

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université de TISSEMSILT
Ahmed Ben Yahia El Wancharissi
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de Master

De Master académique en
Filière : Écologie et Environnement
Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

**Contribution à l'étude de l'effet de la boue de station d'épuration
sur la germination des céréales (Cas du Blé et de l'orge).**

Présenté par :
BAKEL Ghzeil
DILEM Manel

Encadré par :

Devant le Jury :

-Mr. MELIANI Kadour	M.A.A	Univ. Tissemsilt	Encadrant.
-Mr. OUEBEL Habib	M.A.A	Univ. Tissemsilt	Président.
-Mr. ARDJANE Tedjeddine Adda	M.A.A	Univ. Tissemsilt	Co-encadrant.
-Mr. ZEMOUR Kamel	M.C.B	Univ. Tissemsilt	Examineur.

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciement

Avant tout, nous remercions le puissant Dieu miséricordieux pour sa direction et sa protection. Nous voudrions exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont permis de préparer cet anniversaire, en particulier :

Mr. Meliani Kaddour a pu nous faire confiance en approuvant notre supervision de son existence et nos suggestions.

Merci et reconnaissance à lui.

Mr. ARDJENE Tajeddine Adda, nous pouvons vous remercier sincèrement et vous remercier d'avoir accepté de poursuivre ce travail tout au long de sa période d'achèvement et pour sa patience et ses encouragements, ainsi que pour tous les conseils qu'il nous a donnés.

Que Dieu vous bénisse notre distingué Professeur.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à **Mr.OUEBEL Habib** qui a accepté de présider le jury de soutenance, pour tout ce qu'il a pu nous apprendre ; qu'il trouve ici l'expression de notre profonde et sincère reconnaissance.

Et **Mr. ZEMOUR Kamel**, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce modeste travail, nous lui exprimons notre profonde gratitude, car sa présence est pour nous un honneur.

Nous le remercions également de son aide et de ses conseils et lui souhaitons davantage dans son domaine.

Que Dieu vous bénisse notre distingué Professeur.

Ainsi que je remercie le directeur **Mr. GHACHI Nabil**, et tout le personnel de la station d'épuration des eaux usées de la Wilaya de TISSEMSILT, de la direction de l'ONA.

À toutes les personnes pour lesquelles nous avons beaucoup de respect et qui nous ont donné beaucoup de connaissances, merci beaucoup.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

A mes adorables parents

Gras à vous je vous dois ce que je suis maintenant. Vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Que Dieu le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

A mes frères (Mohamed, Mostafa, ABD El Aziz).

A mes sœurs (Khaira, Hizia).

A ma petite belle (Razan).

A tous la famille BAKEL et NAKEL.

A mon binôme Manel.

A toutes mes chères amies (Alia, Khawla, Djahida, Samia, Khadidja).

BAKEL Ghzeil

Dédicaces

Au nom de Dieu Tout-Puissant, Très Miséricordieux, grâce à qui nous avons pu réaliser ce travail que j'ai dédié en signe de ce respect, de cette reconnaissance et de cet amour

A mes chers parents pour leur soutien moral et financier ainsi que l'affection qu'ils m'ont donnée depuis ma naissance jusqu'à aujourd'hui et continuent de me donner, je ne sais comment vous remercier.

A mes frères (Zakaria, Ilyas).

A mes sœurs (Hiba, Sarah et sa petite famille)

A toute la famille de Dilem et Bouchama.

A mes chers amis qui ont toujours été à mes côtés dans les moments les plus difficiles fois, surtout (Wiaam).

A mon binôme (Soumia).

A tout nos amis, mes facultés SNV surtout l'écologie et toute la famille universitaire.

A tous ceux qui m'ont connu de près ou de loin.

DILEM Manel

Sommaire :

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Première partie : Etude bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

1. Définition des eaux usées	6
2. Processus d'épuration des eaux usées	7
2.1. Le prétraitement	8
2.1.1. Le dégrillage	8
2.1.2. Le dessablage.....	8
2.1.3. Le déshuilage.....	8
2.2. Traitement secondaire.....	9
2.3. Traitement biologique (boues activées)	10
2.4. Le traitement tertiaire	10
2.1.1. 4.1. Désinfection	11
2.1.1. Généralités sur les boues résiduaires	11
3.1. Objectifs du traitement des boues résiduaires	11
Trois principaux objectifs de traitements des boues seront distingués.....	11
3.2. Production de boues de STEP.....	12
4. La composition des boues.....	12
4.1. Les éléments utiles	12

4.2. Eléments fertilisants	12
4.3. Matière organique	13
4.4. Les éléments indésirables	13
4.5. Les micro-organismes pathogènes	13
5. Différents types des boues	14
5.1. Les boues primaires	14
5.2. Les boues secondaires	14
5.3. Les boues physico. Chimiques	14
5.4. Les boues mixtes	14
6. Principales étapes de traitements de boues	15
7. Procédés de réduction de la teneur en eau	15
7.1. Lit de séchage	15
7.2. L'épaississement	16
7.3. La déshydratation	16
7.4. Stabilisation des boues	16
8. Les caractéristiques chimiques des boues	17
8.1. Les éléments nutritifs	17
8.2. Teneur en azote (N)	17
8.3. Teneur en phosphore (P)	17
8.4. Teneur en potassium (k)	17
8.5. Teneur en calcium et magnésium (Ca, Mg)	18
9. Les caractéristiques physiques des boues	18
9.1. La teneur en matière sèche	18
9.2. La teneur en matières volatiles	18
9.3. La teneur en eau interstitielle	18
9.4. La viscosité	19

9.5. La charge spécifique	19
9.6. La résistance spécifique.....	19
9.7. La compressibilité.....	19
9.8. Les pouvoirs calorifiques	19
10. Les différentes formes de valorisation des boues.....	19
11. L'épandage direct des boues en agriculture.....	19
12. La valorisation ou le stockage des sous. Produits après oxydation thermique.....	20

Chapitre II : Généralités sur les céréales et valorisation des boues

1. Généralités sur les céréales	23
2. Les céréales.....	23
2.1. Le blé dur.....	23
2.2. L'orge	23
3. Cycle de développement des céréales	23
4. La période végétative	24
4.1. La germination. Levée	24
5. Utilisation agricole des boues	24
6. Impact des boues sur l'environnement	24
7. L'effet des boues sur le sol.....	25
7.1. Conséquences sur la fertilité physique du sol	25
7.2. Stabilité structurelle du plancher.....	25
7.3. Stockage de l'eau du sol	25
7.4. Conséquences sur la fertilité chimique du sol	26
7.5. Conséquences sur la fertilité biologique du sol.....	27
7.6. Structure de la communauté microbienne	27
8. L'effet négatif des boues sur les cultures	27
9. Gestion des boues de STEP en Algérie	27

Deuxième partie: Partie expérimentale

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude TISSEMSILT

1. Généralité	32
1.1. Situation géographique de la zone d'étude	32
1.2. Principaux indicateurs de la wilaya	33
1.3. Climat de la zone d'étude	33
1.3.1. Température	33
1.3.2. Précipitations	33
1.3.3. Le vent	33
1.3.4. L'humidité relative	33
2. La station d'épuration de la commune de Tissemsilt (STEP)	34
2.1. Localisation de la STEP de la wilaya de Tissemsilt	35
2.2. Capacité de traitement des eaux usées	36
2.3. Qualité des eaux brutes arrivées à la station de Tissemsilt	37
3. L'objectif du travail	38
4. Choix et prélèvement du sol et de la boue	38
4.1. Préparation du sol	38
4.2. Prélèvement et préparation de la boue	39
4.2.1. Définition de la boue	39
4.3. Préparation des substrats	39
4.3.1. Matériel végétal	40
Blé dur (<i>Variété Bouselem</i>)	40
Orge (<i>Variété Saida 183</i>)	41
4.4. La mise en culture	42
4.5. Irrigation	42

5. Analyse de boue	44
6. Paramètres mesurés	44

Chapitre II: Résultats et discussion

1. Nombre de feuilles /pots	47
1.1. Nombre de feuilles /pots du blé.....	47
1.2. Nombre de feuilles /pots du l'orge.....	48
2. Longueur de feuille (cm)	49
2.1. Longueur de feuille du blé	49
2.2 .Longueur de feuille de l'orge	50
Discussion.....	51
Conclusion	53
Abstract	
Résumé	

ملخص

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principales étapes de traitement des boues résiduares	17
Tableau 02: Les précipitations annuelles de la wilaya de Tissemsilt	33
Tableau 03: Répartition mensuelle des vitesses du vent.....	33
Tableau 04: Humidité relative moyenne mensuelle.	33
Tableau 05: Information générale sur la STEP Tissemsilt.....	34
Tableau 06: Caractéristiques techniques de l'eau de rejet à l'entrée de la STEP.	37
Tableau 07: Les différentes concentrations de la mélange (boue et sol), (T : traitement ; B : Boue ; S : Sol).	40
Tableau 08(a) : Les analyses de boue de STEP Tissemsilt (16/11/2020).	44
Tableau 08(b) : la longueur des feuilles pour blé dur	
Tableau 08(c) : la longueur des feuilles pou l'orge	

Liste des figures

Figure 01: Schéma des Procédés de Traitement	7
Figure 02: Les grilles grossières	7
Figure 03: Le dessablage.	8
Figure 04: Le déshuilage.	9
Figure 05: Bassin de récupération	9
Figure 06: Bassins biologiques	10
Figure 07: Le décanteur.	11
Figure 08: Cycle de développement des céréales	24
Figure 09: Carte de Situation géographique de la wilaya de Tissemsilt.	31
Figure 10: Plan de la STEP Tissemsilt.	34
Figure 11: La vue satellitaire de 3 zones ville Tisemsilt, la STEP, barrage Bougaraa.	37
Figure 12: Disposition sur Plan de la station d'épuration.	38
Figure 13: L'échantillon de sol préparés et homogénéisés.	39
Figure 14: L'échantillon de boue préparés et homogénéisés.	39
Figure 15: La préparation du substrat.	40
Figure 16: Blé dur (Variété Bouselem).	41
Figure 17: Orge (Variété Saida 183).	41
Figure 18: Mise en culture de l'orge et du blé.	42
Figure 19: Le résultat du l'orge après 09 jours.	43
Figure 20: Le résultat du blé après 09 jours.	43
Figure 21: Nombre de feuilles du Blé dur par pot en fonction du substrat étudié.	47
Figure 22: Nombre de feuilles d' l'orge par pot en fonction du substrat étudié.	48
Figure 23: La longueur de feuille du Blé dur par pot en fonction du substrat étudié.	49
Figure 24: La longueur de feuille de l'orge par pot en fonction du substrat étudié.	50

Introduction

Introduction

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale. La pollution atmosphérique, pollution des eaux de surfaces et profondes, pollution du sol...etc. sont les plus répandues en particulier dans les pays en voie de développement, Parmi ces sources de pollution, les eaux usées souvent rejetées dans le milieu récepteur (mer, rivières, sols) sans traitement préalable, génèrent de nombreuses maladies hydriques et une propagation des épidémies.

Ces eaux issues des diverses activités urbaines ne peuvent être rejetées telles quelles dans l'environnement, car elles contiennent divers polluants organiques et minéraux. (I.N.R.A, 1980).

L'un des moyens de lutte contre les eaux polluées se traduit par une création de stations d'épuration des eaux polluées (STEP). Dans ce contexte, l'Algérie a consenti un effort considérable en matière de traitement des eaux usées où il existe actuellement plus d'une centaine de stations d'épuration.

L'exploitation des boues comme un amendement dans l'agriculture et comme source d'engrais représente une façon ou une manière pour leur valorisation. Cependant, ces produits présentent un risque pour l'environnement et la santé des êtres vivants. La présence de toute sorte de contaminants notamment de métaux toxiques impose la limitation de leur utilisation (Nogueira, 2009).

Les boues ont différentes compositions chimiques, ce qui conduit aux différentes façons de réponse par 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, depuis les années 90, la valorisation des boues comme engrais a fait l'objet de plusieurs études scientifiques sous serre et en plein champ (Belaid, 2015).

La station d'épuration de notre ville de Tissemsilt produit chaque année des quantités énormes de boues qui y sont stockées. Alors, leur élimination représente l'une des principales préoccupations des autorités locales.

Pour cela, le présent travail se penche sur une contribution à l'évaluation écotoxicologique des boues en agriculture.

Ce mémoire est structuré en deux parties :

Introduction

La première partie résume une recherche bibliographique sur la boue où elle se divise en deux chapitres:

Chapitre 1: Généralités sur les eaux usées

Chapitre 2: Généralités sur les céréales et valorisation des boues

La deuxième partie consiste en matériels et méthodes contenant deux chapitres :

- ✓ Le premier chapitre représente un aperçu sur la zone d'étude.
- ✓ Le deuxième chapitre présente les résultats et discussion.
- ✓ Une conclusion est présentée à la fin de ce travail.

Première partie :

Synthèse

bibliographique

Chapitre I :

**Généralité sur les
eaux usées**

1. Définition des eaux usées :

Les eaux usées, sont des « eaux polluées », constituées de toutes les eaux de nature à infecter, par des polluants physiques, chimiques ou biologiques, les milieux dans lesquels elles sont déversées Selon (REJSEK, 2002).

Effluents liquides (ERU), sont des eaux pleines de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. L'eau usée est généralement un mélange d'éjection corrupteur (répondant à ces catégories égaré (dispersées) dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels (GROSCLAUDE, 1999).

Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très varié qui ont perdu leurs assainir; c'est.à.dire leurs caractères naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des actions anthropoïde (domestiques, industrielles ou agricoles).

2. Processus d'épuration des eaux usées:

La composition des eaux usées pompées dans les réseaux d'égouts varie considérablement en fonction de leur source .Elles peuvent contenir de nombreuses substances sous forme solide (suspendue) ou dissoute (suspendue) (Koller, 2004 in Maalem et *al.*, 2018). Comme de nombreux micro-organismes, ces substances peuvent être divisées en quatre groupes selon leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques et les risques qu'elles présentent pour la santé.

Matières en suspension, micro-organismes, éléments traces inorganiques ou organiques nutriments (Zeghoud, 2013 in Maalem et *al.*, 2018).

