



*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

**UNIVERSITE ABBES LAGHROUR –KHENCHELA**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**DEPARTEMENT: Ecologie & Environnement**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

**FILIERE: Ecologie et l'Environnement**

**OPTION: Protection des écosystèmes**

**Thème**

**Contribution à l'étude de l'effet de l'épandage des boues sur quelques propriétés chimiques du sol et impactes sur quelques paramètres morphophysiologique du blé**

**Présenté par:**

*AZIZI Nadia*

*Marir Amel*

**Encadré par:**

*ADDAD Dalila*

*Soutenu le: 18/06/2018.*

**Jury de soutenance:**

*Présidente : Ababsa N.*

*MCB*

*Université Khenchela*

*Encadreur : Addad D.*

*MCB*

*Université Khenchela*

*Examinatrice : Harat N.*

*M AA*

*Université Khenchela*

*Promotion: 2017/2018*



## **Remerciements**

*Avant tout nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminée ce travail.*

*Après :*

*Nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail en particulier :*

*Nous tenons à remercier **Dr “Addad Dalila”** pour avoir accepté de diriger notre travail, pour son aide précieux, ses encouragements et pour ses conseils tout le long de ce travail.*

*Sans oublier tout nos autres professeurs pour leur entière disponibilité, leur aide inestimable et leurs conseils sans lesquels ce travail n’aurait pu aboutir. Nous espérons être dignes de la confiance qu'ils ont placée en nous.*

*Nous remercions aussi très vivement, **Meme .Ababsa.N et Meme Harat.N***

*Nous vous remercions de nos faire l'honneur de juger ce modeste travail, et veuillez accepter nos chaleureux remerciements pour votre participation à ce jury.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciement au chef de laboratoire de Biologie **Meme Chorfi Rafika** et tout l'équipe du laboratoire pour leur aide et surtout Leur gentillesse.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous a toujours soutenue et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste mémoire qui est la conséquence de longues années d'études, en premier lieu à :*

*\* ma très chère MERE, à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien afin de me voir parvenir à ce que je suis devenu aujourd'hui.*

*\* Mon cher PERE qui ma donné la volonté de réaliser et de finir ce travail.*

*\* A mon grand frère Nabil, pour ces conseils, son soutien moral et*

*Pour tout ses efforts.*

*\*A mes très chères sœurs HASSINA, SAMIRA, MOUNIA,SARA et SIRINE.*

*\*A mon frère SALEH.*

*Je dédie également ce travail à tous mes amis avec lesquels je partage tous les souvenirs inoubliables.*

*Amel*

## *Dédicaces*

*Je remercie tout d'abord mon Dieu de m'avoir donné courage, patience et conscience afin de bien rédiger ce modeste travail je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents qui m'ont donné un la volonté et le courage pour finir mes études universitaires et réaliser ce Modeste travail*

*A mes chères Sœurs : Ghada, Siham, Malek, Leila.*

*A mon frère: Salah.*

*A tous mes enseignants de département. A mes collègues et mes amis sans exception chacun à son nom A tous les étudiants A tous ceux qui m'aiment et m'estiment.*

**NADIA**





# **SOMMAIRE**

## **Introduction**

### **Partie 1 : Revue bibliographique**

1- Traitements des boues résiduaires.....	01
1 -1- Les différents types des boues.....	01
.Les boues industrielles .....	01
.Les boues primaire.....	01
.Les boues secondaire ou biologique.....	01
.Les boues physico-chimique.....	01
.Les boues mixtes.....	01
1 -2- Les étapes de traitement des boues.....	01
.Traitement et stabilisation des boues.....	02
.Traitement de l'épaississement et de concentration des boues.....	02
.Conditionnement des boues.....	02
.Déshydratation.....	02
.Séchage.....	02
.Elimination finale des boues.....	03
1-3- Les voies d'élimination des boues.....	03
1-3-1- La mise en décharge.....	03
1-3-2- L'incinération.....	04
1-3-3- Le compostage.....	04
1-3-4- L'utilisation agricole des boues .....	05
1-4- Composition des boues résiduaires.....	06
1-4-1- Matière organique.....	06
1-4-2- Eléments fertilisants et amendements .....	06
1-4-3- Contaminants chimique inorganique et organique.....	07
1-4-4- Les composés traces organique.....	07
. les microorganismes pathogène.....	07
2-Effets des apports des boues sur les propriétés physico-chimique du sol.....	08
2-1-Effet sur le pH.....	08
2-2-Effets sur les mesures granulométriques.....	08
2-3-Effets sur la capacité d'échange cationique.....	08
2-4-Effets sur les teneurs en éléments minéraux.....	09
2-5-Effets sur les éléments en traces.....	09

### **Partie II- Enoncé général de l'étude**

1 - Contexte de l'étude.....	11
2-Description de l'essai .....	13
3-Description du matériel végétale.....	14
4-Matériels et méthodes.....	14

<b>4-1-Analyses de sols.....</b>	<b>14</b>
-pH .....	14
-Conductivité Electrique <b>CE</b> .....	15
-Le Carbone Organique Totale (COT%) et la matière organique.....	16
-Calcaire total( <b>CaCO<sub>3</sub></b> ).....	19
<b>4-2- Analyses des plantes .....</b>	<b>20</b>
-Surface foliaire.....	20
-La hauteur du talles.....	21
-chlorophylles.....	21
<b>5-Etude statistique.....</b>	<b>21</b>
<b>Partie III- Résultats et discussion</b>	
<b>1-Caractérisation des boues issues de la station d'épuration.....</b>	<b>22</b>
<b>2-Effet de l'épandage des boues sur la qualité du sol.....</b>	<b>23</b>
<b>2-1-Effet de l'épandage des boues sur la matière organique.....</b>	<b>23</b>
<b>2-2-Effet de l'épandage des boues sur le calcaire total du sol.....</b>	<b>25</b>
<b>2-3-Effet de l'épandage des boues sur la conductivité électrique.....</b>	<b>26</b>
<b>2-4-Effet de l'épandage des boues sur le potentiel hydrogène.....</b>	<b>28</b>
<b>3-Effet de l'épandage des boues sur la Productivité du sol: étude de quelque paramètres</b> <b>végétatifs.....</b>	<b>29</b>
<b>3-1-Effet de l'épandage des boues sur la surface foliaire .....</b>	<b>29</b>
<b>3-2-Effet de l'épandage des boues sur la hauteur des plantes.....</b>	<b>30</b>
<b>3-3-Effet de l'épandage des boues sur la chlorophylle.....</b>	<b>31</b>

**Conclusion**

**Références**

**Annexe**

## LISTE DES ABREVIATIONS

NOTATION	DEFINITION
MO	Matière organique
C.E	Conductivité électrique
CaCO <sub>3</sub>	Calcaire total
μs/cm	Micro siemens par centimètre
pH	Potentiel hydrogène
%	pourcent
CEC	Capacité d'échange des cations
MS	Matière sèche

<b>Listes des figures</b>		
<b>Figure</b>	<b>titre</b>	<b>page</b>
Figure 1	Equipements de la station de Khenchela (ONA, 2013)	14
Figure 2	Plan de l'essai installé au niveau des laboratoires pédagogiques de l'université de Khenchela (T : Témoin, B : Sol avec une dose de boue, B2 : Sol avec dose double de boue ; R1, R2, R3 et R4 : les quatre répétitions)	15
Figure 3	Différentes étapes de mesure du pH	17
Figure 4	Différentes étapes de mesure de la conductivité électrique (CE)	18
Figure 5	Différents produits et étapes de mesure du Carbone Organique Total (COT)	20
Figure 6	Différents produits et étapes de mesure du Calcaire Total (CaCO <sub>3</sub> )	22
Figure 7	Variations de la matière organique en fonction des différentes doses de boues	26
Figure 8	Variations du calcaire total en fonction des différentes doses de boues	27
Figure 9	Variations de la conductivité électrique en fonction des différentes doses de boues.	29
Figure 10	Variations du pH en fonction des différentes doses de boues.	30
Figure 11	Variations de la surface foliaire en fonction des différentes doses de boues.	32
Figure 12	Variations de la hauteur des plantes en fonction des différentes doses de boues.	33
Figure 13	Variations de la Chlorophylle totale en fonction des différentes doses de boues.	33

<b>Liste des tableaux</b>		
<b>tableau</b>	<b>titre</b>	<b>page</b>
<b>Tableau 1</b>	Caractérisation des boues issues de la station d'épuration de Khenchela	24
<b>Tableau 2</b>	Carré moyen de l'analyse de variance des paramètres mesurés.	25
<b>Tableau 3</b>	Normes d'interprétation de la matière organique Selon le programme LANO/CA de Basse Normandie	26
<b>Tableau 4</b>	Normes d'interprétation du calcaire total Selon le programme LANO/CA de Basse Normandie	28
<b>Tableau 5</b>	Classement de la salinité suivant la conductivité électrique	29
<b>Tableau 6</b>	Normes d'interprétation du pH Selon le programme LANO/CA de Basse Normandie	31



# **INTRODUCTION**

## **Introduction**

L'Algérie, comme tous les pays du sud méditerranéen, est confronté au problème de la rareté de l'eau, causée principalement par une irrégularité des précipitations, l'expansion de la population urbaine avec le mode de vie moderne, l'amplification des activités industrielles et agricoles, ainsi que l'augmentation de l'évaporation. Cette pénurie d'eau touche beaucoup plus les régions arides et semi-arides, caractérisées par des sols carbonatés à faible taux de matière organique (**Boudjabi, 2016**).

La valorisation agricole des boues résiduaires urbaines s'inscrivant dans le cadre de la valorisation des déchets devrait connaître un fort développement. Cependant cette pratique soulève actuellement des débats passionnés en raison de leur origine non agricole, de leur composition variable et de la présence possible d'éléments indésirables micro-polluants organiques, éléments traces métalliques, éléments biologiques pathogènes. Ces éléments par la pratique de l'épandage sur des sols agricoles sont susceptibles de porter atteinte à la qualité des produits, de l'environnement ou à la santé humaine (**Pisson, 2000**).

En effet, Le sol est une ressource naturelle dont l'exploitation doit être perçue à travers une optique conservatrice de limitation de toutes les formes de dégradation surtout dans les régions arides et semi arides où la fragilité et la pauvreté en éléments nutritifs constituent les traits dominants. (**Boudjabi, 2016**)

L'incorporation des boues s'avère une alternative efficace apte à améliorer durablement la fertilité physique et chimique du sol (**Shaheen et al., 2014**). En effet, elle protège le sol contre la dégradation et favorise une meilleure croissance des plantes, en accroissant leurs potentiels de survie en période de sécheresse (**Jacobsen et al., 2012**). Actuellement, la majorité des études effectuées sur les boues (**Bresson et al. 2001 ; Orman et Kaplan, 2014**) sont orientées vers la valorisation agricole grâce à leur apport important en éléments nutritifs.

Les sols traités avec des boues résiduaires tendent à avoir un pH neutre et s'enrichissent en phosphore et en matière organique (**Benmouffok et al., 2005**). Cependant, les boues apportées sont souvent une source de pollution des eaux souterraines lorsqu'elles sont chargées de nitrates qui migrent vers les nappes phréatiques. Elles sont la cause de la salinité du sol (**Tasdilas, 1997**), de la pollution aux métaux lourds (**Bozkurt, 2006**) et d'odeurs désagréables (**Sachon, 1995**).

Dans ce contexte que se situe le présent travail dont l'objectif est d'apprécier l'effet de l'épandage des boues résiduaires sur quelques paramètres de la qualité chimique du sol, ainsi que sur quelques propriétés morphophysiological du blé.



**PARTIE I : REVUE**  
**BiBLIOGRAPHIQUE**

## **1. Les boues résiduaires**

La totalité des procédés d'épuration des eaux usées, qu'ils soient biologiques ou physico-chimiques, conduisent à la concentration des polluants sous la forme de suspensions aqueuses ou boues.

### **1.1. Les différents types des boues**

Selon l'origine, on pourra distinguer les types de boues suivantes :

- **Les boues industrielles**

C'est l'ensemble de déchets liquides, pâteux ou solides sortant du site de production. (Salhi, 2003).

- **Les boues primaires :**

Obtenues par simple décantation d'un résidu insoluble. Ces boues correspondent à la pollution particulaire directement décantable. Elles sont produites par les industries de la cellulose, les industries de traitement des métaux, des minerais, les industries agroalimentaires générant des déchets fibreux. (ADEME, 1999).

- **Les boues biologiques ou secondaires**

Sont issues d'un bassin aéré ou d'une cuve anaérobie ; des industries chimiques et pharmaceutiques, agroalimentaires (laiteries, boissons...), textiles et, plus généralement, de toute industrie rejetant de la pollution organique biodégradable. Elles sont essentiellement constituées de bactéries et sont très organiques et peu concentrées. (Murillo, M 2004).

- **Les boues physico-chimiques**

Ce sont les boues résultant du traitement physico-chimiques dit aussi boues de coagulation elles sont apparentées aux primaires mais enrichies en certains éléments (Fe, Al, Ca, Cl) présents dans les réactifs chimiques utilisés, visant à coaguler la fraction colloïdale des matières contenues dans les eaux usées (Sbih, 1990).

La présence de ces éléments à forte teneur augmenterait le poids et le volume des boues, ce qui poserait des problèmes spécifiques de destination finale (Sbih, 1990).

