



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : Écologie et Environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Présenté par : - **BOUZATEUR OUSSAMA**
- **SEHIL RACHIDA**

Thème

***Contribution à la valorisation des boues
d'épuration comme fertilisant***

Soutenu le 22/06/2022

Devant le Jury :

Mme. NAIMI Souhila	Présidente	MAA	Univ-Tissemsilt
Melle. BOUKIRAT Dyhia	Encadrante	MCB	Univ-Tissemsilt
Mr. MILIENE kaddour	Examineur	MCB	Univ-Tissemsilt
Melle. LAABAS Saadia	Co-Encadrante	MAA	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2021-2022

Remerciements

*Nous remercions avant tout **ALLAH** Tout-Puissant qui nous a aidé à terminer cette recherche et qui nous a donné la santé, la patience, le défi et l'amour pour rendre ce modeste projet utile.*

Nous adressons nos plus vifs remerciements et appréciations à notre encadrante

***Mme BOUKIRAT DYHIA** Pour toute l'aide qu'elle nous a apporté et qui a contribué à l'enrichissement de l'objet de notre étude tout au long de ce travail, sans oublier la Co-encadrante **Mme LAABAS SAADIA** pour son aide, et ses conseils.*

Nous exprimons nos remerciements aux membres du jury : pour évaluer notre travail.

Nous exprimons nos remerciements à tous les professeurs de la faculté SNV et spécialement d'écologie.

Nous adressons un très grand merci à Mr le directeur d'INSFP de Tissemsilt et son personnel pour les encouragements tout long de la préparation de notre essai expérimental.

Nous remercions aussi tous les responsables du laboratoire de la faculté de SNV.

*Un grand merci à nos parents, nos frères, et sœurs et toutes de nos deux famille **SEHIL** et **BOUZATEUR**.*

Merci aussi à toute la famille universitaire et nos collègues de la spécialité d'écologie.

A qui l'on doit toute les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

*Alhamdulillah qui nous a permis de finir ce modeste projet
quenous dédions :*

À mes très chers parents :

*Pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs
encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant
mes études.*

*Que Dieu leur accorde santé, bonheur, prospérité et
longue vie afin qu'un jour nous puissions remplir de joie
leur vieillesse.*

A tous mes professeurs :

*Pour toute l'aide, les informations et les conseils qu'ils
nous ont donnés tout au long de la période d'étude.*

Pour toute la famille BOUZATEUR :

*Spécialement mes frères ABDEL MOMEN, ABDOLLAH et
ma petite sœur LINA.*

*Mon cousin RABIE, les petits poussins SIRIN, JIHAN,
FARAH.*

A toute la famille KARNAFIA :

*Spécialement Mon oncle le cheikh, les petits poussins
KOTOUF, IKHLASSE*

*A tous nos amis, mes Collèges SNV et surtout Ecologie et
toute la famille Universitaire.*

OUSSAMA

Dédicace

À ma très chère maman

Aucune dédicace très chère maman, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour vous, vos sacrifices innombrables et vos grands efforts pour moi. Vous avez guetté mes pas, et m'avez couvé de tendresse, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Vous m'avez aidé et soutenu pendant de nombreuses années avec à chaque fois une attention renouvelée. Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie, je t'aime maman.

À mon très cher père

Vous êtes et vous resterez pour moi ma référence, la lumière qui illumine mon chemin. J'implore Dieu, tout puissant, de vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.

À mes frères et ma petite sœur : Sofiane, ABDEREZZAQ ET WISSAM

À MON BINOME : OUSSAMA

À tous mes amis spécialement : CHAIMA, NADIA, FERIEL, SAMIA, NABIA, DHAOUIA.

A tous nos amis, mes Collèges SNV et surtout Ecologie et toute la famille Universitaire.

RACHIDA

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	01

Partie I : Étude bibliographique

Chapitre 01 : Généralités sur les boues

I.1. Généralités sur les boues.....	03
I.1.1. les boues résiduaires.....	03
I.1.2. les types des boues résiduaires.....	03
I.1.2.1. Les boues résiduaires urbaines	04
I.1.2.2. Les boues biologiques ou secondaires.....	04
I.1.3. Traitement des boues résiduaires.....	04
I.1.3.1. L'épaississeur.....	04
I.1.3.2. La Digestion.....	04
I.1.3.3. Les Lits de séchage.....	05
I.1.4. La composition des boues résiduaires.....	05
I.1.4.1. Matière organique.....	06
I.1.4.2. Éléments fertilisants et amendements.....	06
I.1.4.3.. Contaminants chimiques.....	06
I.1.4.4. Les micro-organismes pathogènes.....	07
I.1.5. Les boues résiduaires et l'agriculture.....	08
I.1.6. L'effet des boues sur le sol.....	08
I.1.6.1. Conséquences sur la fertilité physique du sol.....	08
I.1.6.2. Conséquences sur la fertilité chimique du sol.....	09
I.1.6.3. Conséquences sur la fertilité biologique du sol.....	10
I.1.6.4.L'effet négatif des boues sur les cultures.....	10

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

II.1.1. L'objectif du travail.....	11
II.1.2. Composants de l'expérimentation.....	11
II.1.2.1. Le sol.....	11
II.1.2.2. Les boues.....	11
II.1.2.3. Matériel végéta.....	12
II.1.3. Localisation de l'essai.....	13
II.1.4. Mise en place de l'expérimentation.....	14

II.1.4.1. préparation du substrat.....	14
II.1.4.2. Pré germination.....	14
II.1.4.3. L'arrosage.....	15
II.1.5. Méthodes effectuées.....	15
II.1.5.1. Analyse du sol et des boues.....	15
II.1.5.1.1. Dosage de la matière organique.....	15
II.1.5.1.2. La conductivité électrique.....	16
II.1.5.1.3. pH.....	16
II.1.5.2. Les paramètres étudiés.....	17
II.1.5.2.1. Hauteur de la plante.....	17
II.1.5.2.2. Nombre des feuill.....	17
II.1.5.2.3. Nombre d'étages foliaires.....	17
II.1.5.2.4. Longueur des racines.....	17
II.1.5.2.5. Estimation du poids frais (PF) et du poids sec (PS).....	18
II.1.5.3. Traitement statistiques des données.....	18

Chapitre 2 : Résultats et Discussion

II.2.1. Résultats

II.2.1.1. Effet de la boue sur la croissance des plantes de pois chiche.....	19
II.2.1.2. Effet de la boue sur la hauteur de la plante.....	20
II.2.1.3. Effet de la boue sur le nombre de feuille.....	21
II.2.1.4. Effet de la boue sur les étages foliaires.....	22
II.2.1.5. Effet de la boue sur les racines.....	22
II.2.1.6. Effet de la boue sur le nombre de nodosités.....	23
II.2.1.7. Effet de boue sur la biomasse de la plante.....	23
II.2.1.7.1. Le poids frais.....	23
II.2.1.7.2. Le poids sec.....	24
<u>II.2.2.</u> Discussion.....	26

Conclusion.....	29
------------------------	-----------

Les références bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des abréviations

- **C/N** : Carbone / Azote
- **ETM** : Élément trace métallique
- **HAP** : hydrocarbures aromatiques polycycliques
- **N.S** : Non significative
- **PCB** : polychlorobiphényle
- **PFA** : Poids frais aérienne
- **PFR** : Poids frais racinaire
- **STEP** : Station de Traitement des Eaux Pollués
- **µg/kg** : Microgramme par kilo gramme
- **mmhos/cm** : Millimhos par centimètre

Liste des figures

- **Figure n° 01** : Les étapes de traitement des eaux usées de la station d'épuration à boue activée.....05
- **Figure n° 02** : Description morphologique du pois chiche13
- **Figure n° 03**: la serre tunnel de l'institut.....13
- **Figure n° 04**: la germination des graines de pois chiche15
- **Figure n° 05** : Photo illustrant la détermination des matières volatiles sèches16
- **Figure n° 06**: Conductimètre.....16
- **Figure n° 07** : Le pH-mètre.....17
- **Figure n° 08** : Effet de la boue sur la croissance des plantes de pois chiche19
- **Figure n° 09** : les plantes de pois chiche après la récolte20
- **Figure n° 10** : Effet des traitements de boue sur la hauteur de la plante21
- **Figure n° 11** : Effet de la boue sur le nombre de feuille.....21
- **Figure n° 12** : Effet de la boue sur le nombre des étages foliaires22
- **Figure n° 13** : Effet de la boue sur les racines23
- **Figure n° 14** : Effet de la boue sur le nombre de nodules.....23
- **Figure n° 15** : Effet de la boue sur le poids frais des parties aériennes24
- **Figure n° 16** : Effet de boue sur le poids frais des parties racinaires24
- **Figure n° 17** : Effet de la boue sur le poids sec des parties aériennes.....25
- **Figure n° 18** : Effet de la boue sur le poids sec des parties racinaires25

Liste des tableaux

- **Tableau n° 01:** composition des boues selon la filière de traitement des eaux résiduaires urbaines07
- **Tableau n° 02 :** agents pathogènes isolés des boues d'épuration urbaines..... 08
- **Tableau n° 03 :** Classification taxonomique du pois chiche (USDA).....12

Introduction

Introduction

Le traitement des eaux usées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. Les boues sont le principal déchet produit en grandes quantités par ce processus, Ces boues peuvent contenir des bactéries et autres germes pathogènes ou des métaux lourds toxiques (**Belaid., 2015**). Et leur élimination est l'un des principaux problèmes écologiques actuels (**Reed et al., 1991 cité in Smith., 1996**).

En Algérie, il existe actuellement 165 stations d'épuration en activité produisant environ 250 000 tonnes de boues par an, qui devaient passer à 400 000 tonnes vers l'horizon 2020, selon les données du Ministère des Ressources en Eau Algérie (**CDER., 2014**).

L'élimination des boues nécessite souvent des coûts importants, en plus des inconvénients des méthodes traditionnelles telles que l'enfouissement et l'incinération qui provoquent respectivement la pollution des eaux souterraines et celle de l'air (**Belmonte., 2003 ; Cameron et al., 1997**).

L'utilisation des boues comme engrais dans l'agriculture et comme source d'énergie représente une alternative pour leur valorisation, cependant, leur utilisation comme engrais, que de nombreux gouvernements encouragent (**Reed et al., 1991 ; Smith, 1996**), représente plusieurs risques pour les sols et pour les humains. La présence de tous sorte de contaminants notamment de métaux toxiques peut limiter leur épandage en raison du risque de contamination des sols et du transfert des substances toxiques dans la chaîne alimentaire (**Nogueira ., 2009**).

