



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



Faculté des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

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

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : production végétale

Présentée par :

-Mlle HARIZI Ahlam

-Mlle SAAD Rania

Thème

**Effet de l'utilisation des boues de la station d'épuration STEP
Tissemsilt dans le substrat de culture sur la germination et la
croissance des graines d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Soutenu le : 14/06/2023

Devant le Jury :

Mr. MELLIANI K	Président	M.A.A	Univ-Tissemsilt
Mr. TALEB A	Examineur	M.C.A	Univ-Tissemsilt
Mr. BOUKHALLOUT S	Encadrant	M.A.A	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2022/2023





Remerciements

Nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la santé et la volonté de commencer et de terminer cette thèse.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pu être réalisé sans l'aide et l'encadrement de **M BOUKHELLOUT SALEH**, nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité lors de notre préparation de cette thèse. Nos remerciements vont à les membres de jury Monsieur l'examineur **TALEB AMINE**, Monsieur le président **MELJANI KADDOUR**, pour le soutien moral et l'encouragement. Nos remerciements vont également à monsieur **ZEMOUR KAMAL** et **DJETTI TAYEB** et tous nos professeurs. pour leur générosité et la grande patience qu'ils ont su démontrer malgré leurs charges académiques et professionnels.

Et au final, merci à tous ceux qui nous ont soutenu dans le cadre de nos recherches en amont, même un peu pour faire ce travail.

...



DÉDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À MA MÈRE POUR LE SOUTIEN,
DURANT MON PARCOURS SCOLAIRE.

MON PÈRE DIEU ACCORDE LA PAIX À SON ÂME

MES SŒURS SARA , CHAHRAZAD , ZAHIA

ET MON FRÈRE DJALAL

TOUS MES AMIS " RANIA , ABIR AMRANE , SOUMIA , WALAA , KHALIDA ,
LOUBNA , CHIRAZ , MALIKA , MOFIDA , KHEIRA LOUADJANI , KHALIDA
ZEBBAR & MEKKEB NADJIA ET À TOUS LES ÉTUDIANTS DE LA PROMOTION
MASTER 2 PRODUCTION VÉGÉTALE

HARIZI Ahlam



DÉDICACE

**JE DÉDIE CET HUMBLE TRAVAIL À MES CHERS PARENTS POUR LEUR
SOUTIEN, LEUR PATIENCE ET LEURS ENCOURAGEMENTS DURANT MON
PARCOURS SCOLAIRE.**

**À MES SOEURS AQEELA, RASHIDA, KHAIRA, ABEER, SUHAILA, ZAHRAA
ET SON PÈRE, YASSER HAMID FIRAS**

ET TOUTE MA FAMILLE AUSSI.

**TOUS MES AMIS WALAA, AHLAM, ABEER OMRAN, SOUMYA, KHALEDA,
MAYMOUNA, AL ZAHIA, RANDA, MOHAMED RAMADAN, RADWAN, ET POUR
LES 2 ÉTUDIANTS EN MASTER, LA PROMOTION DE LA PRODUCTION
VÉGÉTALE.**

**ET À TOUS LES COMPAGNONS DE TRAVAIL (ADF , ATS, ADP) IKRAM,
RUQAYYAH, KULTHUM, SAFAA, HANAA, KHADRA, HOUDA, NARIMAN.**

SAAD Rania

Résumé

Résumé

L'haricot est considéré comme l'une des cultures maraîchères ayant une place importante dans le régime alimentaire algérien. Cependant, la quantité produite au niveau national ne parvient pas à satisfaire la demande locale. Notre étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de la boue provenant de la station d'épuration de la ville de Tissemsilt sur la croissance de la culture de l'haricot. Les résultats ont révélé que les caractéristiques des feuilles et des racines (poids, longueur) sont affectées par l'augmentation du ratio de boue ajoutée. Bien que ce substrat constitue une source d'éléments nutritifs, comme le mentionne la littérature, les inconvénients sont plus nombreux que les avantages dans notre cas. Cette étude a donc souligné la nécessité de prétraiter la boue d'épuration afin d'éliminer tous les métaux lourds qui agissent comme un stress biotique très préjudiciable.

Mots clés : *Phaseolus vulgaris* L, germination, boue, STEP Tissemsilt.

Abstract

Bean is considered one of the important vegetable crops in the Algerian diet. However, the quantity produced nationally falls short of meeting local demand. The objective of our study was to evaluate the effect of sludge from the WWTS in the city of Tissemsilt on bean plant growth. The results revealed thaleaf and root traits (weight, length) were affected by increasing the added sludge ratio. Although this substrate provides a source of nutrients, as indicated in the literature, the disadvantages outweigh the advantages in our case.. This study highlights the need for pre-treatment of the wastewater sludge to eliminate heavy metals that act as a significant biotic stress.

Keywords: *Vigna Unguiculata* .L, germination, sludge, WWTS Tissemsilt .

ملخص

تُعَبَّرُ الفاصوليا أحد المحاصيل الخضرية المهمة في النظام الغذائي الجزائري. ومع ذلك، فإن الكمية المنتجة على المستوى الوطني لا تفي بالطلب المحلي. كان هدف دراستنا هو تقييم تأثير الحمأة الناتجة عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة تيسمسيلت على نمو نبات الفاصوليا. كشفت النتائج أن سمات الأوراق والجذور (الوزن والطول) تأثرت بزيادة نسبة الحمأة المضافة. على الرغم من أن هذا العامل الأساسي يوفر مصدرًا للعناصر الغذائية، كما هو مشار إليه في الدراسات العلمية، إلا أن العيوب تفوق المزايا في حالتنا. تسلط هذه الدراسة الضوء على ضرورة معالجة مسبقة للحمأة للقضاء على المعادن الثقيلة التي تعمل كإجهاد حيوي هام.

الكلمات الرئيسية: فاصوليا، انبات ، حمأ، محطة معالجة مياه الصرف الصحي تيسمسيلت .

Liste des abréviations :

Cd: Cadmium

Cm: Centimètre

Cr: Chrome

Cu: Cuivre

ETM: Elément traces métalliques

G: Gramme

Hg: Mercure

Kg: Kilogramme

M : Mètre

MES : Matières en suspension

MI : Millilitre

Mm : Millimètre

MO : Matière organique

MS : Matière sèche

MVS : Matières volatiles en suspension

Ni : Nickel

ONA : Office nationale d'assainissement

P: Poids

Pb: Plomb

Pfi: Poids final

Pfr: Poids frais

Ps: Poids sec

SHU: Syndrome hémolytique et urémique

STEP: Station d'épuration des eaux usées/Station de traitement es eaux polluées

STEPT: Station d'épuration des eaux usées tissemsilt

T0 ; T1 ; T2 ; T3: Traitement 0 ; 1 ; 2 ; 3

V: Volume

Zn: Zinc

Liste des Tableaux :

Tableau 01: Normes De Rejets des ETM en Algérie.....	12
Tableau 02: Principaux virus présents dans les eaux usées	13
Tableau 03: Principaux bactéries pathogènes présents dans les eaux usées.....	14
Tableau 04: Analyse de la variance du taux de germination en fonction du ratio de la boue.....	31
Tableau 05: Analyse de la variance de la longueur de la tige de l'haricot du ratio de la boue.....	32
Tableau 06: Analyse de la variance du diamètre de la tige de l'haricot du ratio de la boue.....	33
Tableau 07 : Analyse de la variance de la longueur de la racine en fonction du ratio de la boue.....	34
Tableau 08 : Analyse de la variance du volume racinaire fonction du ratio de la boue.....	35
Tableau 09 : Analyse de la variance du poids frais de la partie aérienne en fonction du ratio de la boue.....	36
Tableau 10 : Analyse de la variance du poids sec de la partie aérienne en fonction du ratio de la boue	37
Tableau 11 : Analyse de la variance du poids frais des racines en fonction du ratio de la boue	38
Tableau 12 : Analyse de la variance du poids sec des racines en fonction du ratio de la boue	39

Liste des Figures :

Figure 01 : Schéma de principe d'une filière de traitement des boues...	06
Figure 02 : Compostage...	10
Figure 03 : Epannage.....	10
Figure 04 : Plantes de l'espèce <i>phaseolu vulgaris</i> L.....	15
Figure 05 : Les fruits de l'haricot <i>phaseolu vulgaris</i> L.....	17
Figure 06 : Stades de développement du haricot <i>phaseolu vulgaris</i> L	17
Figure 07 : Production de légumes secs par type en Algérie... ..	19
Figure 08 : Les boues utilisées.....	21
Figure 09 : La matérielle végétale variété jadida	21
Figure 10 : Analyse des échantillons	24
Figure 11 : Site expérimentation (serre).....	24
Figure 12 : Les graines d'haricot au stade germination	25
Figure 13 : La germination des graines d'haricot dans les plaques alvéolées.....	26
Figure 14 : Des secs de culture remplie par le substrat	26
Figure 15 : Le repiquage des graines d'haricot.....	27
Figure 16 : Dispositif expérimental.....	27
Figure 17 : La biomasse la partie aérienne et racines.....	28
Figure 18 : Rapport matière sèche des racines / matière sèche aérienne.....	29
Figure 19 : Le volume du système racinaire.....	29
Figure 20 : Diamètre de la tige.....	30
Figure 21 : Taux de germination (%) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.....	31
Figure 22 : Longueur de la tige (cm) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.....	32
Figure 23 : Diamètre de la tige (mm) en fonction du ratio de la boue.....	33
Figure 24 : Longueur de racines (cm) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.....	34

Figure 25 : Volume racinaire (ml) de l'haricot en fonction du ratio de la boue	35
Figure 26 : Le poids frais de la partie aérienne (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue	36
Figure 27 : Le poids sec de la partie aérienne (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue	37
Figure 28 : Le poids frais des racines (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue	38
Figure 29 : Le poids sec des racines (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue	39

Sommaire

Remercement.

Dédicace.

Résumé.

Liste des abréviations.

Liste des Tableaux

Liste des Figures

INTRODUCTION 1

Chapitre I : LES BOUES

1. Définition et origine : 3

2. Composition des boues : 3

2.1. Éléments traces métalliques (ETM) 3

2.2. Matière organique 3

2.3. Éléments fertilisants 3

3. Les Types des boues : 4

3.1. Boue de Traitement primaire 4

3.2. Boue obtenues par traitement physico-chimique 4

3.3. Boue biologiques (secondaires) 4

3.4. Boues mixtes 4

4. traitement des boues : 5

4.1. Épaississement 5

4.2. Stabilisation 5

4.3. Conditionnement 5

4.4. Déshydratation 6

4.5. Séchage 6

5. Production des boues en Algérie 6

6. Les filières d'élimination des boues résiduares urbaines: 7

6.1. Incinération 7

6.2 . Décharges contrôlées 7

6.3. Décharge 8

7. Utilisation agricole des boues : 8

7.1. Méthanisation :	9
7.2. Compostage :	9
7.2.1. La Fermentation	9
7.2.2. La Maturation	9
7.3. Épandage	10
8. risques liés a l'utilisation des boues (agricole) :	11
8.1. Risques environnementaux liés aux boues	11
9. Les normes liées a l'utilisation dans l'agriculture :	12
9.1 Micro-organismes pathogènes :	12
□ Virus :	12
□ Bactéries:	13

Chapitre II : HARICOT

1. Généralité sur haricot	15
2. Description botanique	15
2.1 .Le port (tige) :	16
2.2 Les Feuilles	16
2.3 Les Fleurs	16
2.4 Les Fruits	16
2.5 Les Graines	17
3. Exigences pédoclimatiques :	18
3.1. Sol	18
3.2. Besoins en eau	18
3.3. Besoins en température	18
4. Production du haricot :	18
4.1. Dans le monde	18
4.2. En Algérie	19
5. Les Variétés Les Plus Cultivés en Algérie	19

Chapitre III : Matériels et Méthodes

1. Le choix des boues :	21
1.1. Le matériel végétal :	21
2. Localisation géographique de la station des eaux usées :	22
2.1. Etude expérimentale :	22
2.1.1. Protocole expérimental:	22