- **Les boues mixtes**

C'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires. Elles existent au niveau des STEP (station de traitement des eaux polluées) dotées d'une filière de traitement complète (Albrecht, 2007).

## **1.2. Les étapes traitement des boues**

D'après Vialatte (2001) pour des raisons sanitaires et écologiques, les boues d'épuration sont telles qu'elles sont produites par le traitement des eaux usées ne peuvent être éliminées directement dans la nature et doivent subir des traitements qui modifient considérablement leur nature et leurs propriétés.

Selon Yousef (2003) les procédés présentés ci-après sont les principales étapes de ce traitement :

- **Traitements de stabilisation des boues :**

Le traitement de stabilisation des boues réside essentiellement dans l'élimination ou la réduction du pouvoir fermentescible des boues organiques, notamment des matières à évolution bactérienne rapide afin d'éviter l'émission d'odeurs désagréables (Koller, 2009).

L'empêchement de la fermentation des matières organiques des boues se fait par l'addition de la chaux pour maintenir un pH supérieur à 12 en inhibant toute activité microbienne (Molleta, 2006).

- **Traitement de l'épaississement et de concentration des boues**

L'épaississement est la première étape pour réduire le volume des boues tout en augmentant la concentration pour permettre la déshydratation. Le concentrateur statique présente deux phases de fonctionnement : La clarification permet d'obtenir un surnageant pauvre en matière en suspension, l'épaississeur est alors considéré comme un décanteur, puis sous l'action de la pesanteur, la teneur des boues en matière en suspension progresse (Cardot, 1999).

- **Conditionnement des boues**

Après l'épaississement, les boues contiennent encore une très forte proportion d'eau, ce qui rend difficile la réduction de leur volume. Elles sont intimement liées à la masse colloïdale de nature hydrophile. Un conditionnement est indispensable pour rendre son exploitation dans les différents équipements (Degrement, 1978).

- **Déshydratation**

Les procédés de déshydratation ont pour objectif de faire passer la boue de l'état liquide à une consistance plus ou moins solide, qui devra évidemment répondre aux exigences de la destination finale choisie (**Koller, 2009**).

- **Séchage**

Le séchage consiste à évacuer par évaporation l'eau interstitielle présente dans les boues. Dans le cas d'un séchage total, le produit final se réduit pratiquement en matière sèche. Il se réalise avec l'utilisation du lit de séchage qui est constitué par une couche de 30 à 40 cm de sable, reposant sur une couche de gravier. Les boues sont déposées à la surface du sable dans un premier temps, l'eau interstitielle percole rapidement à travers le sable. Un système de drainage permet de la récupérer et de la renvoyer dans le bassin d'aération. Les boues restent à la surface du lit de sable et sèche au cours de temps. Ces boues sèches peuvent être enlevées soit manuellement soit mécaniquement (**Molleta, 2007**).

- **Elimination finale des boues**

L'élimination finale des boues issues du traitement des effluents des industries agroalimentaires semble être utile à la valorisation en agriculture car ils sont riches en élément fertilisants (**Molleta, 2006**).

### **1.3. Les voies d'élimination des boues**

#### **1.3.1. La mise en décharge**

La mise en décharge contrôlée consiste en un enfouissement des boues (souvent mélangées avec les ordures ménagères) en tenant compte de certaines conditions : compactage des résidus, site étanche, récupération et traitement des jus de décharges (lixiviats), équipement et gestion du site (**El-Fadel et Khoury, 2000 ; Allen, 2001**).

La mise en décharge comme solution d'élimination des boues a perdu progressivement de son intérêt et se retrouve actuellement interdite pour des raisons financières (procédure de fermeture ...) et pour des problèmes environnementaux tels que les odeurs nauséabondes, pullulation de moustiques, entraînement d'éléments fertilisants (nitrates, phosphates) et de produits toxiques par les eaux superficielles et contamination des nappes d'eaux souterraines (**Marttinen et al., 2003**).

Les décharges ne doivent plus accepter que des déchets qui ne peuvent plus être raisonnablement valorisés ou à caractère non dépolluables ou dangereux appelés aussi déchets ultimes. La directive européenne du 26 avril 1999 impose une diminution d'au moins 65 % de la quantité de déchets organiques mis en décharge (**Amir, 2005 ; Bernal-Martinez, 2005**).

### **1.3.2. L'incinération**

Elle réalise la destruction de la matière organique des déchets par combustion à haute température (plus de 500 °C) produisant des fumées et des matières minérales résiduelles nommées cendres. Dans l'objectif d'une valorisation énergétique des déchets, la chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui même, pour le chauffage urbain ou industriel (**Prevot, 2000**). Les résidus de l'incinération (mâchefer) sont utilisables pour les travaux publics (**Werther et Ogada, 1999**). En France, 14 à 16 % des boues urbaines sont incinérés. En Europe, le pourcentage varie de 0 à 55 % selon les pays. Cependant, malgré l'intérêt de ce procédé pour une réduction importante des volumes de déchets, il présente des contraintes principalement liées à un investissement très coûteux (**Cherifi, 2013**).

Les boues seules ne sont pas auto combustibles, elles nécessitent des fours spéciaux et un mélange avec d'autres déchets tels les déchets ménagers. Cette technique reste aussi néfaste du point de vue écologique et environnemental puisqu'elle contribue en plus du gaspillage de matières organiques utiles pour le sol à la diffusion de gaz très toxiques (NO, NO<sub>2</sub>, CO, SO, dioxine etc.) (**Mininni et al., 2004; Nammari et al., 2004**).

### **1.3.3. Le compostage**

Le compostage est un processus de décomposition et de transformation « contrôlées » de déchets organiques sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant en milieu aérobie (**Sharma et al., 1997**). Des communautés différentes de micro-organismes se succèdent lors du compostage, elles sont constituées majoritairement de Bactéries, d'Actinomycètes, de Champignons (ou Mycètes), de Protozoaires ou d'Algues (**Tuomela et al., 2000 ; Hassen et al., 2001**). Elles sont déjà présentes dans tous les substrats destinés à être compostés : le processus de compostage démarre donc généralement tout seul. Il reproduit en accéléré les étapes de transformation des résidus végétaux en humus dans un sol : Composter correspond donc essentiellement à la production finale des substances humiques stables et à un recyclage d'une matière organique dont le trajet naturel a été modifié (**Ouatmane, 2000**). Biochimiquement, le compostage est un processus continu au cours

duquel différentes réactions se produisent parallèlement et consécutivement. Dans les phases biologiques, différentes enzymes permettent la biodégradation de macromolécules facilement décomposables par des réactions de coupures et d'oxydations. Les phases finales font surtout appel à des phénomènes de polymérisation et de polycondensation des molécules néoformées (**Mondini et al., 2004**), par conséquent, on obtient un produit mature riche en substances humiques très polymérisées sans risque de générer une fermentation accidentelle une fois dans le sol (**Sanchez-Monedero et al., 2004**). Grâce à ses caractéristiques chimiques, le compost peut assurer en même temps la fertilité et l'équilibre du sol. Il combat efficacement l'érosion et le lessivage des éléments fertilisants en reconstituant la structure de la terre grâce à sa composition en humus qui lui confère à la fois la fonction d'amendement organique et d'engrais minéral (**Magdi et al., 2004**). Son apport au sol régule l'humidité et l'alimentation en substances nutritives de la plante (**Ouédraogo et al., 2001**).

#### **1.3.4. L'utilisation agricole des boues**

Le choix de cette filière comme moyen de valorisation de ces résidus est dicté par trois raisons principales :

\* le premier point concerne leur valeur fertilisante. Il est ainsi admis que les apports de boues permettent de couvrir, en partie ou totalement selon les doses appliquées, les besoins des cultures en azote et en phosphore et éventuellement en magnésium, en calcium et en soufre, ou bien de corriger rapidement des carences en d'autres éléments (Zn, Mg,...). En revanche, les quantités de potassium trouvées dans les boues sont très faibles et ne contribuent que de façon minime aux besoins des cultures (**Juste, 1995**).

**Mench et Baize (2004)** rapportent que le taux d'utilisation du phosphore des boues comparé à celui des phosphates solubles est de l'ordre de 60 à 80% dès la première année de l'épandage. Alors que pour l'azote, le taux d'utilisation dépendra assez fortement des modes d'obtention des boues qui conditionnent les différentes formes d'azote. D'une façon générale, la forme ammoniacale est totalement disponible dès la première année, alors que le taux d'utilisation des formes organiques varie de 15 à 50%.

Les travaux réalisés sur les boues du lagunage et les boues activées ont montré que leur valeur fertilisante en éléments azote et phosphore est comparable à celle des engrais minéraux (Le supertriple et l'ammonitrate) (**Bousselhaj, 1996**).

L'apport des boues sur les sols cultureux entraîne une augmentation des rendements de culture (**Igoud, 2001 ; Mantovi et al., 2005**) et améliore la capacité nutritive des plantes en éléments azote, calcium et magnésium (**Torleif, 2001**)

\* le second aspect invoqué à un moindre degré pour la valorisation des boues en agriculture est l'apport de composés organiques qui contribuent au maintien du stock humique et à l'activation de la vie biologique dans les sols. Dans des études concernant les effets à long terme des boues sur les propriétés physiques et physico-chimiques des sols, plusieurs auteurs ont montré que les apports répétés se traduisent par une augmentation significative de la teneur en carbone des sols (**Pascual et al., 2007**). Cette augmentation a pour conséquence directe une modification des propriétés qui dépendent directement de cette grandeur (capacité d'échange cationique, densité apparente, teneur en eau à la capacité au champ) (**Annabi, 2005**).

\* le troisième intérêt concerne l'aspect socio-économique. La valorisation agricole constitue un moyen d'élimination des boues relativement économique, et qui est généralement bien accepté par des organismes de gestion des déchets, car elle révèle d'une logique de recyclage de la matière et d'exploitation de leur pouvoir fertilisant. Par ailleurs, l'élimination des déchets par leur épandage sur les sols agricoles peut se heurter à plusieurs contraintes (**Boudajbi, 2016**). En effet, l'épuration des eaux usées repose sur l'élimination des micropolluants organiques, minéraux et des germes pathogènes (bactéries, virus,...). Dans les ouvrages de traitements des eaux usées, ces polluants se concentrent au niveau des sédiments qui constituent les boues résiduelles. La présence de ces micropolluants à certaines concentrations peut restreindre la valeur agronomique de ces boues. (**Boudajbi, 2016**).

#### **1.4. 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 (**Singh et al., 2004**). Les boues résiduelles représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

##### **1.4.1. Matière organique**

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulaires 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), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) (**ADEME, 2001 ; Jarde et al., 2003**).

#### **1.4.2. Eléments fertilisants et amendements**

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésie, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium (**Zebarth et al., 2000 ; Su et al., 2004 ; Warman et al., 2005**). Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux.

#### **1.4.3. Contaminants chimiques inorganiques et organiques**

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

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

#### **1.4.4. Les composés traces organiques**

Il s'agit de composés organiques généralement présents en faible quantité dans les déchets (de l'ordre du  $\mu\text{g}/\text{l}$ ). Il peut toutefois s'agir de composés à risque pour l'environnement et/ou inhibiteurs de l'activité bactérienne de fermentation. De manière générale, les composés traces organiques ne sont pas solubles dans l'eau, ont une grande affinité pour les matières organiques des boues et des sols et sont peu biodégradables. Ces caractéristiques de corps lipophiles peu dégradables prennent de l'ampleur avec l'augmentation du poids moléculaire. Les composés sont ainsi concentrés au niveau des boues d'épuration et pourront s'accumuler progressivement au niveau du sol (**Bernal-Martinez, 2005**).

### **1.4.5. Les micro-organismes pathogènes**

Les eaux usées contiennent une flore et une faune variées qu'on retrouve une partie dans les boues (AFEE, 1976).

Les boues contiennent des milliards de micro-organismes vivants qui jouent un rôle très important dans le processus d'épuration. Seule une petite partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons...) (Adrian, 2008), provenant des eaux des abattoirs et industries traitants des produits d'animaux (Ecrin, 2000).

## **2. Effets des apports des boues sur les propriétés physico-chimiques du sol**

### **2.1. Effet sur le pH**

L'effet des boues est variables: il ya élévation surtout dans le cas des boues floclés à la chaux ou un abaissement dans les autres cas (Pommel, 1979).

Merchie, (2000), rapporte que certaine boues sont utilisées comme amendement basiques sont utilisé pour réduire l'acidité des sols trop acides (relever le pH a la valeur 6,5).

### **2.2. Effets sur les mesures granulométriques**

Idéalement, la valeur du diamètre particulaire permettrait de connaître, d'après la loi de Stokes, l'aptitude d'une boue à épaissir. La distribution granulométrique d'une boue est cependant difficile et longue à mesurer. Les rares mesures effectuées montrent en outre une forte dispersion autour du diamètre moyen. Par ailleurs, si la taille est généralement un critère favorable, des particules de taille importante peuvent entraîner des problèmes de convoyage (dépôts) ou d'abrasion (silice), notamment en cas de centrifugation. (ADEME, 1999).

### **2.3. Effets sur la capacité d'échange cationique**

La capacité d'échange cationique est l'aptitude que possède un sol de fixer et d'échanger des ions avec le milieu extérieur (Kirkham, 1974). D'après le même auteur, la capacité d'échange cationique d'un sol augmente avec le degré d'humification, et de la structure des argiles, en effet celle-ci dépend de la teneur en matière organique.