Les boues sont produites avec différentes compositions chimiques, ce qui conduit à différents degrés de réponse chez les plantes.

L'épandage du sol reste toutefois, selon l'Union Européenne, un des modes acceptables d'utilisation des boues à moyen et long terme (**During et Gath., 2002**).

En Algérie, La valorisation des boues comme engrais a fait l'objet de plusieurs études et ce depuis les années 90, elles ont notamment été conduites sous serre sur des cultures de tomates et de laitues..., ou en plein champ sur des grandes cultures (**Belaid., 2015**).

La station d'épuration de Tissemsilt produit des tonnes de boues par an qui y sont stockées, leur élimination représente une des principales préoccupations de la ville.

Le présent travail se penche sur la contribution à la valorisation des boues en agriculture pour améliorer la fertilité du sol, augmenter la croissance et le rendement des plantes et réduire le volume des boues stockées dans les stations d'épuration.

Introduction

Le présent travail se penche sur la contribution à la valorisation des boues en agriculture pour améliorer la fertilité du sol, augmenter la croissance et le rendement des plantes et réduire le volume des boues stockées dans les stations d'épuration.

Dans cette perspective, un essai serra mené pour étudier l'effet de l'application des boues urbaines de la station d'épuration de Tissemsilt sur la croissance et le comportement du pois chiche, une plante qui présente plusieurs avantages.

Partie I

Étude bibliographique

Chapitre 1

Généralité sur les boues

CHAPITRE 01: Généralités sur les boues

I.1. Généralités sur les boues

Les eaux polluées est l'un des problèmes majeur de notre ère, l'eau est une ressource essentielle et indispensable pour l'humanité, le rejet de l'eau polluée dans l'environnement représente un grand danger pour l'équilibre des écosystèmes, cependant il est malheureusement inévitable, la seule issue possible est de les assainir avant de les renvoyer dans la nature. Cela concerne essentiellement les eaux usées urbaines et industrielles. La maîtrise de l'eau a été et restera constamment au centre des préoccupations de la société (**Benabdeli et Mohamedi., 1999**).

Les eaux usées contiennent des déchets grossiers séparables sous l'action des forces de gravité lorsqu'on les laisse séjourner dans un bassin calme, ces phénomènes de décantation donnent naissance à des résidus, dont certains (sable grossier, graisse) sont évacués séparément et dont la majorité constituent une composante inerte appelée boue (**Duchene, 1990**). Les boues issues d'une épuration physico-chimique sont dites boues de coagulation.

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, 1988**), elles sont riches en résidus formés de réactifs chimiques (**Sbih, 1990**).

I.1.1.Les boues résiduelles

La boue d'épuration est une matière résiduelle semi-solide résultant de la sédimentation des matières solides en suspension au cours des processus de traitement des eaux usées au niveau des STEP. Deux principaux types de boues d'épuration peuvent être identifiés :

- les boues primaires qui résultent de la capture des matières solides en suspension et des matières organiques par sédimentation gravitationnelle, et
- les boues secondaires produites par des micro-organismes qui consomment la matière organique. (**Lamastra et al. 2018**).

I.1.2.Les types des boues résiduelles

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

I.1.2.1. Les boues résiduaires urbaines

Les eaux usées urbaines sont constituées des eaux usées domestique, des eaux usées provenant d'activités non domestiques. (Ifen, 2001). La quantité de boue produite croit régulièrement avec l'augmentation du nombre de stations d'épuration et de la population raccordée ainsi qu'avec l'amélioration des systèmes d'assainissement et l'évolution des exigences réglementaires en matière d'émissions dans les milieux naturels. Les types de boues d'épuration produites dépendent du type de procédé de traitement des eaux et des équipements de traitements des boues.

I.1.2.2. Les boues biologiques ou secondaires

Ce sont les boues issues de clarificateurs ou décanteurs après traitement biologique, que ce soit en culture libre (boues actives) ou en culture fixée (lits bactériens ou biologique).

Elles sont donc constituées essentiellement de corps bactériens et de leurs sécrétions, elles sont de couleur sombre, très organique (75%), plus homogènes que les boues primaires et ont moins d'odeur que les précédentes (Duchene, 1990 et Debba, 1998).

I.1.3. Traitement des boues résiduaires

Les boues extraites des décanteurs ont une teneur en eau voisine de 85 % et sont Fermentescibles. En fonction de leur destination, elles font l'objet d'un traitement et d'un conditionnement ayant comme objectif de réduire leur volume et de les stabiliser.

I.1.3.1. L'épaississeur

Est le passage obligé pour réduire à faible coût le volume des boues à traiter. Il agit comme un décanteur et réduit légèrement la teneur en eau.

I.1.3.2. La Digestion

La digestion est un procédé de stabilisation, elle se traduit par une dégradation de matières organiques volatiles. Elle vise les objectifs suivants :

- Réduire le volume et la masse de boues à fin de limiter les couts d'évacuation,
- Stabiliser la boue, c'est-à-dire la transformer de telle sorte qu'elle devienne très lentement biodégradable. Cette stabilisation doit se traduire concrètement par l'absence de nuisances et une destruction partielle de germes pathogènes,
- Produire une boue de bonne qualité. (Chaouch, 2013).

I.1.3.3. Les Lits de séchage

Le principe du lit de séchage est d'épandre des boues liquides sur une grande surface avec un lit constitué de graviers et de sable, qui permet la réduction significative de la teneur en eau par utilisation d'énergie solaire thermique, Il se pratique soit à l'air libre soit en bâtiment fermé avec une ventilation mécanique. Cette technique présente un grand avantage puisque on utilise une source d'énergie renouvelable, ainsi les boues séchées par cette technique peuvent être acceptée par divers filières de valorisation énergétique ou d'élimination. (Bouaissa, 2015).

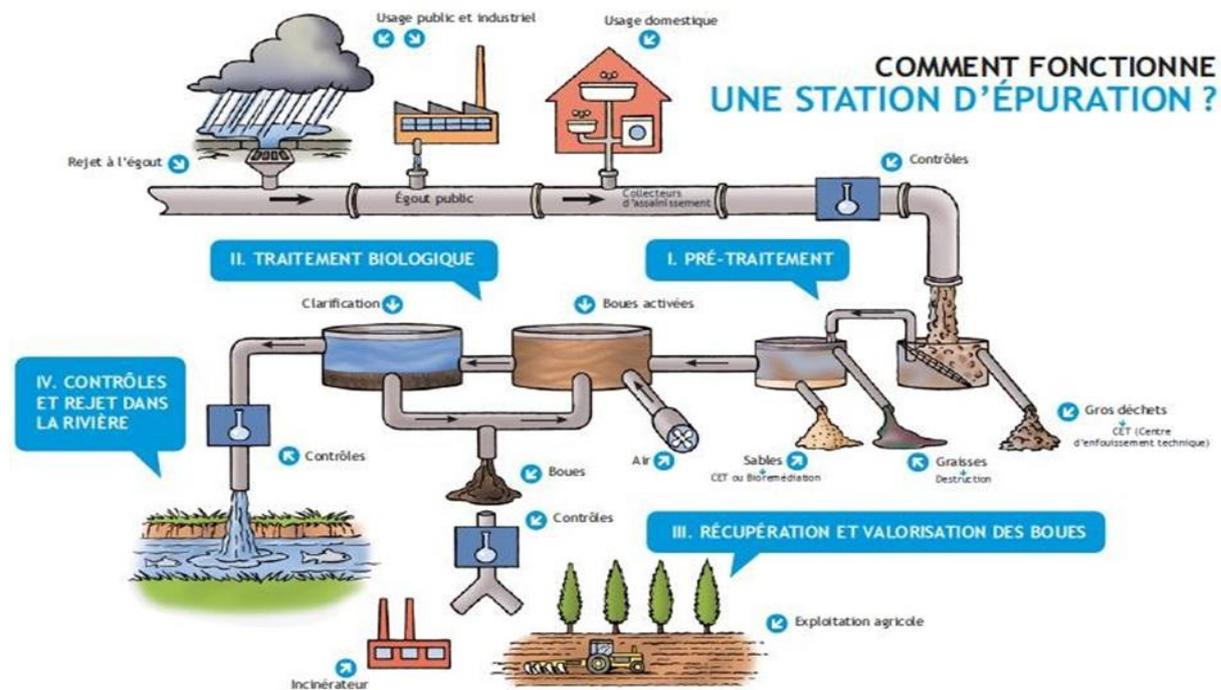


Figure n° 01 : Les étapes de traitement des eaux usées de la station d'épuration à boue activée

I.1.4. Composition des boues résiduaire

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 (Werther., 1999 ; Jarde et al., 2003 ; Singh et al., 2004). Les boues résiduaire 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) .

I.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) (**Kakii et al., 1986 ; Inoue et al., 1996 ; ADEME, 2001 ; Jarde et al., 2003**).

I.1.4.2. Éléments fertilisants

D'importantes quantités en composés inorganiques usuels se retrouvent dans les boues à savoir : N, P, K, Ca et Mg. La concentration en azote varie entre 1 et 5 % de la matière sèche.

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., 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.

I.1.4.3. Contaminants chimiques

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques dépendent 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 (**Klöppfer, 1996**).

Les éléments traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux 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 potentiellement toxiques (**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**).

Tableau n° 01: composition des boues selon la filière de traitement des eaux résiduaires urbaines (Rejsek, 2002).

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

I.1.4.4 Les micro-organismes pathogènes

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

La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux sont très largement contaminées (**Ecrin, 2000**). Ainsi, par mesure de précaution, et afin d'éviter de propager des maladies tel que la maladie de la vache folle, il est interdit d'utiliser les boues d'épuration provenant des eaux usées des abattoirs ou des équarrissages pour fabriquer de la fumure ou du compost. D'une façon générale, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture (**Garrec et al, 2003**).

Tableau 2 : Agents pathogènes isolés des boues d'épuration urbaines (EC 2001 ; Dumontet et al. 2001).