Le processus de traitement des eaux usées se compose principalement de trois étapes. Suivi d'un prétraitement, d'un traitement primaire, d'un traitement biologique et parfois d'un quatrième niveau de traitement appelé traitement tertiaire.

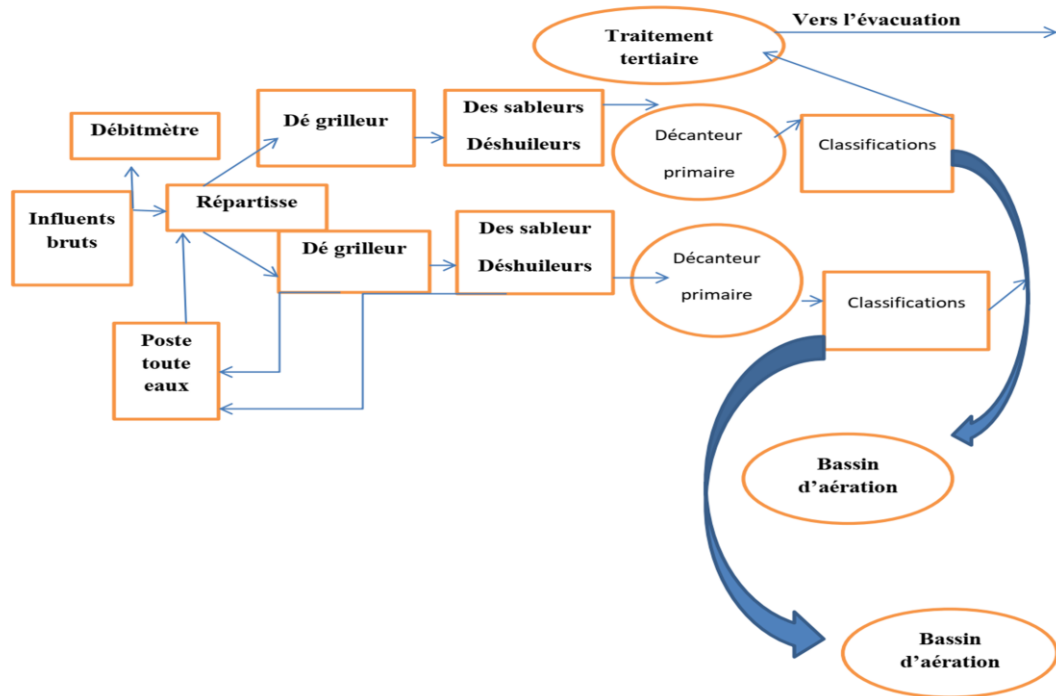


Figure 01:Schéma des Procédés de Traitement.

2.1. Le prétraitement



Figure 02 : les grilles grossières.

Le prétraitement a pour effet de retirer les éléments les plus grossiers susceptibles d'interférer avec le traitement subséquent et d'endommager le matériel.

Il s'agit notamment de déchets encombrants (criblage), de sable et de gravier (déshydratation) et d'huiles (dégraissage et déshuilage). Le prétraitement comporte le dégrillage, le dessablage et le déshuilage. Ce sont de simples étapes de séparation physique :

2.1.1. Le dégrillage : est la première phase du traitement de l'eau, son objectif est la séparation des particules grossières, des plastiques, des fibres, etc.

2.1.2. Le dessablage : Il a pour but d'extraire du sable et des substances minérales afin d'éviter l'abrasion et l'encrassement des installations. L'abrasion et l'encrassement des installations.



Figure 03: le dessablage.

2.1.3. Le déshuilage est un moyen de séparation liquide. Liquide, alors que le dégraissage est une opération solide. Liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour laisser le figeage des graisses). Ces deux procédés concernent à enlever les corps gras dans les eaux usées, qui avoir la possibilité d'affecter le rendement de traitement biologique qui interviendra par la suite (Metaheri ,2012).



Figure 04 : le désuilage.



Figure 05 : Bassin de récupération

2.2. Traitement secondaire :

Ce traitement comporte deux phases :

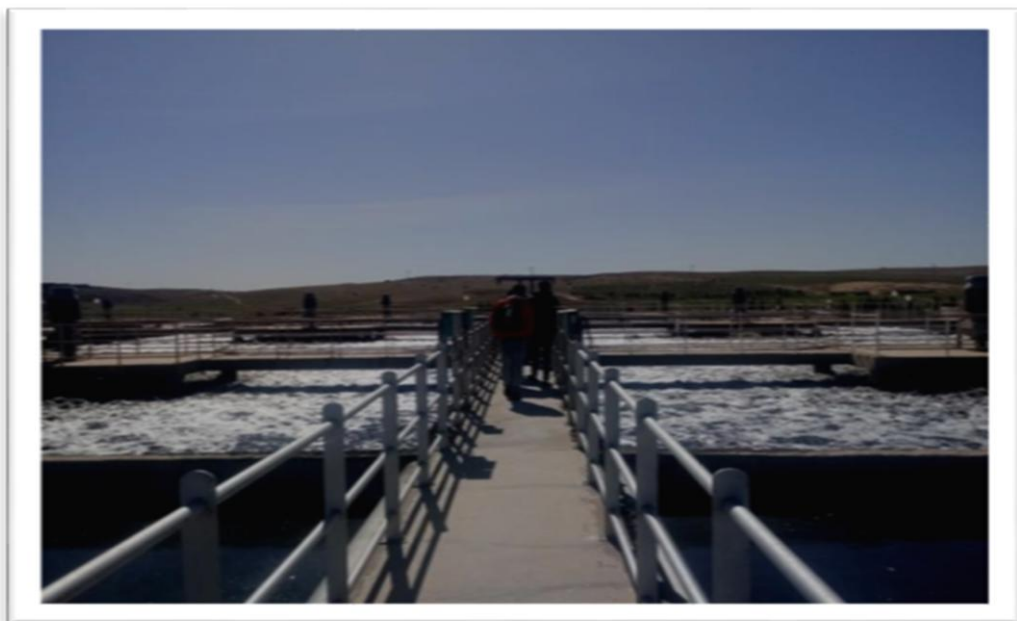
- ✓ traitement biologique (boues activées).
- ✓ traitement de clarification (décantation secondaire).

2.3. Traitement biologique (boues activées):

Le traitement biologique vise à éliminer les matières biodégradables des eaux usées en les transformant en corps et résidus microbiens plus facilement décantables :

Eaux usées + biomasse épuratrice + O₂ eau purifiée + biomasse décantable + CO₂

Les résidus collectés après ce traitement sont constitués essentiellement de matières minérales flocculées, matières organiques non assimilées ou adsorbées et corps microbiens. Il s'agit de boues secondaires, Boues primaires et secondaires peuvent être mélangées, on parle alors de boues mixtes fraîches (Gamrasni, 1984; Guivarch, 2001). La biomasse est constituée de microorganismes hétérotrophes primaires ou prédateurs. Cette biomasse peut être libre c'est à dire en suspension plus ou moins agrégée en floccs, dans un bassin d'aération. On parle alors de boues activées (Edeline, 1997; Guivarch, 2001). Quand le temps de résidence des boues dans le bassin est grand (supérieur à 18 jours), on parle de boues d'aération prolongée. La biomasse peut aussi être fixée à un support solide à travers lequel percole l'eau à traiter. Enfin, les eaux usées peuvent également être épurées par lagunage. Celles-ci sont dirigées dans des bassins étanches en plein air. L'oxygène nécessaire au développement des microorganismes hétérotrophes est fourni par les algues photosynthétiques.



2.4. Le traitement tertiaire

Cette étape permet de séparer, par décantation, l'eau dépolluée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs". L'eau, dans la plupart des cas, peut alors être rendue au milieu naturel, dans une rivière, à la mer ou à l'océan. Des traitements complémentaires

destinés à éliminer l'azote et le phosphore peuvent être utilisés selon les contraintes de qualité du milieu naturel où sont rejetées les eaux (Fartas et *al.*, 2015).



Figure 07 : le décanteur.

2.4.1. Désinfection:

La désinfection des eaux traitées est réalisée par injection d'eau de Javel. Après cette étape, l'eau épurée est rejetée dans le milieu naturel (barrage de Bougara).

3. Généralités sur les boues résiduaires

3.1. Objectifs du traitement des boues résiduaires

Les traitements spécifiques des eaux usées engendrent une matière organique hautement fermentescible (Guy, 2003 et Ouardas, 2009).

3.1.1. Trois principaux objectifs de traitements des boues seront distingués

1- Traitement de concentration et/ou de déshydratation /séchage, traitement de réduction de la teneur en eau pour améliorer les propriétés physiques et concentrer /réduire le volume de boues à stocker /distribuer (Emillian, 2004).

2- Traitement de stabilisation qui réduit la fermentescible des boues et supprime et élimine les mauvaises odeurs (réduction des mauvaises odeurs) (Guy, 2003 et Emillian, 2004).

3- Des traitements d'hygiénisation qui visent à éliminer la charge des microorganismes pathogènes (Guy, 2003 et Emillian, 2004).

3.2. Production de boues de STEP

Les boues d'épuration sont des sédiments résiduels issus du traitement des eaux usées, Les boues d'épuration municipales sont issues du traitement différencié des effluents domestiques issus des activités humaines et, dans certains cas, des effluents industriels vers les réseaux urbains après avoir subi un prétraitement obligatoire. Les eaux usées sont collectées et envoyées à une station d'épuration où elles sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée vers le milieu naturel et il reste les boues résiduelles qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques (PGPE. Mai 2014).

4. La composition des boues

La composition réelle des boues présente une diversité en fonction de leur provenance des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et du conditionnement confortable dans la station d'épuration (Ararem, F, 2011).

En général, il existe trois types d'éléments dans une boue :

- ✓ Des éléments utiles.
- ✓ Éléments non désirés (contaminants chimiques inorganiques ou organiques).
- ✓ Des micro-organismes pathogènes.

4. Les éléments utiles

La valorisation des boues dans agriculture est intéressante, tant en raison des quantités de matière organique qu'elles contiennent à cause de la présence en quantités appréciables d'éléments d'engrais. Le tableau ci-dessous donne la composition en éléments les plus communément.

4.2. Eléments fertilisants

Selon la dose appliquée, la boue peut recouvrir tout ou partie de celle-ci, les besoins des cultures en azote, phosphore, magnésie, calcium et soufre lorsque les carences peuvent également être corrigées, à l'exception du potassium (Nozet, H. (1976). (Zawlotzkiet *al.*, (2004). Les boues renferment des quantités importantes d'engrais ;

- ✓ L'azote, de 4 à 6 % de matière sèche (MS).
- ✓ Le phosphore, de 3 à 8 % de MS.
- ✓ Potassium et Magnésium, très faibles teneurs (0.5 à 1.5 % de MS).
- ✓ Calcium de 4 à 7 % de MS (Allinger et *al.*, (1979).

4.3. Matière organique

La perte de matière organique est estimée par la fournaise à environ 450 °C, ce qui représente par définition la différence entre la matière sèche et les cendres (Fauret *al.*, (1991). La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. Elle est composée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, de lipides (6 à 19 % de la matière organique), de polysaccharides, de 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 (Ju.Zhen, Y. *et al.*, 2008. Kurbus, T. *et al.*, 2002. Chun, H. *et al.*, 1999).

4.4. Les éléments indésirables: (contaminants chimiques inorganiques et organiques).

Ces mêmes éléments. Traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) essentiels au développement des plantes et des animaux peuvent s'avérer toxiques à des doses trop élevées (J. Grzechulska *et al.*, (2002). Raouf, A, 1998).

D'autres tels que le cadmium et le plomb ce sont des éléments toxiques potentiels (Martin – Netoet *al.*, (1994). Environ. Sci. Technol., 28, 1867, Waston, J. Ret *al.*, (1973).

En outre, dans les boues, une multitude de polluants organiques peuvent se trouver en concentrations, généralement de l'ordre de quelques microgrammes par kilogramme de matière sèche. ($\mu\text{g}/\text{kg MS}$) (Sigg, Let *al.*, (1992).

La nature et la concentration des eaux usées par les polluants organiques et inorganiques sont fortement tributaires des activités reliées au réseau. La contamination chimique provient en grande partie 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 (Hamaker, J. Wet *al.*, (1972).

4.5. Les micro-organismes pathogènes

Les boues d'épuration contiennent des microorganismes vivants issus des eaux usées et des procédés de traitement, qui jouent un rôle essentiel dans les procédés de traitement. Seule, une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes,... etc.) et la plupart proviennent de selles humaines ou animales (Faure, Cet *al.*, (1991). Giles, C.H., Mac Ewan, T.H., Nakhwa, S. Net *al.*, (1960). Soc. London, 3973.)

5. Différents types des boues**5.1. Les boues primaires**

Récupéré par simple décantation des eaux usées non traitées ils sont très hétérogènes, riches en matériaux minéraux (micro sables, terres) et contiennent de 65% à 70% de matières organiques putrescibles et évolutives (DUCHENE, 1990). Ils sont riches en eau ; environ 90.95%, et ont une mauvaise odeur (POMMEL, 1981, BARRIERE, 1987 in DEBBA, 1998)

5.2. Les boues secondaires

Il s'agit des boues provenant des clarificateurs ou des décanteurs après traitement biologique.

Soit en culture libre (boues activées), soit en culture fixe (couches de bactéries discales Biologiques).

Ils sont par conséquent essentiellement composés de corps bactériens et de leurs sécrétions, ils sont de couleur foncée, très organiques (75%) plus homogènes que les boues primaires et sont moins odorants que les précédents (DUCHENE, 1990 et DEBBA, 1998).

5.3. Les boues physico. Chimiques

Variantes des boues primaires sont obtenues par adjonction de réactifs (sels de fer d'aluminium) visant à coaguler la fraction colloïdale des matières contenues dans les eaux usées. Afficher des concentrations plutôt élevées, elles nécessitent une stabilisation et posent des problèmes spécifiques de destination finale du fait des ajouts de réactifs, et plus particulièrement de sels métalliques (DUCHENE, 1990).

5.4. Les boues mixtes

Telle est l'appellation du mélange des boues secondaires avec les boues primaires. Les boues mélangées sont celles qui proviennent de la plupart des lignes de traitement complètes.