Larouche (2001), constate que les composés organiques du sol fixent 4 à 5 fois plus de cations que les composés argileux, leur capacité d'échange cationique varie de 100 à 400 meq/100g de sol.

L'apport des boues résiduelles conduit à l'augmentation de la capacité d'échange cationique de sol (**Gomez et al., 1984**), cet accroissement est une conséquence de la forte capacité d'échange cationique de la matière organique des boues (250 meq/100g), Cependant, la variation de capacité d'échange cationique du sol peut être non significative soit, parce que la quantité des boues apportées est insuffisante pour provoquer un changement de celle-ci, soit parce qu'il y a une forte minéralisation de l'azote des boues.

Enfin **Kirkham (1974)**, a montré que l'application des boues crée une capacité d'échange dans les sols sableux, en outre, le taux de saturation augmente du fait surtout de l'apport d'ions calciques.

#### **2.4. Effets sur les teneurs en éléments minéraux**

Selon **Brame et Lefèvre (1977)**, les apports de potassium par les boues résiduelles sont négligeables. La teneur moyenne est de l'ordre de 1% de la MS (**Moleta et Cansell, 2003**). Les quantités d'éléments minéraux peuvent être réduites en profondeur, notamment le phosphore et le potassium (**Perkrum et al., 2003**).

Les boues contiennent du calcium en quantité appréciable de 0,2 à 1,5% de Ca dans les boues liquides et de plus de 20% de Ca dans les boues solides (**Anred, 1982**).

#### **2.5. Effet sur les teneurs en éléments en traces**

L'accumulation d'éléments en traces dans les sols agricoles peut résulter d'apports d'éléments fertilisants (engrais minéraux, lisiers et fumiers, boues, compost), ainsi que d'épandage de produits phytosanitaires (**Guerfi, 2012**). Ces apports s'ajoutent aux dépôts atmosphériques et aux transports par les agents aquatiques. Il convient de maîtriser, et souvent de réduire, le montant global d'apport d'élément en fonction de la capacité de charge de chaque sol. L'objectif qui pourrait s'imposer serait celui du maintien de la charge au-dessous d'un niveau critique défini en fonction des caractéristiques du sol (**Berthelin et Bourrelrier, 1998**).

Selon **Baize et al. (2006)**, les éléments traces métalliques (ETM) sont des constituants indésirables des boues résiduelles. 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. D'après **Terce (2001)**, les boues concentrent entre 70 et 90 % des quantités d'ETM des eaux usées entrantes dans la station de dépollution. L'essentiel de ces éléments vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants, détergent, peinture...). Les épandages des boues industrielles apportent des quantités non

négligeables à faibles doses 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**).



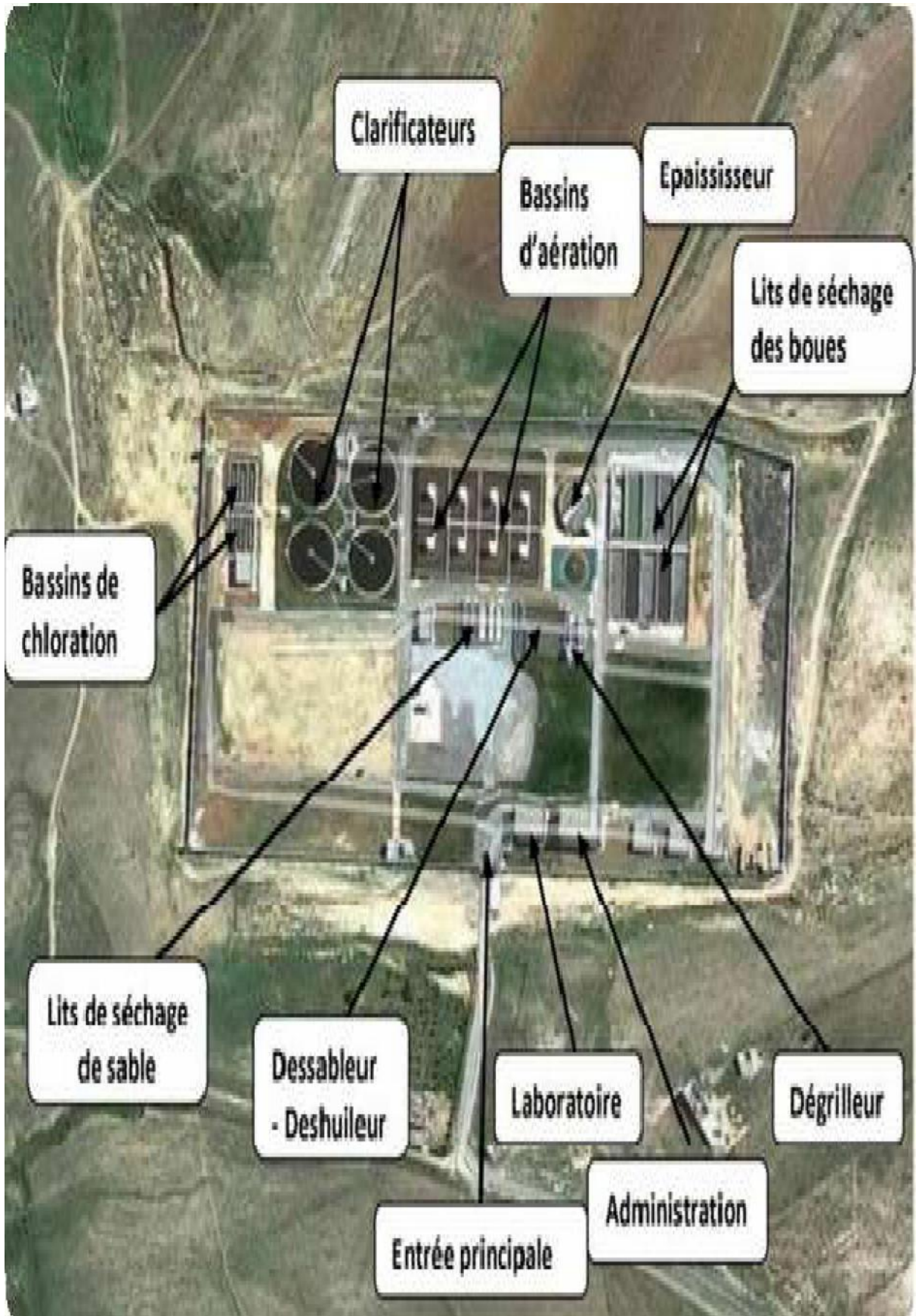
**PARTIE II : Enoncé  
général de l'étude**

## **Partie II Enoncé de l'étude**

### **1. Contexte de l'étude**

Le système d'assainissement de la ville de Khenchela est constitué d'un réseau de collecteurs du type unitaire, de profondeur de 2 à 3 m. Auparavant les eaux usées de la ville de Khenchela étaient rejetées sans épuration par deux collecteurs à écoulement gravitaire dans la vallée d'Oued Boughaguel. A l'heure actuelle, les eaux usées urbaines sont évacuées vers une station d'épuration (Fig.1) située à 2,5 Km au nord de Khenchela dont les caractéristiques générales sont :

- ✓ La surface de la station : 8 hectares.
- ✓ Type de station : boues activées à faible charge.
- ✓ Capacité de station : 23000m<sup>3</sup>/j pour 192000 équivalent / habitant.
- ✓ Milieu récepteur : oued de Boughouguel.
- ✓ Mise en service : 20 /10 /2008.



**Figure 1** : Equipements de la station de Khenchela (ONA, 2013)

## 2. Description de l'essai

L'étude a été menée dans l'objectif d'évaluer l'effet de l'apport des boues issues de la station d'épuration de la ville de Khenchela sur quelques propriétés chimiques du sol. Pour atteindre cet objectif, nous avons apporté un sol de l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (ITCMI) situé à Bir Rograa la wilaya d'Oum El Bouaghi et nous avons préparé 12 pots puis on a pesé et mis 7kg de ce sol dans chaque pot, auquel on a ajouté des concentrations croissantes de boue de la façon suivante :

- 4 pots contiennent 7kg de sol sans apport de boues (témoin : 0 g de boues/pot) ;
- 4 pots contiennent 7kg sol + 96 g de boues (96 g de boues/pot) ;
- 4 pots contiennent 7kg sol + 96 x 2 g de boues (96 x 2 g de boues/pot) (fig. 2)



**Figure 2.** Plan de l'essai installé au niveau des laboratoires pédagogiques de l'université de Khenchela (T : Témoin, B : Sol avec une dose de boue, B2 : Sol avec dose double de boue ; R1, R2, R3 et R4 : les quatre répétitions)

Les boues rajoutées aux sols sont issues de la Station d'Épuration des eaux usées générées de la ville de Khenchela. Les apports de boue sont effectués au moment de la mise en place de l'essai c'est-à-dire que la boue est incorporée au sol avant le semis.

Pour apprécier l'effet de l'apport des boues sur la productivité de sol, nous avons fait le semis de la variété bousselam. Le semis a été effectué le 28/01/2018 avec une densité de 30 graines/pot, les pots sont ensuite irrigués chaque semaine à la capacité au champ.

Les quantités d'eau apportées sont fixées tout en saturant le sol par l'eau et le lixivant infiltré jusqu'au fin d'écoulement, puis on pèse le poids frais (PF= 9,262 kg) en suite on laisse le sol séché pendant 2 à 3 jours et on prend le poids sec (PS= 7,763 kg), la différence de poids représente la quantité d'eau à apporter.

Quantité d'eau à apporter =PF-PS= 9,262-7,763= 1,499 kg=1,5 L.

Notre étude consiste à incorporer les boues issues de la station d'épuration au sol directement avant le semis et attendre 4 mois (du 25 Janvier jusqu'au 25 Mai) pour bien évaluer l'effet de cet épandage sur la qualité du sol étudié

### **3. Description du matériel végétal**

L'origine de la variété **Bousselam** est le centre international de recherche agricole dans les zones aride « ICARDA » et le centre international d'amélioration du maïs et du blé « CIMMYT », elle est inscrite en 2007, sa zone d'adaptation est les hauts plateaux et les plaines intérieures. En plaine champ sa date de semis s'étale du mois de novembre au début décembre avec une dose de semis de 130-150 (kg/ha), donc elle possède un cycle végétatif mi-tardif avec un tallage fort, un épi demi-lâche avec une Couleur blanche, une hauteur de la plante passe de 90-100 cm, rendement en grain de 38 qx/ha et un poids de mille gaines « PMG » élevé. Cette variété se caractérise également par une résistante au froid, une tolérante à la verse et à la sécheresse et elle sensible à la Rouille brune, à l'oïdium et à la Septoriose ( CNCC., 2015).

### **4. Matériels et méthodes**

#### **4.1. Analyses de sol**

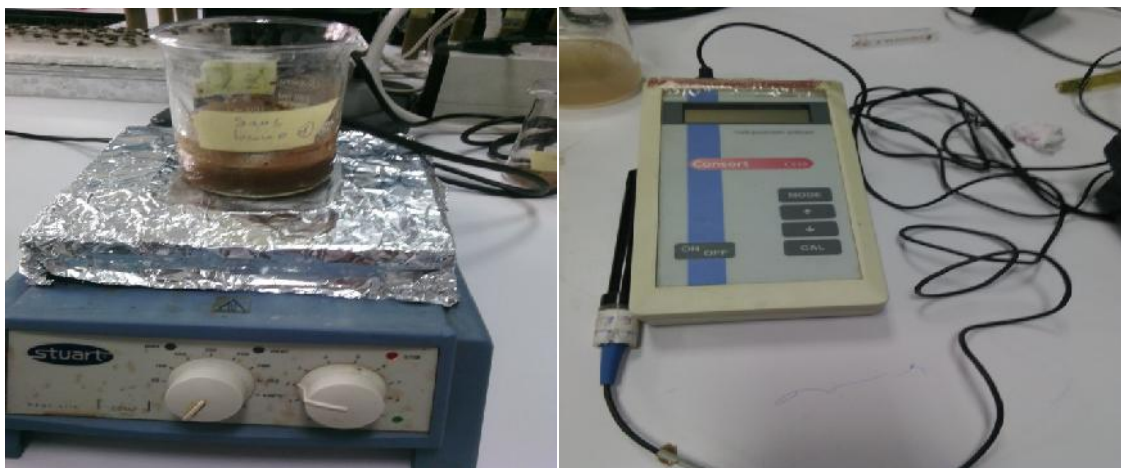
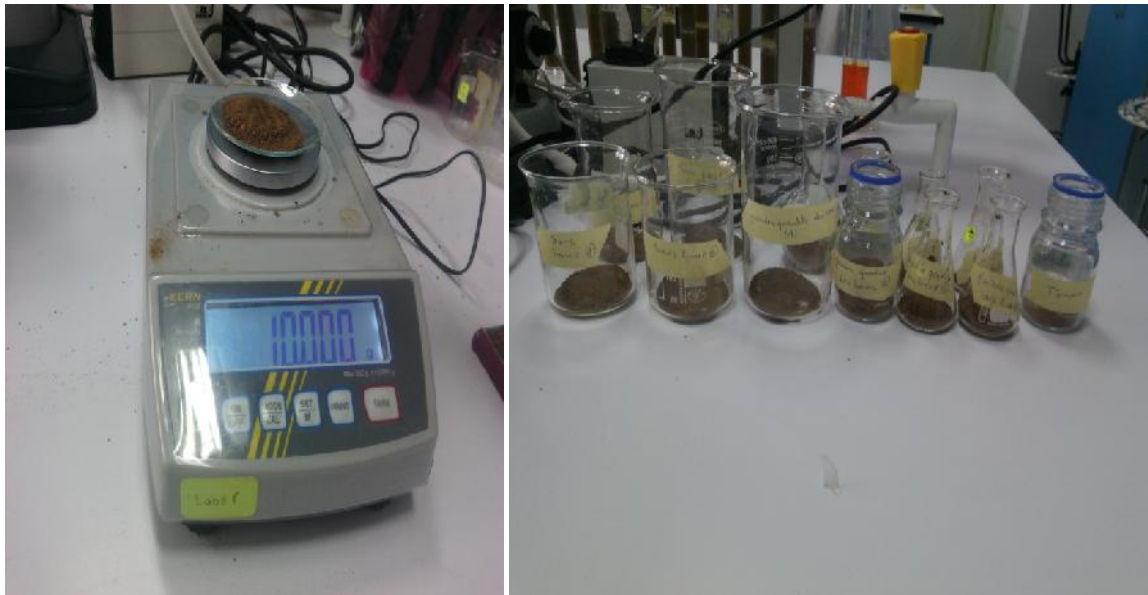
Pour évaluer l'effet de l'épandage des boues sur quelques paramètres chimique du sol, nous avons effectué les analyses suivantes :

- **pH**
  - ✓ peser 10g de sol tamise.
  - ✓ Introduire la prise d'essai dans un bécher
  - ✓ Ajouter de 25 ml d'eau distillée.
  - ✓ agiter une 20minutes, et laisser reposer 15 minutes et mesurer le pH.



