après une lente agglomération des matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées), Actuellement il n'y a qu'une seule lagune qui fonctionne au niveau de cet étage.

En entrée et sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permet de mesurer de manière continue les débits (ONA, 2009).



**Figure N°07: Bassin de finition
épurée**

Figure N°08: la sortie des eaux

Curage mécanique par pompage des boues sur les lits de séchage.

IV.2.1.3.Evacuation des eaux épurées

Les eaux épurées sont évacuées gravitairement vers le canal de transfert vers Sebkhath Sefioune.

Les eaux rejetées par la S.T.E.P et les eaux issues des drainages sont conduites d'Ouargla jusqu'à Sebkha Sefioune située à environ 40 km au nord.

L'ouvrage conduit parallèlement deux débits dans deux chenaux isolés l'un de l'autre, ces chenaux contiennent :

- Dans la partie Ouest : les eaux usées traitées par la STEP de Ouargla, il s'agit d'eaux claires, suffisamment épurées pour servir éventuellement d'eau d'irrigation.

IV.2. Matériel d'étude :

IV.2. 1. Boues

Toutes les boues étudiées ici proviennent de l'échantillonnage de la même station d'épuration urbaine (STEP) de saïd otba de la ville d'Ouargla.

Ces boues âgées d'environ une année, Pendant cette période, ont été laissées à l'air libre dans lit séchage.

Caractérisées d'une couleur noire foncée et par des odeurs désagréables (**Photo N°01**), les boues de la station d'épuration des eaux usées de saïd otba ont fait l'objet d'une caractérisation sommaire en fonction des moyens disponibles, il en ressort certaine qualités physico-chimiques qui peuvent apporter plus de fertilité aux sols amendés.



Photo N°01: Les boues utilisées

IV.2. 2. Sol :

Le sol utilisé pour l'expérimentation provient du secteur A de l'exploitation de l'université d'Ouargla.

Le prélèvement du sol a été effectué à deux profondeurs environ dans une parcelle non cultivée. Il est ensuite acheminé au laboratoire pour analyses.

Avant le test, nous avons mélangé les boues et les sols avec différentes concentrations (doses).

❖ **Les analyse physico-chimiques qui étudiées:**

La mélange sol-boues destinées à l'analyse physico-chimique est séché à l'air libre pendant une semaine, puis tamisés à 2 mm de diamètre. Les fractions fines obtenues ont été soumises à une caractérisation pédologique comportant des analyses physiques et des analyses Chimiques.

➤ **Le pH:**

L'un des facteurs qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs. Le pH à été déterminé à l'aide d'un pH mètre à électrodes avec un rapport sol/ eau (1/5).

➤ **La conductivité électrique CE:**

Déterminée à l'aide d'un conductimètres à 25°C avec un rapport sol/eau (1/5).

➤ **La capacité de rétention en eau:**

La capacité de rétention en eau vient compléter celle de perméabilité. Elle répond à la question: le sol est-il capable de retenir l'eau qu'on lui apporte lors d'un arrosage? La capacité de rétention est inversement proportionnelle à la perméabilité, mais ayant une bonne capacité de rétention. Ceci est généralement obtenu par l'incorporation de 10% de tourbes ou matières organiques dans les sables.

Elle est de 18-19% pour un sol sableux. Ainsi, la réserve utilisable étant de l'ordre de 0,5mm/cm (**Dubost, 1992**).

La capacité au champ est de 02g/100g de sable (**Deplanhol et Rognon, 1970**).

IV.2.3. Matériel végétal

Pour notre essai concernant la plante-test des boues résiduelles, on a utilisé la luzerne *Medicago Sativa L.*

Cet essai a été réalisé dans la serre expérimentale de l'exploitation de l'université d'Ouargla.

➤ **La fiche technique de la semence de la luzerne :**

Récolte : 2017

Date de fermeture : 05/2018

Pureté : 99%

Germination : 85%

Pays d'origine : Californie, USA

La période d'expiration : 5 ans

IV.3. Méthodologie de travail

IV.3. 1. Protocole expérimental:

IV.3. 1.1. Dispositif expérimental :

L'essai est conduit selon un dispositif expérimental en blocs complètement aléatoires, comportant 4 traitements et une seule variété (la luzerne). Chaque traitement est répété 3 fois (3pots/traitement). Donc avec les répétitions de témoin il ya 12 pots en général.

IV.3. 1.2. Traitement:

Les traitements correspondent à l'application au sol, de :

On a 03 doses de boues et le témoin :

- **Témoin (T)** : constitué de pots contenant les échantillons de sols sans apport de boues, T= 0 Kg.

- **Dose 1 (D1)** : constitué de pots contenant les échantillons de sols amendés par $\frac{2}{3} = 3.6$ kg de la boue.

Chapitre IV:

- **Dose 2 (D2)** : constitué de pots contenant les échantillons de sols amendés par $\frac{1}{2} = 2.75$ kg de la boue.
- **Dose 3 (D3)** : constitué de pots contenant les échantillons de sols amendés par $\frac{1}{3} = 1.83$ kg de la boue.

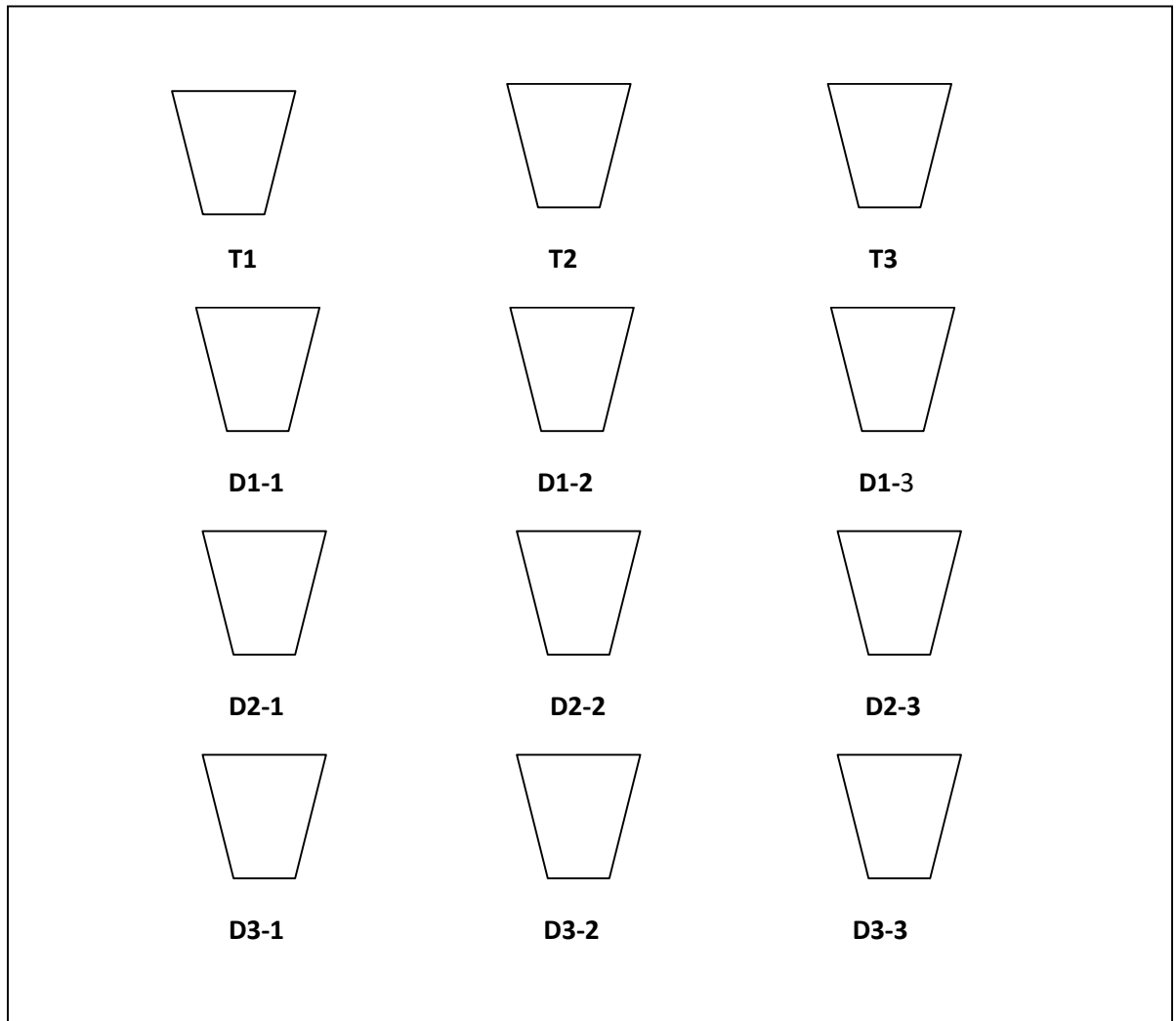


Figure N°09: Dispositif expérimental de l'essai

IV.3.1.3. Mise en place de l'essai:

Cet essai a été réalisé à une serre au sein de l'exploitation de l'université d'Ouargla, en condition contrôlée sous la lumière normale du jour et en température variées entre 25 et 30 °C, humidité 61%, type d'eau d'irrigation Miopliocène et avec des fréquences d'irrigation, de 2 fois/semaine.