Les boues sont traitées à diverses étapes pour réduire leur volume, les stabiliser et les rendre faciles à manipuler en vue de leur évacuation de l'usine de traitement avant ces traitements, ils portent les noms de boues fraîches, terme qui couvre habituellement le lien entre les boues primaires et les boues secondaires (MOREL, 1977).

En fonction de la qualité de l'eau à épurer, et du mode de traitement adopté, on distingue deux grandes familles :

- ✓ Les boues à caractère minéral.

- ✓ Les boues à caractère organique.

La stabilisation conduit aux boues digérées soit aérobies soit anaérobies, (MOREL, 1977).

Quantité des boues produites : l'habitude est de dimensionner les stations d'épuration sur la base de «L'équivalent – habitant» rejetant théoriquement 50g DBO5 (demande biochimique en oxygène en 5 jours à 20 °C) par jour (DUCHENE, 1990).

6. Principales étapes de traitements de boues

Indépendamment de la méthode de purification de l'eau, les boues sont initialement constituées d'eau (99%), de matières organiques fraîches hautement fermentables et de matières minérales dissoutes ou insolubles, La matière organique, qui compte entre 35 et 85 de la matière sèche, est principalement composée de cadavres de bactéries et de leurs substances toxiques (Gambieret *al.*, 1994).

En fonction de l'objectif de leur utilisation, des traitements supplémentaires leur sont appliqués pour:

- ✓ Il s'agit de réduire leur taux d'humidité afin de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction de matières organiques facilement décomposables (Bram, Le fevre, 1977)
- ✓ Stabiliser la matière organique en réduisant sa fermentable pour au moins réduire et éliminer les mauvaises odeurs.
- ✓ Pour les assainir si nécessaire, détruire les microorganismes pathogènes.

7. Procédés de réduction de la teneur en eau

7.1. Lit de séchage

Pour des raisons d'hygiène et pour éviter les mauvaises odeurs, des lits de séchage sont utilisés; la majorité ou la totalité de l'eau est enlevée par évaporation : Soit par voie naturelle (lits de séchage); Soit par voie thermique. La technique du lit de séchage est pratiquée en plein air sur les boues liquides et combine l'évaporation naturelle et l'évacuation de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable ou de graviers ; l'emprise au sol est de 1m²pour 4 à 5 habitants raccordés. Ce système extensif produit des boues solides à 35.40 secs mais reste fortement dépendant des conditions météorologiques. Le séchage thermique permet une élimination virtuelle de l'eau (siccité – 95 %) que les boues obtenues sont poudreuses ou granulées, mais en raison du coût de l'énergie, ce procédé reste peut être utilisé (Visilind, 1974).

7.2. L'épaississement

Il vise à augmenter la sécheresse (teneur en matière sèche) des boues sans changer le caractère liquide des boues, ce processus peut être réalisé par gravité dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage – flottation – centrifugation) ; La siccité des boues ne dépasse pas 7%.

7.3. La déshydratation

Elle correspond en fait à un fort accroissement de la siccité, et modifie l'état physique de la boue, ceux-ci passent de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Les filtres à bande et les centrifugeuses produisent des boues qui sont plutôt pâteuses à cause de la performance d'hydratation de la première famille, qui est entre 18 et 20 de sécheresse, et de 20 à 25 % pour la seconde. Les presses filtres, d'autre part, produisent des boues de 30.35 solides de sécheresse, en combinant le conditionnement du lait de chaux et de hautes pressions (Ademe, 2001).

7.4. Stabilisation des boues

Au cours de la stabilisation biologique, les boues activées primaires et les boues activées excédentaires sont souvent mixtes, ils montrent une tendance à la fermentation, ce mélange est aéré avec de l'air ou de l'oxygène, ensuite nous assistons à une minéralisation de matière organique en CO_2 , ce processus autorise l'élimination de certains parasites (Bovijn, 1970) ; cette technique favorise la digestion aérobie, tandis que pour la digestion anaérobie, qui a été largement rendue publique, permet la production de gaz combustibles (Maes, 1977), Il favorise le développement de bactéries contenant du méthane qui agissent de façon anaérobie sur la matière organique en le décomposant en produisant du méthane, toutefois, ce procédé peut être important pour certaines cultures lors de la planification de l'utilisation agricole.

La stabilisation non biologique ou chimique consiste à pasteuriser et à traiter avec la chaux. La pasteurisation consiste à faire l'injection de vapeur à une température de 80° pendant 30 minutes ; Les boues sont désinfectées mais non stérilisées (Hesse, 1981).

Le compostage est un processus spécial de stabilisation biologique aérobie, préférablement sur les boues déjà déshydratées, les boues compostées possèdent une structure solide (Gotaas, 1981).

Tableau 01 : Principales étapes de traitement des boues résiduelles (Robert et *al.*, 1994).

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

8. Les caractéristiques chimiques des boues

8.1. Les éléments nutritifs

Les boues contiennent certains éléments qui aident les plantes à pousser. Ce sont les teneurs en azote total, phosphore, potassium et magnésium, qui sont des substances favorisant la croissance des plantes et donc par exemple en épandage direct ou en compostage avec les ordures ménagères (GHALEB Razika, 2021).

8.2. Teneur en azote (N)

L'azote est le facteur le plus sensible de la production végétale, tant en excès qu'en déficit de rendement, et est l'un des facteurs qui nous permet d'obtenir le plus de boues, plus ou moins absorbées par la plante. L'azote en suspension est de nature organique, contenu dans la phase liquide et souvent sous forme de minéraux représentés par l'ammonium ou les nitrates (ANDED, 1982).

8.3. Teneur en phosphore (P)

La teneur en phosphore des boues est de 3 à 8% de la matière sèche. Comme il existe sous forme minérale principalement dans la phase solide des boues, il est rapidement absorbé par les plantes, avec un taux d'absorption d'environ 60 à 80% (Glemas, 1980, Pommel, 1981 et Vade Mecum, 1990). Un apport de phosphore est toujours bénéfique pour le sol. Car il est bien fixé et peut être utilisé même ultérieurement.

8.4. Teneur en potassium (k)

Les boues d'épuration étant généralement pauvres en potassium, le traitement des eaux usées ne retient pas le potassium et l'application de fortes doses de boues ne dispense pas les agriculteurs d'utiliser des engrais minéraux contenant du **potassium** (GLEMAS. P ,1980)

8.5. Teneur en calcium et magnésium (Ca, Mg)

La boue contient une grande quantité de calcium 0,2. 1,5 de CaO matière sèche dans les boues liquides et 2 – 20 de CaO matière sèche dans les boues solides (Debba, 1998, Vade Mecum, 1990). Les boues contiennent aussi du magnésium mais à un degré moindre de 0,4 à 1 % de la matière sèche.

9. Les caractéristiques physiques des boues

A la sortie d'une station d'épuration, les boues contiennent une grande quantité d'eau et peuvent en perdre par des procédés mécaniques ou thermiques et s'agglomérer de l'une des manières suivantes:

- ✓ **liquide:** avec un pourcentage de matière sèche de 2 à 10 %.
- ✓ **Pâteuse:** d'une teneur en matière sèche de 15 à 25 %.
- ✓ **Solide:** avec un pourcentage de matière sèche de 25 à 50 % (Glema, 1980).

9.1. La teneur en matière sèche

Il s'agit de peser le résidu sec après chauffage à poids constant (105°C). Elle est généralement exprimée en pourcentage et varie entre 3 et 8 sur matière sèche (Jaroz, 1985).

9.2. La teneur en matières volatiles

Cette note est mesurée par la différence entre le poids de la boue sèche (105°C) et le poids de la même boue après chauffage à poids constant à 550°C. Cette teneur varie entre 60 et 85% de matière sèche (Djamonet, 1987).

9.3. La teneur en eau interstitielle

L'eau contenue dans la boue se présente sous deux formes :

- ✓ Eau libre qui s'élimine facilement par filtration ou décantation.
- ✓ Eau liée dans les molécules chimiques, les substances colloïdales, les cellules organiques, etc., qui ne peuvent être éliminées que par la chaleur. Le rapport eau liée/ eau libre mesure la perte de poids en fonction du temps à température constante (Degrement, 1978).

9.4. La viscosité

La bouillie n'est pas un liquide newtonien. Sa viscosité est mesurée par la contrainte de cisaillement. Cette viscosité définit une propriété critique pour le transport du lisier (A.F.E.E, 1974).

9.5. La charge spécifique

Il est exprimé en (Kg / m² / j). C'est la quantité de la matière sèche décantée sur l'unité de surface, cette charge dépend de la teneur en matières volatiles(A.F.E.E, 1974).

9.6. La résistance spécifique

Mesure la capacité de filtration des boues sous pression constante, selon (Mathian, 1986), cette résistance (s'exprime en m / Kg ou en Sec² / g) (A.F.E.E, 1974).

9.7. La compressibilité

L'augmentation de la pression du filtre écrase le gâteau et augmente la résistance de filtration. Une représentation logarithmique de la résistivité en fonction de la pression donne une droite qui permet de déterminer le facteur de compression S. Lorsque la pression augmente et atteint une valeur de l'ordre de 10 bars, une filtration de l'eau qu'elle contient a lieu. Une fois que la boue est effectivement bloquée et que les limites de sécheresse sont atteintes (Degrement, 1989).

9.8. Les pouvoirs calorifiques

Les boues contenant des matières organiques, elles sont non négligablement inflammables et peuvent être incinérées (A.F.E.E, 1974).

10. Les différentes formes de valorisation des boues

Actuellement les boues sont valorisées dans plusieurs domaines

- ✓ l'épandage direct des boues en agriculture.
- ✓ la valorisation ou la mise en centre de stockage des sous. Produits après oxydation thermique.

11. L'épandage direct des boues en agriculture

La valorisation des boues résiduelles en valorisation agricole est le mode de valorisation le plus approprié pour rétablir l'équilibre des cycles biogéochimiques (C (carbone), N (azote), P (phosphore, etc.) pour la protection de l'environnement et de l'environnement global. Une méthode. L'objectif est de préserver les ressources naturelles et d'éviter le gaspillage de matière organique par incinération ou mise en décharge (NA 442,2006).

Les boues résiduelles peuvent donc remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux. La valorisation agricole est une pratique très ancienne qui permet d'exploiter la capacité biologique naturelle du sol à digérer les boues et à réintroduire ses éléments dans le cycle naturel.

12. La valorisation ou le stockage des sous-produits après oxydation thermique

L'utilisation des sous-produits de l'oxydation thermique dans la technologie du béton et de la construction routière est une voie prometteuse sous certaines conditions. Cette forme d'évaluation est encore expérimentale (Baes, C. F et *al.*, (1976).

La destination finale des sous-produits de l'oxydation thermique est étroitement liée à la technologie de traitement utilisée.

Chapitre II :

Généralités sur les céréales et valorisation des boues

1. Généralités sur les céréales

La production céréalière nationale totale est de 3,5 millions de tonnes est situé dans la région orienta le du pays, ce dernier La sécheresse et l'épuisement quasi. Total exacerbent le stress hydrique Influence des précipitations et du manque de fertilisation ces dernières années Le blé est l'un des facteurs les plus importants dans l'amélioration de la production céréalière. Pour produire 1, le blé dur doit absorber 3,5 unités d'azote, le blé tendre 3 unités et l'orge 2 unités.

Contient 5 grains minute et le sol fournit de l'engrais pour améliorer cela.

Le solen Algérie est pauvre et a besoin d'être enrichi en minéraux valorisation des matières organiques par l'utilisation d'eaux usées traitées enrichies en matière organique (MO), Éléments nutritifs du sol et des plantes (matière organique) (Hannachi A et al, (2016).

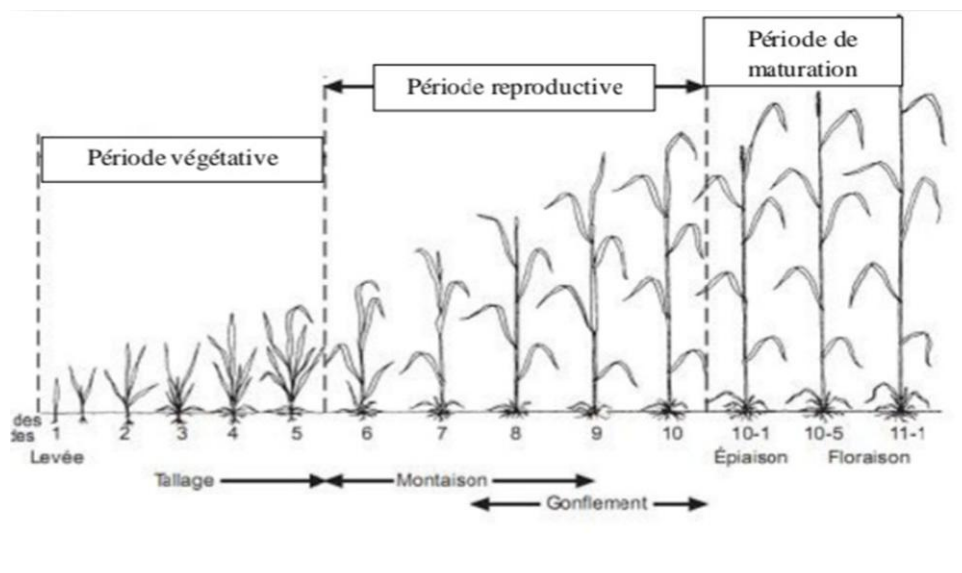
2. Les céréales : 70% des surfaces mondiales sont dédiées à la culture des céréales (Boudreau A et al., (1992).

L'acculture joue un rôle nutritionnel, social et économique en Algérie (Djermoun A, (2009).

Parce qu'ils ont été é un aliment de base du régime alimentaire de l'humanité l'alimentation pour pendant des milliers d'années des milliers d'années en raison de ses sources de protéines et d'énergie (Rahal.Bouziane H, 2016).En effet, la consommation individuelle était estimée à 205 kg par an en Tunisie, 219 kg par an en Algérie et 240 kg par an au Maroc en 2000. Ils sont également considérés comme la matière première primaire pour la production des aliments du bétail (Fourar. Belaifa R et al., (2015).

3. Cycle de développement des céréales :

Ces céréales ont un cycle évolutif (figure 0) qui se divise en trois grandes périodes (période végétative, période reproductive et période de maturation) (Slafer G Aet al.,2002).