BACTERIES	VIRUS	HELMINTHES	PROTOZOAIRES	CHAMPIGNONS	LEVURES
<i>Salmonella</i> spp.	Poliovirus	<i>Ascaris lumbricoides</i>	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Candida</i> spp.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Coxsackievirus	<i>Trichuris</i> sp.	<i>Cyclospora cayetensis</i>	<i>Phialophora richardsii</i>	<i>Trichosporon</i>
<i>Listeria monocytogenes</i>	Echovirus	<i>Hymenolepis</i> sp.	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Cryptococcus neoformans</i>
<i>Campylobacter</i> spp.	Parvovirus	<i>Taenia saginata</i>	<i>Toxoplasma gondii</i>	<i>Tricophyton</i> spp.	
<i>Clostridium botulinum</i>	Adenovirus	<i>Toxocara (canis et cati)</i>	<i>Sarcocystis</i> spp.	<i>Epidermophyton</i> spp.	
<i>Clostridium perfringens</i>	Reovirus	<i>Diphyllobothrium latum</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>		
<i>Shigella</i> spp.	Virus de l'hépatite A, C et E	<i>Echinococcus granulosus</i>	<i>Encephalitozoon intestinalis</i>		
<i>Mycobacterium</i> spp.	Rotavirus	<i>Ancylostoma duodenale</i>	<i>Vittaforma corneae</i>		
<i>Staphylococcus</i> (souches coagulase positives)	Astrovirus	<i>Necator americanus</i>			
<i>Streptococcus</i> (souches beta hémolytiques)	Calicivirus				
<i>Escherichia coli</i> (souches entéropathogènes)	Coronavirus				
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Norwalk-like calicivirus				
<i>Bacillus anthracis</i>	Virus adénoassociés				
<i>Vibrio</i> spp.	Virus Influenza				
<i>Leptospira</i> spp.	Polyomavirus (JC et BK)				
<i>Aeromonas</i> mobiles					
<i>Arcobacter</i> spp.					
<i>Brucella</i> spp.					

I.1.5 Les boues résiduaires et l'agriculture

La valorisation agricole des boues résiduaires peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique (C, N, P..), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges (Lambkin et al. 2004). Les boues résiduaires peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux.

I.1.6. L'effet des boues sur le sol

I.1.6.1. 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).

-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 Bissonais, 2009, Capowiez, 2009 ; Bipfubusa et al., 2004**).

Selon **Girard et al. (2005)**, 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**).

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) 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.

I.1.6.2. 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 liées 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 P₂₀₅ total avec des boues liquides a le même effet pour la culture que 55 kg de P₂₀₅ 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 nonrenouvelable en phosphates (**Morel, 2009**).

I.1.6.3. 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 mycorhizes (**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 proportionnelles 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 la contribution à l'étude de l'évolution de la matière organique des boues dans le sol.

I.1.6.4. L'effet négatif des boues sur les cultures

Ces effets s'observent, généralement, lorsque des doses trop élevées de boues sont appliquées à une date trop tardive. Dans ce cas, des phénomènes de verse apparaissent, notamment sous climat chaud et humide (**Pommel, 1979 ; O.T.V. 1997**). **Pommel (1979)** remarque que les boues ayant subi un traitement inadéquat peuvent conduire à une inhibition de la germination et à des troubles de croissance des plantes.

Par ailleurs, les boues dont les teneurs en éléments traces métalliques dépassent le seuil critique peuvent contaminer le sol et passer dans le végétal une fois que les conditions de leur mise en solution sont réunies (**Baize et al., 2006**),

Partie II

Partie expérimentale

CHAPITRE 01 : Matériel et Méthodes

II.1.1 L'objectif du travail

Le présent travail consiste à valoriser les boues issues des stations d'épuration des eaux usées comme fertilisant agricole et comme substrat de culture hors sol. Pour cela une étude expérimentale a été menée avec des substrats qui contiennent différentes doses de boues, sur lesquels on a cultivé des plantes (pois chiche).

L'étude expérimentale a pour but d'évaluer l'impact de ces différents amendements de boues sur la croissance et le comportement du pois chiche.

II.1.2. Composants de l'expérimentation

II.1.2.1. Le sol

Le sol utilisé dans l'expérimentation est un sol agricole provenant d'une ferme agricole de la région de Khemisti Tissemsilt.

Le sol est prélevé à une profondeur ne dépassant pas les 20 cm, il est ensuite séché à l'air libre, broyé, tamisé (< 5 mm) et bien mélangé. Ce sol est utilisé dans une expérimentation en pots dans des conditions semi contrôlées,

Le sol à une texture argileuse, un pH de l'ordre de (8.26 ±0.04) et la conductivité électrique est de l'ordre de 4.64 mmhos/cm ce qui indique que le sol est faiblement salé, suivant la classification de **Diehel (1975)** (voir annexe). Le sol est très riche de matière organique avec une teneur de 12.28±3.11 % selon la classification de **Baize (1988)**.

II.1.2.2. Les boues

Les boues utilisées ont été produites dans la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tissemsilt, elles sont d'une couleur noire, desséchées, à l'état solide, sans odeur désagréable. Les boues prétraitées ont été prélevées d'une façon aléatoire sur des lits de séchage le 23 février 2022, L'échantillon de la boue avait un pH de l'ordre de (7.42±0.07). La conductivité électrique est de l'ordre de 3.09mmhos/cm ce qui indique que la boue est faiblement salée. La teneur en matière organique de la boue est de l'ordre de (23.38±0.90).

II.1.2.1. Matériel végétal

Le pois chiche (*Cicer arietinum*) est une Fabaceae (légumineuse) cultivée pour ces graines protéagineuses, riches en protéine. Le pois chiche fait partie du nombre très réduit d'aliments qui apportent à la fois des protéines et un grand nombre de sels minéraux (calcium, fer, potassium et phosphore) jouant ainsi un rôle important dans l'alimentation. Elle renferme entre 20 % et 25% de protéines. A titre de comparaison, la teneur en protéines de la viande est de 16 à 25% et celle du poisson de 14 à 20% (**Anonyme b, 2004**). Le pois chiche est une culture qui nécessite un apport en phosphore (46 à 92 unités/ha) et en potassium (50 unités/ha) et ce, avant le semis. Une fumure azotée (20 unités/ha) est préconisée au semis pour favoriser le démarrage de la croissance (**ITGC, 2011 ; ITGC 2013**). Le pois chiche peut fixer 60 à 80 % de ses besoins en azote à partir de l'azote atmosphérique via la bactérie *Rhizobium*. Le reste des besoins provient du sol.

Tableau n° 03: Classification taxonomique du pois chiche (USDA).

Règne	Planctae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Familles	Fabacées
Genre	Cicer
Espèces	<i>Cicer arietinum</i> L.

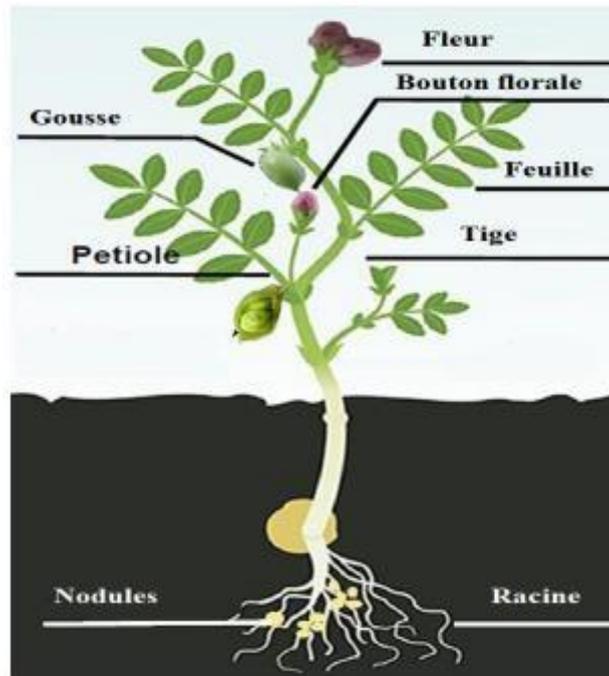


Figure n° 02 : Description morphologique du pois chiche (Kudapa *et al.*, 2018)

II.1.3. Localisation de l'essai

L'essai a été réalisé au sein de l'institut national de la formation professionnelle de Tissemsilt dans une serre en plastique ayant une longueur de 10 m, une largeur de 7.60 m et une hauteur de 3.85 m.



Figure n° 03: la serre tunnel de l'institut.

II.1.3. Mise en place de l'expérimentation

II.1.3.1. Préparation du substrat

Le substrat utilisé pour notre expérimentation est composé d'un mélange de sol et des boues avec six différentes concentrations et trois répétitions chacune.

Les boues sèches et le sol ont été tamisés avec un tamis de 5 mm, pour éliminer les résidus non broyés, et avoir un matériau à des dimensions homogènes.

Les substrats ont été mélangés manuellement et mis dans des pots en plastique avec un diamètre de 13 cm et hauteur de 20 cm et une capacité de 1.2 Kg.

Les boues sont appliquées selon les doses suivantes :

- **Traitement (T0)** : Le substrat est composé de 100% sol (Témoin).
- **Traitement (T1)** : Le substrat est composé de 20% de boue et 80% de sol selon le volume du pot.
- **Traitement (T2)** : Le substrat est composé de 40% de boue et 60% de sol.
- **Traitement (T3)** : Le substrat est composé de 60% de boue et 40% de sol.
- **Traitement (T4)** : Le substrat est composé de 80% de boue et 20% de sol.
- **Traitement (T5)** : Le substrat est composé de 100% de boue.

Chaque traitement est répété trois fois, un totale de dix-huit pots disposés d'une façon aléatoire.

II.1.3.2. Pré germination

Des graines de pois chiche en bon état ont été sélectionnées et désinfectées avec de l'eau de javel diluée pendant 3 min et rincé plusieurs fois avec de l'eau distillée afin de prévenir toutes contaminations fongiques possibles. Elles sont ensuite mises à germer dans une boîte tapissée de papier absorbant imbibé d'eau distillée. La germination est réalisée à l'obscurité dans à une température moyenne de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Cette étape a été réalisée dans le but de s'assurer de la germination des graines avant de les planter dans les pots. Ce test a été effectué au laboratoire de l'université de Tissemsilt, le 03 mars 2022. Au bout de 5 jours les graines ont germé (Figure N°04), et ont été repiquées dans les pots préparer a raison d'une graine par pot.

-Les plantes ont été suivies et mesurées régulièrement pendant toute la durée de l'expérimentation.



Figure n° 04: la germination des graines de pois chiche.

II.1.3.1. L'arrosage

Les pots sont arrosés avec l'eau jusqu'à leur capacité au champ pour la première fois. Ensuite l'arrosage des pots est effectué manuellement toutes les 48 heures ou selon les besoins en eau des différents substrats.