**Figure 3.** Différentes étapes de mesure du pH

- **Conductivité Electrique CE :**
  - ✓ peser 10g de sol tamise.
  - ✓ Introduire la prise d'essai dans un bécher
  - ✓ Ajouter de 50 ml d'eau distillée.
  - ✓ Agiter une 20 minutes, et laisser reposer 15 minutes et mesurer la conductivité électrique.



**Figure 4.** Différentes étapes de mesure de la conductivité électrique (CE)

- **Le Carbone Organique (CO%) pour calcul de la matière organique (MO%)**
- ✓ **Préparation des solutions :**

**-Sulfate de fer et d'ammonium (sel se Mohr) N/2 :**

Prendre 196.065 g de sel de Mohr, ajouter 15 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré, laisser refroidir et compléter à 1L avec l'eau distillée.

**-Bichromate de potassium K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (1N)**

Sécher le bichromate de potassium une nuit à l'étuve à 105°C, peser 49.04g, dissoudre dans environ 800 ml d'eau distillée et jauger à 1L.

**-Diphénylamine sulfonate de Fer 0.1% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Dissoudre 0.25 g de baryum diphénylamine sulfonate -4 dans 20 ml d'eau distillée et 100 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré.

✓ **Mode opératoire**

Peser 0,5g de sol tamisé

-Introduire la prise d'essai dans un erlenmeyer de 250 ml ;

-Ajouter 10 ml de bichromate de potassium K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (1N) ;

-Ajouter 20 ml d'acide sulfurique concentré ;

- agiter une minute et laisser reposer 30 minutes sur une plaque de bois (A l'obtention d'une coloration verte, diminuer la quantité de la prise d'essai).

-La réaction est stoppée par ajout de 100 ml d'eau distillée ;

-après 2 heures de décantation, à 25 ml de la solution sont ajoutés 5 ml de l'acide orthophosphorique et 3 gouttes de diphénylamine ;

-après agitation, l'excès de bichromate est titré Par une solution de sulfate de fer et d'ammonium N/2 jusqu' au virage au vert ;

-Un blanc est réalisé dans les mêmes conditions

Le carbone organique total exprimé en pourcentage de matière sèche est donné par la formule suivante :

$$\text{COT}(\%) = \frac{(\text{Vt} - \text{Ve}) \times \text{F}}{\text{PxVt}}$$

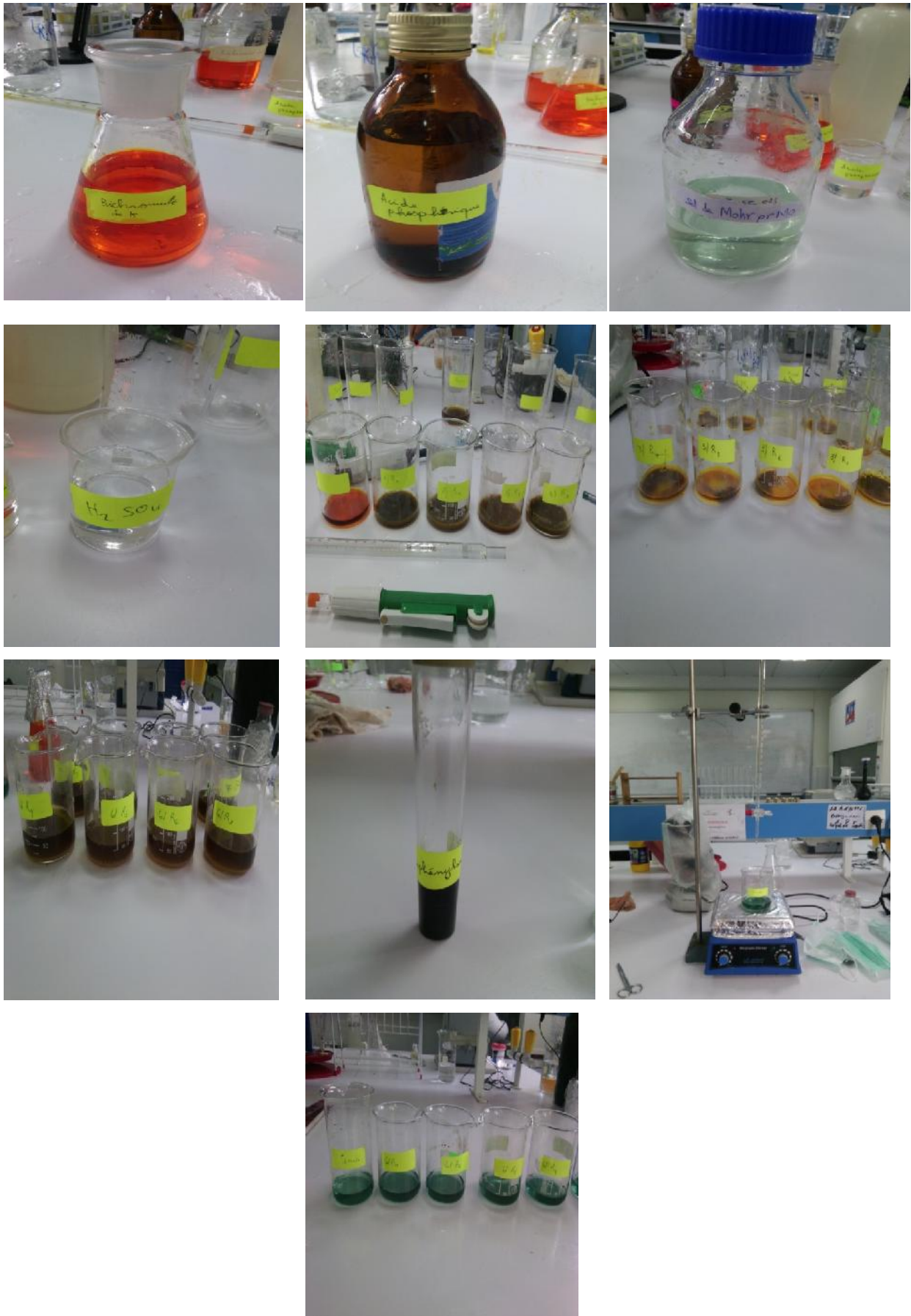
COT : carbone organique total en pourcentage de matière sèche

Vt : Volume de titre de témoin en ml.

Ve : Volume de titre de l'échantillon en ml.

F : facteur de correction : 3.9.

P : poids de la prise d'essai en g.



**Figure 5.** Différentes étapes de mesure du Carbone Organique Total (COT)

La teneur des sols étudiés en matière organique et ensuite déduit par la formule

$$\text{MO}(\%) = \text{COT}(\%) \times 1,72$$

- **Calcaire Total (CaCO<sub>3</sub>)**

- ✓ **Préparation des solutions**

HCl 1/3 prendre 100 ml d'HCl puis ajouter 200ml d'eau distillée

Solution saturée de NaCl

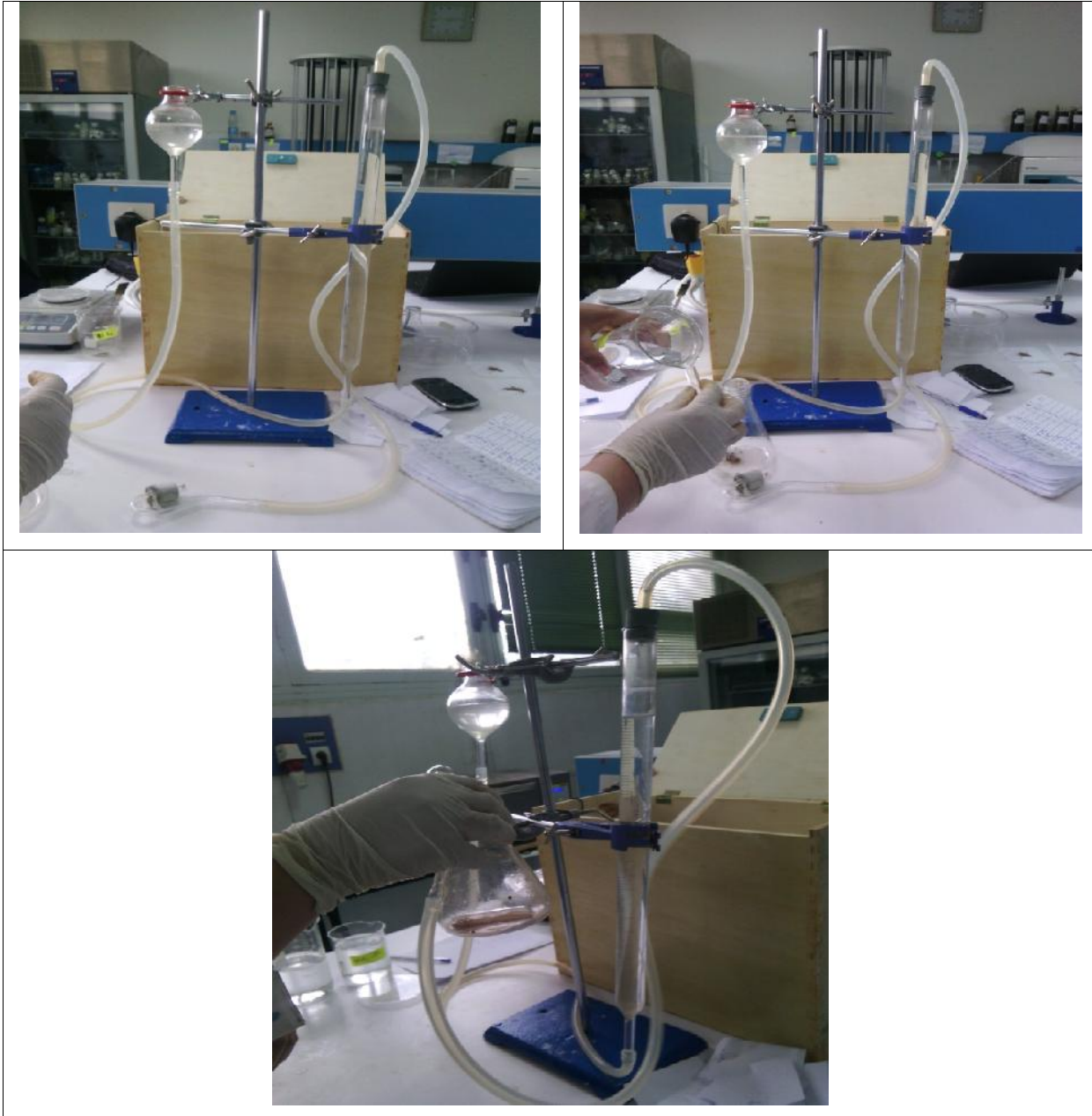
- ✓ **Mode opératoire**

- peser 0.5g de CaCO<sub>3</sub>. L'introduire dans le vase à réaction ou bien l'erlenmyer.
- Remplir le tube à hémolyse au  $\frac{3}{4}$  avec l'HCl et l'introduire avec précaution dans l'erlenmyer
- Fermer l'erlenmyer avec le bouchon
- Verser rapidement l'acide sur le CaCO<sub>3</sub> en inclinant le flacon
- Agiter le flacon jusqu'à cessation du dégagement gazeux
- Le volume de CO<sub>2</sub> dégagé est noté sur la burette en prenant soin d'équilibrer les niveaux dans l'ampoule et dans la burette
- Même procédé et appliquée sur 0.5g de sol tamisé.