4. La période végétative

4.1. La germination. Levée

La germination est une séquence d'événements qui commence par l'étape critique de l'absorption d'eau par la graine et se termine par l'allongement de l'hypocotyle et l'émergence de la radicule à travers les structures environnantes (Mihoubet *al.*, 2005). La température varie entre 4 et 37 °C, mais une température entre 12 et 25 °C est optimale (Bednarak, 2012).

5. Utilisation agricole des boues

La valorisation des boues des stations d'épuration est une préoccupation mondiale car la production et la composition des boues augmentent, ce qui soulève d'importantes préoccupations économiques et environnementales (Afgan, 2016). L'objectif est de gérer les ressources naturelles et d'éviter le gaspillage de matières organiques par incinération ou mise en décharge. Les boues résiduelles peuvent donc remplacer les engrais coûteux ou réduire la surutilisation des engrais (Lambkin et *al.*, 2004).

6. Impact des boues sur l'environnement

Cette pratique est une solution particulièrement écologique car elle offre la possibilité de recycler la matière organique nécessaire au sol. De plus, les boues sont un engrais à faible coût, permettant aux agriculteurs de réduire le coût des engrais conventionnels (O.T.V., 1997).

Un aspect positif de l'élimination des boues d'épuration en agriculture est celui de prouvé par plusieurs études. Dans cette étude, les effets bénéfiques des boues résiduelles sur la fertilité chimique, biologique et physique des différents types de sols et les rendements des cultures (maïs, vigne, blé, fourrage, horticulture maraîchère, sylviculture...) se sont confirmés. En France, l'utilisation des boues agricoles reste la principale voie de valorisation.

Actuellement, les deux tiers des boues municipales, soit environ 0,5 million de tonnes (matière sèche) par an, sont recyclées par l'agriculture (Nicourt et Barbier, 2009).

En revanche, en Algérie, le recyclage agricole et forestier des boues résiduelles reste au stade expérimental et a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche, notamment sur les cultures maraîchères (Ouanouki et *al.*, 2009), les cultures fourragères (Aït Hamou et Boulahbal, 1998), le blé dur (Tamrabet et *al.*, 2009), et les plantations forestières (Igoud, 2001; Roula, 2005). La contrainte majeure de la valorisation agricole des boues résiduelles en Algérie reste donc liée à l'aspect réglementaire juridique qui doit définir:

- ✓ Les modalités de mise en œuvre de l'opération d'épandage.

- ✓ Les normes de valorisation.
- ✓ Les responsabilités et les prérogatives des différents acteurs Concernés par l'opération.

7. L'effet des boues sur le sol

7.1. Conséquences sur la fertilité physique du sol

La fertilité physique du sol peut être définie comme sa capacité à assurer un bon développement des cultures et un bon approvisionnement en eau. La structure du sol, sa stabilité et sa capacité de rétention d'eau sont deux facteurs majeurs de la fertilité physique. La structure du sol dépend de sa porosité et donc de la bonne circulation des gaz et des substances dissoutes dans le sol et de la bonne croissance du système racinaire (Girard et *al.*, 2005).

7.2. Stabilité structurelle du plancher :

Plusieurs auteurs ont démontré que l'ajout répété de boues de compostage favorisait la cohésion et la stabilité structurelle des sols limoneux (Le Bissonnais, 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).

7.3. Stockage de l'eau du sol

L'augmentation de la teneur en matière organique de la couche de surface modifie les propriétés de rétention d'eau des boues compostées, augmentant la teneur en eau à tous les niveaux. À mesure que la teneur en eau du champ augmente dans la capacité du champ au-dessus du point de flétrissement permanent, plus d'eau est disponible pour les plantes (Girard et *al.*, 2005).

Selon (Culot (2005), la matière organique des boues compostées augmente la rétention d'eau du sol en limitant la remontée capillaire. Cela réduit les problèmes de sécheresse et améliore la percolation (rouleaux d'éponge), la densité apparente et la porosité.

Seules les boues compostées à valeur organique ajoutée ont un effet positif sur les propriétés physiques du sol. En effet, ces derniers contiennent une matière organique plus stable qui améliore la densité apparente et donc 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.

7.4. Conséquences sur la fertilité chimique du sol

L'effet de l'ajout de boues sur la fertilité chimique des boues entraîne une augmentation de la capacité d'échange cationique du sol et de la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures. Cette disponibilité est exprimée en pourcentage de l'apport total d'engrais après apport de boues par campagne agricole (Girard et *al.*, 2005). De ce fait, il faut tenir compte, dans le raisonnement de la fertilisation, de cette proportion disponible lors de la première année après l'apport (effet direct) mais également lors des années suivantes (arrière.effet) et des effets cumulés d'apport successifs.

La disponibilité de l'azote : Des travaux ont montré qu'environ 30 % de l'azote des boues sont disponibles dans le sol au courant de l'année d'épandage (Girard et *al.*, 2005 ; Houot, 2009). La minéralisation et la disponibilité de cet élément aux plantes sont reliées au rapport C/N et à la forme d'azote. Les matières organiques ayant les rapports C/N inférieurs à 25, tels que les boues mixtes, et les engrais verts se minéralisent rapidement et peuvent libérer des quantités importantes d'azote aux cultures (Abdallahi et N'Dayegamiye, 2000. Simard, 2001). Selon (Houot (2009), la disponibilité variable de l'azote des boues peut entraîner des risques de lixiviation des nitrates si les boues sont apportées en fin d'été et en absence d'implantation d'une culture piège à nitrates.

La disponibilité du phosphore : La disponibilité dans le sol du phosphore des boues est importante (60 à 100 % du phosphore total des boues). Elle est équivalente à un engrais minéral (Girard et *al.*, 2005 ; Houot, 2009).(Morel ,2009) a montré que l'apport de 55 kg de 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 non renouvelable en phosphates (Morel, 2009).

7.5. Conséquences sur la fertilité biologique du sol

L'effet des engrais organiques est de stimuler la bio activité du sol. Les organismes du sol jouent un rôle central dans la nutrition des plantes, à la fois dans leur implication dans les processus de dégradation et d'utilisation des nutriments pour l'apport de nutriments, et dans le transfert de ces éléments à la plante, notamment via le mycélium mycorhize (Lemercier, 2002).

7.6. Structure de la communauté microbienne :

Les communautés microbiennes des sols agricoles jouent un rôle important dans le cycle de la matière organique et des éléments minéraux. La fertilité du sol en dépend donc largement. Les micro-organismes influencent non seulement l'adsorption et la dégradation des molécules organiques, mais aussi la mobilité des métaux (Houot, 2009). Les auteurs ont également montré que la structure des communautés bactériennes et fongiques évolue dans le temps en réponse aux variations des conditions climatiques et à la présence ou non de plantes.

La macrofaune l'ombrienne : 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), Deux mois après l'application du compost, le nombre et la masse des vers de terre ont augmenté. Le compost étant stable, cet effet positif disparaîtra alors. Après avoir contribué à l'étude du développement de la matière organique dans les sols de boues.

8. L'effet négatif des boues sur les cultures

Ces effets sont couramment observés lorsque des quantités excessives de boues sont appliquées trop tard. Dans ce cas, des phénomènes de stockage apparaissent, notamment dans les climats chauds et humides (Pommel, 1979 ; O.T.V, 1997). (Pommel ,1979) souligne qu'un traitement inadéquat des boues peut entraîner un retard de germination et un retard de croissance des plantes.

De plus, les boues contenant des éléments traces métalliques au-dessus des seuils critiques peuvent contaminer les sols et pénétrer dans les plantes lorsque les conditions de dissolution sont réunies (Baize et *al.*, 2006).

9. Gestion des boues de STEP en Algérie

En raison d'une législation de plus en plus ambitieuse sur la qualité des eaux usées rejetées dans l'environnement, l'Algérie a désormais installé 154 stations d'épuration dans le pays pour protéger les ressources en eau et les côtes. Toutes ces usines traitent environ 900 millions de mètres cubes d'eaux usées par an et produisent plus de 400 000 tonnes de boues sèches. Cette production devrait augmenter en raison des futurs projets de construction de nouvelles stations d'épuration.

Pour cette raison, la gestion des boues, longtemps considérée comme un aspect secondaire du traitement des eaux usées, a maintenant pris tout son sens et doit être considérée (Benoudjit, 2016).

A fin 2015, la production de boues au niveau des 58 stations d'épuration à boues activées gérées par l'ONA est estimée à 54 000 tonnes de matière sèche par an. En 2016, 63 stations de boues activées ont produit 90 000 tonnes de matière sèche par an. D'ici 2020, la production de boues devrait augmenter de plus de 50 %, avec des estimations atteignant plus de 150 000 tonnes par an (in Maalem et *al.*, 2018).

Deuxième partie :

Etude expérimentale

Chapitre I :

Aperçu sur la zone D'étude

1.2. Principaux indicateurs de la wilaya :

Superficie de la Wilaya : 151,37 Km², Superficie forestière: 601.34 Has (20 %), Population totale : 299.910 habitants dont 60 % de ruraux, Population active : 77.976habitant, Nombres des communes rurales : 16/22.

Nombre des communes à seuils de développement :

- ✓ Acceptable : 01
- ✓ Moyen : 10
- ✓ Faible : 06

1.3. Climat de la zone d'étude

Le climat est de type semi. Aride au Sud et au Centre de la Wilaya et Sub.humide dans la région de l'OUARSENIS ;

1.3.1. Température

Les températures moyennes mensuelles sont, de novembre à Avril, inférieures à la moyenne annuelle et sont supérieures à cette moyenne de Mai à Octobre, divisant ainsi l'année en deux saisons : l'une froide et l'autre chaude.

Au cours de la saison froide, on relève les moyennes les plus basses pendant les trois mois de Décembre, Janvier et Février, avec un minimum en Janvier.

Au cours de la saison chaude, on relève les moyennes les plus élevées avec un maximum enregistré en Juillet (Tir, 2015).

Dans le mois de Janvier, la température moyenne mensuelle varie le plus souvent, entre 5°C et 10⁰ C, alors qu'en Juillet elle est située entre 20⁰ C et 32, 5⁰ C (Benmessaoud et Kherchouche, 2017).

1.3.2. Précipitations

Les précipitations annuelles enregistrées sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau02: les précipitations annuelles de la wilaya de Tissemsilt (Benmessaoud et Kherchouche, 2017).

Station	Code de station	Altitude (m)	Année de fonctionnement	Pluie (mm)
Fodda barrage	012108	500	1934	438.50
Bordj Bounaama	012306	1050	1936	544.30
Theniet El.Had	011605	1160	1952	515.80
Layoune	011007	900	1918	515.80
Souk El.Had	012304	550	1911	413.20
Tissemsilt	011006	858	1934	361.50
Toutia El.Hassnia	011903	220	1918	451.70

Source : ENYD 2005

1.3.3. Le vent

Les vents dominants chargés d'humidité soufflent dans la direction Ouest, Nord.Ouest dans la période allant du mois d'Octobre au mois de Mai, et Est, Sud.Est de Juin à Septembre.

Ces vents généralement modérés, leur vitesse moyenne mensuelle variant entre 2,5 à 3,6m/s (Tir, 2015).

Tableau03: Répartition mensuelle des vitesses du vent. (Tir, 2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Vent m/s	2.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.7	3.7	3.4	3.2	3.2	3.5	3.6	3.5

1.3.4.L'humidité relative

L'humidité relative est égale au rapport de la tension de vapeur à la tension maximum de la température (%) (Benmessaoud et Kherchouche, 2017).

Tableau 04: Humidité relative moyenne mensuelle (Tir, 2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aut	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Hum moy%	67	55	54	47	44	39	29	37	44	53	62	68	50

La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 50%, elle atteint son minimum en mois de Juillet (inférieure à 30%). Tandis que son maximum est enregistré durant le mois de Décembre et de Janvier avec une moyenne supérieur à 65%.

2. La station d'épuration de la commune de Tissemsilt

2.1. La station d'épuration de la commune de Tissemsilt(STEP)

Généralité concernant la STEP de Tissemsilt

Tableau 05: information générale sur la STEP Tissemsilt.

Pays	Algérie
Client	Office National de l'Assainissement.
Activité	Eaux usées urbaines.
Secteur	Eaux urbaines.
Technologie	Boues actives.
Caractéristiques	27.000 m ³ /jour, 150.000 eq/hab.
Description	Prétraitement avec dégrillage, tamisage et déshuilage. dessablage, 2 lignes de traitement biologique avec turbines et lits de séchage.

STEP Tissemsilt

Cette figure représente le plan général de la station d'épuration de Tissemsilt



Figure 10: plan de la STEP Tissemsilt.

2.2. Localisation de la STEP de la wilaya de Tissemsilt

Localisation dans la commune de Tissemsilt et Oued Bessem, la station de traitement et d'épuration des eaux usées (S.T.E.P) de Tissemsilt est située à 07 Km de la ville de Tissemsilt sur la route d'Alger. Caractérisée par une activité agricole due à la présence de barrage de Bougara, cette station s'étale sur une superficie de 7Hectare avec une altitude de 850m (ANDI, 2013)

Dotée d'un équipement de dernière génération, cette structure est destinée en premier lieu à préserver les eaux du barrage de Bougara situé à 8 Km au sud de Tissemsilt

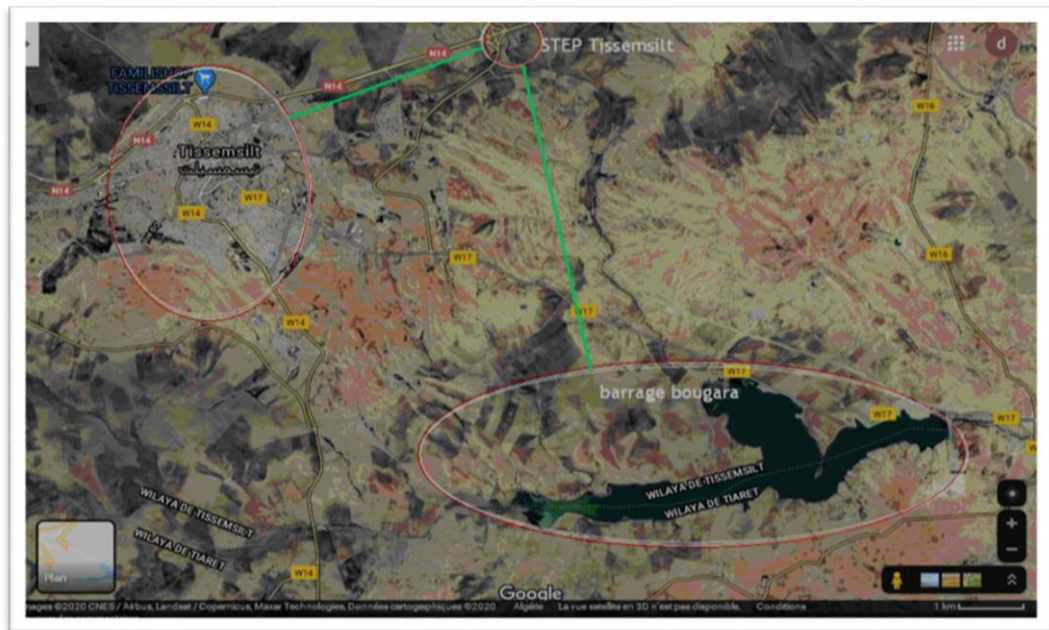


Figure11: la vue satellitaire de 3 zones ville Tissemsilt, la STEP, barrage Bougaraa.