II.1.4. Analyses effectuées

II.1.4.1. Analyse du sol et des boues

Le sol et les boues utilisés dans l'expérimentation ont été analysés au niveau du laboratoire de l'université,

II.1.4.1.1. Dosage de la matière organique

La teneur en matière organique a été déterminée par calcination au four à 500°C suivant la norme NF ISO10694. Le Sol (50 g) a été calciné à une Température de 500°C dans un four pendant 5h. La teneur en matière organique représente la différence entre les deux masses (avant – après calcination) (la teneur ensuite a été rapportée à 100g de l'échantillon initial).

$$\%MO = (M0/M1) * 100$$

- M0: étant la masse initiale d'échantillon séché à $40 \pm 5^\circ\text{C}$, en gramme.
- M1: masse finale, après calcination à $500 \pm 5^\circ\text{C}$, en gramme.



Figure n° 05 : Photo illustrant la détermination des matières volatiles sèches

II.1.4.1.2. La conductivité électrique

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.

La conductivité électrique a été mesurée dans une suspension de sol (M/V) de 1/5 suivant la norme NF ISO 11265 avec un conductimètre.



Figure n° 06: Conductimètre.

II.1.4.1.3. pH

L'acidité d'une solution dépend de sa concentration en ions H⁺. Le pH (eau) du sol est mesuré en utilisant une suspension de sol dans un

Rapport (M/V) de 1/5. Le pH est mesuré après 30 minutes de repos de la suspension.

La lecture se fait à l'aide d'un pH-mètre (pH-mètre étant préalablement étalonné à l'aide de solutions tampon de pH connu).



Figure n° 07 : Le pH-mètre.

II.1.4.2. Les paramètres étudiés

II.1.4.2.1. Hauteur de la plante

C'est la taille de la plante mesurée en centimètre. On mesure la hauteur de la plante avec un ruban mètre chaque semaine jusqu'à la récolte.

II.1.4.2.2. Nombre des feuilles

Le nombre de feuilles est un bon indicateur des capacités assimilatrices de la plante et de sa production en biomasse (**Fischesser, 1996**). On compte à la main le nombre des feuilles de chaque plante.

II.1.4.2.3. Nombre d'étages foliaires

Chaque semaine on note le nombre d'étages foliaires de chaque plante.

II.1.4.2.4. Longueur des racines.

À la fin de l'expérimentation, les racines sont récoltées et lavées soigneusement, ensuite leur longueur est mesurée à l'aide d'une règle graduée.

II.1.4.2.5. Estimation du poids frais (PF) et du poids sec (PS)

L'estimation du poids frais a été effectuée tout de suite après récoltes des plantes :

- À l'aide d'un ciseau, nous enlevons la plante du pot nous coupons au collet pour séparer la partie aérienne et la partie souterraine.
- Nous pesons à l'aide d'une balance de précision, chaque partie à part pour déterminer le poids frais de la partie aérienne PFA et le poids frais racinaire PFR.
- Nous mettons ensuite chaque partie à part dans des sachets de papier. Ces derniers sont placés dans une étuve à 70°C pendant 24 heures pour obtenir le poids sec.

II.1.4.3. Traitement statistiques des données

Les résultats présentés correspondent à la moyenne \pm l'écart type des trois répétitions pour chaque traitement. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA 8.0.

Les données obtenues ont été soumises à une ANOVA et pour évaluer le comportement des plantes vis-à-vis les traitements testés. Les différences ont été considérées comme significatives à $p \leq 0.05$ (*), très significatives à $p \leq 0.01$ (**), hautement significatives à $p \leq 0.001$ (***) et non significatives (NS) si $p > 0.05$.

Chapitre 2

Résultats et discussion

Chapitre 2 : Résultats et discussion

2.1. Résultats

II.2.1.1. Effet de la boue sur la croissance des plantes de pois chiche

Au cours de l'expérimentation on a constaté une différence remarquable dans la croissance des plantes entre les différents traitements de boues (voir figure N°08), seule sept plantes des dix-huit ont poursuivi leur développement jusqu'à la fin de l'expérimentation, on remarque que le traitement avec 0% de boue a conduit à la croissance de toutes les plantes (les trois répétitions), mais au début de la 5^{ème} semaine on a remarqué le jaunissement de certaines feuilles. Pour le traitement 20%, on a remarqué une différence dans la croissance des trois plantes, au début de la 1^{ère} semaine nous avons remarqué le jaunissement de la répétition R3, et le jaunissement de la répétition R2 à partir de la 2^{ème} semaine, et la répétition R1 à partir de la 5^{ème} semaine.

Pour le traitement 40%, nous avons remarqué le jaunissement et flétrissement des plantes à partir de la 2^{ème} semaine et pour le traitement 60% et 100% dès la première semaine.

Pour le traitement 80% on a remarqué la croissance de deux plantes sur les trois plantées, et à partir de la 5^{ème} semaine on a observé le jaunissement de l'une d'elle, et la troisième a flétri à partir de la 4^{ème} semaine.



Figure n° 08 : Effet de la boue sur la croissance des plantes de pois chiche



Figure n° 09 : les plantes de pois chiche après la récolte

II.2.1.2. Effet de la boue sur la hauteur de la plante

Une différence remarquable de la hauteur de la tige est observée après l'exposition des plantes de pois chiche aux différentes doses de boues, les moyennes de la hauteur des trois répétitions pour chaque traitement sont illustrées dans la figure N°09.

On note une bonne moyenne de croissance en longueur de la tige dans le traitement témoin ainsi que le traitement T1 (20% de boues) avec une moyenne de $(27.67 \pm 0.58 ; 18.33 \pm 9.71)$ respectivement. Cependant pour les autres traitements la hauteur des tiges n'a pas dépassé 10 cm, seule les plantes du traitement T4 (80% de boues) ont persistées jusqu'à la fin de l'expérimentation les autres plantes ont dépéri au bout de la sixième semaine à savoir celles du traitement T2, T3 et T5.

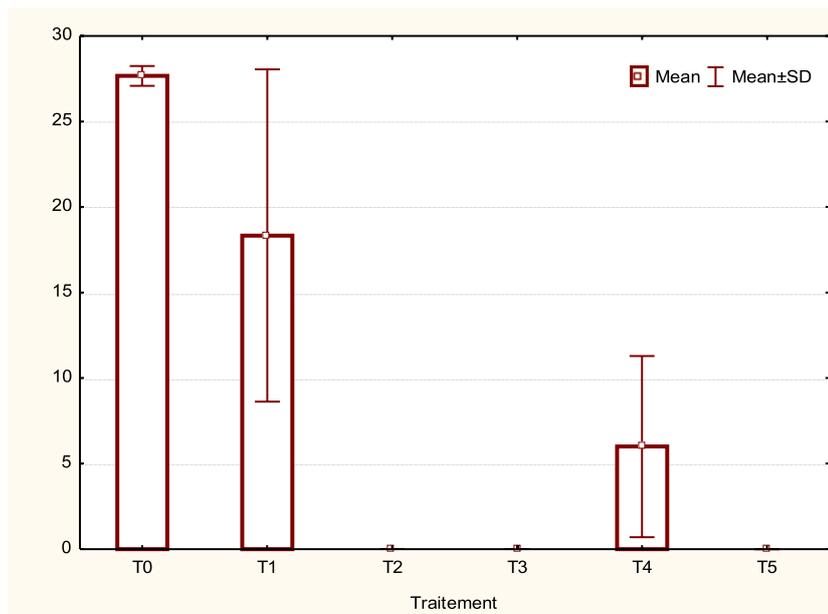


Figure n° 10 : Effet des traitements de boue sur la hauteur de la plante

II.2.1.3. Effet de la boue sur le nombre de feuille

La figure n°10 représente le nombre de feuille finale suivant les doses de boues appliquées. Le nombre de foliole des plantes témoins varie entre 180 et 185.

Pour les autres doses (T1 et T4) le nombre de feuilles diminue suivant la dose de boue et reste inférieur au témoin, on note alors (135 ± 5.00 ; 49.33 ± 42.72) respectivement. Cependant pour les autres traitements (T2, T3 et T5) le nombre de feuille n'a pas dépassé 91.

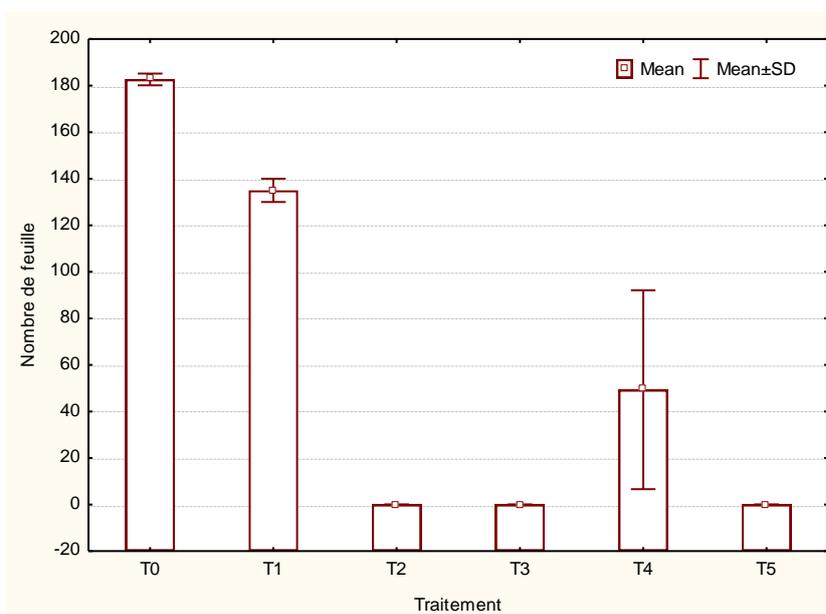


Figure n° 11 : Effet de la boue sur le nombre de feuille.

II.2.1.4. Effet de la boue sur les étages foliaires

Une différence remarquable du nombre d'étage foliaire est observée après l'exposition des plantes de pois chiche aux différentes doses de boues (Figure N°11).

Le nombre des étages foliaires dans le traitement témoin a atteint (28.67 ± 6.66). Pour les traitements T1 et T4 on a observé une diminution du nombre d'étage foliaire suivant la dose de boue avec une moyenne de (28.89 ± 0.58 ; 16.38 ± 10) respectivement.