2.1.2.	Analyse des échantillons :.....	22
2.1.3.	Analyse chimique:	23
2.1.3.1.	La matière volatile sèche MVS	23
2.1.3.2.	La matière volatile sèche MES	23
2.1.3.3.	La matière volatile sèche MS	23
□	Matériels d'analyses	23
3.	CONDUITE DE L'ESSAI.....	24
3.1.	Localisation de l'essai :	24
3.2.	La germination des graines :	25
3.3.	Préparation du substrat	25
a.	Germination et levé des graines d'haricot:.....	25
3.4.	Préparation du substrat et la mise en culture :.....	26
3.5.	Dispositif expérimentale	27
4.	Les paramètres étudiés:	28
4.1.	La biomasse la partie aérienne et souterraine	28
4.2.	Longueur des différents des parties de la plante	28
4.3.	Rapport matière sèche des racines / matière sèche aérienne :.....	29
4.4.	Le volume du système racinaire :.....	29
4.5.	Diamètre de la tige (mm) :	30

Chapitre IV: Résultats et discussion

Interprétation des résultats.....	30
1. Résultats d'analyses physicochimiques effectués sur la boue	30
1.1. Calculs de MVS:	30
1.2. Calculs de MES:.....	30
1.3. Calculs de MS:	30
2. Taux de germination (%).....	31
3. Longueur de la tige (cm)	32
4. Diamètre de la tige (mm)	33
5. Longueur de la racine (cm).....	34
6. Volume racinaire (ml)	35
7. Poids frais de la partie aérienne (g)	36
8. Poids sec de la partie aérienne(g)	37
9. Poids frais des racines (g)	38

10. Poids sec des racines (g)	39
Discussion	40
Conclusion	41
Références Bibliographiques	41

INTRODUCTION

En Algérie, la production de boues résiduelles est estimée à plus de 400 000 tonnes de matière sèche (MS) par an (Benoudjit., 2016). La plupart des boues sont envoyées en décharge. Cela doit être remis en question pour des raisons sociales et environnementales (Ona., 2019 In ladjel et abbou., 2016).

La boue est un écosystème formé principalement de bactéries, de protozoaires et de métazoaires, dans lequel les bactéries s'agrègent sous forme de floccs formés essentiellement de bactéries filamenteuses (Rejsek., 2002). Cependant, les boues d'épuration sont riches en produits chimiques et en micro-organismes qui ne sont pas bons pour la protection des sols ou la qualité alimentaire des cultures. Ils peuvent également véhiculer divers polluants : par exemple la présence de métaux lourds, les émissions de gaz à effet de serre et les odeurs, etc. (Li et *al.*, 2017). La présence de ces micropolluants dans les boues de stations d'épuration, réglementées ou non, pose la question de leur devenir et de leur impact sur l'environnement de sa production à sa diffusion.

En raison des volumes importants de boues d'épuration générées, des stratégies d'utilisation doivent être développées, une possibilité étant l'utilisation de ces déchets dans l'agriculture (Eid et *al.*, 2018). L'utilisation des boues d'épuration comme engrais organique est l'alternative la plus sûre parmi les méthodes disponibles pour l'élimination finale de ces déchets, avec les avantages de réduire le CO₂ de l'incinération et d'ajouter des engrais minéraux à la zone de culture (Pilnáček et *al.*, 2019). Ces déchets ont été identifiés comme engrais car ils sont riches en matière organique et en nutriments qui améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et servent de source de nourriture pour les cultures (Sharma et *al.*, 2017 ; Eid et *al.*, 2018). De plus, en raison des propriétés chimiques spécifiques des boues d'épuration, il est nécessaire de déterminer l'impact de leur application sur la qualité des sols et les rendements des cultures dans différentes conditions pédoclimatiques (Barbosa et *al.*, 2018).

Notre travail s'inscrit dans ce cadre et tendent à élargir l'étude expérimentale en utilisant des proportions de boues afin d'en aboutir à une valorisation optimale.

A cet effet, un essai de semis de graines de haricot dans des sacs de semis de légumes a été réalisé afin de déterminer le pourcentage optimal de boues de station TISSEMSILT pour la germination et la croissance.

Ce présent travail est scindé en trois parties :

- Une synthèse bibliographique traitant deux chapitres :
- Matériels et méthodes
- Résultats et discussions

CHAPITRE I :
LES BOUES

1. Définition et origine :

La génération des boues est l'étape finale et essentielle du traitement des eaux usées (Robert et *al.*, 1994). Les boues sont les sédiments résiduels des installations de traitement ou de prétraitement biologique, physique ou physico-chimique des eaux usées générées par les stations d'épuration municipales ou industrielles (STEP) (Bouzidi K et Hachemi K., 2019).

L'épuration des eaux usées repose sur le principe de séparation des éléments, qui peuvent contaminer le milieu naturel des eaux porteuses de polluants (Adjoudj H et Abab A., 2018).

2. Composition des boues :**2.1. Éléments traces métalliques (ETM)**

Les éléments traces métalliques sont généralement présents dans le sol et certains nuisent à la croissance des plantes (on les appelle éléments traces). Les sept métaux les plus courants sont : le cadmium (Cd), le chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb) et Zinc (Zn). Mais généralement au-dessus d'une certaine concentration, il devient toxique (Derouiche ., 2012).

2.2. Matière organique

La concentration en matière organique peut varier de 30% à 80%. La matière organique des boues comprend les matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, les lipides (6 % à 19 % de la matière organique), les polysaccharides, les protéines et les acides aminés (33 % de la matière organique), la lignine et comme traitement biologique (métabolites et micro-organismes produits par digestion, stabilisation) (Allali ., 2019).

2.3. Éléments fertilisants

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger. Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux (Mohalbi N et Benchhem S., 2016).

3. Les Types des boues :

Il existe quatre types des boues résiduares qui sont :

3.1. Boue de Traitement primaire

Ce sont les dépôts récupérés par une simple décantation des eaux usées, elles présentent des concentrations élevées en matières minérales (sable, terre ...) mais aussi en matière organique peu évoluée (Emillian., 2004).

Retient 70 % des matières en suspension, qui se réduisent au fur et à mesure de l'évolution de la conception de la station (Canler P et Perret M., 2013).

3.2. Boue obtenues par traitement physico-chimique

Selon Jarde (2002), ces boues résultent de l'agglomération des matières organiques granuleuses ou colloïdales contenues dans l'eau par l'ajout de coagulants réactifs dont les plus courants sont les acides et les alcalis, le sulfate d'aluminium ou de fer, le chlore le chlorure ferreux ou ferrique Il est principalement produit dans les stations balnéaires ou touristiques, et la population évolue fortement en peu de temps (Ouabed Dj et Ouabed F., 2015).

3.3. Boue biologiques (secondaires)

Elles proviennent de l'épuration biologique des eaux usées composées de d'agrégats de micro floccs bactériens (Ladjel F et Abbou S., 2018), Ceux-ci sont essentiellement formés à partir du « résidu bactérien » cultivé par la station d'épuration, qui se nourrit de la matière organique qu'elle contient, la digérant pour maintenir une bonne activité biologique dans la station, effectivement reproduit le dinaphtol à partir de bactéries (AzabiA., 2012).

3.4. Boues mixtes

Il s'agit d'un mélange de boues biologiques et de boues primaires, présentes au niveau STEP avec des filières complètes de traitement (Azabi A., 2012), mélangées aux boues de la quasi-totalité des filières complètes de traitement. La boue passe par différentes étapes de traitement visant à réduire son volume, à la stabiliser et à la rendre facile à manipuler afin qu'elle soit évacuée de la station d'épuration avant traitement, on parle de boue fraîche et ce terme recouvre généralement les boues primaires - secondaires Association des boues (Morel JL., 1977).

4. traitement des boues :

Le traitement des boues comprend la réduction de leur volume (déshydratation), diminution de leurs propriétés fermentescibles (minéralisation) et Leur assainissement (réduction du n Les différentes étapes sont :

L'épaississement ; la Stabilisation ; la conditionnement ;la déshydratation ; le séchage (Christophd D, Julien L., 2014).

4.1. Épaississement

Son principe consiste à éliminer la plus ou moins grande partie de l'eau contenue dans les boues. L'épaississement peut se faire par gravité, ou par flottation, par drainage ou par centrifugation. L'objectif est de réduire le volume de boues brutes et d'augmenter la concentration en matière sèche (résultat : 3 à 8 % de siccité selon la technologie utilisée). L'épaississement est particulièrement bénéfique pour le traitement ultérieur. Cette étape permet également d'apprécier l'eau claire et peu chargée cerclée en tête de station (Oukaci., 2015).

4.2. Stabilisation

Selon Berlano (2014), cette opération minimise la masse de matière et réduit les nuisances olfactives et microbiennes. La digestion en structure anaérobie, avec un temps de séjour d'environ 20 jours, reste la technique la plus courante. On peut distinguer deux types de stabilisation :

- L'élimination ou la destruction accélérée et contrôlée d'une partie de la matière organique, plus précisément l'évolution rapide des bactéries ;
- Inactivation importante des microorganismes pathogènes présents dans la boue et provoquant sa fermentation.

La stabilisation consiste à assurer une qualité constante des boues sans matières organiques résiduelles grâce à la minéralisation et complexe (Christophe D et Julien L., 2014).

4.3. Conditionnement

Le conditionnement a pour but de préparer les boues à la déshydratation. Cette opération floccule les boues en déstabilisant le colloïde, favorisant ainsi le rejet d'eau libre ainsi qu'une diminution de la résistance spécifique et une augmentation de la compressibilité (Ouabed Dj et Ouabed F., 2015).

4.4. Déshydratation

Réduire la teneur en eau des boues (humidité inférieure à 88 %, équivalent à une siccité supérieure à 12 %). La boue obtenue est d'aspect variable, elle est pâteuse, solide ou sèche (Krog et Pedersenn., 1997). Il existe deux processus principaux, le processus de filtre à bande et le processus de filtre-presse. Pour le processus de filtration sur bande, les boues sont déversées entre deux bandes verticales continues en fibres synthétiques, passent entre deux rouleaux presseurs et sont acheminées vers une zone de stockage. Pour le deuxième procédé, les boues sont injectées dans un filtre-presse (Cherifim., 2013).

4.5. Séchage

La boue est introduite dans un bassin peu profond rempli de gravier et de sable et équipé d'un système de drainage, les boues sont produites de deux manières :

D'une part, l'eau s'infiltre par le média filtrant et est évacuée par le drain, et d'autre part, elle s'évapore. Les performances de ces lits de séchage dépendent de la nature des boues et des conditions climatiques locales. Les boues séchées qui en résultent sont ramassées, elles contiennent plus de 50% de matière sèche et peuvent être valorisées en agriculture (Roula., 2005).

Son but est d'éliminer par évaporation ou vaporisation l'eau qui imprègne les boues. Si l'eau libre faiblement absorbée est éliminée par déshydratation mécanique, l'eau liée attachée aux bactéries ou autres particules par des liaisons chimiques ne peut être éliminée que par le processus de séchage (Sahnoun A., 2019).

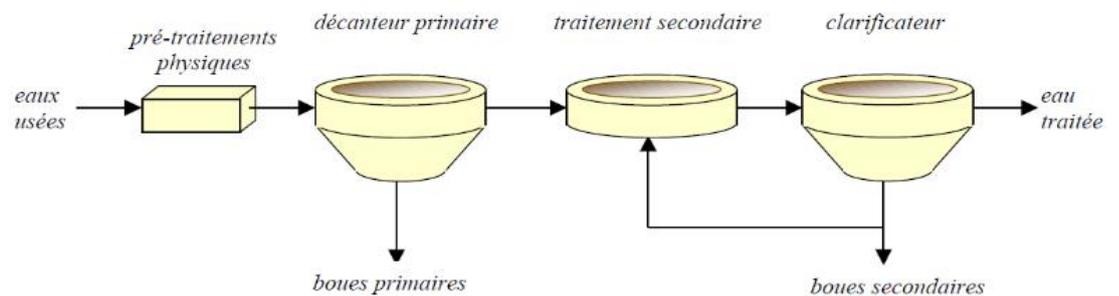


Figure 01 : Schéma de principe d'une filière de traitement des boues.