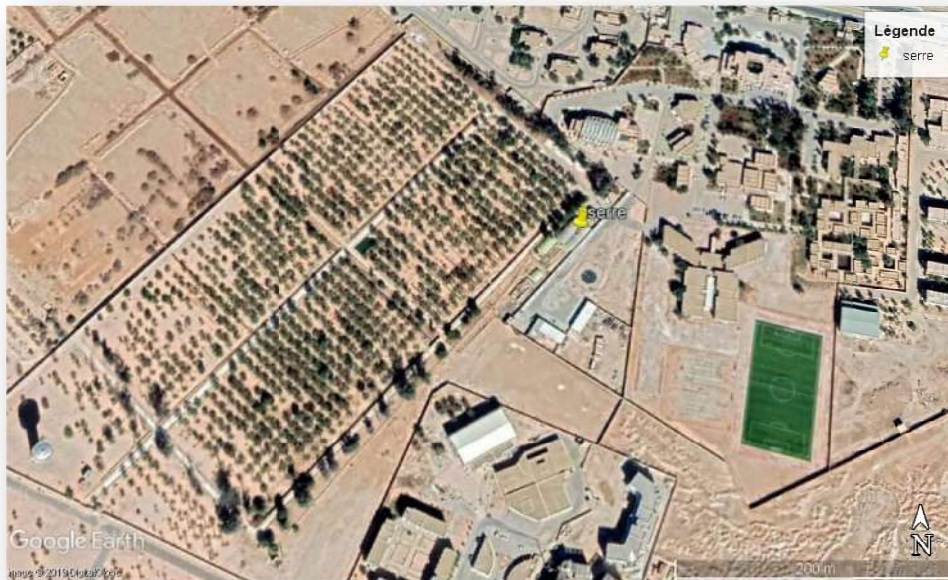


Figure N°10: Situation géographique de L'essai (Google Earth, 2019)

IV.3.1.3.1. La fumure :

La fertilisation s'est limitée à l'amendement organique par les boues résiduaires à différentes doses selon les données expérimentales.

IV.3.1.3.2. Semis:

Le semis a été réalisé au mois de décembre 27/12/2018 manuellement et à la volée.

IV.3.1.3.3. L'irrigation :

L'irrigation est effectuée par d'eau de Miopliocène : d'une température de 18 °C, pH=7,55 avec forte salinité, CE=4,68ds/m.

IV.3.1.3.4. La fauche :

Réalisation une seule coupes au mois de février 20/02/2019.

IV.3.1.4. Méthode et date de prélèvement:

IV.3.1.4. 1. Le sol :

L'étude du sol est effectuée sur le terrain par un sondage à la tarière et au laboratoire par des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés.

Prélèvement des échantillons : Les échantillons du sol ont été prélevés à différents endroits de l'exploitation de l'université d'Ouargla sur deux profondeurs soit 0-20 et 20-40cm.

Ils sont ensuite mélangés pour constituer un échantillon moyen représentant le sol de l'exploitation.

IV.3.1.4. 2. Le végétal:

Au sein de chaque pot, nous avons procédé aux différentes mesures de paramètre physico-morphologique.

Au cours de cet essai, nous avons étudié les paramètres suivants:

- la levée.
- Nombre des tiges.
- Hauteur des tiges.
- Nombre des feuilles.

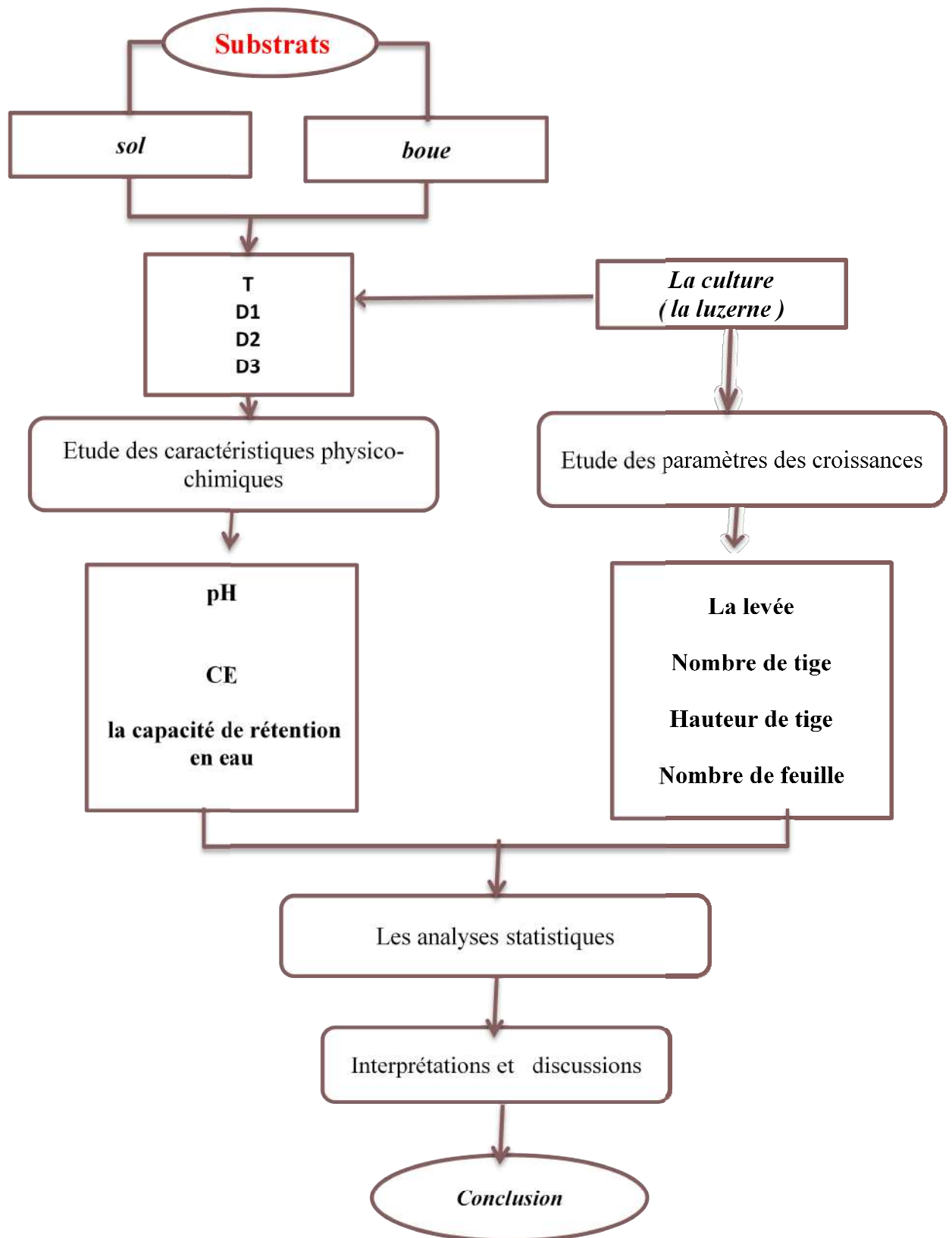
➤ **Méthode de mesure de différents paramètres étudiés:**

- ❖ **La levée :** compostage de nombre de grain cultivé.
- ❖ **Nombre de tige :** comptage du nombre de tiges.
- ❖ **Hauteur de tige :** mesure sur le rameau principal à l'aide d'une règle graduée.
- ❖ **Nombre de feuilles :** compostage de nombre des feuilles.

➤ **Analyse statistique**

Dans le but d'apprécier l'effet des boues sur le comportement de la luzerne, nous avons considéré différents paramètres morphologiques sur lesquels des mesures ont été réalisées les moyennes de ces paramètres en fonction des doses et pour interpréter ces résultats obtenus nous avons utilisé l'analyse statistique de la variance (**ANOVA**) et **test kruskal-wallis** a été effectuée par le logiciel XLSTAT 2009 pour confirmer les résultats.

Le schéma suivant représente la méthodologie de travail :



Chapitre V
Résultats et discussion

Chapitre V : Résultat et discussion

L'étude du comportement de certain paramètre physico-morphologiques d'une culture de luzerne amendée uniquement par des doses croissantes des boues résiduaires de la station de lagunage de Said Otba d'Ouargla fait l'objet d'un suivi soutenu durant deux moi de culture.