Cet ouvrage ,qui recevait depuis longtemps les déchets (domestiques et toxiques)des deux communes de Tissemsilt et Ouled Bessem, vient à point nommé pour service d'appoint aux autres opérations d'aménagement urbain dans la région de Tissemsilt .Selon le directeur de wilaya des ressource en eau , cet acquis permet le traitement de 12000m²/jour au profit de 85000 habitants des communes de Tissemsilt et Ouled Bessem ,avec comme objectif d'atteindre une capacité quotidienne de traitement de 27000 m² à l'horizon 2025 . La station contribue également à l'irrigation des terres agricoles environnantes sur une superficie estimée à 1000 ha, outre la protection du grand bassin Zahrar (wilaya de Chlef) (ANDI,2013).

2.3. Capacité de traitement des eaux usées

La station d'épuration des eaux usée de Tissemsilt a été conçue en 2009 par ministère de l'hydraulique, pour traiter un débit moyen de 112500m³/h avec une capacité maximale de 150000 EH. C'est une station d'épuration à boues activées, prévue pour 850000 habitants équivalant. En service réel depuis 2013, elle traite aujourd'hui la moitié des rejets des eaux usées déversées par la ville de Tissemsilt (Zaoui et al., 2017).

2.4. Qualité des eaux brutes arrivées à la station de Tissemsilt

Les eaux usées se classent en deux catégories, les eaux d'égouts et les eaux industrielles. La station d'épuration traite les eaux usées d'égouts de Tissemsilt. Ces eaux sont acheminées à la station pas une conduite à écoulement gravitaire.

Le tableau06: Caractéristiques techniques de l'eau de rejet à l'entrée de la STEP.

Paramètres	Unité	Horizon2015	Horizon2025
Nombre d'E.H	EQ/H	110 000	150 000
Volume moyen journalier eaux usées		15 840	27 000
Dotation	mg/l	54	54
D.B.O.5 journalière	Kg/j	5940	8100
Dotation M.E.S	Mg/l	70	70

(ONA 2020)

Voilà une figure représente la disposition sur Plan de la station d'épuration (STEP)

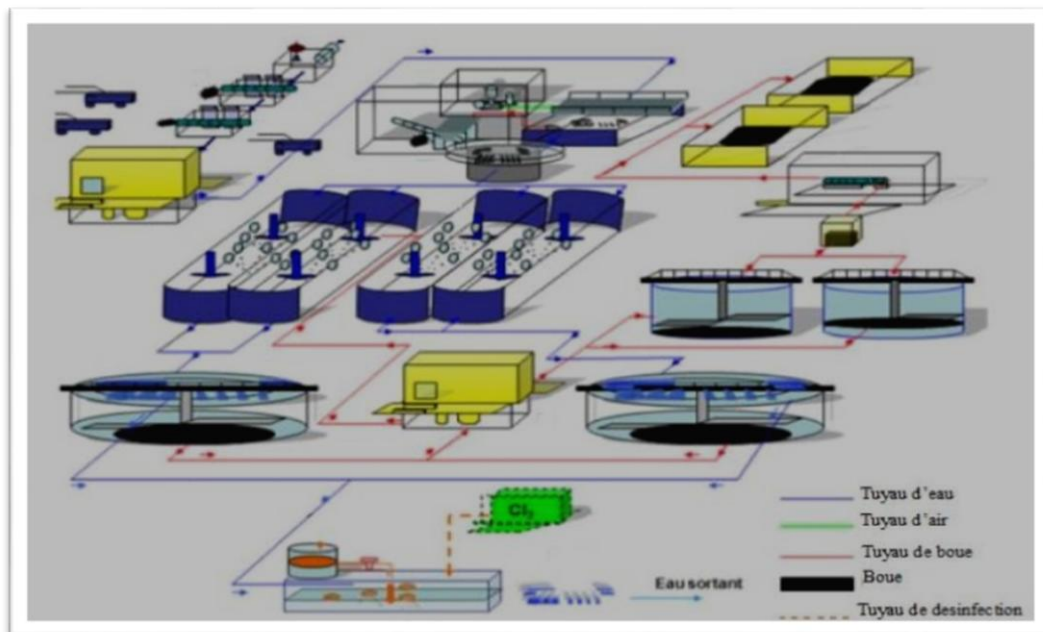


Figure12 : Disposition sur Plan de la station d'épuration.

3. L'objectif du travail

Le présent travail consiste à évaluer les effets et la valorisation des boues issues des stations d'épuration des eaux usées de la région de Tissemsilt comme un fertilisant agricole et comme substrat de culture hors sol. Pour cela une étude expérimentale a été menée avec des substrats contenant différentes doses de boues, sur lesquels on a cultivé des plantes (blé dur et orge).

4. Choix et prélèvement du sol et de la boue**4.1. Préparation du sol**

Le prélèvement d'un échantillon de sol est effectué à l'aide d'une pelle au lieu dit Ain Karma avec les coordonnées(DMS) $35^{\circ}36'23''N$ $1^{\circ}50'22''E$, Par un mouvement de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, un enfoncement manuel se fait par cet outil à 20cm de profondeur. Ensuite, l'échantillon prélevé est tamisé à l'aide d'un tamier de 2 mm de diamètre. La méthode utilisée dans notre cas c'est la méthode de séchage naturelle



Figure 13 :l'échantillon de sol préparé (Ain karma.2023).

4.2. Prélèvement et préparation de la boue

4.2.1. Définition de la boue

On définit les boues comme un mélange d'eau et des substances solides, se différencier par des processus naturels ou artificiels des divers types d'eau qui les contiennent. Elles sont provient de traitement des eaux usées domestiques et/ou industrielles. En effet, l'eau consommée ou utilisée par les humains à l'échelle domestique ou industrielle produite inévitablement des déchets. Les eaux usées sont collectées par les égouts et envoyées aux usines de traitement pour être épurées avant d'être réintroduites dans l'environnement naturel (Chih.Huang, (2006). Adsorption of a cationic et *al.*).

La boue utilisée dans notre essai provient de la station d'épuration de Tissemsilt. Les boues ont été prélevées le 24/04/2023. Elles sont d'une couleur noir (la couleur de boue au niveau de lits de séchage varie entre le noir, le brun et le gris) sans odeur désagréable.

Les échantillons des boues ont été transportés au laboratoire pour une préparation ultérieure (broyage, tamisage à 2 mm et homogénéisation de l'échantillon)



Figure 14 :l'échantillon de boue préparés et homogénéisés.

4.3. Préparation des substrats

Concernent la préparation du substrat on a choisi dans notre expérimentation dix 10 traitements et un témoin (sol agricole):



Figure 15 : la préparation du substrat.

Les traitements ont été préparés en fonction de la variation de la quantité de boue et de sol ajouté (Tableau.....)

Le **tableau07**:Le tableau ci-dessous représente les déférentes concentrations de la mélange (boue et sol), (T : traitement ; B : Boue ; S : Sol).

N de traitement	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Constatation	Sol	90S/10B	80S/20B	70S/30B	60S/40B	50S/50B	40S/60B	30S/70B	20S/80B	10S/90B	BOUE

4.3.1. Matériel végétal:

1. **Blé dur** (*Variété Bouselem*) : d'origine locale à lignée pure adaptée aux nord hauts. Plateaux et les plaines intérieures avec un cycle végétatif semi tardif et un tallage fort après un semi en novembre au début décembre, elle est résistance au froid, à la

verse et à la sécheresse. Elle est caractérisée par une couleur de l'épi blanche avec une capacité de l'épi demi lâche ainsi une hauteur de la plante a la maturité entre 90 à 100cm. La dose de semis en général 130 à 150 kg/ ha pour un rendement prévisionnel de 38qx/ha. La variété Bousselem a bonne résistance aux maladies rouille (noire, brune et jaune) et oïdium.



Figure16:Blé dur (Variété Bousselem).

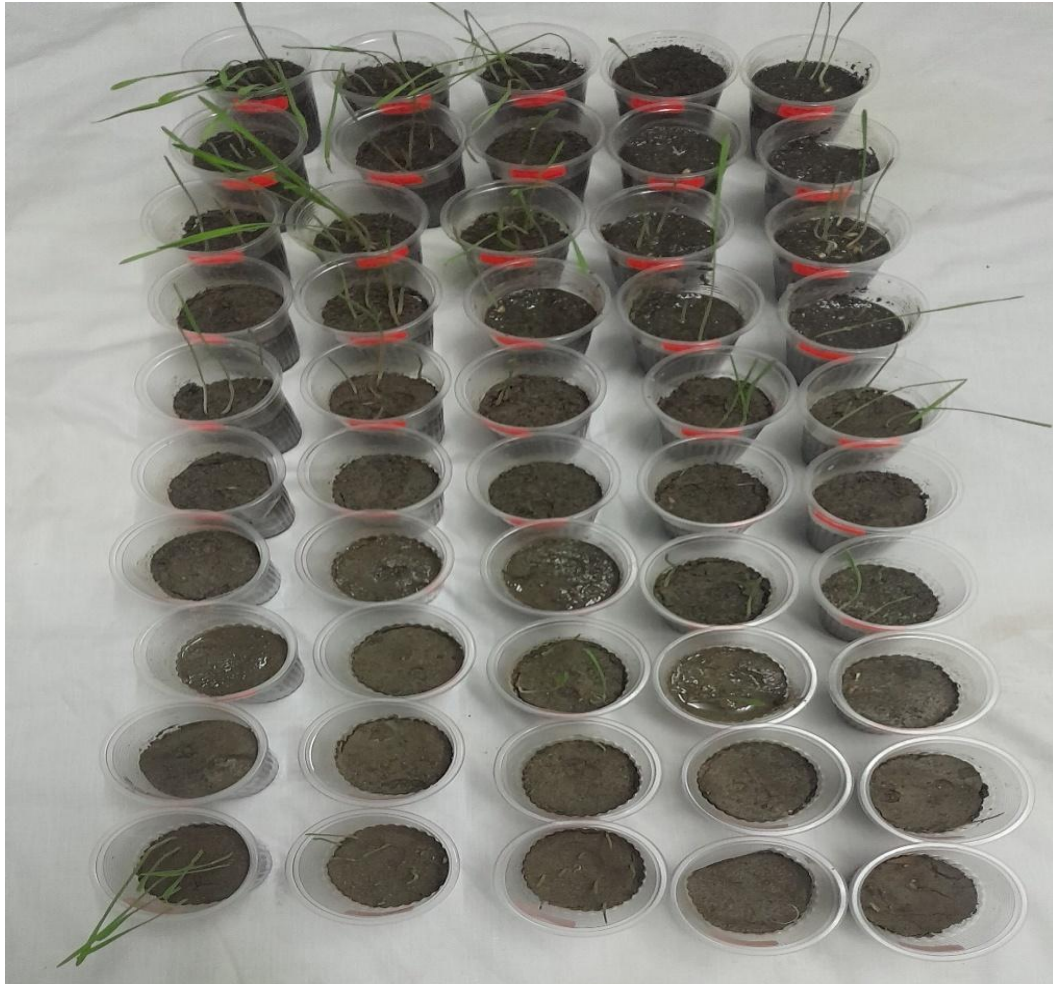
2. Orge (Variété Saida 183) : d'origine locale à lignée pure adaptée aux plaines intérieures et hauts plateaux avec un cycle végétatif semi précoce et un tallage moyen après un semis en mi – octobre au mi. Novembre, elle est résistance au froid et à la sécheresse et à la verse .Elle est caractérisée par une couleur de l'épi blanche avec une capacité de l'épi très lâche ainsi une hauteur de la plante a la maturité 90 cm. La dose de semis utilisée 100 kg/ ha pour un rendement prévisionnel de 30 qx/ha. La variété Saida 183 est sensible aux maladies rouille (brune et jaune) et charbon.



Figure17:Orge (Variété Saida 183)

4.4. La mise en culture

Les figures ci. Dessus montrent l'opération de la mise en culture (le semi) :

**Figure18:**Mise en culture de l'orge et du blé.

Pour chaque traitement, la mise en culture est réalisée à raison de 100 graines par espèce.

4.5. Irrigation

Les potées de plantation sont arrosées à la capacité au champ au moment du semis. Par la suite, l'irrigation a été effectuée manuellement selon l'état physique du substrat adopté.