5. Production des boues en Algérie

En Algérie, la production des boues en 2015 a été estimée à 54 000 tonnes de matière sèche par an. En 2016, elle atteint 90 000 tonnes de matière sèche par an,

produites par 63 stations de boues activées. La production de boues résiduelles est estimée à plus de 400 000 tonnes de matière sèche (MS) par an d'ici 2020 et devrait augmenter avec la construction et la mise en service de nouvelles STEPS (Benoudjit., 2016). la production de boues devrait être augmentée à plus de 50%, et la quantité estimée devrait dépasser 150 000 tonnes de matière sèche par an. Leur gestion durable est donc cruciale (Ladjel et Abbou., 2016).

6. Les filières d'élimination des boues résiduaires urbaines:

L'élimination des boues résiduelles est un véritable casse-tête pour les responsables de stations d'épuration. En effet, en raison de la croissance démographique et des réglementations de plus en plus strictes et exigeantes en matière de normes de rejet des eaux usées, la production de boues augmente d'année en année (Ouabed Dj et Ouabed F., 2015). Il existe de nombreuses méthodes de traitement en amont pour réduire le volume, les nuisances et les dangers des boues, il existe actuellement 3 filières de vidange des boues, selon que l'on privilégie le mode de digestion par élimination ou recyclage.

6.1. Incinération

Elle représente 15 à 20 % des tonnes de boues, mais impose des coûts élevés aux exploitants de stations d'épuration. Les déchets sont brûlés dans une chambre à très haute température (de préférence 1200°C) avec un apport d'oxygène suffisant pour oxyder toutes les matières organiques. Ainsi, s'il est bien utilisé, il peut détruire 99,9 % des déchets organiques (Emilie., 2002). En France, entre 14 % et 16 % des boues municipales sont incinérées. En Europe, le pourcentage varie selon les pays, allant de 0 à 55 %. Aussi intéressant que soit le processus, l'élimination des cendres et des mâchefers nécessite une décharge contrôlée. D'un point de vue écologique et environnemental, cette technique reste néfaste (Mininni et *al.*, 2004 ; Nammari et *al.*, 2004).

6.2 . Décharges contrôlées

Le déversement de boues pures ou mélangées correspond à la concentration maximale de tous les déchets sur le site de stockage. Les boues doivent être stabilisées et déshydratées (humidité maximale 70%) avant mise en place. Cette solution s'est peu à peu désintéressée et est actuellement due à des raisons économiques (arrêt du programme...) et environnementales (ex : mauvaises odeurs, essaims de moustiques,

perte d'éléments fertilisants (nitrate, phosphate) et de produits toxiques issus des eaux de surface et de la pollution) les eaux souterraines sont interdites (Looser et *al.*, 1999 ; Martinen et *al.*, 2003).

6.3. Décharge

C'est le processus le plus écologiquement défavorable car il conduit à la libération de gaz toxiques et crée un effet de serre. Le lixiviat peut s'infiltrer dans les eaux souterraines. Les boues doivent contenir au moins 30 % de matière sèche pour être stockées dans des décharges. Ce processus sera progressivement supprimé et utilisé uniquement pour les déchets ultimes. Cependant, c'est le procédé le plus utilisé en Grèce et en Italie, stockant respectivement 90 % et 81 % de leurs produits dans les boues (Alkanej., 2017).

7. Utilisation agricole des boues :

L'utilisation agricole est le principal mode d'élimination des boues excédentaires, qui sont utilisées comme engrais lorsqu'elles sont correctement appliquées (conformément aux normes d'émission, ANOF, 1998) (Charabi M., 2016). Ainsi, les boues résiduaires peuvent remplacer ou réduire sur utilisation d'engrais coûteux (Amir S., 2005). C'est probablement la meilleure solution. Des composés tels que le carbone, l'azote, le phosphore et le potassium sont ainsi recyclés et stabilisés par la végétation locale : on parle alors de fertilisation. Cette approche vise à préserver les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique par incinération ou enfouissement dans des décharges (Lambkin et *al.*, 2004).

La plupart des boues sont envoyées en décharge (60%), 25% sont utilisées en agriculture et le reste (15%) est utilisé pour le stockage (ONA, 2012 Ladjel et Abbou., 2016). Selon Benoudjit (2016), l'Algérie compte actuellement 154 unités de soins sur le territoire national. Toutes ces installations traitent annuellement environ 900 millions de mètres cubes d'eaux usées et génèrent plus de 400 000 tonnes de boues sèches. Cependant, une norme algérienne a été élaborée en 2010. Il s'agit de la norme NA 17671 relative à l'utilisation des boues de stations d'épuration municipales comme engrais, dont l'objet est de fixer le nom et la spécification des boues de stations d'épuration. Eaux usées municipales et conditions Selon la mise en œuvre de l'ONA et ses restrictions d'utilisation en présence de métaux lourds (Benoudjit., 2016).

7.1. Méthanisation :

Conversion La méthanisation, ou digestion anaérobie, est le processus naturel de conversion de la matière organique en énergie par des bactéries en l'absence d'oxygène. Elle se déroule dans une enceinte confinée et contrôlée, produisant du biogaz constitué essentiellement de méthane, tout en réduisant de moitié la teneur organique de nombreux déchets ou sous-produits biodégradables. Les résidus de gestion sont stables, désodorisés et exempts de la plupart des bactéries pathogènes (Larbi et Oumedjbeur., 2013).

7.2. Compostage :

Le compostage est un processus de décomposition et de transformation sous l'action de diverses populations microbiennes qui évoluent dans un milieu aérobie (Amir., 2005). Ce processus aérobie contrôlé conduit à l'obtention d'une substance stable, hygiénique et riche en humus (Nekili A., 2015). Ce processus se déroule en deux étapes :

7.2.1. La Fermentation

Pendant cette période, ces boues ont été laissées à l'air libre afin de subir un lessivage, un retournement régulier pour aération et une évaporation naturelle de l'eau contenue dans les boues par exposition au rayonnement solaire et enfin une stérilisation thermique à une température qui varie entre 50 et 60°C jusqu'à ce que tous les microorganismes pathogènes disparaissent. Ces boues d'une couleur noire foncée, caractérisées par des odeurs désagréables et une faune remarquable (larves, nématodes, acariens.....)(Abdelli Na et AzzouzZa .,2016).

C'est une étape d'aération dynamique qui dégrade les substances volatiles, stabilise et purifie les boues.

7.2.2. La Maturation

C'est une étape de stockage où l'on procède à une dégradation pour donner au compost une qualité agronomique. Il transforme le lisier en un amendement organique proche du compostage (Habbaz D et Siboukeur K ., 2019).



Figure 02 : compostage (Benyahya m., 2022).

7.3. Épandage

Après vérification de l'innocuité des boues et de leurs bénéfices agronomiques, cette application a été réalisée sur des champs agricoles (Cerra I et *al.*, 2014). Facilité d'utilisation et rentabilité par rapport à l'utilisation d'engrais minéraux commerciaux, malgré ses avantages, un tel recyclage présente des limites dues au retour à l'ETM, à l'ETO et à la présence de bactéries pathogènes. (Habbaz dj et Siboukeur KH ., 2019) et (Allalin., 2019).



Figure 03 : Épandage (Benyahya m., 2022).

8. risques liés a l'utilisation des boues (agricole) :

8.1. Risques environnementaux liés aux boues

Les boues d'épuration municipales peuvent contenir divers micro-organismes pathogènes ainsi que des polluants métalliques et organiques nocifs pour l'homme et l'environnement. L'utilisation des boues sans mesures de protection expose les agriculteurs et leurs communautés à des risques pour la santé liés à la manipulation directe ou à l'inhalation de la poussière. L'épandage des boues sur les champs agricoles est également un moyen d'introduire des polluants organiques et inorganiques dans le sol et les eaux souterraines, ce qui peut altérer leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques (Lasheen et Ammar., 2009 ; Walter et *al.*, 2006). Les boues contiennent principalement de l'humidité et des éléments polluants, qui peuvent s'infiltrer et s'infiltrer dans les "eaux souterraines" profondes lors de fortes pluies (Aissani A et Namoud L., 2020).

Certains microorganismes anaérobies présents dans les boues sont capables de réduire certains éléments -ETM (sélénium, mercure) à une forme plate directement fixable par les parties aériennes des végétaux recouvrant le sol (Derouiche F., 2012).

8.2. Risques pour la santé humaine :

A la fin de chaque étape de traitement des eaux usées, la plupart des micropolluants métalliques s'accumulent dans les boues résiduelles. En effet, en moyenne, 70 à 90 % des éléments traces tels que bactéries, champignons, virus et parasites sont retenus dans les boues. Cela posera des risques sanitaires par exposition directe aux boues (cas des travailleurs des STEP) ou indirecte par consommation d'aliments contaminés par transmission agricole (Adjoudj H et Abab A., 2018). Parmi la liste des bactéries pathogènes détectées dans les boues, Salmonella se trouve le plus souvent dans les boues brutes et traitées des stations d'épuration. Salmonella n'a pas été complètement éradiquée après le traitement, les échantillons ne contenaient qu'environ 45 % de bactéries en moins par rapport aux échantillons de boues d'origine (Sahlström et *al.*, 2004). Le suivi après épandage des coliformes thermo tolérants est nécessaire pour réduire les risques sanitaires. Des procédés d'hygiénisation sont préconisés tels que compostage de la boue, le séchage et le traitement thermique à 108°C avant l'épandage.

9. Les normes liées a l'utilisation dans l'agriculture :

Les normes d'émission fixent des seuils stricts à ne pas dépasser pour chaque métal, ainsi que des concentrations maximales de tous les métaux lourds présents en combinaison. Avant d'être rejetés dans le milieu naturel et autorisés à se dégrader, ils doivent respecter les normes établies pour protéger le milieu récepteur de la pollution (Khalifaoui A.,2012)

Tableau 01: Normes de rejets des ETM en Algérie

Polluan	Valeurs limite (mg/L)	Polluan	Valeurs limite (mg/L)
Cadmium	03	Phosphate	30
Fer	0.2	Nickel	0.001
Zinc	0.5	Mercure	01
Cuivre	0.5	Chrome (+3)	0.5
Plomb	0.5	Chrome (+6)	03

9.1 Micro-organismes pathogènes :

Les boues contiennent des milliards de micro-organismes vivants qui jouent un rôle vital dans le processus de purification. Seule une petite fraction est pathogène (virus, bactéries, etc.) (Fartas K et *al.*, 2015).

❖ Virus :

Les virus sont des pathogènes extrêmement petits qui ne peuvent être vus qu'au microscope électronique et ne peuvent se reproduire qu'à l'intérieur de cellules vivantes (KARA M et Ammisai D., 2020). Leurs concentrations dans les eaux usées municipales varient de 10³ à 10⁴ particules par litre (Sahnoun A ., 2019).

Tableau 02: Principaux virus présents dans les eaux usées (Charabi M ., 2016).

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
Virus de l'hépatite A	Hépatite A	Ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E	Ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion/Inhalation
Adenovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite	Ingestion
Parvovirus	Vomissement, diarrhée	Ingestion
Reovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée	Ingestion
Coxsackie	Méningite, maladie respiratoire	Ingestion

❖ Bactéries:

Les bactéries sont les microorganismes les plus fréquents dans les eaux usées (Bouchentouf M et Abdarrahmane M., 2021). La principale voie de contamination est l'ingestion. Les agents pathogènes d'origine hydrique tuent entre 3 et 10 millions de personnes par an dans le monde et dans les pays industrialisés le tableau 03 représente les principales bactéries pathogènes dans les eaux usées (Charabi M., 2016).

Tableau 03: Principales bactéries pathogènes dans les eaux usées. (Charabi M., 2016)

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Mode(s) de contamination
Salmonella	Salmonellose	Ingestion
Campylobacter jejuni	Gastro-entérite	Ingestion
Escherichia coli	Syndrome Hémolytique et Urémique (SHU)	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	Ingestion
Listeria monocytogènes	Listériose	Ingestion
Mycobacterium	Tuberculose	Ingestion
Vibrio cholerae	Choléra	Ingestion
Leptospira spp.	Leptospirose	Cutanée/Ingestion/Inhalation
Yersinia enterocolitica	Gastro-entérite	Ingestion
Legionella	Légionellose	Ingestion

CHAPITRE II :
HARICOT

1. Généralité sur haricot

L'haricot commun *Phaseolus vulgaris* L. a été domestiqué en Amérique centrale et du Sud il y a plus de 9 700 ans. Introduites et cultivées en Europe au XVI^e siècle, les graines séchées se sont répandues dans les régions méditerranéennes et subtropicales (Peron., 2006). Ce haricot est principalement cultivé en Amérique latine et en Afrique. Largement distribué dans l'Amazonie brésilienne et les Andes, principalement en Afrique centrale et orientale (Nyabyenda., 2005). Son genre comprend environ 80 espèces cultivées et sauvages, mais *P. vulgaris* est la plus cultivée (Purseglove., 1968 ; Bailey., 1975 ; Freytagetouck., 2002 ; Porch et al., 2013).