V.1. Caractéristiques physico-chimiques des boues de STEP de Said Otba et du sol étudié:

V.1.1. Caractérisation physico-chimique des boues:

Les boues de la station de lagunage de Said Otba des eaux usées de la ville d'Ouargla ont fait l'objet d'une caractérisation sommaire en fonction des moyens disponibles. Dans notre étude, nous avons reçu l'appui d'étude précédente menée au laboratoire de la station sur ces boues (STEP, 2018).

Tableau N°05: Caractéristiques physico-chimiques des boues étudiées:

Analyses	Paramètres	Résultats	Unités	Normes
Physique	Salinité (CE) à 25°C	12.39	CE ds/m	-
	pH	7.30		-
Chimique	Azote total (N)	0.0677	%	2-2,5
	Phosphore (p)	0.142	%	0,43-0,78
	Potassium (k)	0.03	%	0,16-0,40
	Matière organique(MO)	30	%	-
	Humidité	8.7	%	-
	Matière sèche(Ms)	90	%	-

(STEP, 2018).

V.1.1.1. Le pH :

Le pH des boues résiduelles urbaines est voisin de la neutralité (**Leroy, 1981**), les résultats qu'on obtenu de pH de nos boues de 7.30 (les boues est neutre).

V.1.1.2. La Conductivité électrique CE:

La conductivité électrique renseigne sur la salinité des boues qui limiter leur utilisation surtout en terrains salés. La CE de nos boues est de 12.39 ds/m.

V.1.1.3. Eléments fertilisant NPK:

Eléments fertilisant sont les éléments les plus déterminant de la valeur fertilisante des boues, l'analyse de nos boues(**STEP, 2018**) à donné le résultat de 0.0677 % d'azote total, phosphore (P) donné 0,142% ,et de potassium(K) égale 0,03% donc la valeur est faibles pour notre essai par apport l'études qui fait à partir de laboratoire de la STEP de la station et (**Bounawar, 2018**).

V.1.1.4. La teneur de matière organique:

La matière organique est un élément important qui qualifie la valeur des boues et sa destination agricole. Nos résultats ont montré un bon taux de MO=30% pour les boues.

V.2. Caractérisation physico-chimique du sol:

Tableau N°06 : Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié:

Analyses	Paramètres		Résultats	Unités
Physique	Granulométrie	fraction argileuse et le limon	<i>comprises entre</i> 0,11 et 2,06	%
		sable fin	<i>Compris entre</i> 35.56 et 49.79	%
	La conductivité électrique(CE)		2.26 à 3,98	ds/m
	Le pH		compris entre 7,20 à 7,61	
Chimique	CaCO ₃ (%)		1 à 3,9	%
	Matière organique		2.02 en surface et 0.3 en profondeur	%

(Temmar et Khengaoui, 2015).

Le sol de utilisée à l'implantation du protocole expérimental a fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique du sol avant la mise en place de la culture. Les principaux résultats sont mentionnés dans (tableau N°06).

Ces analyses attestent un sol à texture **sableuse**, de **pH= 7,20 à 7,61** sol oscille d'alcalin à neutre (Soltner, 1989 in Habhouh, 2009); d'une conductivité électrique de l'ordre de **CE=2,26 à 3,98** ds/m soit un sol considéré comme **très salé** selon (Aubert, 1978) est engendrée par celle de la nappe phréatique, l'eau d'irrigation et par l'évaporation.

Comme tous les sols sableux de nos régions sahariennes, le taux de matière organique est très faible (Morand, 2001) d'où sa faible teneur en azote.

La teneur en calcaire du sol étudié est très faible étant de l'ordre de **CaCO₃=1 à 3,9 %**, le sol considéré est peu calcaire (Bernard, 2000 in Menacer, 2009).

V.3. Les paramètres morphologiques de la luzerne:

Tableau°07 : Résultats obtenus sur le développement de la luzerne :

Paramètre	Traitement	Moyenne
la levée	T	55,66
	D1	2,33
	D2	1,33
	D3	5,33
Nombre de Tiges	T	55,66
	D1	2,33
	D2	1,33
	D3	5,33
Hauteur de tige (cm)	T	7,5
	D1	1,83
	D2	1,83
	D3	4,83
Nombre de feuille	T	205
	D1	9,33
	D2	6,66
	D3	17,66

V.1.3.1. La levée :

Les résultats obtenus sur la moyenne de la levée sont représentés au niveau de la figure N° 13:

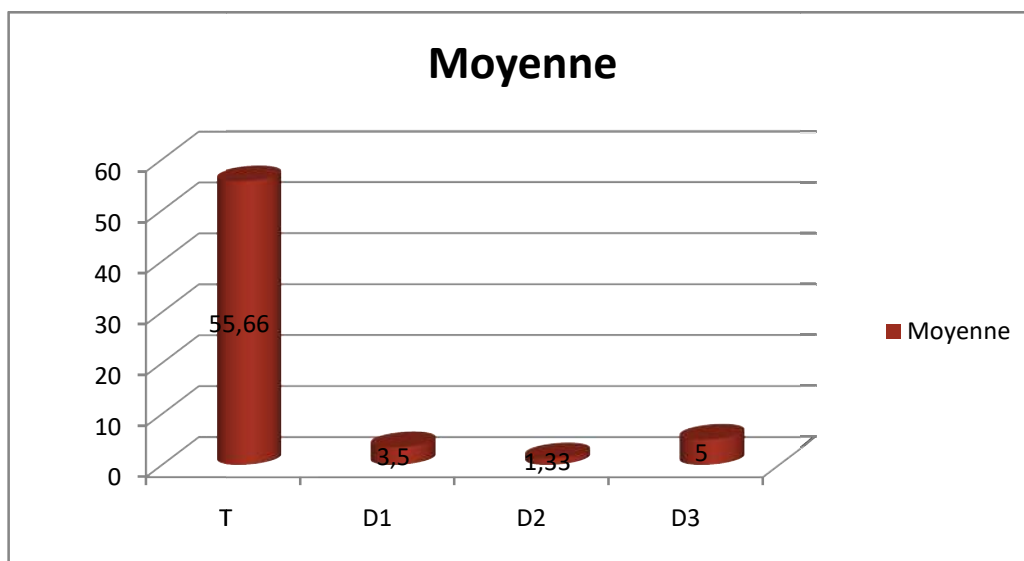


Figure N°11: Les moyennes de la levée en fonction des doses

D'après la figure N°11, les résultats obtenus montre que l'on remarque l'avantage du témoin par rapport aux autres traitements donc l'on apprécie l'effet dose sur ce paramètre puisque la dose 3 (D3) enregistre une levée meilleure par rapport aux deux autres doses.

L'analyse statistique ressort que le facteur dose à un effet significatif sur la levée.

Tableau N°08 : Les groupes de la levée :

Echantillon	Moyenne(%)	Groupes	
la levée D2	1.33	A	
la levée D1	3.83	A	B
la levée D3	3.83	A	B
la levée T	55.66		B

Les résultats du test non paramétrique fais ressortir 03 de groupes homogènes, distingués (groupe A) pour le traitement (D2), un groupe intermédiaire (groupe AB) regroupant les traitements D1 et D3 et un groupe (groupe B) relatif au traitement T (**tableau N°08**).

Nous avons observé une faible germination dans les différentes doses, contrairement au Témoin où le taux est arrivé à 55,66%. A fin de comprendre les causes de la non germination, des observations sous loupe pour les graines repêchées des pots ont été réalisées. Nous avons constaté que l'enveloppe de la graine existait mais vide (**voir photo N°3**)

Le taux de salinité dans les différentes doses peut être à l'origine de l'échec de la germination. L'effet négatif du NaCl sur la germination serait essentiellement de nature osmotique comme le soulignent plusieurs auteurs (Katembe et al., 1998 ; Debez et al., 2001).

Généralement, trois hypothèses sont probables pour expliquer le mode d'action du sel sur la germination. On peut les résumer comme suit:

- ✓ le premier processus physiologique de la germination est l'hydratation ; cette dernière pourrait être inhibée par un effet osmotique de la salinité du milieu extérieur

- ✓ en milieu salin, si le problème d'imbibition ne se pose pas, une intoxication de l'embryon par les ions Na^+ et Cl^- pourrait être la cause d'une atténuation de la germination
- ✓ enfin, l'ensemble de ces phénomènes précédents (inhibition de l'imbibition et toxicité) pourrait exister simultanément.