Et pour les traitements T2, T3 et T5, le nombre d'étages foliaires noté avant leur dépérissement n'a pas dépassé (08.22 ± 0.44)

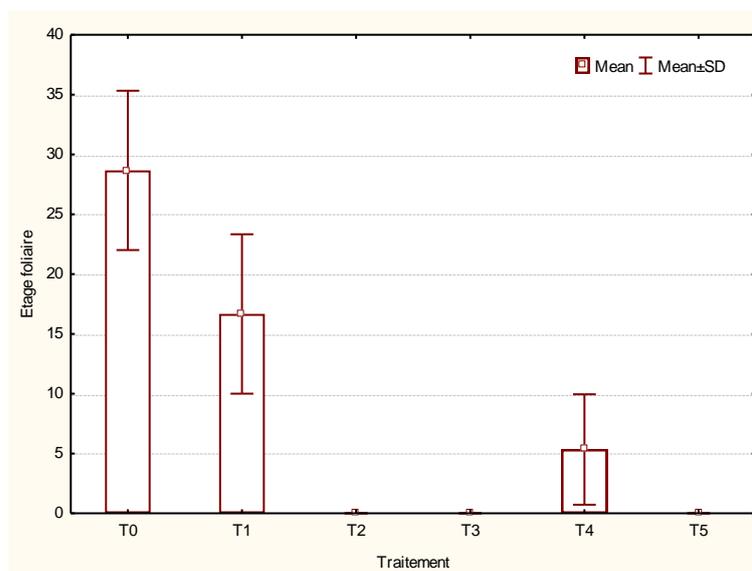


Figure n° 12 : Effet de la boue sur le nombre des étages foliaires.

II.2.1.5. Effet de la boue sur les racines

Une différence remarquable de la longueur des racines est observée après l'exposition des plantes de pois chiche aux différentes doses de boues, les moyennes des racines des trois répétitions pour chaque traitement sont illustrées dans la figure N°12.

La aussi la croissance des racines du lot témoin dépasse largement celle des autres traitements, on note une moyenne (21.31 ± 1.23) ; pour les plantes du T1 et T4 la moyenne est de (7.67 ± 4.72 ; 9.00 ± 6.08) respectivement. Ce paramètre est corrélé négativement avec la dose de boue ($r = -0.65^{**}$) .

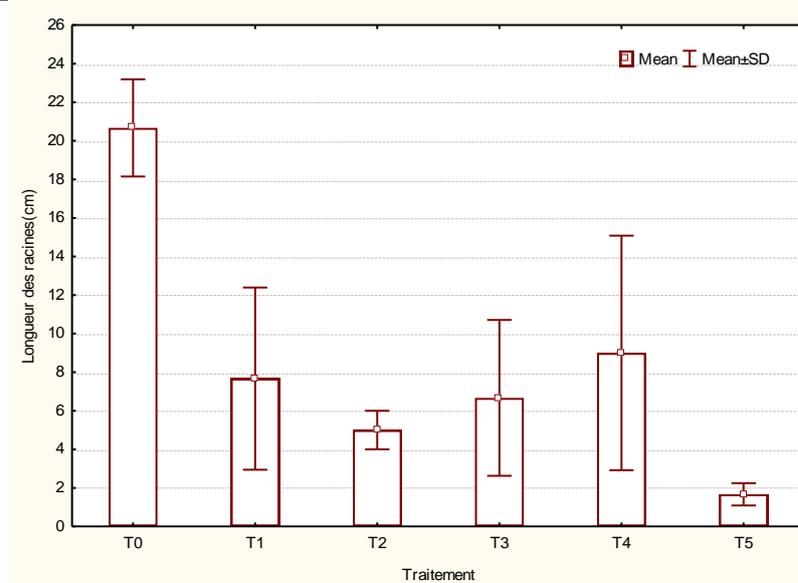


Figure n° 13 : Effet de la boue sur les racines

II.2.1.6. Effet de la boue sur le nombre de nodosités

On ce qui concerne les nodules, seule les plantes témoins en contenais et leur nombre varie entre 8 et 27 avec une moyenne de 16.33 ± 9.71 comme le montre la figure N°13.

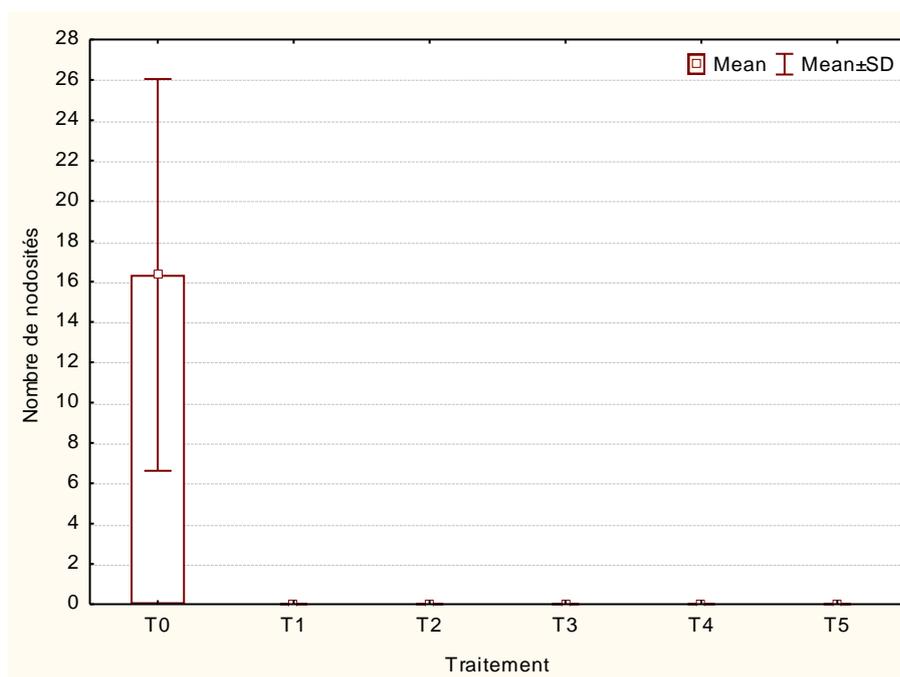


Figure n° 14 : Effet de la boue sur le nombre de nodules.

II.2.1.7. Effet de boue sur la biomasse de la plante :

II.2.1.7.1. Le poids frais :

Une différence remarquable du poids frais des parties aériennes (PFA) et le poids frais des parties racinaires (PFR) est observée après l'exposition des plantes de pois chiche aux différentes doses de boues (figure N° 14; figure N°15).

La moyenne du poids frais des parties aériennes du T0 et T1 sont légèrement proche (2.07 ± 0.81 ; 2.28 ± 2.99), cependant la croissance des plantes de T0 est plus ou moins homogène contrairement à celle de T1 où on observe une grande variation entre les trois répétitions. Ce paramètre est corrélé négativement avec les doses de boue ($r = -0.51^*$)

Le poids frais des parties racinaires dans le traitement témoin est supérieur à celui des autres traitements avec une moyenne de (3.37 ± 1.42), la aussi une corrélation négative est observée avec ($r = -0.63^{**}$)

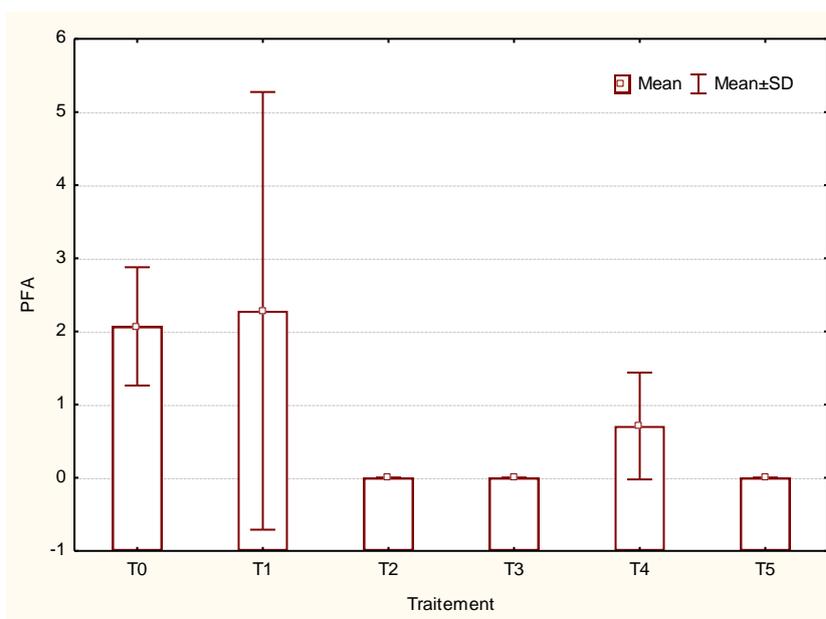


Figure n° 15 : Effet de la boue sur le poids frais des parties aériennes

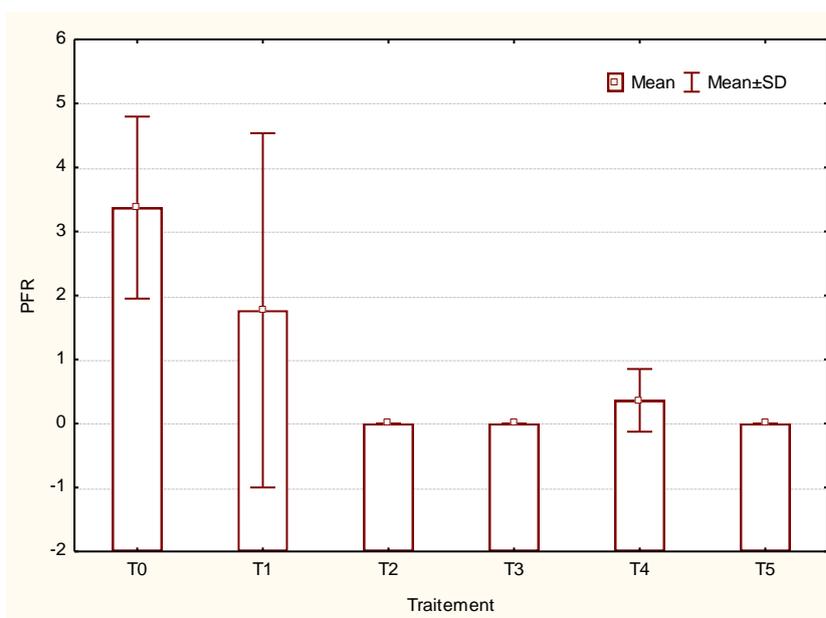


Figure n° 16 : Effet de boue sur le poids frais des parties racinaires.