2. Description botanique

Le haricot, ou Haricot commun (*phaseolusvulgaris* L).est une plante herbacée annuelle du genre *Phaseolus* de la famille des Fabaceae(*Papilionaceae*), selon la classification décrite par (Chaux et Foury., 1994), la position taxonomique du haricot est la suivante :

Règn : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Super division : Spermatophyta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : *Phaseolus*

Espèce : *Phaseolusvulgaris*



Figure 04 : Plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L.

Le haricot est une plante herbacée annuelle composée de :

2.1 .Le port (tige) :

Selon le type de port, on distingue deux grands groupes (Mansouri., 2021)

Haricots grimpants (à croissance déterminée, dits haricots à rames) :

Ont l'habitude de s'enrouler, occupent une petite surface et les gousses peuvent être cueillies du bout des doigts. Les haricots grimpants, quant à eux, poussent de très longues tiges qui s'enroulent autour des supports dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et peuvent grimper à plus de deux mètres de haut, ce qui nécessite la pose de tuteurs, ce qui s'avère compliqué.

Haricot nain (adventif):

A un port dressé et très ramifié, a un port buissonnant, sa hauteur n'excède pas 60 cm, et est la forme préférée de grande culture.

2.2 Les Feuilles

Les feuilles sont constituées de 3 folioles aux extrémités ovales, mesurant de 7,5 à 14 cm. Les deux premières feuilles au sommet de l'hypocotyle sont simples. Les feuilles suivantes sont alternativement composées et disposées (Kroll., 2000). Ces folioles sont insérées sur un pétiole commun renflé à la base par un pétiole long de 3 à 4 mm, long d'environ 12 cm (Pitratet Foury., 2003). A la base du pétiole, on trouve une petite gaine et deux stipules ovales d'environ 4 mm de long (Goust., 2003).

2.3 Les Fleurs

Elle est hermaphrodite et fleurit de mai/juin à septembre. La couleur est blanc verdâtre à carmin, 4-10. Il y a des fleurs symétriques réunies en grappes axillaires. Leur calice est constitué de 5 sépales fusionnés formant un labelle à 2 dents. Leur corolle en forme de papillon se compose d'un étendard principal dressé et de deux ailes très développées, recouvertes d'une coquille partiellement fusionnée qui cache 10 étamines et pistils. (Chaux et Foury., 1994).

2.4 Les Fruits

Les fruits sont des gousses de longueur et forme variables et contenant de 4 à 8 graines. En particulier, leur section peut être cylindrique, ovale ou plate (haricots plats)

(Wortmann., 2006). Leur largeur varie de 8 à 25 mm. Dans la paroi de la cabosse appelée cabosse, les faisceaux ligneux libérés se développent plus ou moins, Les gousses représentent 40 à 45 % du poids des gousses. Les jeunes gousses sont vertes mais changeront de couleur à maturité (Goust et Seignobos., 1998).



Figure 05 : les fruits de l’haricot.

2.5 Les Graines

Ils sont sphériques ou cylindriques, selon la variété, et viennent dans une variété de couleurs, y compris le blanc, le vert, le rouge, le violet, le noir, le marron et même le bicolore ou le tacheté. (Péron., 2006). Les graines peuvent conserver leur capacité de germination pendant 3 à 5 ans (Nyabyenda., 2005).



Figure 06 : Stades de développement du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.)(Feller et al., 1995).

3. Exigences pédoclimatiques :

3.1. Sol

Les haricots aiment les sols légers et réguliers. Avec un sol sain, le sol se réchauffe rapidement. En raison de la germination de leur peau, les haricots sont sujets aux sols compactés et mal préparés. Les haricots sont difficiles à faire germer dans un sol pas trop fatigué, pH= 6,5. (E. Morel et *al.*, 2021)

3.2. Besoins en eau

L'eau est absolument essentielles, en son absence les graines resteront sèches et pourront être stockées pendant de longues périodes sans changer leur état liquide. Le haricot est sensible à la sécheresse, surtout pendant deux périodes de son développement : la levée et la floraison au début de la maturation des gousses. Pendant l'étape de remplissage du grain, les besoins en eau de la fève sont faibles. De plus, une humidité excessive n'est pas bonne pour les cultures : retard de croissance, développement de maladies et chute des fleurs entraînant des rendements réduits (Morelet *al.*, 2021).

3.3. Besoins en température

La culture du haricot nécessite une quantité d'eau adéquate, en particulier pendant la germination, la floraison et la formation des gousses. Le manque d'eau à ces périodes de développement du haricot est une limitation majeure de la production. Ces plantes sont sensibles au froid et gèlent à 0°C et arrêtent de pousser vers 5°C. Les graines germent entre 10°C et 40°C, avec des températures optimales entre 15°C et 30°C. Ce sont des plantes tolérantes à la température et peuvent être cultivées pendant les saisons chaudes ou froides tant qu'il y a suffisamment d'humidité dans le sol (Randrianjanahary., 2015).

4. Production du haricot :

4.1. Dans le monde

Parmi le genre *Phaseolus*, le haricot commun (*P. vulgaris L.*) est le plus important économiquement, représentant plus de 90% de la production mondiale (Broughton et al., 2003), et est planté sur 35 millions d'hectares par an dans le monde (Mulas et al., 2011 ; Faostat., 2019) en incluant différents types de haricots communs avec différentes couleurs et tailles. Le Brésil, les États-Unis et le Mexique sont les trois plus grands producteurs de soja commun au monde, avec une production annuelle

d'environ 5,6 millions de tonnes, suivis par l'Afrique, qui est également un producteur de soja commun, qui est une importante culture de subsistance pour petits agriculteurs (Broughton et *al.*, 2003 ; Petry et *al.*, 2015).

4.2. En Algérie

En Algérie, les légumineuses comestibles abordables jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire (Boudjenouia et *al.*, 2003). Les bibliographies sur les légumineuses comestibles mentionnent d'importantes cultures traditionnelles comme : lentilles (*Lens culinaris L.*), pois chiches (*Cicer arietinum L.*), pois (*Pisumsativum L.*), fèves (*Vicia faba L.*) et *Phaseolusvulgaris L.*) (Bouzerzour et *al.*, 2003).

Les statistiques de la figure 07 montrent que la production de céréales légumineuses en Algérie (par type de légume) en 2016-2017 a été caractérisée par une production notable de féveroles, environ 500 000 quintaux, suivie par les pois chiches, les lentilles, les pois secs, les haricots secs et enfin herbe Pois. La production de haricots secs occupe la cinquième place et est estimée à environ 15 000 quintaux (StatistaResearchDepartment., 2019). Selon les agriculteurs, ils produisent moins parce qu'ils consomment beaucoup d'eau. En effet, les travaux de (Molina et *al.*, 2001 et Arteaga et *al.*, 2020) ont montré que *P. vulgaris* est considéré comme moins tolérant au stress hydrique.

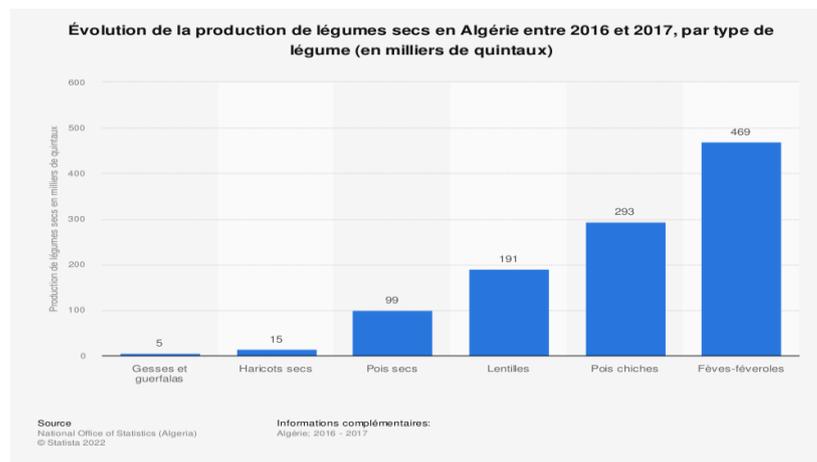


Figure 07 : Production de légumes secs par type en Algérie (2016-2017)
(Statistaresearchdepartment., 2019).

5. Les Variétés Les Plus Cultivés en Algérie

Les variétés de haricot le plus cultivées sont :

- Gale du haricot : Contender, Jedida, Molière.
- Haricots Adzuki décortiqués Coco de Prague, Pactole...
- Haricots blancs mange tout : Sidi Fredj, Blanc de Juillet.
- Décorticage de haricots : Coco blanc, Coco de Prague (Belaadi., 2014)

CHAPITRE III
MATERIELS ET
METHODES

L'objectif de ce chapitre est de présenter tout d'abord les matériaux et les dispositifs expérimentaux utilisés dans ce travail. Par la suite, les effets de l'utilisation des boues de la station d'épuration dans le substrat de culture sur la germination et la croissance des plates d'haricot cultivées sous serre.

1. Le choix des boues :

Nous avons prélevé des échantillons de boue en date de 22/02/2023 des boues résiduaires sèches des stations d'épurations de la ville de Tissemsilt âgées d'environ 5 ans destinées à l'épandage agricole .



Figure 08:Les boues utilisées (Originale., 2023).

1.1. Le matériel végétal :

Le matériel végétal ayant fait l'objet de cette étude est composé de semences d'une variété locale d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) couramment cultivée en Algérie. Les graines de cette variété ont été achetées au pré d'un vendeur des emences agréées.



Figure 09:Le matériel végétal variété Jadida (Originale., 2023).

2. Localisation géographique de la station des eaux usées :

Localisée dans la commune de Tissemsilt et OueldBessem, 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 grâce à la présence de barrage de Bougara, cette station s'étale sur une superficie de 7 Hectare avec une altitude de 850 m, cette structure est destinée en premier lieu à préserver les eaux du barrage de Bougara situé à 8 km au sud de Tissemsilt. La station contribue également à l'irrigation des terres agricoles environnantes sur une superficie estimée à 1000 ha) (Step tissemsilt., 2023)

2.1. Etude expérimentale :

2.1.1. Protocole expérimental:

Pour notre expérimentation, nous avons opté pour un échantillonnage de type aléatoire. Les lits de séchage des boues sont divisés en 4 blocs, un échantillon de chaque bloc est prélevé puis l'ensemble est mélangé pour avoir un échantillon représentatif.

2.1.2. Analyse des échantillons :

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

2.1.3. Analyse chimique:**2.1.3.1. La matière volatile sèche MVS**

Mode opératoire :

- ✓ On met une quantité de boue dans une coupelle en porcelaine de poids P0
- ✓ On la place dans une étuve à 105° c jusqu'à évaporation totale de l'eau
- ✓ Après on pèse la coupelle P2
- ✓ On met la coupelle dans un four à moufle à 550 °c pendant 2 heures
- ✓ Après refroidissement on pèse la coupelle à nouveau et on obtient le P3

- On calcule la concentration des MVS.

$$\text{MVS} = (\text{Pfi} - \text{P0}) / (\text{PS} - \text{P0}) \times 100$$

2.1.3.2. La matière volatile sèche MES

- On calcule la concentration des MES.

$$\text{MES} = (\text{PS} - \text{P0}) / \text{V} \times 1000$$

2.1.3.3. La matière volatile sèche MS

- On calcule la concentration de la siccité (MS).

$$\text{Siccité} = (\text{PS} - \text{P0}) / (\text{Pfr} - \text{P0}) \times 100$$

Avec :

- P0 : Poids de la coupelle vide.
- Pfr : Poids de la coupelle + Poids de la boue séchée à T = 105°C.
- Ps: Poids de la coupelle + Poids de la boue après l'avoir passé dans l'étuve à T=105°C et T= 550°C pendant 2h.
- Pfi : Poids final.