V.1.3.2. Nombre de tige :

Les moyennes de nombre de tige de plantes des différentes doses sont représentées au niveau de la figure N°12 :

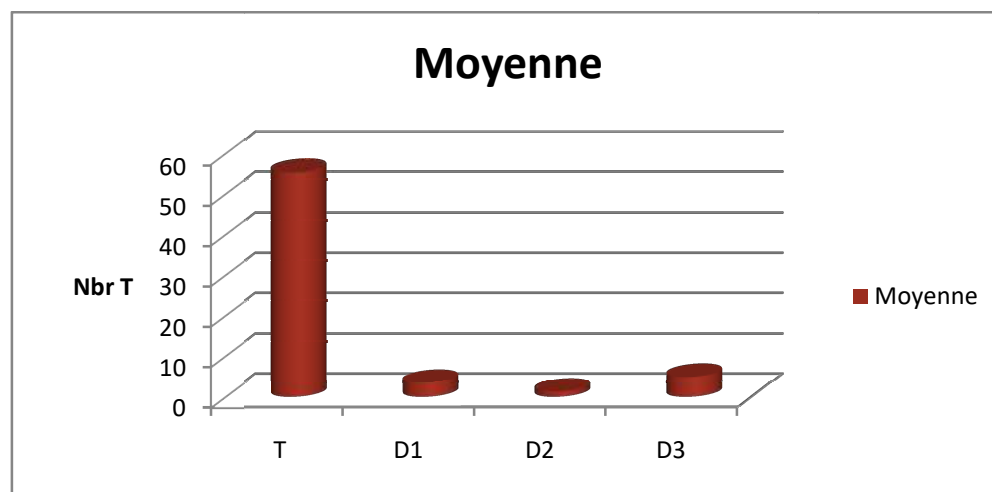


Figure N°12: Nombre de tige (Nbr T) en fonction des doses

Les résultats obtenus dans la figure N°12 confirment que le meilleur comportement est celui du témoin par rapport aux autres traitements.

On apprécie l'effet dose sur ce paramètre. L'analyse statistique ressort que le facteur dose a un effet significatif sur le nombre de tige (**Tableau 12**).

La dose (D3) avec 5 tiges est le meilleur résultat par rapport aux deux autres 1,33 et 3,5 respectivement pour le D2 et D1.

Tableau N°09 : Les groupes de Nbr T :

Echantillon	Moyenne(%)	Groupes	
Nbr T D2	1.33	A	
Nbr T D1	3.83	A	B
Nbr T D3	3.83	A	B

Les résultats du test non paramétrique fais ressortir 03 de groupes homogènes, distingués (groupe A) pour le traitement (D2), un groupe intermédiaire (groupe AB) regroupant les traitements D1 et D3 et un groupe (groupe B) relatif au traitement T (**tableau N°09**).

Selon **Mauriès (1994 cité par Boudebbous.I,2009)**, les conditions climatiques (température, humidité, lumière), édaphiques (notamment la salinité) et hydrique (quantité d'eau et le mode d'irrigation) jouent un rôle très important dans la croissance végétative de la plante (exemple: la submersion de la luzerne provoque une diminution du nombre de tiges par plante), ce qui se traduit par le développement des paramètres morphologiques de la plante.

V.1.3.3. Hauteur de tige:

Les résultats obtenus sur la moyenne de la hauteur de tige sont représentés au niveau de la figure N° 13:

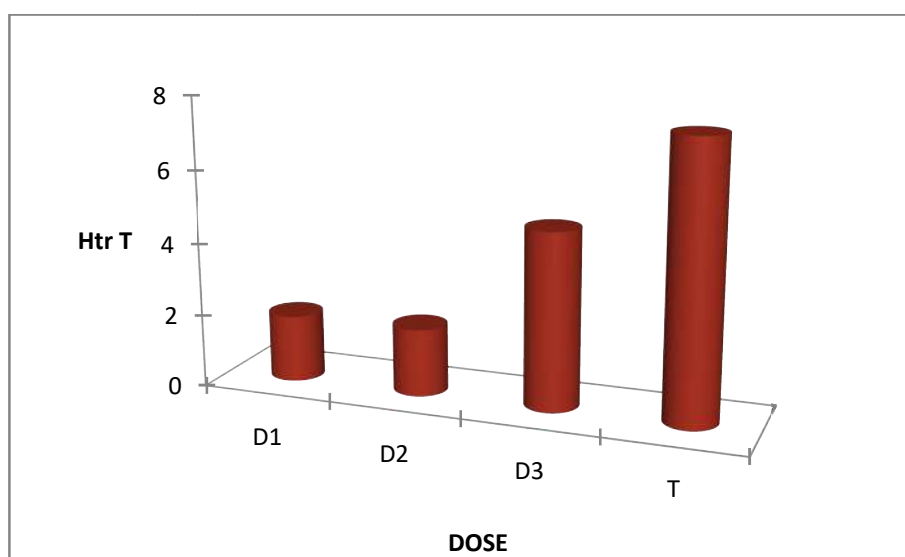


Figure N°13 : Hauteur de tige (HtrT) en fonction des doses

Comme pour les deux premiers paramètres, les résultats de la figure N°13 confirment le meilleur comportement du témoin par rapport aux autres traitements, l'on apprécie autre fois l'effet dose sur ce paramètre car la dose (D3) enregistre une hauteur meilleure par rapport aux deux autres doses.

Selon les analyses statistiques (ANOVA) on constate les résultats suivants :

Tableau N°10: Analyse de variance

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	66,741	22,247	184,929	< 0,0001
Erreur	8	0,962	0,120		
Total corrigé	11	67,703			

L'analyse de la variance montre que les doses de boues ont eu un effet très hautement significatif ($Pr < 0,0001$) sur l'hauteur de tige de la Luzerne (**tableau N°10**).

Tableau N°11: Les moyennes et les groupes de Htr T :

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
D1	1,833	A		
D2	1,853			
D3	4,833		B	
T	7,500			C

Les résultats des groupes homogènes montrent que il ya trois différent groupe, (D1, D2) de 1,833cm et 1,853cm ont produit le même effet sur la hauteur de tige (groupe A) Cet effet est très différent de celui du D3 (groupe B) soit 4,833 cm et du témoin (groupe C) avec une moyenne de 7,5cm (**tableau N°11**).

Par ailleurs, selon Boudebous (2009) ,(Abdelguerfi ,1976 in Baameur ,1998 cité par Boudebous, 2009) que les faibles hauteurs sont une forme d'adaptation pour une meilleure résistance au froid excessif, le manque d'eau au moment de la croissance agit sur la hauteur des tiges de luzerne.

Selon (Chaouki, 2010) l'augmentation de la température pendant la saison de croissance cause la diminution de la hauteur des tiges de luzerne.

V.1.3.4 Nombre de feuille Nbr F:

Les résultats obtenus sur le moyenne de nombre de feuille Nbr F de la luzerne en fonction des doses sont présentés dans figure N°14 :

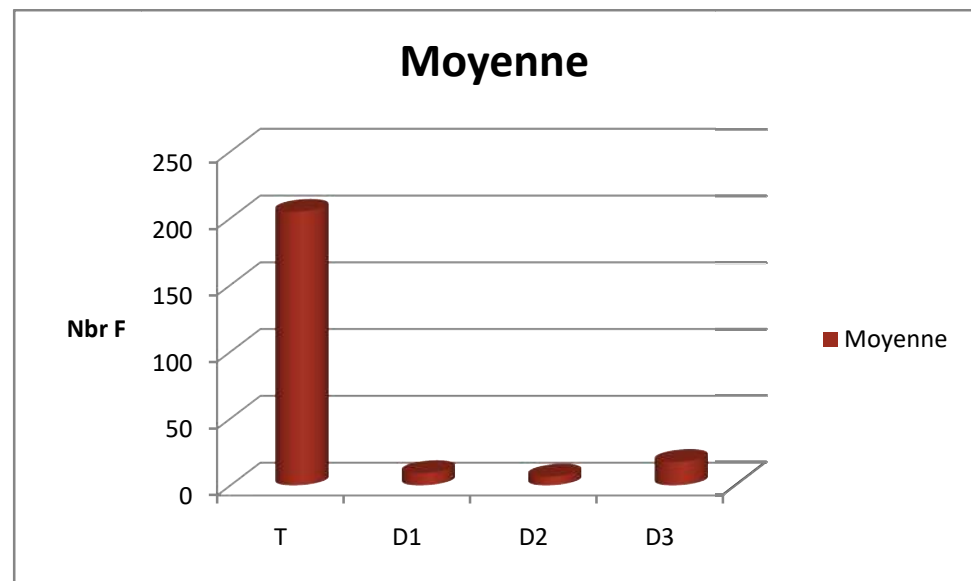


Figure N°14: Nombre de feuille (NbrF) en fonction des doses

Les résultats consignés dans la figure N°14 proches les uns des autres. Le nombre de feuille montrent un meilleur comportement du témoin par rapport aux autres traitements, a montré autre fois un effet dose sur ce paramètre car la dose3 a matérialisé un nombre meilleure par rapport aux deux autres doses, c'est-à-dire il ya un effet significative.