II.2.1.7.2. Le poids sec :

Une différence remarquable du poids sec des parties aériennes (PSA) et le poids sec des parties racinaires (PSR) est observée après l'exposition des plantes de pois chiche aux

différentes doses de boues (figure N°16 ; figure N°17)

Le poids sec des parties aériennes et racinaires dans le traitement témoin est supérieur à celui des autres traitements avec une moyenne de (PSA : 0.47 ± 0.21 ; PSR : 0.40 ± 0.11), la aussi une corrélation négative est observée avec (PSA : $r = -0.65^{**}$; PSR : $r = -0.60^{**}$)

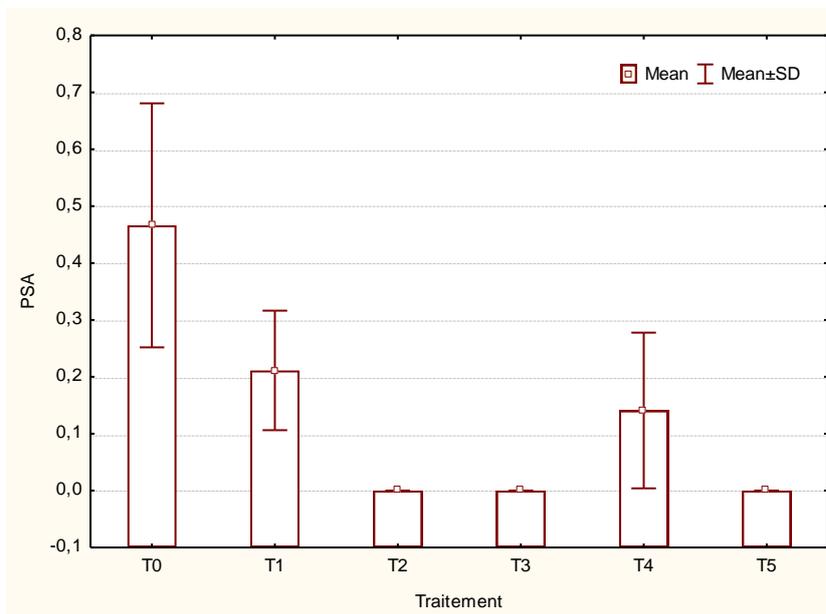


Figure n° 17: Effet de la boue sur le poids sec des parties aériennes

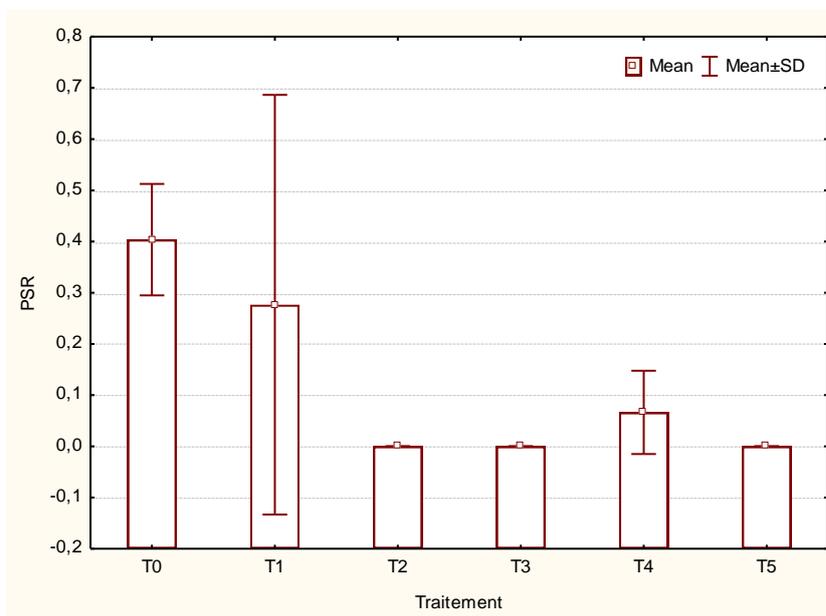


Figure n° 18: Effet de la boue sur le poids sec des parties racinaires

II.2.2. DISCUSSION

Les boues sont les déchets résultant du traitement des eaux usées d'origine domestique ou industrielle. Elles sont composées d'eau et de matières sèches qui contiennent des macronutriments (azote, phosphore, potassium) et de la matière organique. Les boues ont un intérêt fertilisant en agriculture mais aussi dans d'autres champs (**Jarde., 2002 ; Guy., 2003**).

L'épandage des boues est considéré comme l'un des modes d'utilisation acceptables pour les perspectives à moyen et long terme dans l'Union Européenne (**Gath., 2002**). Cette pratique est la plus écologiquement et économiquement raisonnable et la plus saine car elle améliore les propriétés du sol, fournit des éléments nutritifs aux cultures et économise de précieuses ressources en eau, en particulier dans les pays au climat sec (**Asano, Levine., 1995; Ociepa-Kubicka,Pachura., 2013**). Les boues d'épuration sont une source riche en matière organique et nutriments, leur utilisation comme engrais favorise le recyclage des éléments nutritifs à partir des déchets organiques (**Ociepa-Kubicka,Pachura., 2013 ;Kalembasa,Malinowska., 2008 ;Antonkiewicz .,2018**).

Le présent travail vise à étudier l'effet de l'application des boues urbaines de la station d'épuration de Tissemsilt sur la culture de pois chiche.

Le pois chiche est une culture peu exigeante en qualité du sol. Il peut être cultivé dans différents types de sol ; mais il préfère les sols lourds, profonds, bien drainés, de texture limoneuse et argilo-siliceuse, avec un pH optimale qui varie entre 6 à 9 (**ITGC, 2011**).

L'application des boues d'épuration municipales comme engrais dans la production de cultures non alimentaires est une approche durable de la gestion des boues d'épuration du point de vue écologique et économique (**vocaet al.,2021**).

Soudani et al., (2017) ont signalés une augmentation du rendement et de la croissance des plantes en utilisant un sol amendé avec des boues.

Les résultats de notre essai montrent une diminution de la croissance du pois chiche dans les sols amendés avec de la boue, l'augmentation de la dose de boue perturbe le développement de la plante, on a constaté dans les traitements avec 40%, 60% et 100% de boue un arrêt de la croissance au bout de la 6^{ème} semaine, et le traitement T4 le développement de plante de petite taille.

Plus la concentration des boues dans le sol est élevée, plus elle entraîne une diminution de la croissance des plantes de pois chiche. Notamment une diminution de tous les paramètres étudiés on cite la hauteur de la plante, nombre d'étage foliaire, nombre des feuilles, longueur des racines, nombre des nodules, ainsi que le pois frais et sec.

Ces observations peuvent être dues à la présence d'éléments toxiques dans la boue tel que les métaux lourds avec des concentrations élevées. La composition chimique des boues d'épuration est d'une grande importance, les recommandations pour l'épandage des boues sont basées sur la valeur fertilisante (N, P et K) et sur les concentrations de métaux traces présents dans les boues. **(Environ., 1977).**

Généralement, les boues sont considérées comme un substrat toxique pour l'environnement et la production agricole en raison de la forte teneur en métaux lourds **(Gulvaeva et al., 2012 ; Nefedov et al., 2007 dans Maksimova et al., 2015)**. Les métaux les plus préoccupants sont le Zn, le Cu, le Pb, le Ni et le Cd qui, lorsqu'ils sont appliqués sur les sols en quantités excessives, peuvent réduire le rendement des plantes ou altérer la qualité des aliments **(Environ., 1977)**.

La présence de composés synthétiques organiques toxiques comme les PCB, les HAP, etc., dans les boues soulève aussi des interrogations quant à la sécurité reliée à leur usage comme fertilisant **(Couillard, Grenier., 1990)**.

Généralement, le plomb l'un des éléments toxiques trouvés dans les boues peut affecter la croissance et la morphogénèse des plantes. Il inhibe fortement la croissance des plantes, entraînant la formation de plantes de taille réduite. Le plomb affecte considérablement la morphologie des racines, en diminuant la taille des racines primaires ainsi qu'en réduisant le nombre de racines secondaires. Le cuivre peut entraîner des effets toxiques sur les plantes et causer des baisses de rendement, une réduction de la croissance et plus précisément celles des racines, moins ramifiées avec des radicelles de couleur foncé **(Loué, 1993)**. Les symptômes de toxicité au zinc chez les plantes sont observés par un retard de croissance et de flétrissements des parties aériennes **(Broadley et al., 2007)**. Un autre symptôme fréquemment observé est la chlorose, qui entraîne un jaunissement des feuilles entre les nervures.

Le développement de la culture du pois chiche, soumis à plusieurs contraintes provoquant des dommages plus ou moins importants. L'un de ces facteurs peut être d'origine biotiques : les adventices, les insectes, les nématodes et les maladies **(Hamadache, Kheddami., 1999 ; Djenni., 2003)**.

Selon **Akhtar Ayyub., (2001)** Les maladies les plus importantes sont causées par les facteurs biologiques. Plus de 172 agents pathogènes peuvent affecter la culture du pois chiche.

La nature et l'importance des maladies varient selon les sites géographiques, les conditions climatiques de l'année et le stade végétatif des plantes. En Algérie, la distribution et l'importance des agents pathogènes restent mal connues **(Bouznad et al., 1996)**.

La présence de germes pathogènes peut donc être à l'origine des résultats observés. On a remarqué que les racines des plantes soumises au traitement de boue avaient un aspect noirâtre et n'étaient pas bien développées, parfois même totalement nécrosées, en faisant une comparaison avec les différents symptômes on peut supposer que ces observations peuvent résulter de l'attaque d'agent pathogène comme *Aphanomyces euteiches*, nématodes à kystes (*Heterodera goettingiana*), qui attaque le système racinaire (Moussart., 2019).

Les symptômes de jaunissement et des retards de croissance peuvent être dus à un complexe racinaire de plusieurs champignons telluriques (*Fusarium sp*, *Phoma medicaginis*, *Rhizoctonia solani*) dont le plus fréquent est *Fusarium solani*. Ces champignons s'attaquent au système racinaire des plantes. On observe un noircissement de la zone d'attache des cotylédons qui s'étend sur l'épicotyle et le pivot ainsi que des 'traits de plume' sur les radicelles. Le système racinaire prend une coloration externe brun-rouge à noire et le système vasculaire devient rouge brique. Cette coloration des vaisseaux dépasse rarement le niveau du sol. La maladie se développe lorsque le sol est humide et les températures élevées. La nuisibilité est très variable. Les dégâts sont plus importants si le sol compacté et si le temps devient sec en fin de cycle (Moussart., 2019).