❖ Matériels d'analyses

- Etuve : pour l'incubation
- Four a moffle.
- Balance analytique.

- Creusets de céramique.
- Gants de protection.
- Pince.

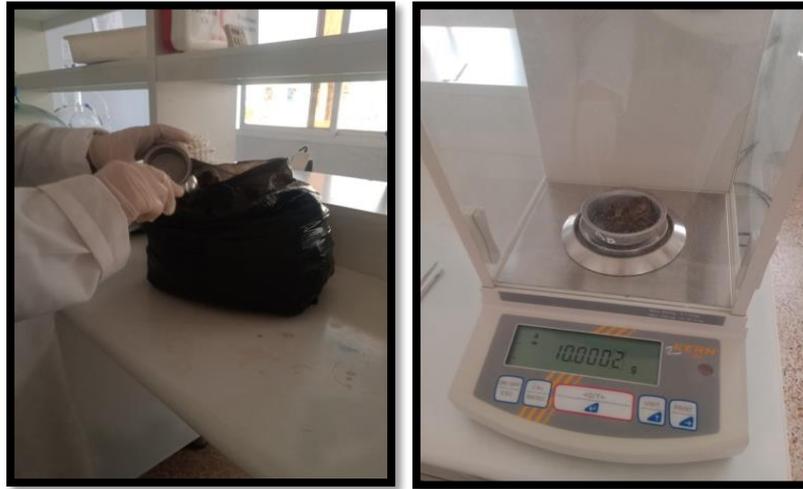


Figure 10: Analyse des échantillons (Originale., 2023).

3. CONDUITE DE L'ESSAI

3.1. Localisation de l'essai :

L'expérimentation a été réalisée dans une serre en conditions semi contrôlées à l'Université de Tissemsilt de 8 m de long, 5,10 m de large et 3,3 m de hauteur.

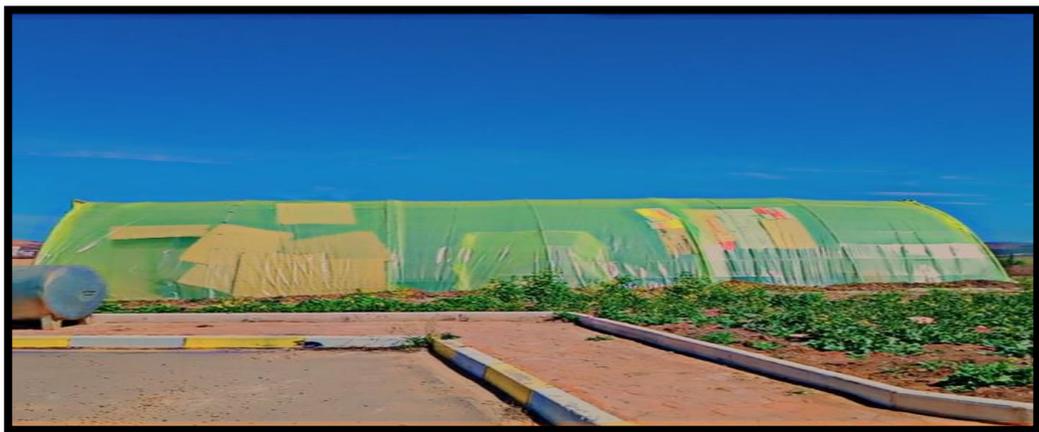


Figure 11: Site expérimentation (Originale., 2023).

3.2. La germination des graines :

Les graines des plantes testées sont d'abord désinfectées dans l'eau de javel durant 05 mn puis rincées à l'eau du robinet pendant 02 mn et passées à la pré germination sous une température de 22°C.



Figure 12: Les graines d'haricot au stade germination (Originale., 2023).

3.3. Préparation du substrat

Le substrat de culture utilisé dans notre expérimentation est un mélange de sable et de boues après stérilisation à des proportions respectives 5% /10% /20% de boue, le témoin est constitué d'un mélange de 50% sable et 50% terreau. Chaque traitement est répété trois fois.

- T0 (témoin) contient un mélange de 50% sable et 50% de terreau
- T1 contient un mélange de 95% sable et 05% de boue
- T2 contient un mélange de 90% sable et 10% de boue
- T3 contient un mélange de 80% sable et 20% de boue

a. Germination et levé des graines d'haricot:

Le mélange est rempli dans les plaques alvéolées d'une hauteur de 6 cm, avec une ventilation au fond pour faciliter le drainage, dans chaque alvéole, une graine est semée à une profondeur de 3 cm puis irriguée avec l'eau de robinet. Après 10 jours de semis, est calculé le nombre total de germination.



Figure 13:la germination des graines d’haricot dans les plaques alvéolées (Originale., 2023)

3.4. Préparation du substrat et la mise en culture :

Le substrat de culture préparé ultérieurement est rempli dans des sacs en plastique noir d’une capacité de 2 kg, d’un diamètre de 20 cm et d’une hauteur de 25 cm, perforés en bas pour faciliter le drainage.

Les graines sont semis soigneusement dans les sacs a raison de cinq graines par sac a une profondeur de 3cm puis, ces derniers sont déposées sur une gris métallique dans la serre et irriguées immédiatement a l’eau de robinet.

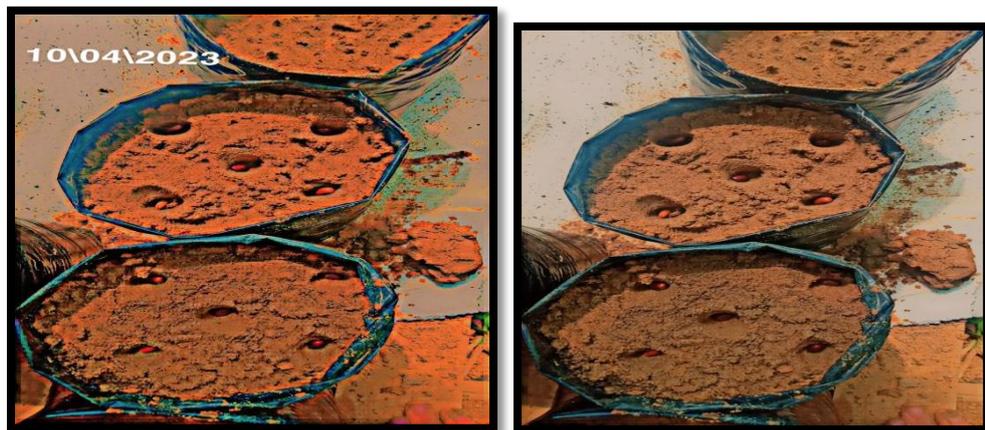


Figure 14:des sacs de culture remplie par le substrat (Originale., 2023).



Figure 15: le repiquage des graines d'haricot (Originale., 2023).

L'arrosage se fait suivant les conditions climatiques par l'eau jusqu'au stade de deux feuilles, ou une seule plantule (la plus vigoureuse) est conservées par sac.

3.5. Dispositif expérimentale

Les sacs portant les plants sont repartis en quatre traitements et quatre répétitions par traitement.



Figure 16: dispositif expérimental (Originale., 2023).

4. Les paramètres étudiés:

Après 5 semaine de culture, les plantes son soigneusement enlèvés des sacs de cultures sous l'eau courante et transportées au laboratoire pour etre le sujet d'un ensemble d'analyse morphologiques et physiologiques.

4.1. La biomasse la partie aérienne et souterraine

Les plantes sont coupées en deux partie, la partie supérieure constitué de tige et feuilles et la partie souterraine constitué de racines.

Après section chaque partie de plante est ressuyée a laide du papier absorbant, puis pesée à laide d'une balance analytique.

Le poids sec (Ps) est déterminé après le passage des différents parties de plnate dans l'étuve réglée à 80°C pendant 48 heures.

4.2. Longueur des différents des parties de la plante

La mesure de la longueur de chaque partie est déterminée avec une règle graduée.



Figure 17: La biomasse la partie aérienne et racines (Originale., 2023).

4.3. Rapport matière sèche des racines / matière sèche aérienne :

Ce rapport exprime la répartition de la matière sèche entre les organes aériens (tiges+feuilles) et les racines.



Figure 18: Rapport matière sèche des racines / matière sèche aérienne (Originale., 2023).

4.4. Le volume du système racinaire :

Le volume de la racine est mesuré par immersion de cette dernière dans une éprouvette graduée (ml) remplie d'eau, selon la poussée d'Archimède « Le volume d'un corps immergé est égal au volume du liquide déplacé (dénivellation) ».



Figure 19 : Le volume du système racinaire (Originale., 2023).

4.5. Diamètre de la tige (mm) :

Le diamètre de la tige de chaque plante des différents traitements est mesuré à l'aide d'un outil appelé calibre à coulisse.



Figure 20: Diamètre de la tige (Originale., 2023).

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

Interprétation des résultats

1. Résultats d'analyses physicochimiques effectués sur la boue

1.1. Calculs de MVS:

$$\begin{aligned} \text{MVS} &= (\text{pfr} - \text{pfi}) / (\text{Pfr} - \text{P0}) \times 100 \text{ (mg/l)} \\ &= 5,8708 / 9,1595 = 64,09\% \end{aligned}$$

1.2. Calculs de MES:

$$\begin{aligned} \text{MES} &= (\text{pfr} - \text{pfi}) / V \times 1000 \text{ (mg/l)} \\ &= 915,95 \text{ g/l} \end{aligned}$$

1.3. Calculs de MS:

$$\begin{aligned} \text{Siccité} &= (\text{Ps} - \text{P0}) / (\text{Pfr} - \text{P0}) \times 100 \% \\ &= 9,1595 / 9,9567 = 91,99 \% \end{aligned}$$

Avec

$$\text{P0} = 18,3462 \text{ g}$$

$$\text{Pfr} = 28,3029 \text{ g}$$

$$\text{Ps} = 27,5057 \text{ g}$$

$$\text{Pfi} = 24,2170 \text{ g}$$

$$\text{V} = 10 \text{ g}$$

La valeur d'analyse de la siccité des boues d'épuration était de 91,99%, ce que les boues fraîchement utilisées sont de bonne qualité et conviennent à une utilisation comme engrais dans notre expérience.

2. Taux de germination (%)

Tableau 04 : Analyse de la variance du taux de germination en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	1048	349,33333	8,6078	0,00693
Error	8	324,66667	40,58333		
Total	11	1372,66667			

L'analyse de la variance (tableau N°04) montre que l'effet de la boue testée est très hautement significatif sur le processus de germination ($p < 0.05$).

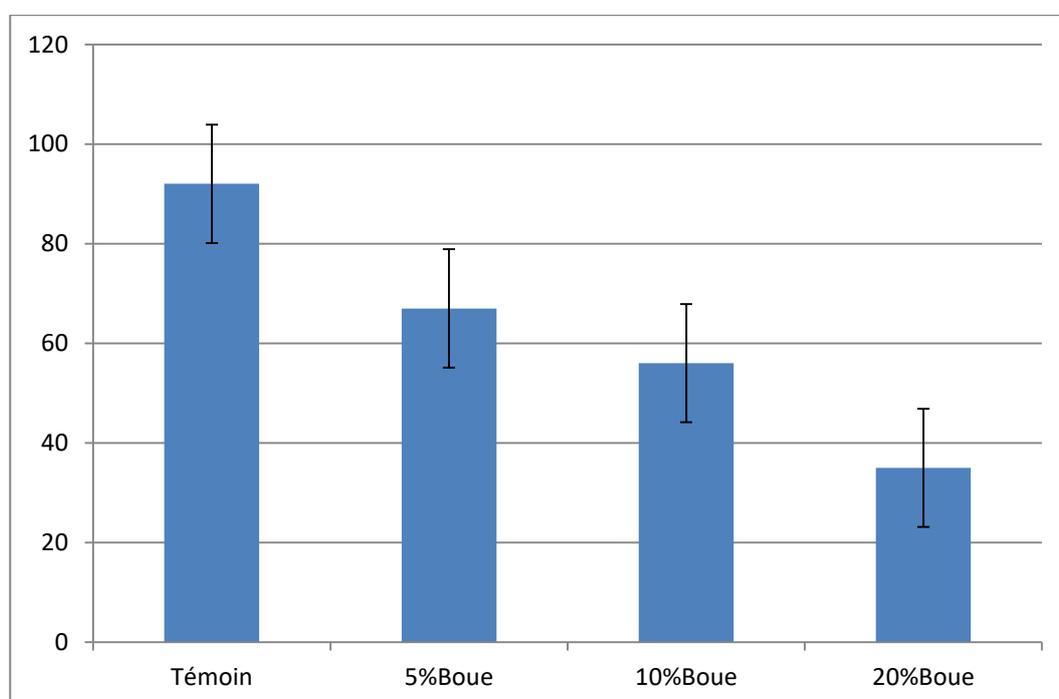


Figure 21: Taux de germination (%) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

Le taux de germination des graines de l'haricot est significativement décroît avec l'augmentation du ratio de la boue. En effet, chez le témoin on a enregistré des valeurs moyennes élevées de (92%). Tandis que, les valeurs moyennes les plus faibles sont révélées au niveau du traitement 20% (35%).