V ml CO<sub>2</sub> de CaCO<sub>3</sub> → 100 % ( dans notre étude nous avons trouvé 57)

V ml CO<sub>2</sub> de l'échantillon → CaCO<sub>3</sub> (%)

$$\text{CaCO}_3 (\%) = \frac{(V_{\text{ech}} \times 100)}{V_{\text{CaCO}_3}}$$



**Figure 6.** Différentes étapes de mesure du Calcaire Total ( $\text{CaCO}_3$ )

#### **4.2. Analyses des plantes**

- **Surface foliaire**

La mesure de la surface foliaire consiste à mesurer la longueur ( $L_n$ ) et la grande largeur ( $L_r$ ) des feuilles

$$SF = (L_n \times L_r) / 2$$

- **La hauteur des talles**

La mesure de la hauteur a été effectuée de la surface de sol du plateau de tallage jusqu'à la barbe de l'épi.

- **Chlorophylle**

La mesure du chlorophylle est effectuée à l'aide d'un chlorophyllimètre (Spad).

## **5. Etude statistique**

Pour valoriser les résultats obtenus nous avons effectué une analyse de variance, une matrice de corrélation et une analyse en composantes principales à l'aide d'un logiciel statistique statistica 08



**PARTIE III :**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

### 1. Caractérisation des boues issues de la station d'épuration de Khenchela

Dans le contexte actuel de protection de l'environnement, l'élimination des boues d'épuration constitue un des enjeux majeurs pour notre pays. L'accroissement du nombre de STEP en Algérie s'accompagne de production de quantités non négligeables de boues d'épuration. L'objectif du traitement est de réduire le volume des boues produites, mais également de les valoriser par une réutilisation à des fins agricoles, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques (Ladjel et Abbou., 2014).

L'épandage des boues des stations d'épuration des eaux usées sur le sol est conditionné par leur valeur agronomique et leur innocuité vis-à-vis du sol et des eaux (Bahri et Annabi., 2011). La caractérisation des boues utilisées dans notre étude a été réalisée en quatre répétitions, les résultats de cette caractérisation sont présentés dans le tableau (1)

**Tableau 1.** Caractérisation des boues issues de la station d'épuration de Khenchela

	<b>CaCo3 (%)</b>	<b>CE (ms/cm)</b>	<b>MO %</b>	<b>pH</b>
Boue R1	11,54	2,7	13,416	6,45
Boue R2	11,54	2,8	13,416	6,48
Boue R3	11,54	2,9	12,857	6,46
Boue R4	11,64	3	12,298	6,48
<b>Moyenne ±</b>				
<b>Ecart type</b>	11,56±0,05	2,85±0,29	13±0,535	6,47±0,015

Les résultats de l'analyse des boues ont montré que cette boue renferme une valeur  $\bar{x}$  de 13 % de matière organique, une teneur beaucoup plus faible que celle des normes AFNOR citées par Lacce (1985). Le pH était légèrement acide, avec une valeur moyenne de 6,47. La teneur moyenne en calcaire total était de 11.56 % donc cette boue contient de faibles quantités de calcaire (Baize, 1988). De point de vue salinité, la boue présente une conductivité électrique moyenne de l'ordre de 2,84 ms/cm. D'après l'échelle de salinité européenne d'Aubert(1978), la boue utilisée dans cet essai était non salée. Ces résultats obtenus en général, concordent avec ceux obtenus par Chouial et *al.* (2017) sauf pour le calcaire ils ont trouvés des fortes valeurs dépassent les 74%.

## 2. Effet de l'épandage des boues sur les propriétés chimique du sol

Pour appréhender l'impact potentiel de l'épandage des boues issues de la station dépuración des eaux usées de Khenchela sur quelques caractéristiques des sols apporté de la station expérimentale de l'institut technique des cultures maraichère et industrielle, nous avons soumis les résultats des différents paramètres étudiés à une analyse de la variance (ANOVA), après avoir vérifié les conditions d'application de ce test et nous avons abouti aux effets énoncés en tableau (2).

**Tableau 2.** Carré moyen de l'analyse de variance des paramètres mesurés.

	Ddl	MO(%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CE	pH
Effet boue	2	74,14 <sup>***</sup>	3,078 <sup>ns</sup>	210668,58 <sup>***</sup>	0,235 <sup>**</sup>
Erreur	11	0,225	1,047	9708,28	0,025

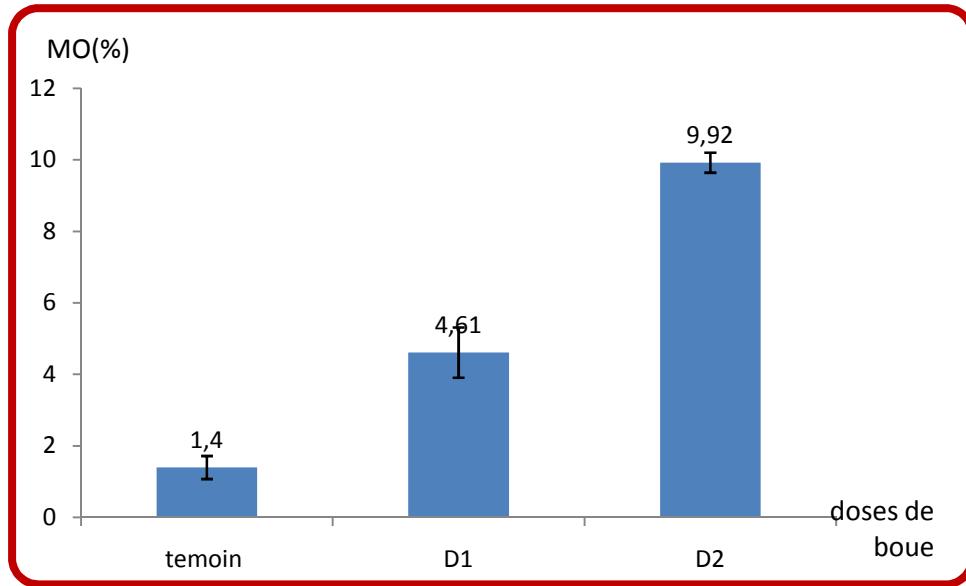
ns,\* et \*\* : effet non significatif, significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement CaCO<sub>3</sub> : calcaire total, MO : matière organique, CE : conductivité hydrique et pH : potentiel hydrogène

Nous constatons d'après le tableau (2) que l'effet épandage de boue est non significatif sur le calcaire, hautement significatif sur le pH et très hautement significatif sur la matière organique et la conductivité électrique. Cela signifie qu'il y a des différences significatives entre le sol témoin et les deux autres traitements (Dose et double dose).

### 2.1. Effet de l'épandage des boues sur la matière organique du sol

La matière organique est un élément de la stabilité du sol. Elle tire son importance du fait qu'elle constitue le milieu d'activité et de nutrition des microorganismes du sol et c'est aussi une source de minéraux pour les plantes (Daudu, 2008). Elle exerce, au même titre que le pH, une grande influence sur les propriétés physiques et chimiques du sol (Rattan et al., 2005). La boue résiduaire est un véritable réservoir qui apporte un stock important et non négligeable de matière organique dans le sol, favorisant ainsi l'amélioration de la valeur nutritionnelle de celui-ci. (Ros et al., 2003).

On peut constater d'après les résultats obtenus que l'épandage de la boue a fortement augmenté le stock de la matière organique dans le sol qui devient significativement plus riche ( $4,61 \pm 0,703$  % pour le sol recevant 96g de boue/pot et  $9,92 \pm 0,280$  % pour le sol recevant 2x96g de boue/pot par rapport le sol témoin (1,4%) (Fig. 7).



**Figure 7.** Variations de la matière organique en fonction des différentes doses de boues

Les augmentations de la matière organique dépassent 7 fois plus que le sol témoin pour la dose D2 (96g\*2). Ces augmentations dans les traitements avec les boues sont le résultat de l'incorporation des matières facilement dégradables. Ces matières, une fois apportées au sol des pots, stimulent l'activité microbienne de celui-ci et facilitent l'amélioration de sa réserve organique. (Albrech., 2007). Nous pensons aussi que la forte humidité a contribué à la minéralisation et la solubilisation de la matière organique existante dans les boues par les microorganismes qui se trouvent dans le sol (Boudjabi, 2016).

L'effet d'épandage des boues issues de la station d'épuration est nettement clair puisque il a augmenté la réserve organique du sol tout en passant d'un sol pauvre en matière organique à un sol qui possède des teneurs élevées en cet élément. (Tab. 3)

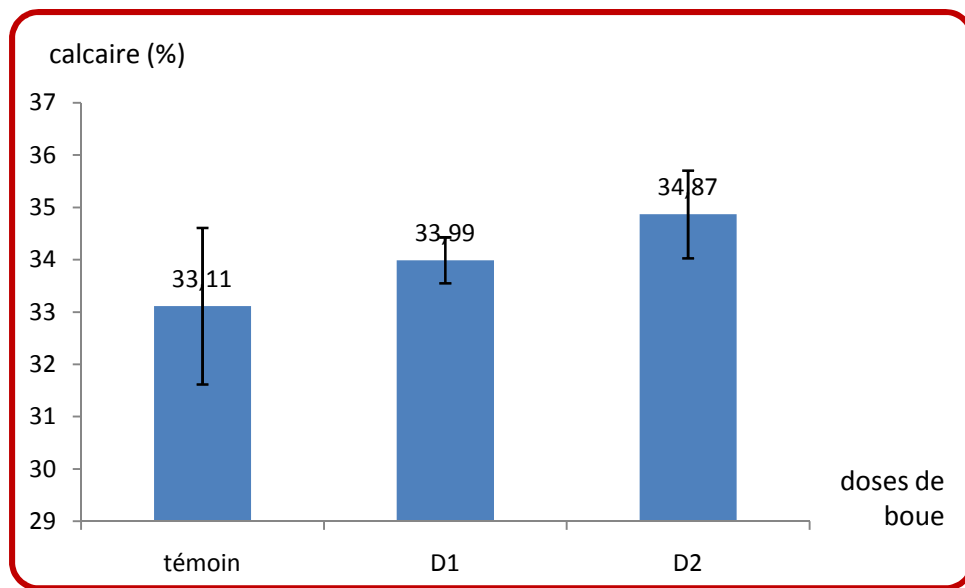
**Tableau 3.** Normes d'interprétation de la matière organique Selon le programme LANO/CA de Basse Normandie

TENEUR EN MO	INTERPRETATION	
MO < 14 ‰	Sol très pauvre en matière organique	
14 ‰ ≤ MO < 20 ‰	Sol pauvre en matière organique	
20 ‰ ≤ MO < 30 ‰	Argile < 22%	Sol bien pourvu en matière organique
	22% < ARG. < 30% (Ou teneur en argile inconnue)	Sol moyennement pourvu en matière organique
	Argile > 30%	Sol pauvre en matière organique
30 ‰ ≤ MO < 40 ‰	Sol bien pourvu en matière organique	
MO ≥ 40 ‰	Teneur élevée en matière organique	

(Source : programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie)

## 2.2. Effet de l'épandage des boues sur le calcaire total du sol

L'analyse de la variance a révélé l'existence d'un effet boue non significatif ce qui indique que les boues n'ont pas apporté un plus de calcaire pour le sol traité par des différentes doses de boues. Les valeurs de calcaire des traitements étudiés passent de  $33,11 \pm 1,5$  %, valeur enregistrée dans le sol témoins, à  $34,87 \pm 0,84$  %, valeur marquée en sol amandé par la double dose de boues (Fig. 8). Cette légère différence reste non significative de point de vue statistique et cela est peut être due à la faible teneur des boues en calcaire.



**Figure 8.** Variations du calcaire total en fonction des différentes doses de boues

D'après le tableau (4), présentant les normes d'interprétation du calcaire total Selon le programme LANO/CA de Basse Normandie, nous pouvons classer les trois traitements y compris le témoin dans la classe des sols fortement calcaire.

**Tableau 4.** Normes d'interprétation du calcaire total Selon le programme LANO/CA de Basse Normandie

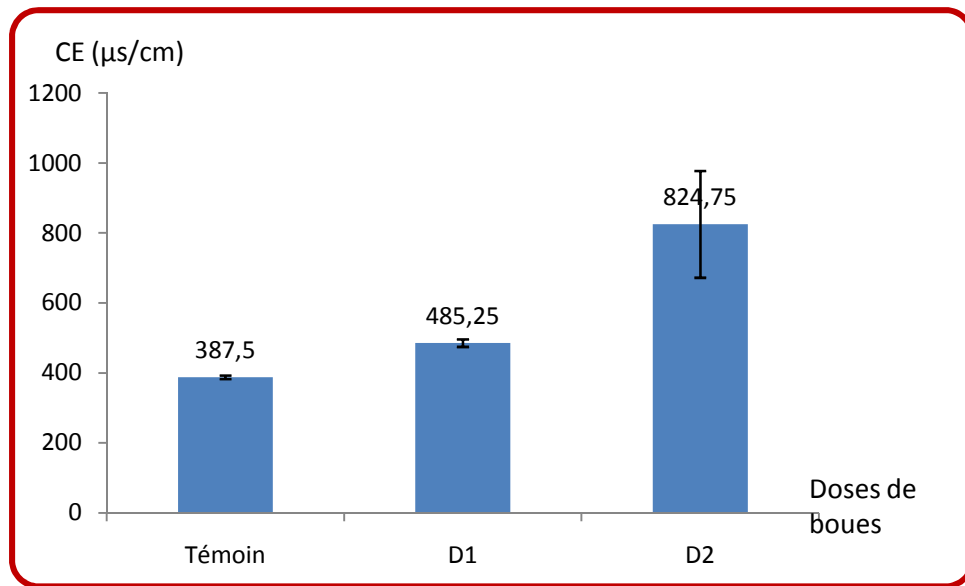
Taux de CaCO <sub>3</sub> Total a l'analyse	Qualification du sol
CaCO <sub>3</sub> T ≤ 5%	sol non calcaire
5 < CaCO <sub>3</sub> T ≤ 12,5%	sol faiblement calcaire
12,5 < CaCO <sub>3</sub> T ≤ 25%	sol modérément calcaire
25 < CaCO <sub>3</sub> T ≤ 50%	sol fortement calcaire
CaCO <sub>3</sub> T > 50%	sol très fortement calcaire

### **2.3. Effet de l'épandage des boues sur la conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique constitue un indicateur de la concentration des sels solubles dans le sol. La conductivité d'un sol ou un sédiment est une mesure de la quantité d'ions présents et qui pourraient se dissoudre en présence d'eau. Des concentrations importantes de sels peuvent avoir des impacts au niveau de la végétation, de la qualité de l'eau souterraine et même de la structure des sols (C.E.A.E.Q., 2015).