Selon le Test non paramétrique on constate les résultats suivants :

Tableau N°12: les groupes de Nbr F :

Echantillon	Moyenne	Groupes	
Nbr F D2	9.33	A	
Nbr F D1	13.49	A	B
Nbr F D3	13.49		
Nbr F T	205		B

Les résultats du test non paramétrique font ressortir 03 de groupes homogènes, distingués (groupe A) pour le traitement (D2) de 6,66 feuille, un groupe intermédiaire (groupe AB) regroupant les traitements D1 et D3 en ordre de 9,33- 17,66 feuille et un groupe (groupe B) relatif au traitement T avec une moyenne de 205 feuille (**tableau N°12**).

L'analyse statistique ressort que le facteur dose a un effet significatif sur le nombre de feuille.

Selon **Mauriès (2003 cité par BENTEBBA.F, 2011)**, la valeur énergétique de la luzerne est déterminée essentiellement par le rapport feuilles sur tiges car les feuilles sont plus riches en nutriments facilement utilisables par les animaux.

V.2. Evolution des certaines des caractéristiques physico-chimique du sol:

L'un des principaux objectifs recherché à travers cette étude est de mesurer l'influence de l'apport des boues résiduelles sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, le sol a été prélevé sur deux profondeurs pour procéder aux analyses définies.

Mais malheureusement le manque de moyens a limité notre étude.

Les principaux paramètres que nous avons étudiés sont : le pH, la conductivité électrique et CE et capacité de rétention en eau.

V.2.1. Résultat de pH:

Le résultat illustré dans la figure N° 15 représente la moyenne de pH en fonction de la dose de boues amendée :

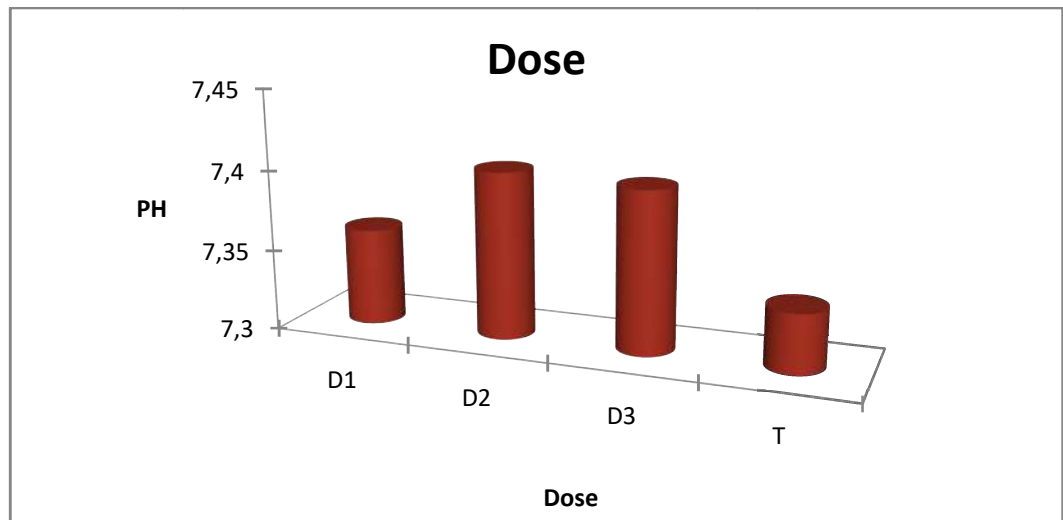


Figure N°15: Les valeurs de pH en fonction des doses

Les résultats obtenus dans la figure 15 attestent une légère augmentation du pH en fonction de la dose de boues sans que cela ne soit significatif ; par ailleurs, le type d'irrigation conjugué à la texture du sol n'a pas montré une différence significative entre les doses considérées. A ce titre, nous considérons que l'épandage des boues n'a pas eu une action prépondérante sur le pH du sol.

Selon l'analyse statistique d'ANOVA en constate les résultats suivants :

Tableau N°13: Les moyennes de pH :

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T	7,337	A
D1	7,360	A
D3	7,400	A
D2	7,403	A

Tableau N°14: Analyse de variance de pH :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	0,009	0,003	1,171	0,380
Erreur	8	0,021	0,003		
Total corrigé	11	0,031			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

V.2.2. Résultat de CE :

Les résultats obtenus sur la moyenne de CE en fonction des doses de boues sont représenté au niveau de la figure N°16 :

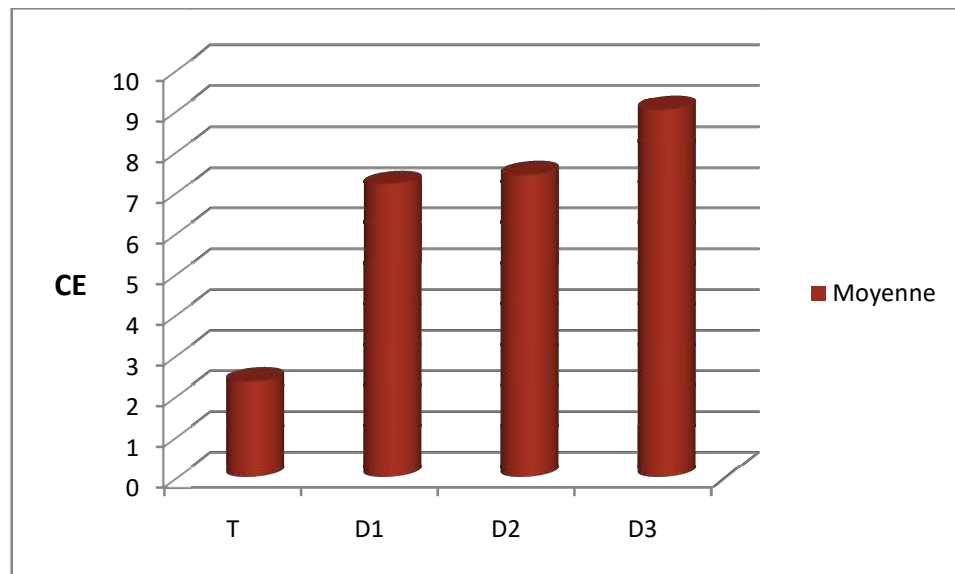


Figure N°16: Les valeurs de CE en fonction des doses

Les résultats obtenus dans la figure N°16 montrent une augmentation de la CE sur les moyennes des doses de boues par rapport le témoin.

L'analyse statistique ressort que le facteur dose à un effet significatif sur la CE.

Il est admis que l'épandage de boue résiduaire peut induire un effet de salinité dans les sols agricoles (**Marisot, 1986**).

Tableau N°15: les groupes homogène de CE.

Echantillon	Moyenne	Groupes	
CE T	2.34	A	
CE D1	8.1	A	B
CE D2	8.1	A	B
CE D3	7.43		B

Les résultats du test non paramétrique fais ressortir 03 de groupes homogènes, distingués (groupe A) pour le traitement (T) de 2,35 ds/m, un groupe intermédiaire (groupe AB) regroupant les traitements D1 et D2 en ordre de

7,19 ds/m- 7,43 ds/m et un groupe (groupe B) relatif au traitement D3 avec une moyenne de 9,02ds/m (**tableau N°15**).

V.2.3. Résultat de la capacité de rétention en eau :

Les résultats obtenus sur la moyenne de la rétention en eau en fonction des doses de boues apportées sont représentés dans la figure N°17:

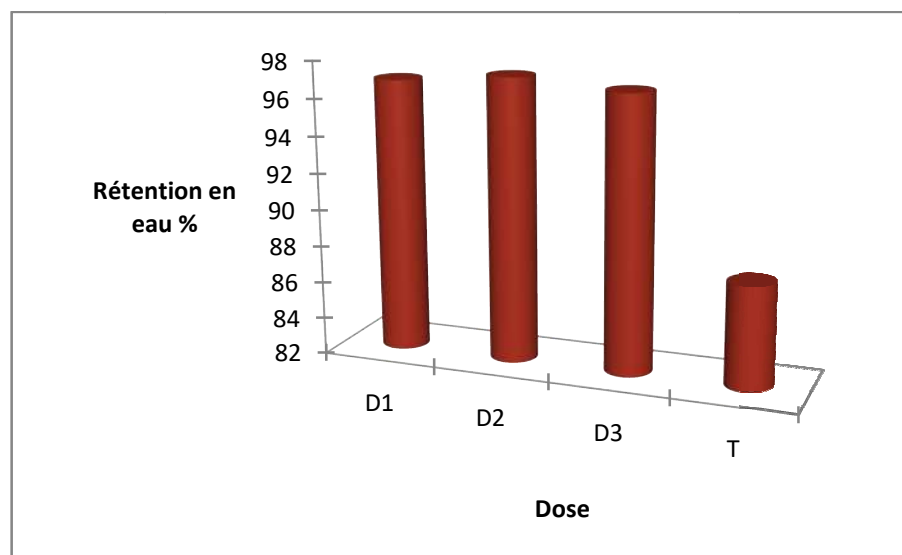


Figure N°17: Les valeurs de la capacité de rétention en eau en fonction des doses.