3. Longueur de la tige (cm)

Tableau 05: Analyse de la variance de la longueur de la tige en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	299,66667	99,88889	33,2963	0,00721549
Error	8	24	3		
Total	11	323,66667			

L'analyse de la variance (tableau N°05) indique que la longueur de la tige de l'haricot est significativement affectée par la variation de la concentration de la boue étudié ($p < 0.05$).

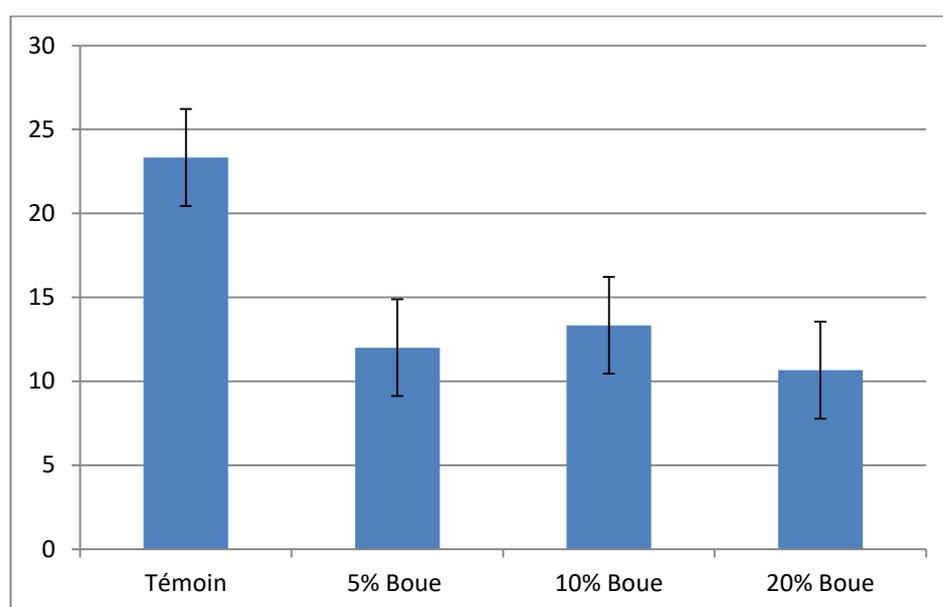


Figure22 : Longueur de la tige (cm) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

Selon les résultats obtenus (figure N°22), l'augmentation du ratio de la boue dans le substrat a grandement affecté la longueur de la tige de l'espèce testée. En effet, les valeurs extrêmes de la longueur de la tige varient entre 10.66cm et 23.33 cm enregistrées par le substrat 20% et le témoin respectivement.

4. Diamètre de la tige (mm)

Tableau 06: Analyse de la variance du diamètre de la tige en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	3	1,09194	4,8486	0,03299
Erreur	8	1,80167	0,22512		
Total	11	5,0775			

L'analyse de la variance (tableau N°06) montre que l'effet de la boue testée est significatif sur l'élaboration du diamètre de la tige ($p < 0.05$).

Selon les résultats du diamètre de la tige, il a été démontré que l'augmentation de la concentration de la boue provoque une diminution de la tige mesurée. Ainsi, diamètre le plus élevé est inscrite par les plantes maintenues au témoin (Sable et terreau) dont la valeur inscrite est de 3.1mm, alors que les valeurs de ce paramètre sont de l'ordre de 2.6mm, 1.6mm et 2.1mm données par les plantes conduites au substrat 5%, substrat 10% et substrat 20% respectivement

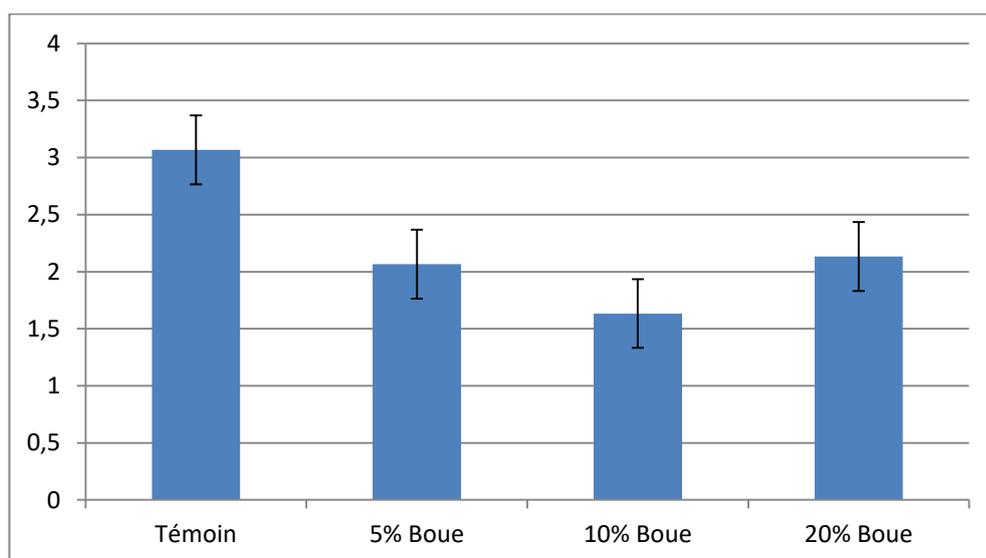


Figure 23 : Diamètre de la tige (mm) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

5. Longueur de la racine (cm)

Tableau 07: Analyse de la variance de la longueur de la racine en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	18,25	6,08333	1,7381	0,23638
Error	8	28	3,5		
Total	11	46,25			

L'analyse de la variance (tableau N°07) indique que la longueur de la racine de l'haricot n'est pas affectée par la variation de la concentration de la boue ($p \geq 0.05$)

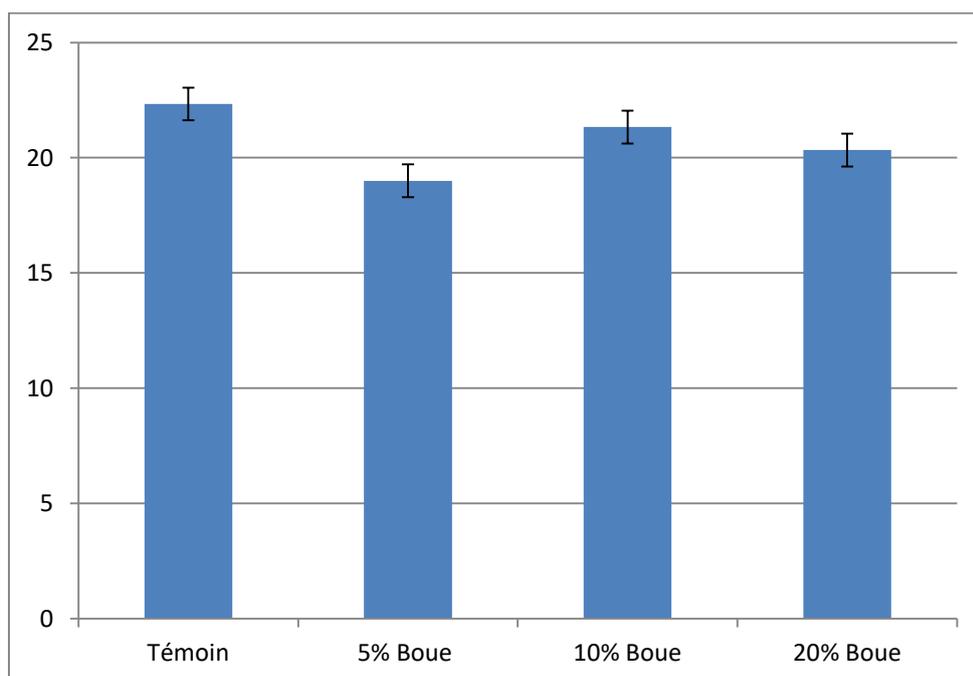


Figure 24 : Longueur de la racine (cm) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

La longueur de la racine de l'haricot est moyennement variée en fonction de la concentration de la boue. De ce fait, la valeur la plus élevée est enregistré par le témoin (22.33 cm), alors celle la plus faible est inscrite par les plantes conduites au substrat de 5% (19cm).

6. Volume racinaire (ml)

Tableau 08 : Analyse de la variance du volume racinaire en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	16,91667	5,63889	4,83333	0,03324
Error	8	9,33333	1,16667		
Total	11				

L'analyse de la variance (tableau N°08) montre que l'effet de la boue ajoutée est significatif sur l'expression de ce paramètre ($p < 0.05$).

Selon les résultats du volume racinaire retenu, il s'est avéré que l'augmentation de la concentration de la boue a amélioré le paramètre mesuré. Par conséquent, les valeurs retenues sont de l'ordre de 3ml, 3.33 ml, 5ml par le témoin, substrat de 5%, et substrat 10% respectivement. Par contre, au substrat de 20% ce volume a diminué en atteignant une valeur de et 1.6 ml.

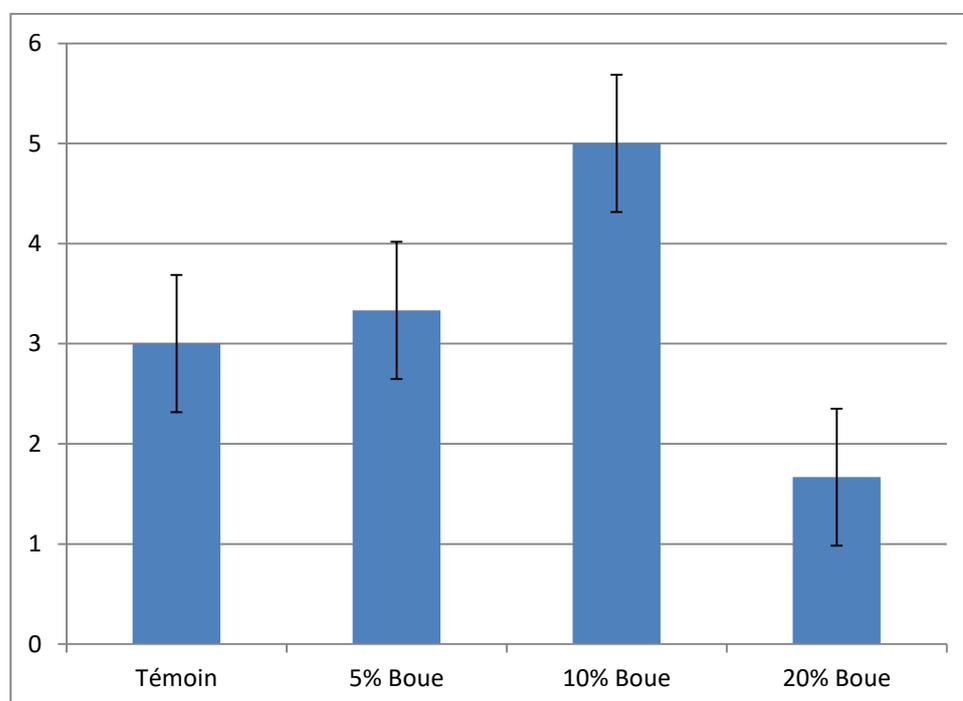


Figure 25: Volume racinaire (ml) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

7. Poids frais de la partie aérienne (g)

Tableau 09: Analyse de la variance du poids frais la partie aérienne en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	14,5194	4,8398	14,95573	0,00121
Error	8	2,58887	0,32361		
Total	11	17,10827			

L'analyse de la variance (tableau N°09) montre que Le poids frais de la partie aérienne de l'haricot est significativement influencé par la variation de la concentration de la boue testé ($p < 0.05$)

Le poids frais de la partie aérienne des plantes est grandement varié avec l'augmentation du ratio de la boue. En effet, les plantes conduites au substrat 20% extériorisent une valeur moyenne élevée de (8g) par rapport aux autres substrats. Tandis que, la valeur moyenne la plus faible est révélée par les plantes cultivées au substrat de 5% (5.1 g).