L'augmentation de la conductivité électrique après l'apport des boues résiduelles est un phénomène qui a été fréquemment signalé (Kutuk *et al.*, 2003). Ceci revient à la forte charge de sels solubles existant dans les boues et à l'accumulation des nitrates et phosphore dans le sol qui a pour origine les boues (Boudjabi., 2016).

Les résultats de notre étude ont indiqué un effet significatif des boues sur la conductivité électrique des sols amendés. Les valeurs de cette mesure varient de  $387,5 \pm 5,02 \mu\text{s/cm}$  (0,388 dS/m), valeur enregistrée dans le sol témoin, à  $824,75 \pm 152,38 \mu\text{s/cm}$  (0,825 dS/m), valeur signalée au niveau des pots recevant une double dose de boue. Les augmentations, par rapport au témoin observé, de la conductivité électrique passent de 25,23 % pour les pots qui reçoivent 96g de boue et 112,84% pour les pots qui reçoivent 96gx2 de boue (Fig. 9).



**Figure 9.** Variations de la conductivité électrique en fonction des différentes doses de boues.

Aussi, nous pensons que, l'augmentation détectée de la conductivité électrique dans l'ensemble des pots, est en partie due à notre dispositif utilisé qui consiste en un système clos (Pot) qui ne permet pas le drainage des sels sous l'effet de l'irrigation (Pascual *et al.*, 2007). Nos résultats concernant l'effet significatif des boues par rapport au témoin corroborent ceux de plusieurs auteurs (Veeresh *et al.*, 2003 ; Kutuk *et al.*, 2003). Tandis que d'autres auteurs comme Antolin *et al.* (2005) et boudjabi (2016) ont signalé la présence des augmentations non significatives de la valeur 0,45 à 0,57dS/m et de la valeur 0,49 à 0,63 dS/m respectivement. La libération des sels n'as pas engendré un effet indésirable de salinité dans notre essai. Les résultats obtenus classent notre sol comme sol non salé (Tab. 5).

**Tableau 5.** Classement de la salinité suivant la conductivité électrique (Source : Direction des sols CE(dS/m))

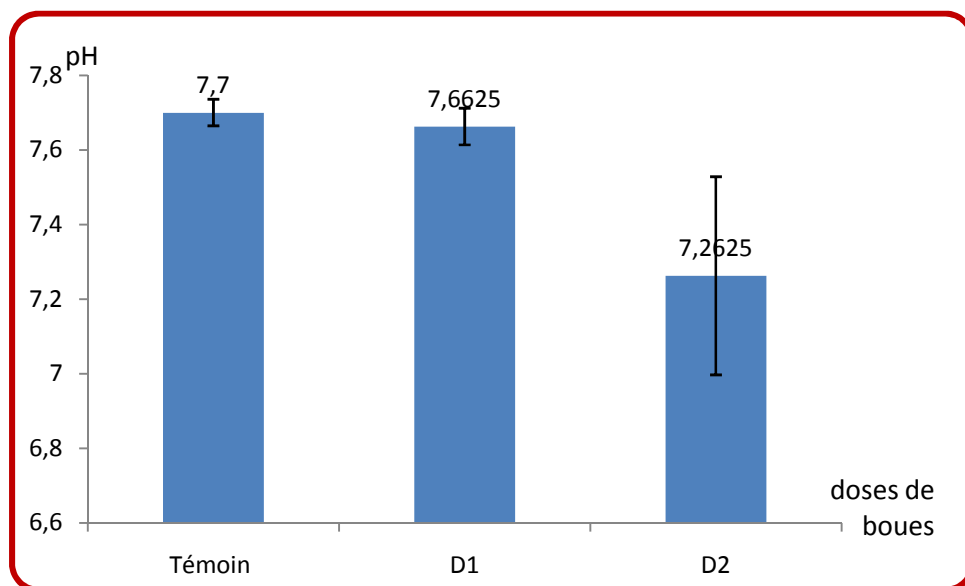
CE (mmhos/cm) (dS/m)	0-2	2-4	4-8	8-16	>16
qualification	Non salin	Très faiblement salin	Salinité modérée	Fortement salin	Très fortement salin

Il est important de mentionner que, nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux trouvés par Boudjabi (2016) et ceux mentionnés par Mantovi *et al.* (2005) où ils ont obtenu une augmentation de la CE de 0,16mS/cm à 0,20mS/cm.

#### 2.4. Effet de l'épandage des boues sur le potentiel Hydrogène (pH)

La mesure du pH d'un sol permet de définir son état d'acidité ou d'alcalinité (ou statut acido-basique). D'une manière générale le pH se mesure sur une échelle de 1 à 14. Les sols agricoles présentent un pH compris entre 4 et 9 (CRAAQ, 2015).

L'analyse des résultats obtenus pour le pH indique un effet traitement hautement significatif ( $F= 4,25$  ;  $p= 0,006$ ) (Tab. 2). Nous constatons que le pH diminue avec l'augmentation des doses des traitements appliqués (D1= 96g et D2= 96g x 2). La comparaison des moyennes entre les deux concentrations de boues et le sol témoin montre qu'il n'ya pas de différences significatives entre le pH du sol témoin et celui de D1 ( $P= 0,136$ ) et l'existence des différences significatives entre le témoin et le sol recevant une double dose. D'une façon générale les pH des sols étudiés oscillent entre  $7,26 \pm 0,27$ , valeur enregistrée dans les pots recevant D2 de boue et  $7,7 \pm 0,04$ , valeur du sol témoin (Fig. 10).



**Figure 10.** Variations du pH en fonction des différentes doses de boues.

Les résultats obtenus concordent avec ceux trouvés par Boudjabi (2016) où elle a observée une tendance générale vers une diminution hautement significative du pH sous l'effet du traitement boue en comparaison avec le témoin.

D'une façon générale, l'épandage des boues a un effet significatif sur le pH des sols étudiés et il a exercé une diminution remarquable et cela tout en passant de milieu alcalin (sol témoin et celui de D1) à un milieu faiblement alcalin (Tab. 6).

**Tableau 6.** Normes d'interprétation du pH Selon le programme LANO/CA de Basse Normandie

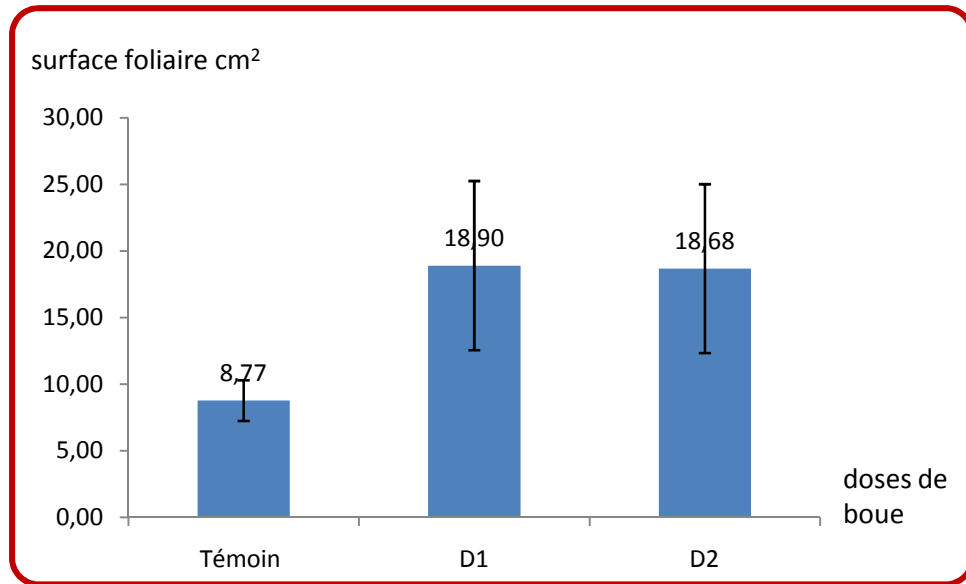
	<b>VALEUR DU pH</b>	<b>STATUT ACIDO-BASIQUE</b>
	pH ≤ 5,5	Sol très acide
	5,5 < pH ≤ 6,0	Sol acide
	6,0 < pH ≤ 6,5	Sol peu acide
	6,5 < pH ≤ 7,0	Sol neutre
	7,0 < pH ≤ 7,5	Sol peu alcalin (peu basique)
	pH > 7,5	Sol alcalin (basique)

### **3. Effet de l'épandage des boues sur la Productivité du sol : étude de quelques paramètres végétatifs**

Pour apprécier l'effet de l'épandage des boues issues de la station d'épuration des eaux usées sur la productivité du sol nous avons mesuré quelques caractéristiques végétatives sur la variété cultivée ( Bousselam). Malheureusement nous n'avons pas arrivé a mesuré le rendement et ses composante vue les délais de dépôt des mémoires.

#### **3.1. Effet de l'épandage des boues sur la surface foliaire**

L'effet des boues appliquées a permis une amélioration de la surface foliaire. Cet effet apparu dans l'application de la première et deuxième dose (D1 et D2) de boues, où nous avons enregistré des valeurs moyennes de  $18,90 \pm 6,35 \text{ cm}^2$  et  $18,68 \pm 6,34 \text{ cm}^2$  respectivement avec des augmentations supérieures à 2,25 fois que celle du sol témoin ( $8,27 \pm 1,53 \text{ cm}^2$ ). La valeur de la surface foliaire sous la première dose D1 de boues ne diffère pas significativement à celle sous deuxième dose D2 (Fig.11). En réalité, cette augmentation sous l'effet des traitements boues revient d'une part à la richesse de cette dernière en azote, élément majeur qui stimule la croissance des méristèmes foliaires et par la suite le développement des feuilles (Hoffman et Blomberg, 2004) et aussi, à l'existence de l'élément phosphore qui agit sur la cinétique de la division cellulaire des méristèmes foliaires (Boudjabi, 2016).



**Figure 11.** Variations de la surface foliaire en fonction des différentes doses de boues.

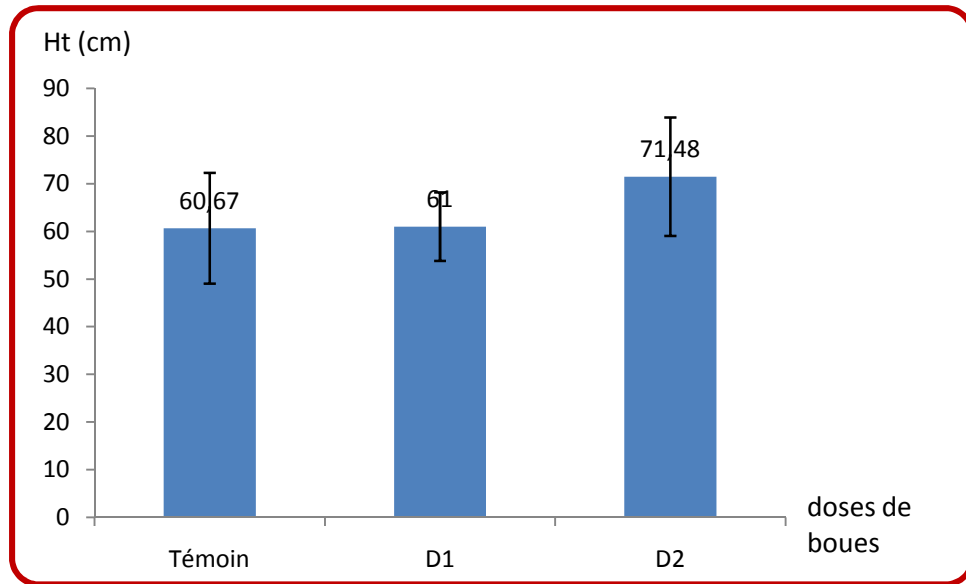
Plusieurs auteurs ont montré que l'épandage des boues augmente le stock du sol en azote et en phosphore assimilable. Le passage de ces nutriments vers les plantes permet leur bon développement. De leur côté (Monreal *et al.*, 2007) ont rapporté que l'apport des boues résiduelles améliore la surface et l'indice foliaire.

### 3.2. Effet de l'épandage des boues sur la hauteur des plantes

L'analyse de la variance a révélée un effet apport des boues non significatif sur la hauteur des plantes, ce qui indique l'absence des différences significatives entre les sols recevant les boues et le sol témoin.