Les résultats obtenus dans la figure N°17 montrent que la teneur du sol en eau à est légère différence dans tous les traitements (D1, D2, D3).

Tableau N°16: Analyse de variance de rétention en eau :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	203,030	67,677	2388,588	< 0,0001
Erreur	8	0,227	0,028		
Total corrigé	11	203,257			

L'analyse de la variance, montre que les doses de boues ont eu un effet très hautement significatif ($Pr < 0,0001$) sur la teneur du sol en eau (**tableau N°16**).

Tableau N°17: Les moyennes et les groupes de la capacité de rétention en eau :

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
T	87,567	A		
D3	96,867	B		
D2	96,933			
D1	97,367			C

Les résultats d'analyse de l'ANOVA fais ressortir 03 de groupes homogènes, distingués (groupe A) pour le traitement (T) de 87,567%, un groupe intermédiaire (groupe B) regroupant les traitements D3 et D2 de 96,867% - 96,933% et un groupe (groupe C) relatif au traitement D1 avec une moyenne de 97,367% de capacité de rétention en eau (**tableau N°17**).

Mathieu et Pieltain (1998) indiquent, aussi, qu'à une teneur plus élevée en argile, correspond une teneur en eau plus élevée à n'importe quelle succion et une variation plus progressive de la pente de la courbe.

Conclusion

Conclusion

Le travail mené est pour l'étude des boues résiduelles de la station de lagunage naturel (Said Otba) en testant différents apports et vérifier l'impact du substrat préparé ainsi sur le comportement d'une culture fourragère (la luzerne).

Trois substrats sont préparés à raison de 03 mélanges sable –boue avec des proportions respectivement de 1/2, 1/3 et 2/3 de boue.

Des analyses physico chimiques réalisés sur les différentes compositions du substrat et des mesures biométriques sur la luzerne.

Les sols sableux des régions sahariennes se caractérisent par une faible fertilité au vu d'un stock nutritionnel très faible dont le très faible taux de matière organique en est l'explication essentielle.

L'analyse statistique sur la moyenne des doses montre un effet significatif, d'une façon générale les résultats obtenus le témoin a déterminé globalement un meilleur comportement par rapport aux autres traitements et le D3 de rapport 1/3 boues a été enregistré la meilleurs que D1 de rapport 2/3 boues et D2 de rapport 1/2 boues.

Les résultats obtenus montrent un effet négatif de l'épandage des boues résiduelles sur la valorisation agricole et sur certaines propriétés physique du sol pour l'augmentation de pH et de la CE causée par les boues.

Les résultats restent à vérifier par des essais futurs avec la même espèce et pour des période plus longues à fin d'inclure plus de paramètres biométriques et des facteurs de production. De même approfondir les analyses du substrat,dans le but de valoriser l'importance de boues dans l'agriculture.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

Abdallahi et N'Dayegamiye, 2000 : Abdallahi, M. M., & N'dayegamiye, A. (2000). Effects of two incorporations of green manures on soil physical and biological properties and on wheat (*Triticum aestivum* L.) yields and N uptake. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(1), 81-89.

Abdelguerfi, 1977 : Abdelguerfi, A. (1976). *Contribution à l'étude de la répartition des espèces locales de luzernes annuelles en fonction des facteurs du milieu (200 stations). Liaisons entre les caractères de ces 600 populations étudiées à Beni-Slimane et leur milieu d'origine* (Doctoral dissertation, Thèse, Ingénieur, INA, Atger, 1-74).

Ademe, 2001 : ADEME, BRGM. "Guide pour le dimensionnement et la mise en oeuvre des couvertures de sites de stockage de déchets ménagers et assimilés." *A. Editions. Paris* 157 (2001).

Anred, 1982 : Colin, F. "Décharge Industrielle et Milieu Naturel: Etudes et Recherches 1978-1982." *Etude du devenir de l'eau et de son interaction avec les déchets dans une décharge admettant des déchets industriels homogènes (boues d'épuration d'effluents industriels)*. ANRED, 1983.

Aït Hamou et Boulahbal, 1998: Manel, D., Lynda, S., Houria, B., & Mohammed-Reda, D. (2014). Assessment of the bacteriological contamination of the wastewaters in Annaba's main discharges in North-Eastern Algeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 4(1), 112-117.

Atis , 2010 : Konuşkan, Ömer, et al. "Effects of salinity stress on emergence and seedling growth parameters of some maize genotypes (*Zea mays* L.)." *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5.12 (2017): 1668-1672.

Baameur, 1998 cité par Chaoukii, 2010 : D'ETUDE, M. D. F. Comportement et caractérisation de populations sahariennes et variétés introduites de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) dans la région d'Ouargla (cas de Hassi Ben Abdallah).

Baize et al. (2006 : Sterckeman, Thibault, et al. "Trace elements in soils developed in sedimentary materials from Northern France." *Geoderma* 136.3-4 (2006): 912-929.

Balesdent : Balesdent, Jérôme, André Mariotti, and Bernard Guillet. "Natural ¹³C abundance as a tracer for studies of soil organic matter dynamics." *Soil Biology and Biochemistry* 19.1 (1987): 25-30.

Baouia et Hebbaz ,2006 : IDDER, M. (2006). CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DES EAUX DU CHOTT DE AIN BEIDA DE LA CUVETTE DE OUARGLA. *Annales des Sciences et Technologie*, 1(1), 4-4.

Barbartik , 1985 : Barbartik, A., et al. "Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage sludge applied to soil." *American Journal Soil Science* 49 (1985): 1403-1406.

- Benmouffok , 2005 :** Laoubi, Khaled, and Masahiro Yamao. "A typology of irrigated farms as a tool for sustainable agricultural development in irrigation schemes: The case of the East Mitidja scheme, Algeria." *International Journal of Social Economics* 36.8 (2009): 813-831.
- Benterrouche, 2007 :** Soriano-Mas, Carles, et al. "Identifying patients with obsessive-compulsive disorder using whole-brain anatomy." *Neuroimage* 35.3 (2007): 1028-1037.
- Bouhannaa, 2011 :** Koull, Naïma, and Abdelmadjid Chehma. "Soil-vegetation relationships of saline wetlands in north east of Algerian Sahara." *Arid Land Research and Management* 29.1 (2015): 72-84.
- Bousselhaj, 1996 :** Ouazzani, Naïla, Khadija Bousselhaj, and Younes Abbas. "Reuse of wastewater treated by infiltration percolation." *Water Science and Technology* 33.10-11 (1996): 401-408.
- Brossard et al., 1989 :** Zinn, Y. L., Lal, R., & Resck, D. V. (2005). Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 127(1-2), 168-173.
- Capowiez (2009 :** Sauphanor, B., Simon, S., Boisneau, C., Capowiez, Y., Rieux, R., Bouvier, J. C., ... & Toubon, J. F. (2009). Protection phytosanitaire et biodiversité en agriculture biologique. Le cas des vergers de pommiers. *Innovations agronomiques*, 4, 217-228.
- Chaabena, 2001 :** Chaabena, A. "Situation des cultures fourragères dans le Sud-Est septentrional du Sahara algérien et caractérisation de quelques variétés introduites et populations sahariennes de luzerne cultivée, El-Harrach: Mem." *Magister, INA* (2001).
- Cheverry, 2009 :** Chéry, Philippe, et al. "Impact de l'artificialisation sur les ressources en sol et les milieux en France métropolitaine. Evaluation selon trois sources d'informations indépendantes." *Cybergeo: European Journal of Geography* (2014).
- Celerier, 2008 :** Amossé, Joël, et al. "Effects of endogeic earthworms on the soil organic matter dynamics and the soil structure in urban and alluvial soil materials." *Geoderma* 243 (2015): 50-57.
- Culot, 2005 :** Culot, M. "Filières de valorisation agricole des matières organiques." *Faculté Universitaire des Sciences Agronomique. Laboratoire d'Écologie microbienne et d'Épuration des Eaux (LEMEE)* 73p (2005).
- Deplanhol et Rognon, 1970 :** El-Sheikh, M. I. (1988). L'agressivité du climat et le problème de l'eau potable au Kuwait (Arabie). In *Annales de géographie* (Vol. 97, No. 540, pp. 150-170). Société de géographie.
- Dubost, 1992 :** Dubost, D. (1992). Aridité, agriculture et développement: le cas des oasis algériennes. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 3(2), 85-96.

Gadal, 1987 : Conia, J., Bergounioux, C., Perennes, C., Muller, P. H., Brown, S., & Gadal, P. (1987). Flow cytometric analysis and sorting of plant chromosomes from *Petunia hybrida* protoplasts. *Cytometry: The Journal of the International Society for Analytical Cytology*, 8(5), 500-508.