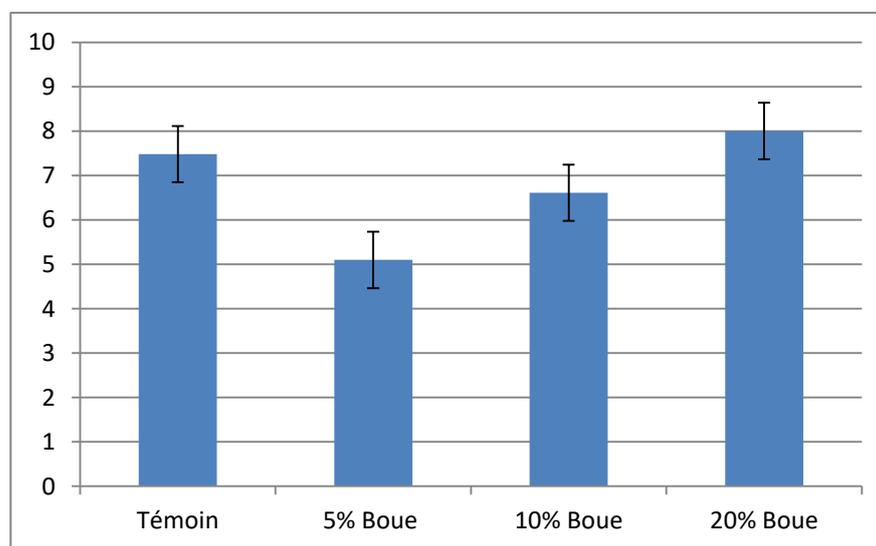


Figure 26 : Le poids frais de la partie aérienne (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

8. Poids sec de la partie aérienne(g)

Tableau 10 : Analyse de la variance du poids sec de la partie aérienne en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	10,93435	3,64478	5,24997	0,02706
Error	8	5,55399	0,69425		
Total	11	16,48834			

L'analyse de la variance (tableau N°10) démontre que Poids sec de la partie aérienne de l'haricot est significativement variée par la fluctuation de la concentration de la boue conduit ($p < 0.05$).

Le poids sec de tige des plantes de l'haricot est fortement réduit avec l'accroissement du ratio de la boue. En effet, les plantes menées au témoin manifestent une valeur moyenne élevée de (3 g) par rapport aux autres substrats. Cependant, la valeur moyenne la plus faible est révélée par les plantes cultivées au substrat de 5% (0.6 g)

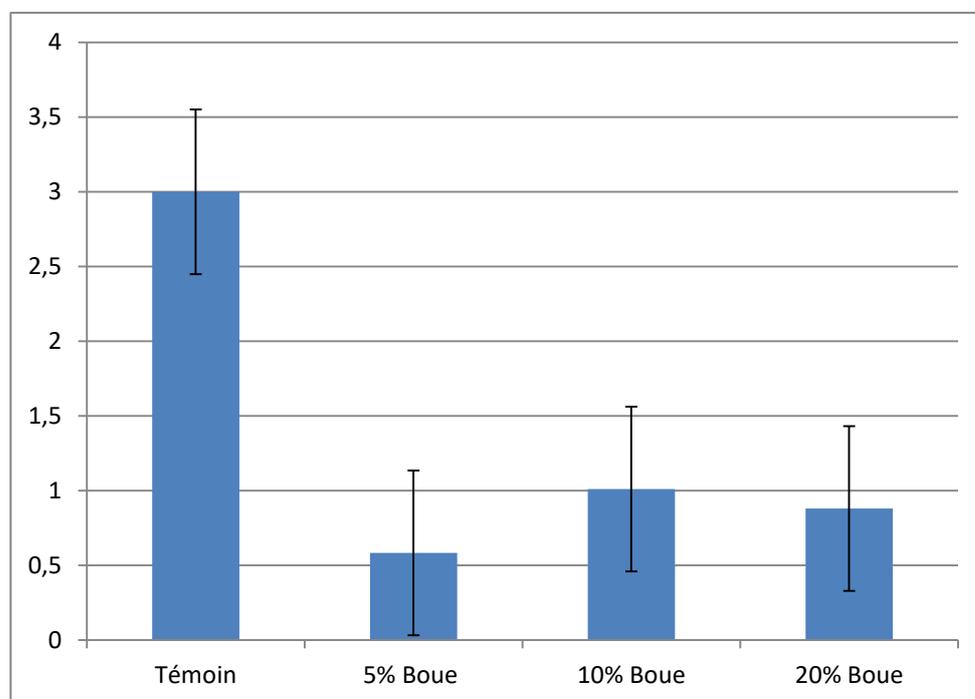


Figure 27: Poids sec de la partie aérienne (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

9. Poids frais des racines (g)

Tableau 11: Analyse de la variance du poids frais des racines en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	1345,22	448,40667	1,06178	0,4176
Error	8	3378,52147	422,31518		
Total	11	4723,74147			

L'analyse de la variance (tableau N°11) divulgue que le poids frais des racines de l'haricot est faiblement influencé par la variation de la concentration de la boue testé ($p < 0.05$).

Le poids frais des racines des plantes de l'haricot est moyennement réduit avec l'augmentation du ratio de la boue. En effet, les plantes maintenues au témoin expriment une valeur moyenne élevée de (3.5g) par rapport aux autres substrats. Tandis que, la valeur moyenne la plus faible est révélée par les plantes cultivées au substrat de 20% (1.8g).

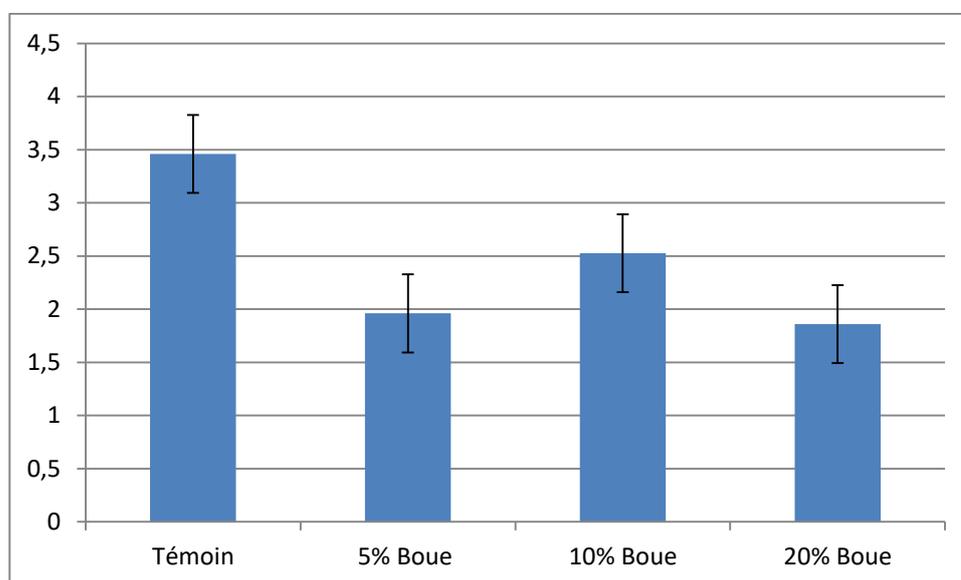


Figure 28 : Poids frais des racines (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

10. Poids sec des racines (g)

Tableau 12: Analyse de la variance du poids sec des racines en fonction du ratio de la boue.

	DF	Sum of squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	3	0,20303	0,06768	0,92435	0,47192
Error	8	0,58573	0,07322		
Total	11	0,78877			

L'analyse de la variance (tableau N°12) montre que le poids sec des racines de l'haricot est vari en fonction de la variation de la concentration de la boue conduit ($p < 0.05$).

Selon les résultats obtenus (Figure N°32), les valeurs moyennes du poids frais des racines sont de l'ordre de 0.46g, 0.11g, 0.3g et 0.21g enregistrées par le témoin, substrat de 5%, substrat 10% et le substrat 20% respectivement.

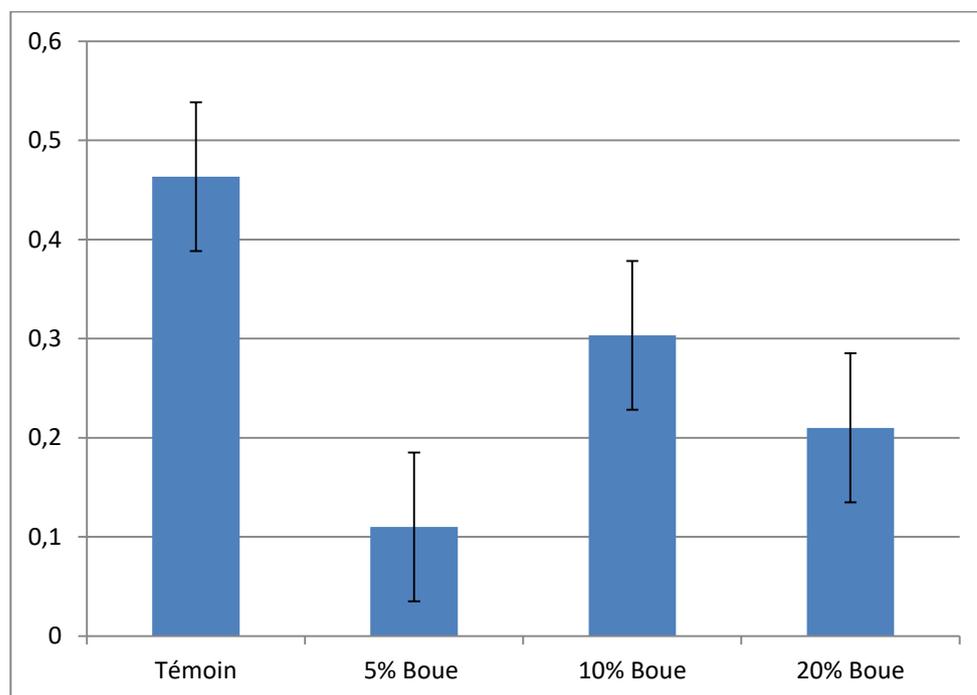


Figure 29 : Poids sec des racines (g) de l'haricot en fonction du ratio de la boue.

Discussion

L'augmentation constante de la production de boues des stations d'épuration pose un problème environnemental majeur (Lassouad et Essaid, 2019). Par rapport aux moyens traditionnels tels que l'enfouissement ou l'incinération, l'épandage des boues agricoles semble être l'option la plus rentable pour l'élimination des boues. Les eaux usées produites se sont avérées contaminées par une variété de polluants toxiques tels que les métaux lourds (Abbasia et Kamalanb, 2018).

Les effets des traitements des boues d'épuration sur certains paramètres morphologiques de l'haricot conduite sous serre. Il a été constaté dans la présente étude que l'effet de la boue d'épuration semblait être plus affectant pour la majorité des mesures effectuées. Notre étude indique que l'augmentation de la concentration de la boue dans le substrat a diminué la croissance morphologique des feuilles et des racines. Le sol agricole s'avère le plus idéal comparativement à la boue d'épuration. Résultats sont en accord avec les travaux de (Hajihashemi et al;2020). La présence des métaux lourds peut perturber l'absorption des éléments nutritifs minéraux par les plantes, inhiber la photosynthèse, réduire l'activité des enzymes, interférer avec les processus physiologiques, endommager les membranes cellulaires, limiter la biosynthèse des métabolites et par conséquent réduire la croissance et le rendement des plantes (Rengel et al., 2016 ; Cole et al., 2016). Cependant, d'autres travaux ont démontré des résultats contrastés (Eid et al; 2021). Ils ont révélé que l'addition de la boue en agriculture a significativement amélioré les attributs agromorphologiques, le nombre et la biomasse des fruits de tomates.