Les valeurs de la hauteur des plantes passent de  $60,67 \pm 11,62$  cm, valeur enregistrée sous sol témoin, à  $71,48 \pm 12,42$  cm, valeur atteinte sous D2, engendrant ainsi une augmentation de 1,94 % par rapport au témoin. Cette augmentation reste non significative de point de vue statistique (Fig. 12).

Nos résultats montrent que l'épandage des boues n'a pas influencé la hauteur des plantes au moins pour les deux doses appliquées.

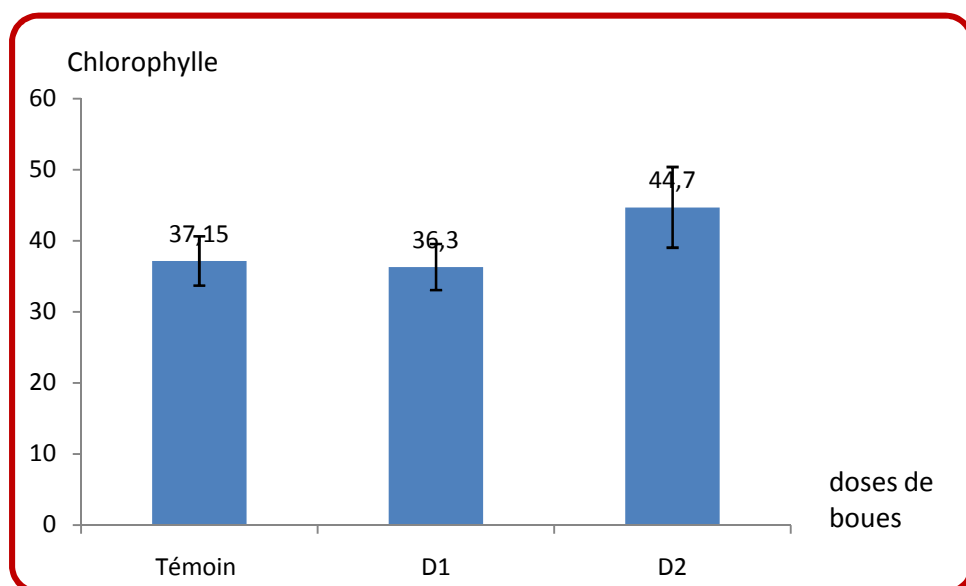


**Figure 12.** Variations de la hauteur des plantes en fonction des différentes doses de boues.

### 3.3. Effet de l'épandage des boues sur la chlorophylle

L'analyse de la variance pour les résultats concernant la chlorophylle *a* montré un effet apport boues significatif sur la teneur totale de la chlorophylle.

La comparaison des moyennes révèle l'existence de deux groupes différents le premier est constitué par Témoïn et D1 avec des valeurs moyennes de  $37,15 \pm 3,46$  SPAD et  $36,3 \pm 3,23$  SPAD respectivement et un deuxième groupe formé par D2 avec une moyenne de  $44,7 \pm 5,67$  SPAD. Cela signifie que l'effet de l'épandage de boues n'apparu que dans la deuxième dose D2.



**Figure 13.** Variations de la Chlorophylle totale en fonction des différentes doses de boues.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Boudjabi (2016) où elle a signalé des valeurs qui peuvent atteindre 2,15 mg/kg de MS pour les traitements boues par rapport à celles enregistrés au témoin 1,15 mg/kg de MS.



**CONCLUSION**

## Conclusion

Notre travail avait pour but de mettre en évidence l'effet des boues issues de la station de la ville de kenchela sur les propriétés chimique du sol du sol et en deuxième lieu sur la végétation. Pour ce faire nous avons échantillonné, le sol et la végétation et sur des sols qui ont reçu un apport en boue et sur un sol qui n'a pas reçu de boue.

Les analyses chimiques du sol et morphophysique de la végétation nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

Le pH diminue avec l'augmentation des doses des traitements appliqués (D1= 96g et D2= 96g x 2). D'une façon générale le pH des sols étudiés oscillent entre 7,26 (valeur enregistrée dans les pots recevant D2 de boue) et 7,7 (valeur du sol témoin).

En ce qui concerne la conductivité électrique, les valeurs de cette mesure varient de  $387,5 \pm 5,02 \mu\text{s/cm}$  (0,388 dS/m), valeur enregistrée dans le sol témoin, à  $824,75 \pm 152,38 \mu\text{s/cm}$  (0,825 dS/m), valeur signalée au niveau des pots recevant une double dose de boue. Les augmentations, par rapport au témoin observé de la conductivité électrique passent de 25,23 % pour les pots qui reçoivent 96g de boue et 112,84% pour les pots qui reçoivent 96gx2 de boue.

Les sols sont très pauvres en matière organique et un apport en boue ne fait qu'améliorer les propriétés chimiques, l'effet de l'épandage de la boue a fortement augmenté le stock de la matière organique dans le sol qui devient significativement plus riche ( $4,61 \pm 0,703 \%$  pour le sol recevant 96g de boue/pot et  $9,92 \pm 0,280 \%$  pour le sol recevant 2x96g de boue/pot) par rapport le sol témoin (1,4%)

Les résultats des paramètres morpho physiologique montrent une augmentation de la surface foliaire et la chlorophylle des plantes.



**REFERENCE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

## Références

### A

- ADEME, 1999** : - Situation du recyclage agricole des boues d'épuration urbaines en Europe et dans divers autres pays du monde, Ademe édition, Paris, pp. 159.
- ADEME. 2001.** Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture - dossier documentaire. p. 30.
- Adrian, 2008.** Service d'assainissement. Ed SULDGE, Paris, 8p.
- A.F.E.E, 1976.** La stabilisation non biologique des boues fraîches d'origine urbaine. Synthèse bibliographique, Paris 119p.
- ALBRECHT, R, 2007** ; Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. thèse de doctorat.
- Allen, A., 2001.** Containment landfills: the myth of sustainability. *J. Engineering Geology*.60, (4),319
- Alloway, A. 1995.** Heavy metals in soils. Edition blackie academic&professional, 368 p.
- Almendros, G., Guadalix M.E., Gonzalez-Vila F.J., Martin F., 1996. Preservation of aliphatic macromolecules in soil humins. *Org. Geochem.* 24, 6/7, 651-659.
- Alvarenga,P.,Palma,P.,Gonzalez,A.P.,Fernandes,R.M.,CunhaQueda,A.C.,Duarte,E.,2007.**Evaluation of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural land. *J. Environment international.* 33, 505- 513.
- Amir, S., 2005** .contribution a la valorisation de boues stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organique et bilan humique du compost. Thèse doctorat, formation doctorale science agronomique.P8.
- Annabi, M., 2005.** Stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine: relation avec les caractéristiques de leur matière organique. Thèse de doctorat Institut National Agronomique Paris. Grignon.France. 280 p.
- A.N.R.E.D ,1982** : La valorisation agricole des boues des station d'épuration .Cahier technique N°7 ,3p
- Antolin, M.C., Inmaculada,P., Garcia,C., Polo,A. et Sanchez, M.D., 2005.** Growth, yield and solute content of Barley in soils treated with sewage sludge under semi arid Mediterranean conditions .*J. Field Crop Research.* 94,224- 237.
- Aubert ,G., 1978.** Méthodes d'analyse des sols. Document de travail. Edition du Centre régional de documentation pédagogique de Marseille, 191 p.

## B

**Baize D., Courbe C., Suc O., Schwartz C., Tercé M., Bispo A., Sterckman T. et Ciesielski H., 2006.** Epannage de boues d'épuration urbaines sur des terres agricoles : impacte sur la composition en éléments en traces des sols et des grains de blé tendre. Courrier de l'environnement de l'INRA n°53 : 35-61.

**Baize ,D., Christian C., Suc O., Schwartz C., Martine T., Tercé M., Bispo A., Sterckman T., Ciesielski H. 2006.** Epannage des boues d'épuration sur des terres agricoles : impact sur la composition en éléments traces des sols et des grains du blé tendre ; courrier de l'environnement de L'INRA. 53, 35-61

**Baize, D., 1988.** Guide des analyses en pédologie 2eme édition revue et augmentée; édition INRA, Paris France.

**Bahri H. et Annabi M. 2011.** Effet des boues urbaines sur la mouillabilité et la stabilité structurale d'un sol cultivé. Etude et gestion des sols, 18. pp. 8-15.

**Benmouffok A., Allili N., Djebala L., AkilA. & Medjani A. 2005.** Caractérisation et valeur agronomique des boues issues d'épuration des eaux usées (cas de la station d'épuration de Tizi Ouzou Est, Algérie), Watmed2 (Marrakech), 4

**Benterrrouche I., 2007** .Réponse écophysologique d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration. Mémoire de magistère en écologie et environnement. Fac. Sci. Nat. Vie. Uuniv. « Mentouri », Constantine, 178 p.

**Bernal-Martinez A., 2005.** Elimination des hydrocarbures aromatiques polycycliques présents dans les boues d'épuration par couplage ozonation – digestion anaérobi. thèse doctorat, Université montpellier II sciences et technologiques du languedoc.P31.

**Boudjabi S., 2016.** Réponses physiologiques et biochimiques de quelques variétés de blé dur sous contraintes hydriques à l'apport de boues résiduaire. Thèse Doctorat, université Hadj Lakhdar Batna. 223p.

**Bousselhaj, K., 1996.** Etude du potentiel fertilisant (N et P) de deux boues de stations d'épuration par lagunage anaérobie et par boues activées. Thèse de 3eme cycle, Université. Cadi Ayyad .Faculté des sciences.Semlalia. Merrakech. Maroc. 171 p.

**Bouzerzour, H., Tamrabet, L., et Kribaa, M., 2002.** Réponse de deux graminées fourragères, l'orge et l'avoine, aux apports d'eau usée et de boue résiduaire. In: Proceedings Séminaire International : Biologie et Environnement, Université Mentouri, Constantine. 2002. Algérie. p 71.

**Bozkurt, 2006;** Possibilities of using sewage sludge as nitrogen fertilizer for maize. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, Volume 56, , pages 143 - 149

**Brame et Lefèvre, 1977 :** Aspects quantitatifs de l'utilisation agronomique des boues résiduaires des stations d'épuration. *SC du sol bull Afls 3 p 125-140.*

**Bresson, L.M., Koch, C., Le Bissonais, Y., Barriuso, E., Lecomte, V., 2001.** Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *J. Soil Science Society of America*. 65, 1804-1811.

## C

**Calvet.R, 2003 :** Le sol , propriété et fonction ,phénomène physique et chimique , application agronomique et environnementale .T2 Ed France agricole.

**C.E.A.E.Q. 2015.** Détermination de la conductivité : méthode électrométrique , Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du Québec MA. 115 – Cond. 1.1, rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2015, 9 p.

**Chang, A.C., Granato, T.C., Page, A.L., 1992.** A methodology for establishing phyto-toxicity criteria for Cr, Cu, Ni, and Zn in agricultural land application of municipal sewage sludges. *J. Environ. Qual.*, 21, 521–536.

**Cardot, C., (1999).** Génie de l'environnement, les traitements de l'eau: procédés physicochimies et bactériologique, édition Ellipses, Paris, 247p

**Cherifi M ., 2013:** Décontamination électrocinétique d'une boue d'eau potable contenant de l'aluminium,thèse doctorat ,uni badji mokhtar. P20.

**Chouial M., Benamirouche S. et Belbeldi O. 2017.** Performances et limites d'utilisation des boues des stations d'épuration pour l'élevage de plants forestiers en pépinière : Cas du pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.). *Revue Agriculture* vol.8 n°1 (2017) :55–67

**Ciavatta, C., Govi, M., Pasotti, L., Sequi, P., 1993.** Changes in organic matter during stabilization of compost from municipal solid waste. *J. Bioresource Technol.* 43,141-145.

**CRAAQ. 2015.** Guide de référence en fertilisation, 2<sup>e</sup> édition actualisée. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. Edifice Delta 1, Québec. 477p.

**Cripps, R.W., Winfree, S.K., Reagan, J.L., 1992.** Effects of sewage sludge application method on corn production. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23, 1705–1715.

## D

**Daudu C. 2008.** Organic Matter Sources, Soil Fertility, and Productivity. Ed. VDM Verlag. 208 p.

**Degrement., (1978).** Mémento technique de l'eau, 8ème édition, Paris, 1200p.

## E

**Ecrin, 2000.** Que faire des boues? (What doing with sludge ?). Club Environnement et société, [www.ecrin.asso.fr](http://www.ecrin.asso.fr).

**El-Fadel, M., Khoury, R., 2000.** Modeling Settlement in MSW Landfills: Critical Reviews in J. Environ. Sci. Technol. 30 (3), 327-336.

## G

**Guerfi Z., 2012** impact de l'utilisation des boues résiduelles sur les propriétés physico-chimique des sols de la haute vallée de la medjerda wilaya de souk ahras.,mémoire magistère, Université Badji-Mokhtar Annaba.p30.

**Gomez A., Lineres, M., Tanzin, J. & Solda P.1984 :** Etude de l' incidence des apports de boues résiduelles à des sols sableux , sur l' évolution quantitative et qualitative de la matière organique. CR. Acad. Sc. P 20 et P 36, P 37, P 39, P 41

## H

**Hassen, A., Belguith, K., Jedidi, N., Cherif, A., Cherif, M., Boudabous, A., 2001.** Microbial characterisation during composting of municipal solid waste. J. Bioresource .Technol. 80, 217- 225.