Garrec et al., 2003 : Pourcher, Anne-Marie, et al. "Survival of faecal indicators and enteroviruses in soil after land-spreading of municipal sewage sludge." *Applied Soil Ecology* 35.3 (2007): 473-479

Genier, 1987 : Loué, André. *Les oligo-elements en agriculture*. Editions de la nouvelle librairie (IS), 1987.

Girard et al., 2005 : Moussa-Machraoui, Sihem Ben, et al. "Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia." *Soil and Tillage Research* 106.2 (2010): 247-253.

Grimaud, 1996 : Pelfrène, Aurélie, Nathalie Gassama, and D. Grimaud. "Mobility of major-, minor-and trace elements in solutions of a planosolic soil: Distribution and controlling factors." *Applied Geochemistry* 24.1 (2009): 96-105.

Hesse, in Gamrasni, 1981: Li, L., Lichter, A., Chalupowicz, D., Gamrasni, D., Goldberg, T., Nerya, O., ... & Porat, R. (2016). Effects of the ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 322-329.

Houot (2009 : Houot, S., Cambier, P., Benoit, P., Bodineau, G., Deschamps, M., Jaulin, A., ... & Barriuso, E. (2009). Effet d'apports de composts sur la disponibilité de micropolluants métalliques et organiques dans un sol cultivé. *Étude et gestion des sols*, 16(3/4), 255-274.

Igoud, 2001; Roula, 2005 : CHOUIAL, M., BENAMIROUCHE, S., & BELBELDI, O. REVUE AGRICULTURE.

Impens et Avril, 1992 : Polley, H. W., H. B. Johnson, and H. S. Mayeux. "Carbon dioxide and water fluxes of C 3 annuals and C 3 and C 4 perennials at subambient CO 2 concentrations." *Functional Ecology* (1992): 693-703.

Itcf, 2001 : Llorens, J. M. (2001). La méthode de raisonnement de la fertilisation PK: un outil pour l'agriculture. *COMIFER-GEMAS, 5ème Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre, Blois, France, 27-29 Novembre*.

Itdas, 1993 : Allam, A., Tirichine, A., Madani, H., & Benlamoudi, W. (2018). VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DU SORGHO (SORGHUM BICOLOR L. MOENCH), CULTIVE DANS LA VALLEE D'OUED RIGH (SUD-EST ALGERIEN). *Lebanese Science Journal*, 19(1), 10.

Janati ,1990 : Farissi, Mohamed, et al. "Growth, nutrients concentrations, and enzymes involved in plants nutrition of alfalfa populations under saline conditions." (2014): 301-314.

- Khadraoui, 2006 :** Khadraoui, A. (2006). Ressources en eau au Sahara et leur impact environnemental.
- Koboulewsky *et al.*, 2001 :** BOULAHBAL, O. (2011). Contribution à l'étude de l'évolution de la matière organique des boues dans le sol (Doctoral dissertation).
- Lapeyronie, 1982 :** Lapeyronie, A. (1982). Les productions fourragères méditerranéennes-technique agricole et production méditerranéenne. *Maisonneuve et Larose*, 307-315.
- (Lemercier, 2002 :** acoste, M., Lemercier, B., & Walter, C. (2011). Regional mapping of soil parent material by machine learning based on point data. *Geomorphology*, 133(1-2), 90-99.
- Maes, 1977 :** Maës, M. (1977). *Les résidus industriels: Technologie prope-Traitement-Valorisation-Legislation*. Tec & Doc-Lavoisier.
- Mench *et al.*, 1989 :** Mench, M., & Martin, E. (1991). Mobilization of cadmium and other metals from two soils by root exudates of *Zea mays* L., *Nicotiana tabacum* L. and *Nicotiana rustica* L. *Plant and soil*, 132(2), 187-196.
- Moieta *et Conseii*, 2003 :** Micó, Rafael. "Radiocarbon dating and Balearic prehistory: reviewing the periodization of the prehistoric sequence." *Radiocarbon* 48.3 (2006): 421-434.
- Moleta *et Consell*, 2003 :** BOULAHBAL, O. (2011). *Contribution à l'étude de l'évolution de la matière organique des boues dans le sol* (Doctoral dissertation).
- Nicourt *et Barbier*, 2009 :** Joncoux, Steve. "L'intensification écologique de l'agriculture par la valorisation des déchets organiques: de l'écologisation aux inégalités." *Natures Sciences Sociétés* 21.2 (2013): 223-229.
- ONM Ouargla, 2019 :** Abdeldjebar, T., Mohammed, H., & Messouad, H. (2019). Origin and Age of the surface water and groundwater of the Ouargla basin-Algeria. *Energy Procedia*, 157, 111-116.
- ONA, 2011 :** IDDER, T., LAOUALI, M. S., SEIDL, M., IDDER, A., & Mensous, M. (2011). ETUDE DE DEUX SYSTEMES DE TRAITEMENT D'EAUX USEES URBAINES PAR LAGUNAGE. CAS DE LA STATION PILOTE DE L'UNIVERSITE DE NIAMEY (NIGER) ET DE LA STATION DE LAGUNAGE AERE DE L'OASIS D'OUARGLA.
- O.T.V, 1997:** Fox, D. M., R. B. Bryan, and A. G. Price. "The role of soil surface crusting in desertification and strategies to reduce crusting." *Environmental monitoring and assessment* 99.1-3 (2004): 149-159.
- Pescod, 1992 :** Pescod, M. B. "Wastewater treatment and use in agriculture." (1992).
- Riguero-Rodriguez *et al.*, 2000 :** Rodríguez, A. R. Efecto residual del encalado y de la fertilización con lodos de depuradora urbana sobre los diferentes componentes de un sistema silvopastoral establecido con *Pinus radiata* D. Don en Galicia.

Ripert, 1990 : Ripert, M., et al. "Manganese dioxides: structural model and in-situ neutron powder diffraction investigation of thermal annealing and electrochemical reduction." *MRS Online Proceedings Library Archive* 210 (1990).

Sahström et al., 2004 : Svihus, B., et al. "Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill." *Animal Feed Science and Technology* 117.3-4 (2004): 281-293.

Sbih, 1990 : Sbih, FATIMA-ZOHRA, et al. "Persistent measles virus infection in vero and McCoy cell lines." *Acta virologica* 34.3 (1990): 272-281.

Tamrabet et al., 2009 : Nawal, A., Mohammed, K., Lahbib, T., Dalila, A., Anissa, Z., & Djawhara, M. (2016). Relation entre l'activité biologique et le comportement hydro physique des sols dans le contexte du système prairial naturel irrigué à l'eau usée. *European Scientific Journal, ESJ*, 12(5), 76.

Tessier, 2009 :Tavares Filho, João, and Daniel Tessier. "Characterization of soil structure and porosity under long-term conventional tillage and no-tillage systems." *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33.6 (2009): 1837-1844.

Tester , 1982 : Tester, Cecil F. "Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil." *Soil Science Society of America Journal* 54.3 (1990): 827-831.

Terce, 2001 : Martinez, Laurent O., et al. "Ectopic β -chain of ATP synthase is an apolipoprotein AI receptor in hepatic HDL endocytosis." *Nature* 421.6918 (2003): 75.

Ukmo, 2013 : Waha, K., Müller, C., Bondeau, A., Dietrich, J. P., Kurukulasuriya, P., Heinke, J., & Lotze-Campen, H. (2013). Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 23(1), 130-143.

Zebarth et al., 2000 : Dean, D. M., et al. "Poultry manure effects on soil nitrogen processes and nitrogen accumulation in red raspberry." *Canadian Journal of Plant Science* 80.4 (2000): 849-860.

Zekad, 1982 : Étude dynamique de la teneur en métaux lourds dans un sol brun lessivé après addition de résidus urbains

Werther et Ogada, 1999 : Hossain, Mustafa K., et al. "Agronomic properties of wastewater sludge biochar and bioavailability of metals in production of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*)." *Chemosphere* 78.9 (2010): 1167-1171.

Annexes

Echelles utilisées à l'interprétation des résultats

Annexe 01

Tableau 01 : Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5(AUBERT, 1978).

CE (dS/m) à 25 °C	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < CE < 1,2$	Sol peu salé
$1,2 < CE < 2,4$	Sol salé
$2,4 < CE < 6$	Sol très salé
$CE \geq 6$	Sol extrêmement salé

Annexe 2

Tableau 02: Echelle d'interprétation de pH dans l'extrait 1/5(SOLTNER, 1989 in HABHOUB, 2009).

Valeur de pH	Classe d'interprétation
5 à 5,5	Très acide
5,4 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6,6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcalin
>8	Très alcalin

Annexe 03

Tableau 03: L'interprétation de calcaire total (Bernard, 2000 in MENACER, 2009).