Le taux auquel les boues d'épuration municipales peuvent être épandues sur le sol est basé sur un certain nombre de facteurs, notamment les concentrations de métaux lourds, d'agents pathogènes, de composés organiques toxiques et de nutriments (Soudani et al., 2017).

L'épandage de boues d'épuration traitées de manière appropriée peut être un moyen sûr et efficace pour la récupération des éléments nutritifs pour les plantes (principalement N et P) tout en améliorant simultanément la structure du sol, la rétention d'eau du sol, la pénétration des racines et les propriétés microbiologiques du sol (Ayuso et al., 1996 ; Marinari et al., 2000 ; Petersen et al., 2003).

Cependant, la diversité de la composition chimique et biologique des boues dans l'espace et dans le temps peut entraîner différents degrés de réponse des plantes.

Conclusion

Conclusion

Notre travail consiste à récupérer les boues séchées de la station d'épuration de la ville de TISSEMSILT et à étudier leur effet sur les paramètres de croissance du pois chiche.

Les résultats obtenus indiquent que l'exposition du pois chiche à différentes doses de boues affecte sa croissance, et induit la diminution de tous les paramètres étudiés (nombre de feuilles, longueur de la plante, la biomasse, nombre des nodules...).

Cette étude a mis en évidence la toxicité potentielle de la boue résiduaire sur la culture de pois chiche, bien que la raison d'une telle réponse de la plante reste ambiguë, d'autres études doivent être réalisées afin de déceler la cause derrière ces observations.

Une étude et un suivi de la composition des boues en éléments toxiques (métaux lourds, HAP, PCB...) et en germes pathogènes doivent être réalisés.

La composition des boues n'est pas constante et varie selon les saisons et les régions. L'utilisation de ces boues dans le domaine agricole nécessite un suivi de sa composition et une analyse complète et un traitement adéquat avant son utilisation.

A cet effet, nous proposons qu'une analyse physico-chimique et microbiologique soit réalisée périodiquement afin de contrôler la qualité des boues mais aussi une réglementation plus rigoureuse doit être instaurée.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- **Abdallahi M.M. et N'Dayegamiye A., 2000.** Effets de deux incorporations d'engrais verts sur le rendement et la nutrition en azote du blé (*Triticum aestivum* L.), ainsi que sur les propriétés physiques et biologiques du sol. *Can. J. Soil Sc.* 80 : 81-89.
- **ADEME. 2001.** Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture - dossier documentaire. p. 30.
- □ **Akhtar Ayyub., 2001.** Evaluation of chickpea germplasm, fungitoxicant, organic and inorganic material for the management of wilt *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Thèse de Doctorat. Université de l'agriculture, Faisalabad, Pakistan ; 132 p.
- **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.
- **Anonyme b. 2004.** Information about the family leguminosea. International legume database & information service. . Mémoire de magister. Université Mentouri. Constatine. 16p.
- **Anred, 1988 :** La valorisation agricole des boues de la station d'épuration. Cahier technique. 23.117p. Argentina. *soil & tillage research*, 54,31-39.
- **Asano, T et Levine, A.D., 1995.** Wastewater and reuse : Past, present and future. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse*, Iraklio, Greece, 17–20 October 1995 ; pp. 3–17.
- **Antonkiewicz, J., 2018.** The use of macroelements from municipal sewage sludge by *The Multiflora rose* and the *Virginia fanpetals*. *J. Ecol. Eng.* 2018, 19, 1–13.
- **Ayuso, M., Pascual, J.A., Garcia, C., & Hernandez, T. (1996).** Evaluation of urban wastes for agricultural use. *Soil Science And Plant Nutrition*, 42, 105111.
-

B

- **BAIZE D., (2000) -** Guide des analyses en pédologie, 2ème Edition I.N.R.A, Paris, France.

- **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 : impact 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.
- **BELAID DJ., 2015.** Utilisation des boues résiduelles de station d'épuration en Algérie. 10 p.
- **Belmonte A ., 2003.** Reutilización y Reciclado de Materiales, Experiencia en Andalucía, Ed. Asociación Española de la Carretera, III Congreso Andaluz de Carreteras Madrid, Spain, 2003 143–185.
- **BENABDELI K ., et M O H A M M D I H ., (1999)** - Contribution à l'étude du coût du recyclage des eaux domestique usées : Cas de la ville de SIDI BEL ABBES Séminaire national sur les ressources en eaux, Mascara 23 et 24 novembre.p 7.
- **Bipfubusa M., N'Dayegamiye A. et Antoun H., 2004.** Effets de boues mixtes de papetières fraîches et compostées sur l'agrégation du sol, l'inclusion et la minéralisation du carbone dans les macro-agrégats stables à l'eau. Can. Journ. of Soil Sci. : 47-55.
- **Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007).** Zinc in plants. New Phytologist, 173(4), 677–702.
- **Bouaissa, 2015,** mmoire Etude du fonctionnement de la station d'épuration (STEP) d'Ain-Beida à boues activée et son impact sur l'environnement
- **Bouznad et al., 1996.** Importance et distribution géographique des maladies fongiques des légumineuses alimentaires en Algérie. In : Ezzahiri B., Lyamany A., Farih A. et El Lyamany M. Symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires IMP, El Maarif Al Djadida, Rabat, Maroc : 13-19.

C

- **Cameron.K.C., H.J. Di., R.G. McLaren.** Is soil an appropriate dumping ground for Our wastes ? Aust. J. Soil Res. 35 (5) (1997) 995–1035, doi :<http://dx.doi.org/10.1071/S96099>
- **Capowiez Y., 2009.** Effets bénéfiques des composts de boues sur les vers de terre. Magazine de bout en bou(es) N° 14, décembre 2009.
-
- **CDER.,2014.** Centre de développement des énergies renouvelables, La valorisation des boues des stations d'épuration, 2014. <http://portail.cder.dz/spip.php? Article4226>. Accepté 12 Octobre 2015.

-
- **Chang, A.C., Granato, T.C., Page, A.L., 1992.** A methodology for establishing phytotoxicity criteria for Cr, Cu, Ni, and Zn in agricultural land application of municipal sewage sludges. *J. Environ. Qual.*, 21, 521–536.
 - **Chaouch A. 2013.** Surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé biologique dedépollution mémoire de magister, université 20 août 1955 – Skikda, p3-13.
 - **Couillard Denis et Grenier yvon., 1990.** *water Quality Research Journal* 25 (1), 109-130, 1990.
 - **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.
 - **Culot M., 2005.** Filières de valorisation agricole des matières organiques. Rapport technique de 73 p.

D

- **Debba MB., 1998 :** Contribution à l'étude des boues résiduaires. Intérêt agronomique et effets des polluent dans le sol et le végétal. Mémoire de magistère en science agronomique université de Mostaganem.180p.
- **Derouiche Fatma. Fiscchesser., 1996.** Mémoire Contribution a l'étude des boues résiduaires comme amendement organiques pour les cultures maraichères.2011-2012.60p.
- **Denis Baize., Christian Courbe, Olivier Suc, Christophe Schwartz, Martine Tercé, Antonio Bispo, Thibault Sterckman, Henri Ciesielski.** *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 53 (53), 35-61, 2006.
- **Djenni F., 2003.** Etude d'une structure de peuplement pour l'amélioration du rendement de la culture du pois chiche dans la zone subhumide. *Céréaliculture, revue technique et scientifique, ITGC ;* 39.
- **.Duchene, 1990 :** Amélioration du traitement de l'azote des effluents.
- **Dumontet, S. (2001).** "The importance of pathogenic organisms in sewage and sewage sludge." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 51: 848-860.
- **During R, Gath S .** Utilization of municipal organic wastes in agriculture :Where do we stand, were will we go ? *J. Plant Nutr. Soil Sci.*165 (2002) 544–5561436-8730/02/04/08-544-S17.50+.5010

E

- **EC (2001).** Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction, European Commission: 44p .

- **Ecrin, 2000.** Que faire des boues ? (What doing with sludge?), Club Environnement et société. December 2000 - www.ecrin.asso.fr.
- **Environ, J.,1977.** Article, J. Environ. Qual., Vol. 6, no. 2, 1977 .

G

- **Garrec, N., Picard-Bonnaud, F., Pourcher, A.M., 2003.** Occurrence of *Listeria* sp. and *L. monocytogenes* in sewage sludge used for land application: effect of dewatering, liming and storage in tank on survival of *Listeria* species. FEMS Immunol. Med. Microbiol., 35, 3, 275-28.
- **Gath,s.2002.** Utilization of municipal organic wastes in agriculture :Where do we stand, were will we go ? J. Plant Nutr. Soil Sci.165 (2002) 544–5561436-8730/02/04/08-544-S17.50+.5010
- **Girard M.C., Walter C., Rémy J.C., Berthelin J. et Morel J.L., 2005.** Sols et environnement. Chapitre 11 : recyclage de déchets sur les sols, valeur agronomique et impacts environnementaux : 262-281
- **Gulvaeva et al., 2012** ; Nefedov et al., 2007 dans Maksimova et al. Recycling of wastewater treatment Plants 10.1016/S0961-9534(97)00011-1Sludge in urban landscaping in west Siberia, J. Sci. Direct 117 (2015) 232–238,doi :<http://dx.doi.org/10.1016/j.Proeng.2015.08.154>.
- **Guy A.M., 2003.** Les boues d'épuration leurs perspectives de gestion en Ile de France,Thèse, doctorat, Paris, 2003, 128p .

H

- **Hamadache A. et Kheddam M., 1999.** Contraintes au développement durable des légumineuses alimentaires en Algérie. In : Labdi M., Maatougui E.H., Bouznad Z., Benabdelli k. et Bensedik K. Les légumineuses alimentaires en Algérie : Situation actuelle et perspectives. Ed. ITGC, El-Harrach, Algérie : 76-83.
- **Hammett FS., 1929.**Studies in the biology of metals : the influence of lead on mitosis and cell size in the growing root. Protoplasma5 : 535-542.
- **Houot S., 2009.** Les produits résiduaux organiques : qualité, impact et devenir. Le Sol, dossier INRA, janvier 2009 : 106-113.