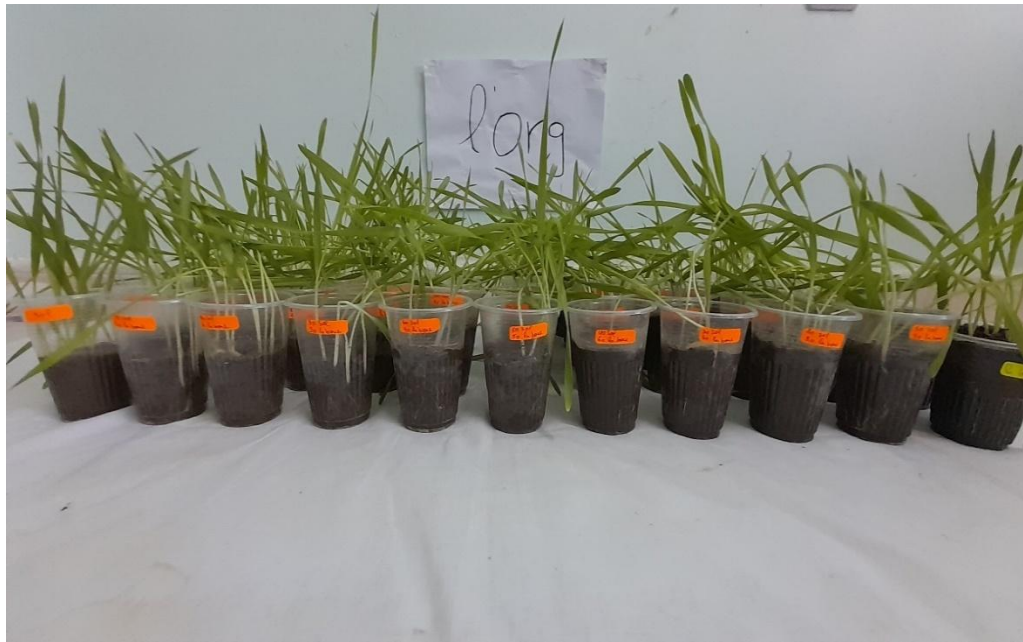


Figure 19 : le résultat du l'orge après 09 jours.

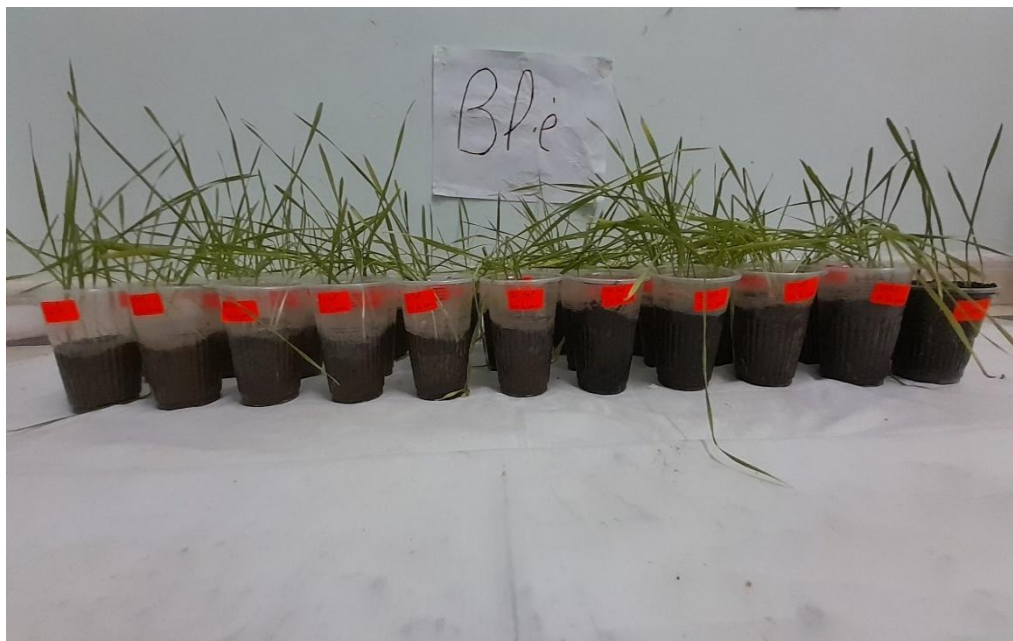


Figure 20 : le résultat du blé après 09 jours.

5. Analyse de boue

Nature de l'échantillon : boue séchée

	Résultat d'essai		
Paramètres	Méthode	Résultat	Unité
Nickel	ISO 8288	37	Mg/Kg
Cuivre	ISO 8288	73	Mg/Kg
Cadmium	ISO 8288	2,73	Mg/Kg
Plomb	FD T90.112	165	Mg/Kg
Cuivre	NF EN 1233	<49	Mg/Kg
Zinc	ISO 8288	364	Mg/Kg
Mercure	ISO 12846	1,05	Us/Kg

Tableau 08(a) : les analyses de boue de STEP Tissemsilt (16/11/2020)

6. Paramètres mesurés

L'ensemble des paramètres mesurés ont été prélevés après 9 jours de mise en germination.

- 1- Nombre de feuilles
- 2- La longueur des feuilles (**Tab (8 b) , Tab (8c)**)

	sol	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50	40/60	30/70	20/80	010/90	boue
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jour 3	2,16	2,3	1,23	1,25	2,5	0	4,13	0,33	1,83	0	1,25
jour 4	5,8	4,16	3,13	3,94	5,33	0,53	7,3	1,34	3,66	0,47	2,16
jour 5	12,5	10,83	9,52	11,38	10,56	10,67	9,1	9,73	8,28	7,46	7,11
jour 6	17,02	16,6	16,58	16,74	15,74	10,94	11,9	10,74	12,86	7,82	12,45
jour 7	17,63	19,03	19,91	18,31	15,58	17,88	19,75	20,52	19,55	18,71	15,01
jour 8	19,35	21,64	20,54	19,31	17,64	19,02	20,53	22,5	20,2	20,4	16,72
jour 9	22,2	22,03	21,33	21,06	22,9	22,97	21,61	23,8	20,98	24,05	21,48

Tableau 08(b) : La longueur des feuilles pour blé dur

	sol	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50	40/60	30/70	20/80	oct-90	boue
jour 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jour 3	3,06	2,15	0	1,8	0	1,3	1,13	2,1	0,8	0	0,72
jour 4	6,13	4,43	1,2	2,6	1,75	2,76	2,3	2,93	1,75	0	1,45
jour 5	16,28	14,04	7,36	9,2	10,56	9,43	6,96	8,4	8,15	5,12	4,15
jour 6	19,1	20,36	13,2	17,16	17,35	15,34	14,03	13,03	17,35	11,55	11,37
jour 7	20,73	21,07	23,02	21,09	20,63	16,59	21,25	21,14	18,4	22,08	19,55
jour 8	22,17	22,88	25,5	22,16	20,71	17,61	24,38	21,68	20,71	23,06	22,32
jour 9	23,05	24,47	30,5	23,44	23,41	21,18	25,66	24,32	22,7	25,36	24,35

Tableau 08(c) : La longueur des feuilles pour L'orge.

Chapitre II :

Résultats et discussion

1. Nombre de feuilles /pots

1.1. Nombre de feuilles /pots du blé

La figure n 21 : montre histogramme de nombre de feuille concerne le blé.

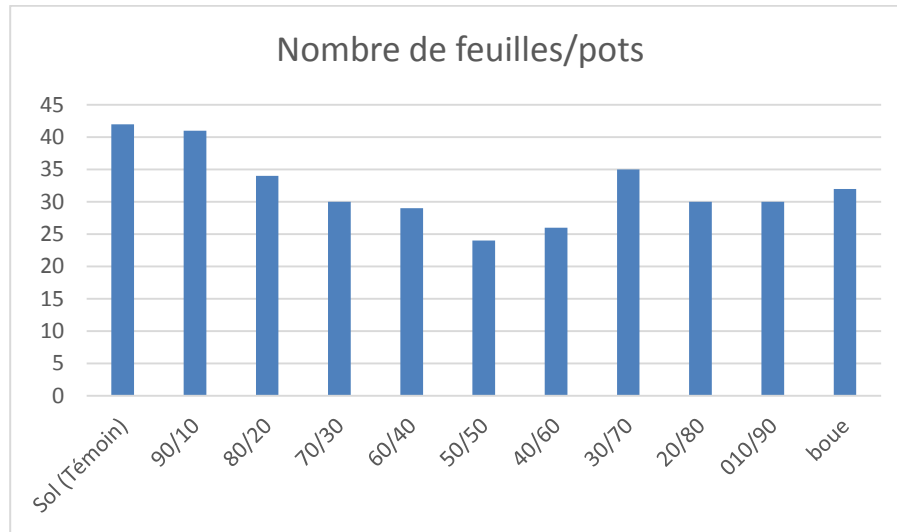


Figure 21 : Nombre de feuilles du Blé dur par pot en fonction du substrat étudié.

Selon les résultats (Figure21), il s’est avéré que le nombre de feuilles le plus élevé a été constaté pour le substrat témoin (42 Feuilles), alors que le plus est extériorisé par les plantes conduites au substrat (50/50/) dont la valeur relevée est de l’ordre de 24 feuilles. Ainsi que, le traitement conduit à la boue inscrit un nombre de feuilles de 32 feuilles.

1.2. Nombre de feuilles /pots du l’orge

Les histogrammes suivants représentent les résultats du nombre de feuilles dans la figure n 22.

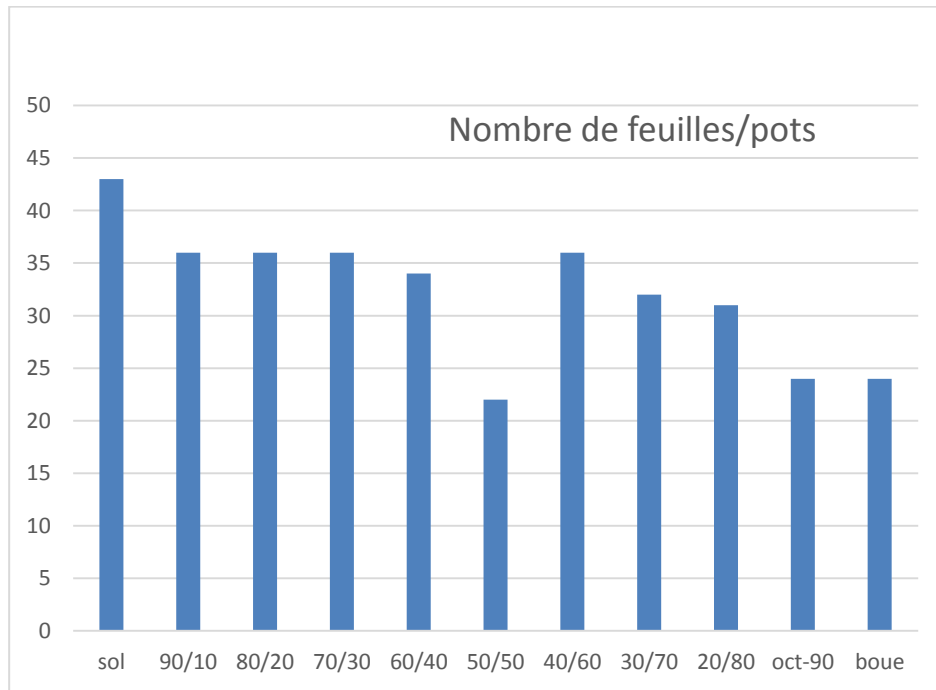


Figure 22 : Nombre de feuilles d’ l’orge par pot en fonction du substrat étudié.

Le nombre de feuilles de l’orge étudié démontre des valeurs extrêmes de l’ordre de 43 et 22 feuilles enregistrées par le témoin et le substrat (50/50) respectivement. Selon les résultats obtenus (Figur22), l’augmentation de nombre de feuilles s’est soldée par une recrudescence de la proportion du sol par rapport à la boue. En effet, la moyenne de ce paramètre est de l’ordre de 32,8 feuilles (Taux du sol \geq taux de la boue) et 29.4 feuilles (Taux de la boue \geq taux du sol).

2. Longueur de feuille (cm)

2.1. Longueur de feuille du blé

Concernant la longueur, la figure n21 représente l'histogramme de la longueur de la feuille du blé

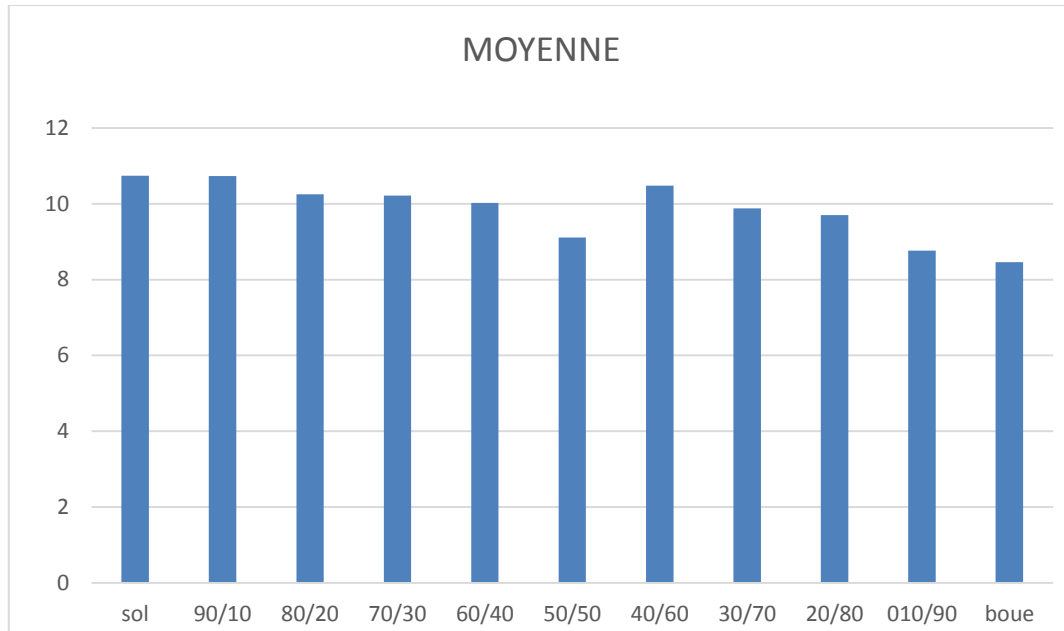


Figure 23 : La longueur de feuille du Blé dur par pot en fonction du substrat étudié.

Les résultats de la longueur de feuille retenue (Figure23), indiquent un taux élevé pour le substrat témoin (10,74cm), tandis que celui le plus faible est enregistré par le substrat boue (8,64cm). Il a été démontré selon les résultats de ce paramètre, que l'augmentation de la proportion de la boue affecte grandement l'élaboration de cette longueur. En effet, si le pourcentage de la boue du substrat est inférieur à 50%, la moyenne de la longueur de feuille inscrite une valeur de 9.5cm. Par conséquent, le taux de diminution est de l'ordre de .6%.