Valeur de CaCO₃ %	Classe d'interprétation
0 à 5 %	Sol peu calcaire
5 à 15 %	Sol moyennement calcaire
15 à 30 %	Sol calcaire
>30 %	Sol très calcaire

Annexe 04

Tableau 04: L'échelle de MO % (Morand, 2001).

MO %	Classe d'interprétation
0.5 à 1 %	Très faible en MO
1 à 2 %	Faible en MO
2 à 3 %	Moyenne (ou modérée) en MO
3 à 5 %	élevée en MO
> à 5 %	Très élevée en MO

Annexe 5

Tableau N°05: Caractéristiques physico-chimiques des boues étudiées:

Analyses	Paramètres	Résultats	Unités
Physique	Salinité (CE) à 25°C	12.39	CE ds/m
	pH	7.30	
Chimique	Azote total (N)	0.0677	%
	Matière organique	61.90	%
	Humidité	8.7	%
	Matière sèche	90	%

Annexe 6

Tableau°06 : Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié:

Analyses	Paramètres		Résultats	Unités
Physique	Granulométrie	fraction argileuse et le limon	<i>comprises entre 0,11 et 2,06</i>	%
		sable fin	<i>Compris entre 35.56 et 49.79</i>	%
	La conductivité électrique(CE)		2.26 à 3,98	ds/m
	Le pH		compris entre 7,20 à 7,61	
Chimique	Azote total (N)			%
	CaCO3 (%)		1 à 3,9	%
	Matière organique		2.02en surface et 0.3 en profondeur	%

Annexe 7

Tableau°07 : Résultats obtenus sur le développement de la luzerne :

Paramètre	Traitement	Moyenne
la levée	T	55,66
	D1	2,33
	D2	1,33
	D3	5,33
Nombre de tiges	T	55,66
	D1	2,33
	D2	1,33
	D3	5,33
Hauteur de tige	T	7,5
	D1	1,83
	D2	1,83
	D3	4,83
Nombre de feuille	T	205
	D1	9,33
	D2	6,66
	D3	17,66

Annexe 8

Tableau N°08 : Les groupes de la levée

Echantillon	Groupes	
la levée D2	A	
la levée D1	A	B
la levée D3	A	B
la levée T		B

Annexe 9

Tableau N°09 : Les groupes de Nbr T

Echantillon	Groupes	
Nbr T D2	A	
Nbr T D1	A	B
Nbr T D3	A	B

Annexe 10

Tableau N°10: Analyse de variance

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	66,741	22,247	184,929	< 0,0001
Erreur	8	0,962	0,120		
Total corrigé	11	67,703			

Annexe 11

Tableau N°11: Les moyennes et les groupes de Htr T

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
D1	1,833	A		
D2	1,853			
D3	4,833		B	
T	7,500			C

Annexe 12

Tableau N°12: les groupes de Nbr F

Echantillon	Groupes	
Nbr F D2	A	
Nbr F D1	A	B
Nbr F D3		B
Nbr F T		B

Annexe 13

Tableau N°13: Les moyennes de pH

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T	7,337	A
D1	7,360	A
D3	7,400	A
D2	7,403	A

Annexe 14**Tableau N°14:** Analyse de variance de pH

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	0,009	0,003	1,171	0,380
Erreur	8	0,021	0,003		
Total corrigé	11	0,031			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

Annexe 15**Tableau N°15:** les groupes homogène de CE.

Echantillon	Groupes	
CE T	A	
CE D1	A	B
CE D2		
CE D3		B

Annexe 16**Tableau N°16:** Analyse de variance de rétention en eau

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	203,030	67,677	2388,588	< 0,0001
Erreur	8	0,227	0,028		
Total corrigé	11	203,257			

Annexe 17**Tableau N°17:** Les moyennes et les groupes de la capacité de rétention en eau

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
T	87,567	A		
D3	96,867	B		
D2	96,933			
D1	97,367			C

Tableau N°18: Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D1 vs T	-5,667	-20,010	2,306	< 0,0001	Oui
D1 vs D3	-3,000	-10,593	2,306	< 0,0001	Oui
D1 vs D2	-0,020	-0,071	2,306	0,945	Non
D2 vs T	-5,647	-19,939	2,306	< 0,0001	Oui
D2 vs D3	-2,980	-10,523	2,306	< 0,0001	Oui
D3 vs T	-2,667	-9,416	2,306	< 0,0001	Oui

Annexe 19**Tableau N°19:** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs D2	-0,067	-1,581	2,306	0,153	Non
T vs D3	-0,063	-1,502	2,306	0,171	Non
T vs D1	-0,023	-0,553	2,306	0,595	Non
D1 vs D2	-0,043	-1,028	2,306	0,334	Non
D1 vs D3	-0,040	-0,949	2,306	0,371	Non
D3 vs D2	-0,003	-0,079	2,306	0,939	Non

Annexe 20**Tableau N°20:** Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T vs D1	-9,800	-71,305	2,306	< 0,0001	Oui
T vs D2	-9,367	-68,153	2,306	< 0,0001	Oui
T vs D3	-9,300	-67,667	2,306	< 0,0001	Oui
D3 vs D1	-0,500	-3,638	2,306	0,007	Oui
D3 vs D2	-0,067	-0,485	2,306	0,641	Non
D2 vs D1	-0,433	-3,153	2,306	0,014	Oui

Annexe 21 : Mode opératoire



Photo N°04 : Prélèvement les échantillons du sol



Photo N° 05: Préparation de la mélange (Sol - Boues)

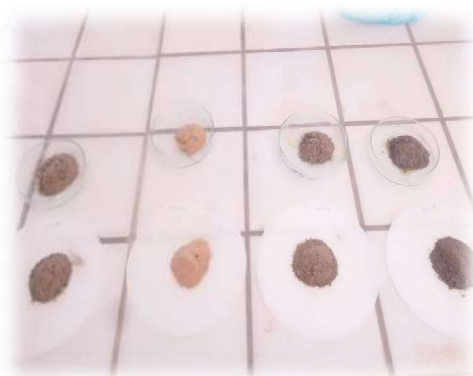


Photo N°06: Préparation d'extract



Photo N°07 : Témoin à la mise en place



Photo N°08: Dose de mélange (sol – Boue) à la mise en place

Essai de valorisation des boues de la station de lagunage naturel (Said otba) dans la culture de la luzerne (*Medicago Sativa L.*) à l'exploitation de l'itas dans la région d'Ouargla

Résumé:

Le présent travail a été conduit au cours de l'année 2018/2019 dans la serre expérimentale de l'exploitation de l'université d'Ouargla a pour but l'étude la valorisation des boues résiduaires sur le comportement de la luzerne (*Medicago Sativa L.*) a travers des doses croissantes des boues résiduaires (3.66kg ,2.75kg ,1.83kg) et un témoin sans apport des boues.

Les résultats obtenus sont mitigés montrant plutôt un meilleur comportement du témoin par rapport aux traitements ayant subi l'amendement organique ; une minéralisation très lente du produit à forte consistance constituerait une voie d'investigation pour améliorer son action à court terme sur les espèces cultivées.

Mots clés: Boues résiduaires, luzerne, l'itas, Ouargla -Algérie.

Test on the valuation of sludge from the natural lagoon (Said otba) in the cultivation of alfalfa (*Medicago Sativa L.*) for the exploitation of the itas in the region of Ouargla.

Summary:

This work was carried out during the year 2018/2019 in the experimental greenhouse of the University of Ouargla exploitation.

It aims to study the of the valuation of sludge on the behavior of alfalfa (*Medicago Sativa L.*) on the behavior of an : alfalfa (*Medicago sativa L.*) through increasing doses of sewage sludge (3.66kg ,2.75kg ,1.83kg) and a control without sludge.

The results are rather mixed showing a better performance compared to the control treatments have undergone organic amendment; very slow mineralization of high product consistency would be a way to improve its investigative action on short-term crops.

Keywords: Waste sludges, alfalfa, L'itas, Ouargla- Algeria.

اختبار تثمين الحماة لمحطة سعيد عتبة لولاية ورقلة في زراعة الفصة بالموقع التجريبي لجامعة ورقلة ليطاس .

ملخص

اجري هذا العمل خلال 2018-2019 في البيت البلاستيكي للموقع التجريبي لجامعة ورقلة بهدف دراسة تثمين الحماة على سلوك الفصة و ذلك من خلال ثلاثة تراكيز متزايدة (1.83kg , 2.75kg , 3.66kg) و شاهد خالي من الحماة.

أظهر الشاهد اداء افضل مقارنة بالمعالجات التي خضعت للتعديلات العضوية كلما كان المعالج اكثر تحللا سيكون وسيلة لتحقيق استجابته على المدى القصير للأنواع المزروعة.

الكلمات الدالة : الحماة, الفصة , ليطاس ورقلة -الجزائر