I

- **Ifen, 2001:** Plus de 60% des boues d'épuration municipales ont été épandues en 1989 sur 2% des sols agricoles. Les données de l'environnement, N° 63, Février 2001, 4 page.
- **Inoue, S. Sawayama, S. Ogi, T., Yokoyama, S-Y. 1996.** Organic composition of liquidized sewage sludge. Biomass and Bioenergy, 10, 1, 37-40.
- **ITGC, 2011.** ITGC (Institut Technique des Grandes cultures) (2011). La lentille et le pois chiche pour une conduite mécanisée. 28p.

J

- **Jarde ,E.,2002.** Composition organique des boues résiduelles des stations d'épuration lonaines ; caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation Thèse, Doctorat, Univ. Henri Poincaré, Nancy I en sciences de l'univers, 2002, 286p.
- **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.

K

- **Kakii K., Kitamura, S. Shirakashi, T. Kuriyama, M. 1986.** Comparison of mucilage polysaccharides extracted from sewage activated sludge. J. Ferment. Technol., 64, 1, 51-56.
- **Kalembasa, D et Malinowska, E.,2008.**Effect of fertilization with sewage sludge and urea on the content of selected nutrients in Miscanthus sacchariflorus grass. Acta Agrophys. 2008, 11, 657–666.
- **Klöpffer, W., 1996.** Environmental hazard assessment of chemicals and products. Part V. Anthropogenic chemicals in sewage sludge. Chemosphere, 33, 1067-1081.
- **Kudapa, H., Garg, V., Chitikineni, A., & Varshney, R. K. (2018).** The RNA- Seq-based high resolution gene expression atlas of chickpea (*Cicer arietinum* L.) reveals dynamic spatio-temporal changes associated with growth and development. Plant, cell & environment 41 : 2209-2225.

L

- **Lamastra, suciu, trevisan .,** servage sludje ?for sustainable agriculture contaminants contants and n 15.
- **Lambkin, D., Nortcliff, S., White, T., 2004.** The importance of precision in sampling sludges, biowastes and treated soils in a regulatory framework Trends in Analytical Chemistry, 23, 10- 11.
- **Le Bissonnais Y., 2009.** Effets bénéfiques des composts de boues sur la stabilité du sol. Magazine de bout en bou(es) N° 14, décembre 2009.
- **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.
- **Lemercier B., 2002.** L'écosystème Sol. Revue, techniques culturales simplifiées N°20: 8-22.
- **Loué A., 1993.** Oligoéléments en agriculture. Editions Nathan, 577 p.
- **Loué A., 1993.** Oligo-éléments en agriculture. Nathan : SCPA. 210p.

M

- **Maksimova .S., 2015 ; Gulvaeva et al., 2012 ; Nefedov et al., 2007.** Pesheva, Recycling of wastewater treatment plants 10.1016/S0961-9534(97)00011-1 Sludge in urban landscaping in west siberia, J. Sci. Direct 117 (2015) 232–238, doi :<http://dx.doi.org/10.1016/j. Proeng.2015.08.154>
- **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.
- **Morel C., 2009.** Les boues véritables engrais phosphatés. Magazine de bout en bou(es) N° 14, décembre 2009.
- **Moussart Anne.** (a.moussart@terresinovia.fr) – Modifié le : 04 avr. 2019.

N

- **N'Dayegamiye A., 2009.** Soil properties and crop yields in response to mixed paper mill sludge, dairy cattle manure and inorganic fertilizer application. Agronomy Journal.

-
- **N'Dayegamiye A., Drapeau A., Huard S. et Thibault Y., 2004.** Intégration de boues mixtes et de fumier dans des rotations agricoles : réponse des cultures et interaction avec les propriétés du sol. *Agro-sol*, vol. 15, N° 2 : 83-90.
 -
 - **Nogueira.T.A.R., W.J. Melo., I.M. Fonseca., G.M.P. Melo., S.A. Marcussi., M.O.Marques.** Nickel in soil and maize plants grown on an oxisol treated over long time with sewage sludge, *J. Chem. Speciat. Bioavailab.* 21 (2009) 165–173,doi :<http://dx.doi.org/10.3184/095422909X12470543670605> .

O

- **Ociepa-Kubicka, A et Pachura, P.,2013.**The Use of Sewage Sludge and Compost for Fertilization of Energy Crops on the Example of Miscanthus and Virginia Mallow. *Rocz. Ochr. Srodowiska* 2013, 15, 2267–2278.
- **O.T.V, 1997.**Traiter et valoriser les boues. Collection OTV, N° 2, 457 p.

P

- **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.
- **Pommel B., 1979.** La valorisation agricole des déchets. Publication : INRA, Bordeaux, France. 70 p.

R

- **Rejsek F., 2002:** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP d'Aquitaine. France : 358p.(P241-242-243).

S

- **Sahlström, L., Aspan, A., Bagge, E., Tham M.L.D., Albiñ, A., 2004.** Bacterial pathogen incidences in sludge from Swedish sewage treatment plants. *Water Research*, 38, 1989-1994.

- **Sbih M., 1990** : Etude de la biodégradation des boues résiduelles de station d'épuration: effet pour la biodisponibilité du phosphore pour le végétal. Mémoire DAA. INAPG et INRA Grignon 39p.Scenarios', Ressources, Conservation and Recycling, Vol. 35, pp. 191 – 200.
- **Simard R.R., 2001.** Combined primary/secondary peppermill sludge as a nitrogen source in a cabbage-sweet corn cropping sequence. Can. J. Soil Sci.81: 1-10.
- **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.
- **Smith K., 1996.** Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster. Routledge.
- **Soudani ., 2017.** Fertilization value of municipal sewage sludge for Eucalyptus camaldulensis plants. Laboratory of Agro Biotechnology and Nutrition in Semi Arid Areas, Faculty of Natural and Life Sciences, Ibn Khaldoun Tiaret University (Univ-Tiaret), P.O.Box 78, Tiaret, Algeria.
- **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.
- **Sumner, J. (2000).** Serving the system A critical history of distance education. Open Learning, 15, 267-285. doi10.1023/A1009636417727.

T

- **TOUAIHIA Souhaib., 2021.**Memoire Effet de quelques métaux lourds sur la germination et la croissance des plantules d'Atriplex halimus L. P15.

V

- **Vo'ca et al.,2021.** Vo'ca, N. ; Leto, J. ; Karažija,T. ; Bilandžija, N. ; Peter, A. ; Kutnjak,H. ; Šuri'c, J. ; Poljak, M. Energy Properties and Biomass Yield of Miscanthus x Giganteus Fertilized by Municipal Sewage Sludge. Molecules 2021, 26, 4371. 10.3390/molecules26144371

W

- **Warman, P.R., Termeer, W.C., 2005.** 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.

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.

Annexe

Classification des sols en fonctions de la CE

classe	Désignation	Conductivité électrique (mmhos/cm)
0	Non salé	<2,5
1	Faiblement salé	2,5-5
2	Moyennement salé	5-10
3	Salé	10-15
4	Fortement salé	15-20
5	Très fortement salé	20-27,5
6	Hyper salé	>40

Classification de la matière organique selon BAIZE, (1988).

Matière organique (%)	Type du sol
0.5	Très pauvre
0.5 - 1.5	Pauvre
1.5 - 2.5	Moyennement pauvre
2.5 - 6	Riche
6 - 15	Très riche

Résumé

Ce travail vise à évaluer l'effet des boues résiduelles issues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Tissemsilt sur la croissance des plantes de pois chiche, afin de déterminer la possibilité de les utiliser comme fertilisant. Pour cela une expérimentation sous serre a été menée avec des substrats contenant un mélange de sol et des boues avec différentes concentrations (0% ; 20% ; 40% ; 60% ; 80% ; 100%). Le développement de la plante de pois chiche a été évalué en mesurant les paramètres de croissance.

Les résultats obtenus ont montré que l'apport des boues résiduelles entraîne une diminution de tous les paramètres étudiés on cite la hauteur de la plante, nombre d'étage foliaire, nombre des feuilles, longueur des racines, nombre des nodules, ainsi que le pois frais et sec.

Cette étude a peut mettre en évidence la toxicité potentiel de la boue résiduelle sur la culture de pois chiche, mais aussi la nécessité de réaliser un contrôle la qualité des boues avant leurs utilisation, notamment le suivi et la réglementation de la composition des boues en éléments toxiques (métaux lourds, HAP, PCB...) et en germes pathogènes.

Mots clés : boues d'épuration, pois chiche, biomasse, croissance.

Abstract

This work aims to evaluate the effect of residual sludge from the wastewater treatment plant of the city of Tissemsilt on the growth of chickpea plants, in order to determine the possibility of using them as fertilizer. For this, a greenhouse experiment was conducted with substrates containing a mixture of soil and sludge with different concentrations (0%; 20%; 40%; 60%; 80%; 100%). Chickpea plant development was assessed by measuring growth parameters. The results obtained showed that the contribution of residual sludge leads to a reduction in all the parameters studied, we quote the height of the plant, the number of leaf levels, the number of leaves, the length of the roots, the number of nodules, as well as the pea cool and dry. This study may highlight the potential toxicity of residual sludge on chickpea cultivation, but also the need to carry out a quality control of sludge before its use, in particular the monitoring and regulation of the composition of sludge in elements toxic (heavy metals, PAHs, PCBs, etc.) and pathogenic germs.

Key words: sewage sludge, the chickpea plant, biomass, growth.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تقييم تأثير الحمأة المتبقية من محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة تيسمسيلت على نمو نبات الحمص بهدف تحديد امكانية استخدامها كسماد لهذا الغرض ، أجريت تجربة الحمأة باستخدام ركائز تحتوي على خليط من التربة والحمأة بتركيزات مختلفة (0% ، 20% ، 40% ، 60% ، 80% ، 100%). تم تقييم تطور نبات الحمص من خلال قياس متغيرات النمو. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن مساهمة الحمأة المتبقية تؤدي إلى انخفاض في جميع المتغيرات المدروسة ، منها ارتفاع النبات ، عدد مستويات الأوراق ، عدد الأوراق ، طول الجذور ، عدد العقيدات ، وكذلك البازلاء الباردة والجافة . قد تسلط هذه الدراسة الضوء على السمية المحتملة للحمأة المتبقية في زراعة الحمص ، ولكن أيضًا الحاجة إلى إجراء مراقبة جودة الحمأة قبل استخدامها ، ولا سيما مراقبة وتنظيم تكوين الحمأة في العناصر السامة (المعادن الثقيلة ، الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ، مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور ، إلخ) والجراثيم المسببة للأمراض.

الكلمات المفتاحية: الحمأة ، الحمص ، الكتلة الحيوية ، النمو.