2.2. Longueur de feuille de l’orge

Le résultat de la longueur du feuille de l’orge sont représenté se forme des histogrammes dans la figure n 24.

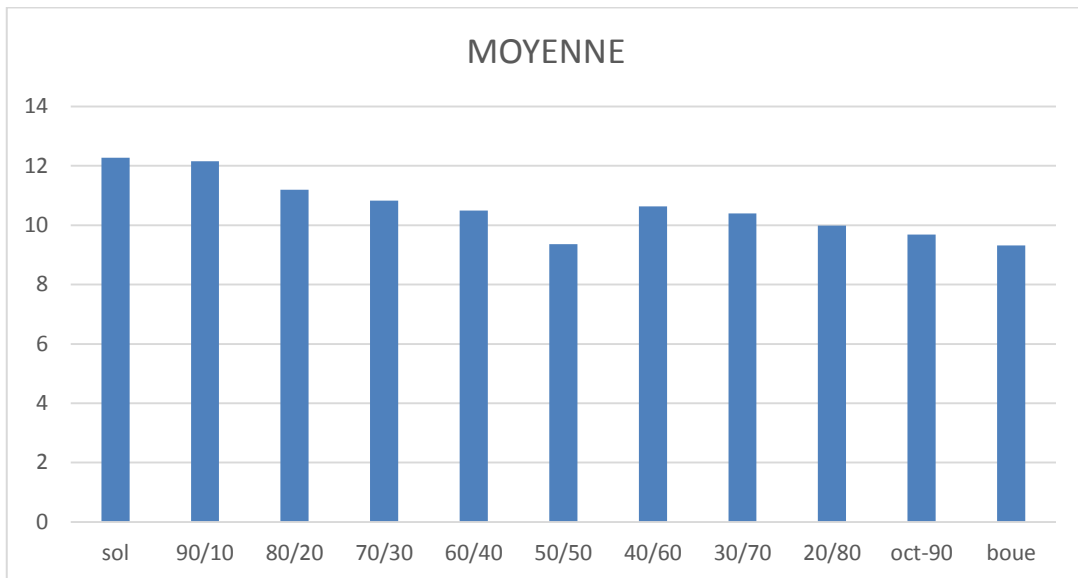


Figure 24 : La longueur de feuille de l’orge par pot en fonction du substrat étudié.

D’après les résultats (Figure 24), longueur de feuille varie entre 12,28cm et 9.32cm exhibé par le témoin (sol) et la boue (100%) respectivement. En effet, l’augmentation de la concentration de la boue dans le mélange diminue longueur de feuille. Par conséquent, le taux de réduction est de l’ordre de .7.4%.

Discussion

La communauté scientifique, les écologues et les décideurs politiques s'inquiètent de plus en plus de l'élimination en toute sécurité des grandes quantités de déchets organiques et inorganiques produits dans le monde (Ghulam *et al.*, 2012).

L'effet de la boue sur la croissance des plantes peut varier en fonction de différents facteurs tels que la composition de la boue, la concentration des éléments nutritifs et la durée de l'exposition. En général, la boue peut avoir à la fois des effets positifs et négatifs sur la croissance des plantes. La boue peut contenir des éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium et d'autres minéraux bénéfiques pour les plantes (Muhammad et Khattak, 2009). Si la boue est riche en nutriments essentiels, elle peut favoriser la croissance des plantes en améliorant la fertilité du sol.

Cette étude a eu comme objectif d'évaluer l'effet de la concentration de la boue sur la croissance des céréales notamment du blé et de l'orge, il a été constaté que les paramètres mesurés sont affectés grandement par l'augmentation de la boue dans le substrat étudié. Selon les résultats obtenus (Figure 21), le nombre de feuilles prélevé est élevé pour les plants maintenus au substrat ayant plus de 50% de sol agricole. Résultats corroborent avec les travaux de Gautam *et al.* (2018). Ces auteurs ont démontré qu'une alcalinité élevée, une salinité, une texture déséquilibrée, une faible capacité de rétention d'eau, une faible disponibilité des nutriments et la présence de niveaux élevés de métaux potentiellement toxiques (cadmium (Cd), plomb (Pb), nickel (Ni), arsenic (As) et chrome (Cr)) de la boue limitent l'établissement de la végétation. Une surabondance de boue qui peut entraîner une compaction du sol et une mauvaise aération, ce qui peut être néfaste pour les racines des plantes. Si la boue s'accumule autour des racines des plantes, elle peut entraver le drainage et provoquer l'asphyxie des racines. Cela peut réduire la croissance des plantes et les rendre plus vulnérables aux maladies et aux infections fongiques. La boue peut contenir des contaminants tels que des métaux lourds ou des produits chimiques toxiques. Si la boue est contaminée, elle peut avoir un impact négatif sur la santé et la croissance des plantes (Wang *et al.*, 2022). Néanmoins, nos résultats contrastent avec ceux rapportés par (Sher *et al.*, (2022) ; Zahid *et al.*). Ils ont rapporté que les amendements augmentent non seulement les attributs de croissance des plantes, mais améliorent également l'état de fertilité du sol.

Il est important de noter que les effets de la boue peuvent varier en fonction du type de plantes et de leur stade de croissance. Certaines plantes peuvent être plus résistantes à la boue que d'autres. De plus, une exposition prolongée à la boue peut avoir des conséquences différentes par rapport à une exposition temporaire.

Conclusion

Conclusion

Suite aux différents facteurs biotiques et abiotiques conduisant à la destruction de l'état physique du sol ainsi qu'à un épuisement de son stock nutritif nécessaire pour le développement des plantes, notre étude a été menée afin d'évaluer si l'utilisation d'une boue d'épuration peut avoir des effets néfastes ou bénéfiques sur la croissance des céréales. Contrairement à ce qu'il a été prouvé dans les travaux scientifiques réalisés dans ce contexte, les résultats obtenus ont démontré que la boue a conduit à une faible diminution des paramètres mesurés comparativement aux plantes maintenues au sol agricole ou à faible proportion de boue. Ainsi, il est préférable d'éviter une exposition excessive à la boue autour des plantes, en veillant à maintenir un bon drainage du sol. Si la boue est utilisée comme amendement du sol, il est important de connaître sa composition et de l'appliquer avec modération pour éviter tout effet néfaste sur la croissance des plantes.

Finalement, cette étude apporte une contribution à la recherche sur l'impact de la boue d'épuration sur la croissance des plantes céréalières. Les mesures effectuées concernent la longueur et le nombre de feuilles. Il serait donc recommandé d'examiner à l'avenir les effets de ce substrat sur les différentes étapes phénologiques, de la germination à la maturité, et sur les différentes cultures. Il est également essentiel d'étudier la fertilité du sol et sa composition physique dans le cadre de cette recherche.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

(1998). Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats Qualification des fines. Essai au bleu de méthylène Marcel Lecomte.

A

A.F.E.E.(1974). Pollution des eaux par l'agriculture et la sylviculture : actes du Séminaire organisé par le comité des problèmes de l'eau de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies, (Vienne, octobre 1974).

Abdallahi, M.M., & N'dayegamiye, A. (2000). Effects of two incorporations of green manures on soil physical and biological properties and on wheat (*Triticum aestivum* L.) yields and N uptake. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(1), 81.89.

Abdo, J. les Ciments : Fabrication. Propriétés .Edition T.1.(Ecole National des Ponts et des chaussées –Paris).C 920.

Afgan. R. (2016) : Valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées (STEP.Fès), Thèse Master, Université de Fès, 39P.

Agronomique et effet des polluants dans le sol et le végétal. Mémoire de magistère en science agronomique université de mostaghanem. 180p.

Aït Hamou et Boulahbal, 1998: Manel, D., Lynda, S., Houria, B., & Mohammed.Redha, D. (2014). Assessment of the bacteriological contamination of the wastewaters in Annaba's main discharges in North.EasternAlgeria. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 4(1), 112.117.

Allinger et al, (1979). Chimie organique : T1, T2, T3, Edition McGraw Hill. Faure, C., Delmas, C., Willmann, P.(1991). Power sources.36.497.

Allinger et al, (1979). Chimie organique : T1, T2, T3, Edition McGraw Hill,.

AMIR. S. (2005): contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage: devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse, 341P

ANDED., (1982) .La valorisation agricole des boues de la station d'épuration cahier technique ,63p.

ANDI 2013 Agence National De Développement Et Investissement, Année1979.

Références bibliographiques

D SAT2020 : direction service agricole TISSEMSILT,2020

Ararem,F . (2011). Synthèse et caractérisation de biopolymères Application au piégeage de colorant, thèse de magister université d'Oran Es.Senia.

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 : 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.

Barron, J .,Sautrey, R. Le Béton hydraulique. Bulletin des laboratoires des ponts et des chaussées paris. P559.

Bednarak J (2012). Analyse fonctionnelle de TaGW2, une E3 ligase de type RING, dans le développement du grain de blé tendre (*Triticumaestivum*).Thèse de doctorat en Physiologie et génétique moléculaire, Université Blaise Pascal .Clermont. Ferrand II, Auvergne, 468p.

Baes, C. F., Mesmer, R. E. (1976). The hydrolysis of cations. Wiley, New York, 496 p

BELAID DJ., 2015.Utilisation des boues résiduelles de station d'épuration en Algérie. 10 p.

Benoudjit .F, (2016): Caractérisation et Valorisation des Boues Issues d'un Office d'Assainissement. Cas ONA Boumerdès (STEP Boumerdès). Thèse de Doctorat Université M'Hamed Bougara.Boumerdes, Algérie, 130P

Bernard,P ; Influence des fortes concentrations en phosphate sur la réactivité et les propriétés mécaniques et physiques des pâtes de ciment.

Bessa, A., Bigas, J.P Gallias, J.L. (2003). Influence des additions minérales naturelles et industrielles sur les principaux paramétrés de formulation de mortiers, XXIème rencontre universitaires de génie civil.

Bojvin, L ; 1970.les principales méthodes d'élimination des boues des stations de traitement des eaux pp 299.369.

Boudreau A, Ménard G (1992). Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Dominique Jonson, Sain.Foy, 435 p.

Boulal H, Zaghouane O, El Mourid M, Rezgui S (2007) .Guide pratique de la

Références bibliographiques

conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176p.

Brame V. Lefevre 1977. Aspects qualitatifs de l'utilisation agronomique des boues résiduelles des stations d'épuration. Sc du sol, Bull Afes3. 125.140.

C

Chicouche, M.A. (2004). Influence de l'ajout pozzolnique (argile cuite) sur les caractéristiques physico-chimiques des ciments. Thèse de magister, Université de Med Boudiaf Mslia.

Chih. Huang, W., Yi. Fong, P. (2006). Adsorption of a cationic dye (méthylène bleu) onto spent activated clay, Journal of Hazardous Materials 144, 355–362

Chitour, C.E. (1992). Physico-chimie des surfaces : les interfaces gaz-solide et liquide-solide » Office des Publications Universitaires, Volume 2 Algérie.

Chun, H., Yizhong, W. (1999). Chemosphere 39 2107.

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 résiduelles : intérêt agronomique et effet des polluants dans le sol et le végétal. Mémoire de magistère en science agronomique université de mostaghanem. 180p.

DEGREMENT (1988) : mémento technique de l'eau, 8^e édition technique et documentaire, 1459P

DEROUICHE. F. (2012) : Contribution à l'étude des boues résiduelles comme amendement organiques pour les cultures maraichères. Mémoire de magister université Oran., Algérie, 126P

Djermoun A (2009). La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie, 1 :45.53

DOMMEL. , (1981). Le phosphore et la plante. Série que sais-je, pp : 19 – 39.

Dreux, G. (1979). Nouveau guide de béton, Edition Eyrolles, 2^e édition P17.

Références bibliographiques

DUCHENE P., (1990). Les systèmes de traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités. Documentation technique du FNDAE. n° 09,p 8.9 .

During R, GathS. Utilization of municipal organicwastes in agriculture :Where do we stand, werewillwe go ? J. Plant Nutr. Soil Sci.165 (2002) 544–5561436.8730/02/04/08.544.S17.50+.5010

E

Edeline, F., 1997. L'épuration biologique des eaux. Théorie et technologie. Ed EBEDOC.298p.

F

Fartas. K, Laouissi. H, Zouaimia. S. (2015) : Thème: Etude Microbiologique Des

Faureet, C., Delmas, C., Willmann, P.(1991). Power sources.36.497,.

Feddy houst, Y. (1992). Diffusion de gaz, carbonique et retrait de la pâte de ciment durcit. Thèse N°1108.

Fourar.Belaifa R, Fleurat.Lessard F (2015). Évaluation expérimentale de la sensibilité aux attaques du charançon du riz de variétés d'espèces céréalières cultouvées en Algérie. Cahiers Agricultures, 24(5): 283.291

G

Gamrasni M.A, 1984. Utilisation énergétique des boues et déchets ; association Française pour l'étude des eaux .Centre national de documentation et d'information sur l'eau. Etude technique de synthèse, Paris.187p.

Gautam, M., B. Pandey, and M. Agrawal. 2018. Identification of indicator species at abandoned red mud dumps in comparison to residential and forest sites, accredited to soilproperties. EcologicalIndicators 88:88–102.

Ghulam, S., M.J. Khan, K. Usman and S. Ullah. 2012. Effect of different rates of pressmud on plant growth and yield of lentil in calcareous soil. Sarhad J. Agric. 28(2):249.252

Giles, C.H., Mac Ewan, T.H., Nakhwa,S.N., Smith, D., Chem, J.

Références bibliographiques

(1960).Soc. London, 3973,.

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

GLEMAS P(1980) fertilisation boue, gadoue, composts de finition fabrication et caractéristique, revue cultivar n° 132 P 44.51

(Gotaas, in Gamrasni M.A. 1981) .Utilisation agricole des boues d'origine urbaines A.F.E.E. bull 4.(64). 25.64.

GROSCLAUDE, Gérard, dir. (1999) L'eau, tome 1 : Milieu naturel et maîtrise et tome 2 : Usages et polluants. Versailles, Institut National de la recherche Agronomique (Coll. « Un point sur ... »), 204 p. et 210p.