**Haynes, R.J., Naidu, R., 1998.** Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutrient Cycling in Agro ecosystems 51, 123-137.

**Hoffman, C.M., Blomberg, M., 2004.** Estimation of leaf area index of *Beta vulgaris* L. based on optical remote sensing data. J. Agron. Crop Sci. 190,197–204.

## I

**Igoud,S., 2001.** Valorisation des boues résiduelles issues des Stations d'épurations Urbaines par leur épandage dans les plantations forestières .Rev. Energ. Ren. 69-74.

**Inbar,Y., Chen,Y., Hadar, Y., 1990.** Humic substances formed during the composting of organic matter. J. Soil Sci. Soc. Am. 54, 1316-1323.

## J

**Jacobsen, S., Jensen, C.R., Liu, F., 2012.** Improving crop production in the arid Mediterranean climate.J. Field Crop Res. 128, 34-47.

**Jarde, E., Mansuy, L., Faure, P., 2003.** Characterization of the macromolecular organic content of sewage sludges by thermally assisted hydrolysis and methylation-gas chromatography-mass spectrometer (THM-GC/MS). *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 68-69, 331-350.

**Juste, C., 1995.** Les micro- polluants métalliques dans les boues résiduaire des stations d'épurations urbaines. Rapport du ministère de l'agriculture et de la pêche. Ademe- INRA, 207p.

## K

**Kirkham MB, 1974:** Diposal of sludge on land, Effects on soils, plants and ground water compost. Sc. P 40 et P 37, P 38 et P 39

**Klöpffer, W., 1996.** Environmental hazard assessment of chemicals and products. Part V. Anthropogenic chemicals in sewage sludge. *Chemosphere*, 33, 1067-1081.

**Koller, E., (2009).** Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2<sup>ème</sup> édition, Dunod, 569p.

**Kutuk, C., Cayci, G., Baran, A., Baskan, O. et Hartmann, R. 2003.** Effects of beer factory sludge on soil properties and growth of sugar beet (*Beta vulgaris saccharifera* L.). *J. Bioresource Technology* 90, 75-80.

## L

**Lacee C., 1985.** Analyses des boues. AFEE, Tome 1, 135 p. Tome 2, 127 p.

**Ladjel F. et Abbou S. 2014.** Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie. ONA. 49p.

**Larouche, A.R, 2001 :** La matière organique et ses décomposeurs, projet pour une agriculture écologique, PP 35-39.

**Lega, R., Ladwig, G., Meresz, O, Clement, R.E., Crawford, G., Salemi, R., Jones, Y., 1997.** Quantitative determination of organic priority pollutants in sewage sludge by GC/MS. *Chemosphere*, 34, 1705-1712.

## M

**Magdi, T.A., Horiuchi, T., Oba, S., 2004.** Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. *J. Bioresource Technol.* 93 (2), 183-189.

**Mantovi, P., Guido, B., Giovanni, T., 2005.** Reuse of liquid, dewatered and composted sewage sludge on agricultural land: Effect of long term application on soil and crop. *J.*

Water Research 39, 289 – 296.

**Marttinen, S.K., Kettunen, R.H., Sormunen, K.M., Rintala, J.A., 2003.** Removal of bis (2-ethylhexyl) phthalate at a sewage treatment plant. *J. Water Research.* 37(6), 1385-1393

**McBride, M.B., 2003.** Toxic metals in sewage sludge-amended soils: has promotion of beneficial use discounted the risks?. *Advances in Environmental Research*, 8, 5-19.

**Merchie P, 2000 :** Les boues d'épuration municipale et leur utilisation en agriculture  
.www.INRA .fr.

**Mench, M., Baize, D., 2004.** Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces - mesures pour réduire l'exposition. *Courrier de l'environnement de l'INRA* no 52. 31- 56.

**Mininni, G., Sbrilli, A., Guerriero, E., Rotatori, M., 2004.** Dioxins and furans formation in pilot incineration tests of sewage sludge spiked with organic chlorine. *J. Chemosphere.* 54, 1337- 1350.

**Molleta, R., (2006).** Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 720p.

**Molleta, R., (2007).** Gestion des problèmes environnementaux, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 441p.

**Mondini, C., Fornasier, F., Sinicco, T., 2004.** Enzymatic activity as a parameter for the characterization of the composting process. *J. Soil Biol. Biochem.* 36, 1587–1594.

**Monreal, J. A., Jimenez. E. T., Remesal, E., 2007.** Proline content of sugar beet storage roots. Response to water deficit and Nitrogen fertilization at field conditions.

*J. Environmental and experimental Botany.* 60, 257- 267.

**MURILLO, M, 2004 ;** Caractérisation de l'Effet d'un Traitement au Peroxyde d'Hydrogène sur une Boue - Application la Réduction de la Production de Boue', Thèse de doctorat, INSA Toulouse.

**Mustin, M., 1987.** Le Compost, gestion de la matière organique. Ed. François Du busc, Paris, 954 p.

## N

**Nammari, D.R, Hogland, W., Marques, M., Nimmermark, S., Moutavtchi, V., 2004.** Emissions from a controlled fire in municipal solid waste bales. *J. Waste Management*, 24, 9-18.

## O

**Ouédraogo, E., Mando, A. Zombré, N.P., 2001.** Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *J. Agriculture, Ecosystems and Environment.* 84, 259-266.

**Ouatmane A., 2000.** Etude du compostage de quelques déchets organiques : I – Approche physico chimique, calorimétriques et spectroscopique de l'étude de l'état de maturation des composts. II Analyse qualitative et quantitative de la fraction humique, Thèse de Doctorat d'Etat en science, Faculté de Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc. 170 p.

**Orman, S. Ok. H., Kaplan, M., 2014.** Application of sewage sludge for growing alfalfa, its effects on the macro micro nutrient concentration, heavy metal accumulation and translocation. *Ekoloji*. 23,109.

## P

**Pascual, I.M., Carmen, A., Carlos, G., Alfredo, Polo., Manuel Sanchez, D., 2007.** Effect of water deficit on microbial characteristics in soil amended with sewage sludge or inorganic fertilizer under laboratory conditions. *J. Bioresource Technology*. 98, 29-37.

**Pekrun L et al, 2003.** soil tillage for sustainable nutrient management in EL Tiri, A(ed.) soil tillage in Agroecosystems, CRC Press New York (USA), pp83-113

**Pérez, S., Guillamón, M., Barceló, D., 2001.** Quantitative analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge from wastewater treatment plants. *Journal of Chromatography A*, 938, 1-2, 57-65.

**Pérez, S., Farré, M., Garcia, M.J., Barceló, D., 2001.** Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge and their contribution to its toxicity in the ToxAlert .100 bioassay. *J. Chemosphere*. 45, 705-712.

**Pisson, C., 2000.** impacte de l'épandage des boues résiduaires urbaines sur la qualité des productions céréalières en particulier sur l'aspect des éléments traces métalliques. mémoire de l'Ecole Nationale de la santé publique. p1.

**Pommel B, 1979 :** La valorisation agricole de déchets :2) Les boues résiduaires urbain ,I.N.R.A Station d'agronomie ,C ,R de Bordeaux, 63p Polycopiée.

**Prevot, H., 2000.** La récupération de l'énergie issue du traitement des déchets. Rapport du Conseil général des mines. Juillet 2000.

<http://www.environnement.gouv.fr/telch/2001t3/010731rapportprevot- dechets-energie.pdf>

## R

**Rattan R.K.; Datta S.P., Chhonkar P.K., Suribabu K. & Singh A.K. 2005.** Long-term impact of irrigation with waste water effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study. *Agr. Ecosyst. Environ.* 109: 310-322.

**Ros, M., Hernandez, M.T., Garcia, C., 2003.** Soil microbial activity after restoration of a semi arid Soil by organic amendments. *J. Soil. Biochem.* 35, 463- 469.

## S

**Sachon, S. 1995** .Les boues des stations d'épuration urbaines : Utilisation en agriculture. BTI, 21:14-29.

**SALHI, M, 2003** : - Procèdes Couplés aux Boues Activées-Ozonisation pour la Réduction dans la Production de Boues: Etude Modélisation et Intégration dans la Filière de Traitement des Eaux'. Thèse de Doctorat, INSA Toulouse.

**Sanchez-Monedero, M.A., Mondini,C., Nobili, M., Leita, L., Roig, A., 2004**. Land application of biosolids. Soil response to different stabilization degree of the treated organic matter. J.Waste Management. 24, 325–332.

**Sbih ;1990** :etude de la biodégradabilité des boues résiduaires de station d'épuration effet sur la dirpombilité du phosphore pour le végétal, thèse d'EUA, institue d'hygiène et sécurité université de batna.P21 ,P22 ,P23et P27.

**Shaheen, S.M., Shams, M.S., Ibrahim, S.M., Elbehiry, F.A., Antoniadis, V., Hooda, P.S., 2014**. Stabilization of sewage sludge by using various by-products: effects on soil properties, biomass production, and bioavailability of copper and zinc. J.Water Air Soil Poll. 225:1-13.

**Sharma, V. K., Caudatelli, M., Fortuna, F., Cornacchia,G., 1997**. Processing of urban and agro industrial residues by aerobic composting: Review. Energy Conversion and Management.38 (5), 453-478.

**Singh, K.P., Mohan, D., Sinha S., Dalwani, R., 2004**. Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural, and environmental quality in the wastewater disposal area. Chemosphere, 55, 227–255.

**Su, D.C., Wong, J.W.C., Jagadeesan, H., 2004**. Implications of rhizospheric heavy metals and nutrients for the growth of alfalfa in sludge amended soil. Chemosphere, 56, 10, 957-965.

**Station d'épuration de la ville de khenchela .donnes 2013**.

## T

**Tasdilas ,CD. 1997**. Impact of waste water reuse on some soil properties. In: Inter. Conference on water management, salinity, and pollution control towards sustainable irrigation in the Mediterranean region: Options méditerranéennes série B- CIHEAM. 213-226

**Terce M., 2001.** Les impacts du recyclage des boues de station d'épuration. INRA-ME&S-75338 Paris.

**Torleif, B., 2001.** Effects of liquid and dewatered sewage sludge applied to a scots Pins Stand (*Pinus sylvestris*) in central sweden. *Forest Ecology and management* 147, 197-216.

**Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itavaara, M., 2000.** Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technol.*, 72, 169-183.

## V

**Veeresh, H., Tripathy, S., Chaudhuri, D., Ghosh, B.C., Harte, B.R. et Powel, M.A., 2003.** Changes in physical and chemical properties of three soil types in India as a result of amendment with fly ash and sewage sludge. *J. Environmental Geology* .43, 513–520.

**Vialatte ; 2001 :** traitement des eaux usées coordinations pédologique. P23 et P25.

## W

**Warman, P.R., Termeer, W.C.** Evaluation of sewage sludge, septic waste and sewage sludge compost applications to corn and forage: Yields and N, P, and K content of crops and soils. *Bioresour. Technol.*, in press.

**Werther J., Ogada T., 1999.** Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*, 25 55–116.

## Y

**Youcefi . L ;2003:** in mémoire ; l'influence des boues résiduaire sur la salinité de sol département d'agronomie ; université de Alhadj Lakhdhar –Batna.P1 et P3,P8 et P12, P13, P23.

## Z

**Zebarth B.J., McDougall, R., Neilsen, G., Neilsen, D., 2000.** Availability of nitrogen from municipal sewage sludge for dryland forage grass. *Can. J. Plant Sci.* 80, 575–582.

**Zorpas A.A., Arapoglou, D., Panagiotis, K., 2003.** Waste paper and clinoptilolite as a bulking material with dewatered anaerobically stabilized primary sewage sludge (DASPSS) for compost production. *J.Waste Management.* 23, 27-35.



# **RESUME**

## Résumé

Les boues résiduelles constituent, une source non négligeable, d'éléments fertilisants qui améliorent la fertilité du sol, son épandage permet de valoriser et de recycler les éléments nutritifs originaires du sol. Dans cette étude, notre objectif est d'aborder l'effet de l'épandage des boues sur quelques caractéristiques chimiques du sol, ainsi que les paramètres morpho physiologique du blé. Les résultats obtenus montrent une amélioration de la teneur de ces sols en matière organique, une diminution en pH et une augmentation de la conductivité électrique et les résultats des paramètres morphophysique d'étude montrent une augmentation dans la surface foliaire et la chlorophylle des plantes.

**Mots clés:** boues , épandage , propriétés chimique du sol.

## ملخص

تعتبر الحمأة مصدرا معتبرا من العناصر المغذية التي تعمل على تحسين خصوبة التربة، نثر الحمأة يسمح بتثمين و استرجاع هذه العناصر المغذية التي كان مصدرها التربة. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد أثر نثر الحمأة على بعض الخصائص الكيميائية للتربة، وكذلك الخصائص المورفولوجية والفسيزيولوجية للقمح. نتائج هذه الدراسة أثبتت زيادة في المادة العضوية للتربة كما أدت الى خفض نسبة حموضتها و الى زيادة ناقليتها الكهربائية, على مستوى النباتات نثر الحمأة أدى إلى زيادة المساحة الورقية و محتوى النباتات من اليخضور

**الكلمات المفتاحية :** حمأة الصرف الصحي ، نثر الحمأة، الخصائص الكيميائية للتربة.