H

Hamaker,J.W., Thompson,J.M. (1972).Adsorption En: Organic Chemicals in the soil Environment (eds. C.A.I Gornig and J.W. Hamaker), vol. 1, Marcel Dekker, New York.

Hang, P.T., Brindley, G.W. (1970). Méthylènebleue adsorption by clay minerals. Determination of surface areas and cation exchange capacities (clay.organic studies XVIII). Clays and clayminerals, 18, 203.212.

Hannachi A ,Khelfi S, Souileh N (2016) . Effet de l'irrigation par des eaux usées traitées (EUT) sur une culture de blé dur (Triticum durum Desf.). Revue Agriculture, 12: 40.46.

(Hesse, in Gamrasni M.A. 1981) .Utilisation agricole des boues d'origine urbaines A.F.E.E. bull 4.(64). 25.64.

Houot S., 2009. Les produits résiduaux organiques : qualité, impact et devenir. Le Sol, dossier INRA, janvier 2009 : 106.113.

L

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

J

Références bibliographiques

J. Grzechulska, A.W. Morawzki, (2002). Appl.Catal.B, 36 45. Raouf, A.(1998). Adsorption, distribution et dynamique de l'eau dans le milieu poreux, édition LCPC, Paris.

JAMONET B, (1987) : Le traitement des boues résiduaires. Univ des sciences du Languedoc, Montpellier, 10p

JARDI. E, (2002) : Composition organique de boues résiduaires de stations d'épuration lorraines : Caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy I, France. 287p

JAROZ J (1985) le traitement des boues résiduaires , université des sciences et techniques du Languedoc Montpellier

Ju.Zhen, Y., Li.Ming,Z. (2008). Removal of methylene blue dye from aqueous solution by adsorption onto sodium humate/polyacrylamide/clay hybrid hydrogels, Bioresource Technology 99, 2182–2186

K

Kefif,F .(2010). Synthèse et caractérisation des hydroxydes doubles lamellaires (HDL) et application dans la sorption de colorant. Thèse de magister. Université USTO.MB

Koboulevsky et al., 2001 : BOULAHBAL, O. (2011). Contribution à l'étude de l'évolution de la matière organique des boues dans le sol (Doctoral dissertation).

Koller, 2004 in Maalem et al, 2018

Kurbus, T., Slokar, Y.m., Le Marchal, A.M.(2002). The study of the effect of the variables on H₂O₂/UV decoloration of vinylsulphone dye, part II, Dyes Pigments, Vol 54, 67 – 68,. Chun, H., Yizhong, W. (1999). Chemosphere 39 2107.

Latosinska, J.; Kowalik, R.; Gawdzik, J. 2021. Risk Assessment of Soil Contamination with Heavy Metals from Municipal Sewage Sludge. Appl. Sci. 11, 548.

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.

Capowiez Y., 2009. Effets bénéfiques des composts de boues sur les vers de terre. Magazine de bout en bou(es) N° 14, décembre 2009.

Lemercier B., 2002. L'écosystème Sol. Revue, techniques culturales simplifiées

Références bibliographiques

N°20: 8. 22.

M

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

MAALEM.T, SAIDIA .C, TOGO. I. (2018):Caractérisation bactériologique des boues résiduelles des stations d'épuration des eaux usées: cas de la station de Guelma. Thèse Master Université 8 Mai 1945 Guelma, Algérie, 121P

Maes M 1977. Pratique du méthane de fermentation. Revue de la sécurité. Pp 24.31.

Maki, I., Chromy, S. (1978). characterization of the alite phase in Portland clinker by microscopy,IL Cemento 75pp.247.252.

Martin – Neto, L., Vieira,E.M., Spisto, G.(1994). Environ..Sci. Technol., 28, 1867,. Waston,J.R., Posner,A.M., Quirk, J.M. (1973).J. Soil Sci., 24, 503,.

Mihoub A, Chaoui A,El Ferjani E(2005). Changements biochimiques induits par le cadmium et le cuivre au cours de la germination des graines de petit pois (*Pisum sativum* L.). Comptes Rendus Biologies, 328(1): 33.41.

Métahri, M., (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi.Ouzou. Thèse de doctorat, 184 p.

Morel C., 2009. Les boues véritables engrais phosphatés. Magazine de bou(e)s N° 14, décembre 2009.

MOREL J.L ., (1977) . Contribution à l'étude des boues résiduelles dans le sol Thèse de docteur université NANCY .122 p.

Muhammad, D. and R.A. Khattak. 2009. Growth and nutrients concentrations of maize in pressmud treated salinesodic soils. Soil & Environ. 28(2): 145_ 155.

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.

Références bibliographiques

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.

NA 442 .(2006). ciment composition,specifications et critere et conformité des ciments courants institut Algérien de normalisation,3eme edition. F.ROUESSAC & A. ROUESSAC,«analyse chimique :méthodes et techniques instrumentales modernes»,4eme édition ,Paris,1998.

Newman A.C.D. (1983).The specific surface of soil determined by water sorption.*J. Soil Sci.* 34 23.32.

Nicourt et Barbier, 2009: Joncoux, Steve. "L'intensification écologique de l'agriculture par la valorisation des déchets organiques: de l'écologisation aux inégalités." *Natures Sciences Sociétés* 21.2 (2013): 223.229.

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 97.Traiter et valoriser les boues. Collection OTV, N° 2, 457 p.

O

O.T.V, 1997: Fox, D. M., R. B. Bryan, and A. G. Price. "The role of soil $A = \pi r^2$ crusting in desertification and strategies to reduce crusting." *Environmental monitoring and assessment* 99.1.3 (2004): 149.159.

ONA T 2020, office national d'assainissement, TISSEMSILT, 2020STEP Tissemsilt

P

Perry, R.H, (1997). Perry's Chemical Engineers Handbook, 6th Edt, MC Graw.Hill, USA,

Pliskin, L. (1993). La fabrication du ciment, éditions Eyrolles.213 page

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

R

Références bibliographiques

Rahal.Bouziane H (2015). L'orge En Algérie: Passé, Présent Et Importance pour la sécurité alimentaire, face aux nouveaux défis. Recherche Agronomique, 27(01) :1.24.

RAMDANI .N. (2007): Contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduares. Effet sur la fertilité d'un sol sableux. Mémoire de Magister Université d'Oran, Algérie, 154P

Raouf, A.(1998).Adsorption, distribution et dynamique de l'eau dans le milieu poreux, édition LCPC, Paris.

Rejesk, F., (2002). L'analyse des eaux. Ed. Ressource par l'éducation nationale, France, 358p.

Richet ,C., Galle, C.,Bescop ,P., Peycelon,A., Bejaoui, S., Toventa,I ., Pointeau, I ;L'hostis,V ., Lovera , P. (2004) .Synthèse des connaissances sur le comportement à long terme des bétons application au colis cimentes » ;Rapport CEA.R.6050,commissariat à l'énergie atomique.

Riguiero.Rodriguez et al., 2000: Rodríguez, A. R. Efecto residual del encalado y de la fertilización con lodos de depuradora urbana sobre los diferentes componentes de un sistema silvopastoral establecido con Pinus radiata D. Don en Galicia.

Ruthven, D.M. (1984). Principles of Adsorption and Adsorption Processes, J. Wiley, New York,

S

Simard R.R., 2001. Combinedprimary/secondarypeppermillsludge as a nitrogen source in a cabbage.sweet corn croppingsequence. Can. J. Soil Sci.81: 1.10.

Sigg, L., Stumm,W., Behra,P. (1992).Chimie des milieux aquatiques, Ed. Masson, p337,.

Sher, A.; Nawaz, M.; Hasnain, Z.; Mehmood, K.; Chattha, M.B.; Ijaz, M.; Sattar, A.; Ibrar, D.; Bashir, S.; Khan, M.M.; et al. 2022. Impact of Press Mud and Animal Manure in Comparison with NPK on the Growth and Yield of Triticale (Triticosecale wittmack) Genotypes Cultivated under Various Irrigation Regimes. Agronomy, 12, 2944.

SlaferG A, Molina.Cano J, Savin R, Araus J, Romagosa A (2002) .Barley

Références bibliographiques

science: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. Foud product press, London, 544p.

T

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

Treybal, R.E. (1981). Mass Transfer. Operations, 3rd Ed, MC Graw.Hill, New York,

U

U A, Ménard G (1992). Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Dominique Jonson, Sain.Foy, 435 p. 25.

V

Venaut, M. (1989). la pratique des ciments, mortiers et béton. Tome 1: «Caractéristiques des liants et des bétons, mise en oeuvre des coulis et mortiers». édition 2 Collection Moniteur..277p..

Viehland ,D.(1996). Mesostructure of calcium silicate hydrate (CSH) gels in portland cement paste : shorrange ordering, Nanocrystallinity, and local composional order. J.am.Ceram.Soc .79: p.1731.1744.

Y

Yang, Q., Li, Z., Lu, X., Duan, Q., Huang, L., and Bi, J. (2018). A Review of Soil Heavy Metal Pollution from Industrial and Agricultural Regions in China: Pollution and Risk Assessment. Sci. Total Environ. 642, 690–700.

Z

Références bibliographiques

Zahid, N.; Ahmed, M.J.; Tahir, M.M.; Maqbool, M.; Shah, S.Z.A.; Hussain, S.J.; Khaliq, A.; Rehmani, M.I.A. 2021. Integrated effect of urea and poultry manure on growth, yield and postharvest quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Asian J. Agric. Biol.* 1.

Zaoui et Sbagh, 2017.

Zawlotzki, E., Guivarch,(2004). Traitement des polluants organiques en milieu aqueux par procédé électrochimique d'oxydation avancée « Electro.Fenton ». Application à la minéralogie des colorants synthétiques, Thèse de doctorat en Chimie, Université de Marnela.Vallé, France.

Zurich. (1978). Liant minéraux.SociétéSuisse des Ingénieurs et Architect. Norme SIA 215.

Annexes

Annexe

Annexe n°1 : Tableau 01:Composition en éléments utiles des boues (Ju.Zhenet *al.*,(2008).

Type de boue les éléments utiles	Boues compostées	Boues liquides	Boues pâteuses	Boues sèches	Boues chaulées
Teneur en matières sèches MS	40.60	2.à 6	18.22	90.95	25.40
Teneur en matière organiques MS	80.90	65.70	65.70	50.70	30.40
Teneur en matières minérales% MS	10.20	30.35	30.50	30.50	60.70
Ph	6.7	6,5.7	7.8	6.8	9.12
Rapport Carbone / azote(C / N)	15.25	4.5	5.6	4.6	8.11
Azote (Kg N/T brute)	5.9	2.4	8.12	30.50	6.10
Phosphore (kg P2O5/T brute)	6.8	2.3	6.9	50.70	6.10
Potassium (kg K2O/T brute)	1.2	0,9	0.8	5	1
Chaux (KgCaO/T brute)	10.30	1.3	5.15	40.60	60.90

Résumé

Résumé

Le développement agricole constitue la colonne vertébrale de la sécurité alimentaire et de la souveraineté des pays. En Algérie, la céréaliculture représente la filière agricole la plus dominante, d'où la nécessité d'améliorer cette filière est une préoccupation majeure. Notre étude s'inscrit dans le contexte du recyclage et de la réutilisation des boues issues des eaux usées de STEP de la ville de Tissemsilt. En effet, différents substrats composés de concentrations variables d'un mélange de sol et de boue, allant de 0% à 100% chacun, ont été étudiés sur le blé dur et l'orge. Nos résultats indiquent que les paramètres mesurés (nombre et longueur des feuilles) sont modérément affectés par une augmentation du ratio de boue dans le substrat. Ceci peut être attribué aux mauvaises caractéristiques physiques du substrat (alcalinité, salinité, etc.) et/ou à la présence de métaux lourds. Ces derniers constituent une barrière à la croissance et au développement végétatif. Néanmoins, la richesse de la boue en éléments nutritifs pourrait être exploitée si elle subissait un traitement préalable pour éliminer tout agent néfaste.

Mots clés : Tissemsilt, STEP, boue, blé dur, orge, croissance.

Abstract

Agricultural development is the backbone of food security and national sovereignty. In Algeria, cereal farming represents the most dominant agricultural sector, making the need to improve this sector a major concern. Our study is carried out in the context of recycling and reusing sludge from wastewater treatment plants in the city of Tissemsilt. Different substrates composed of varying concentrations of a mixture of soil and sludge, ranging from 0% to 100% each, were studied on durum wheat and barley. Our results indicate that the measured parameters (number and length of leaves) are moderately affected by an increase in the sludge ratio in the substrate. This can be attributed to the poor physical characteristics of the substrate (alkalinity, salinity, etc.) and/or the presence of heavy metals, which act as barriers to plant growth and development. Nevertheless, the nutrient richness of the sludge could be exploited if it undergoes prior treatment to remove any harmful agents.

Keywords: Tissemsilt, WWTS, sludge, durum wheat, barley, growth.

ملخص

التنمية الزراعية تشكل العمود الفقري للأمن الغذائي وسيادة الدول. في الجزائر، يُعَبَّرُ زراعة الحبوب القطاع الزراعي الأكثر سيطرة، مما يجعل ضرورة تحسين هذا القطاع أمرًا هامًا. تندرج دراستنا في سياق إعادة التدوير وإعادة استخدام الطمي الناتج عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة تيسمسيلت. فقد تم دراسة مختلف الأوساط المكونة من تركيزات متغيرة من خليط من التربة والطين، تتراوح من 0% إلى 100% لكل منهما، على القمح الصلب والشعير. تشير نتائجنا إلى أن المعايير المقاسة (عدد وطول الأوراق) تتأثر بشكل معتدل بزيادة نسبة الطمي في الوسط. يمكن أن يُرجع ذلك إلى الخصائص الفيزيائية السيئة للوسط (القاعدية، الملوحة، إلخ) و/أو وجود المعادن الثقيلة. يشكل هذا الأخير حاجزًا أمام النمو والتطور النباتي. ومع ذلك، يمكن استغلال ثراء الطمي بالعناصر الغذائية إذا تمت معالجته مسبقًا لإزالة أي عوامل ضارة.

كلمات مفتاحية: تيسمسيلت، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، طمي، قمح صلب، شعير، نمو