Le volume racinaire dans les plantes témoins était plus grand que dans les plantes conduites à la boue. Des résultats similaires ont été rapportés par (Hwang et Chen, 1995). Ceci pourrait être attribué au plus grande épaisseur corticale et du diamètre de la stèle dans les témoins (Hajihashemi et al; 2020). Par contre, Eid et al. (2021) ont démontré que la concentration élevée de la boue améliore la biomasse racinaire. Cependant, son augmentation a réduit considérablement l'expression de ce paramètre.

Notre résultats indiquent une forte corrélation positive entre la longueur et le diamètre de la tige ($r=0.63$) (annexe).

Conclusion

En Algérie, chaque année, le traitement des eaux usées génère des quantités importantes de boues, l'élimination de ces boues par procédé d'incinération ou par simple mise en décharge semble avoir des effets néfastes sur l'environnement, et la santé publique, tandis que la tendance actuelle est pour le recyclage de ces boues comme abondement pour les sols agricoles.

Notre travail vise à contribuer à la mise en évidence des effets positifs ou négatifs de l'utilisation des boues produites par la station de Tissemsilt dans le substrat de culture sur le développement des plantes d'haricot.

Selon cette étude, il s'est montré que le rajout de la boue peut induire une diminution de la performance de l'haricot étudiée. La littérature évoque que ce substrat déclenche une augmentation de la concentration des métaux dans les tissus végétaux. Cette augmentation peut générer des perturbations au niveau de la cellule et des organites comme les mitochondries et les chloroplastes qui peuvent être altérés ce qui a conduit probablement à une diminution des taux de germination des graines et une réduction de la majorité des autres paramètres biométriques mesurés au niveau des différents traitements. Néanmoins, plusieurs études ont rapporté l'effet positif de la boue sur la qualité et la quantité de la biomasse végétative.

À terme de cette étude nous recommandons de contrôler en permanence la qualité des boues à épandre par des analyses préalables de la boue avant toute utilisation en agriculture.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abbasia, M.; Kamalanb, H.R. 2018. Waste Management Planning in Amirkabir Petrochemical Complex. *Environ. Energy Econ. Res.*, 2, 63–74.
- Abdellina.,azzouzza. Effet des boues activées sur quelques paramètres morpho-physiologiques de jeunes plants de vicia faba var minor. [En ligne]. Mémoire de Master. Université de Béjaia, 2016.p19.
- Adjoudjh.,arab a. Caractérisation et valorisation de la boue de station d'épuration des eaux usées de la ville de bouira. [en ligne]. Mémoire de master. Université de aklimohandoulhadj – bouira, 2018.
- Adjoudjh.,arab a. caractérisation et valorisation de la boue de station d'épuration des eaux usées de la ville de bouira. [en ligne]. mémoire de master. université de aklimohandoulhadj – bouira, 2018.
- Aerouiche f. contribution a l'étude des boues résiduaires comme amendement organiques pour les cultures maraichères ; [en ligne]. mémoire de magister ; université d'oran.2012
- Aissania.,namoudi i. valorisation et la réutilisation des bous. [en ligne]. mémoire de master., université blida1.2020.
- Aissania.,namoudi i. valorisation et la réutilisation des bous. [En ligne]. Mémoire de Master., Université BLIDA1.2020.
- Alkanejy., 2017, recherche sur les méthodes et techniques appliquées au séchage des boues des step, diplôme de doctorat en science, université badji mokhtar-annaba ,180 p.
- Allali n. Étude de valorisation des boues et l'eau épurée de la step de la ville de laghouat pour l'amendement des sols agricoles. [en ligne]. Mémoire de master .université zianeachour de djelfa.2019
- Allali n. Étude de valorisation des boues et l'eau épurée de la STEP de la ville de La ghouatpour l'amendement des sols agricoles. [en ligne]. Mémoire de Master .Université ZIANE achour de djelfa.2019.
- 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 en sciences Agronomiques de l'institut National polytechnique de Toulouse. 312 p.
- Anonyme. Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination, série technique dt 51.36p ,2012.

Références bibliographiques

- Arteaga, S., Yabor, L., Díez, M. J., Prohens, J., Boscaiu, M., & Vicente, O. (2020). L'utilisation de la proline dans le dépistage de la tolérance à la sécheresse et à la salinité chez les génotypes de haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomie*, 10(6), 817.
- Azabi A., 2012. Influence des boues résiduaires sur le comportement d'une culture sous-jacente à Touggourt.
- Bailey, L.H. (1975). *Manuel des plantes cultivées*, 15e éd., Macmillan Publishing Co., New York.
- Barbosa, E. A. A., Matsura, E. E., Santos, L. N. S. dos, Nazário, A. A., Gonçalves, I. Z., Feitosa, D. R. C. (2018). Attributs et qualité du sol sous irrigation avec des eaux usées domestiques traitées dans la canne à sucre. *Revista Brasileira d'Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22 (2), 137–142.
- Belaadi Manel (2014) Etude de l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de quelques variétés d'Haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Mémoire de master .université de Guelma. 54pp.
- Benoudjit F., 2016, Caractérisation et Valorisation des Boues Issues d'un Office d'Assainissement. Cas ONA Boumerdès (STEP Boumerdès), Diplôme de Doctorat, Chimie de la Matière et Environnement, Université M'hamed Bougara, Boumerdes, 130 p.
- Benyahya m, Belgheiti a, Tahiri f (2022) Appreciation du risqué biologique lié à l'utilisation des boues de la lagune (cas : station du lagunage naturel de koussane, adrar), Mémoire de master. Université Ahmed draïa – Adrar.p15.
- Berland jm., 2014, traitement des boues d'épuration, c 5 221v2, techniques de l'ingénieur, docteur en sciences et techniques de l'environnement de l'école nationale des ponts et chaussées, chef de projet à l'office international de l'eau - cnide (limoges - france), 33 p.
- Bouchentouf m ,bdarrahrmane m. Traitement des eaux usées par les micro-algues. [En ligne]. Mémoire de Master. Université d'Adrar, 2021.
- Boudjenouia, A., Fleury, A., & Tacherift, A. (2006). Le statut de l'espace agricole périurbain à Sétif (Algérie) : réserve foncière ou projet urbain ? *Cah. Etud. Rech. Fr /Agric.*, 15(2), 221-226.
- Bouzerzour, H., Abbas, K., & Benmahammed, A. (2003). Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et pastorales. *Recueil des*

Références bibliographiques

- Communications Atelier N°3 « Biodiversité Importante pour l'Agriculture »
MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31.
- Bouzidik.,hachemi k.. Caractérisation des boues résiduaire urbaine pour une utilisation agricole et une prévention de la pollution de la ressource sol dans la wilaya de Tizi-Ouzou. [En ligne]. Thèse doctorat Université mouloud Mammeri de TIZI-OUZO, 2019.
 - Broughton, W. J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden,J.(2003). Haricots (Phaseolus spp.) – légumineuses alimentaires modèles. *Plante et sol*, 252(1), 55-128.
 - Canler p., perret m. La réduction de boues par voie biologique par le procédé mycet : document de synthèse, centre de lyon, 2013.
 - Cerrai., DESAGNAT M., DUBART R ., JUVEN L ., ZHOU N ., ZIANI H .traitement des boues de la station d'épuration des petites collectivités .2014, p05.
 - Charabi m .Possibilités de réutilisation des eaux épurées et valorisation des boues de la station d'épuration de BOUMERDES W.BOUMERDES ; Département Hydraulique Urbaine.2016, p15.16.
 - Chaux C., Foury C., (1994). Maitrise de facteurs de production, qualité et traitement des semences, mise en culture par semis en place en production légumière. Tome 1. Généralité. Tec et Doc. Lavoisier. Pp277-431-445.
 - Cherifim, M. (2013). Déshydratation des boues d'épuration avec filtre-presse à plaques et cadres. *Journal of Engineering Science and Technology*, 8(1), 107-116. Extra it de.13.pdf.
 - Christophe d ., julien l. Module d'enseignement astep, version 1.0, p88.2014.(oukaci., 2015).
 - Christophe d ., julien l. Module d'enseignement astep, version 1.0, p88.2014
 - Cole, J.C.; Smith, M.W.; Penn, C.J.; Cheary, B.S.; Conaghan, K.J. 2016. . L'azote, le phosphore, le calcium et le magnésium appliqués individuellement ou sous forme d'engrais à libération lente ou contrôlée augmentent la croissance et le rendement et affectent la concentration et la teneur en macronutriments et micronutriments des plants de tomates cultivés au champ. *Sci. Hortique*. 211, 420–430.

Références bibliographiques

- Derouiche f. contribution a l'étude des boues résiduairees comme amendement organiques pour les cultures maraichères ; [en ligne]. Mémoire de Magister ; université D'ORAN.2012
- Derouiche f. contribution a l'étude des boues résiduairees comme amendement organiques pour les cultures maraichères ; [En ligne]. Mémoire de Magister ; université D'ORAN.2012.
- E. Morel, E. Laurent et C. Etourneau. (2021) : Semences potagères Le haricot porte-graine. (4) : 8pp.
- Eid E.M., Shaltout K.H., Alamri S.A.M., Alrumman S.A., Hussain A.A., Sewelam N. et Ragab G.A. 2021. Les boues d'épuration améliorent la croissance des tomates et améliorent la qualité du rendement en fruits en restaurant la fertilité du sol.Plant, Soil and Environment, 67, (9): 514–523.
- Eid, E. M., Alrumman, S. A., El-Bebany, A. F., Fawy, K. F., Taher, M. A., Hesham, A. E.-L.,Ahmed, M. T. (2018). L'évaluation de l'application des boues d'épuration comme engrais pour les cultures de fèves (*faba sativa* bernh.). Sécurité alimentaire et énergétique, 7(3), e00142.
- Eid, E. M., Alrumman, S. A., El-Bebany, A. F., Hesham, A. E.-L., Taher, M. A., Fawy, K. F. (2017). Les effets de différents taux d'amendement des boues d'épuration sur la bioaccumulation des métaux lourds, la croissance et la biomasse des concombres (*Cucumissativus* L.). Sciences environnementales et recherche sur la pollution, 24(19), 16371–16382.
- Emilliank., 2004, traitement des pollutions industrielles, eddunod, paris, 424p.
- Faostat (2019). FAOSTAT. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> [accessed April 24, 2019].
- Fartas k.,laouissi h ., zouaimia s .étude microbiologique des boues des eaux usées de la Ville de guelma. [en ligne]. Mémoire de master. Université 8mai 1945 de guelma.2015.
- Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., van den Boom, T., & Weber (1995). E. Stades phénologiques de développement des légumes : II. Légumes fruits et légumineuses. Liste des plantes, 47, 217-232.
- Freytag, G. F., &Debouck, D. G. (2002). Taxonomie, distribution et écologie du genre *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionodeae) en Amérique du Nord, au Mexique et en Amérique centrale. Taxonomía, distribución y

Références bibliographiques

- ecología del género *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionodeae) en Norteamérica, México y Centroamérica. SIDA, Recueil Botanique.
- Gonçalves; A. A.; Moreira, C. R.; Souza, G. B. de P.; Peres, D. M. & Canzi, G. M. (2019). Adubação com lodo de esgoto na cultura do milho. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, p.1-13.
 - Goustj. et seignobos.f., (1998). Le haricot. Edit. Arles : Actes Sud, Paris. 92p.
 - Goustj., 2003. Le haricot, in L'encyclopédie du potager, Actes Sud, 400 p.
 - Habbazdj., siboukeurkh. Essai de caractérisation des boues de la station d'épuration de Saïd-otba (ouargla). [en ligne]. mémoire de master ., université kasdi merbah-Ouargla.2019.
 - Hajjhashemi S., Mbarki S., Skalicky M., Noedoost F., Raeisi M. et Brestic M. 2020. Effet de l'irrigation par les eaux usées sur la photosynthèse, la croissance et les caractéristiques anatomiques de deux cultivars de blé (*Triticum aestivum* L.). Water, 12, 607.
 - Hwang, Y.-H.; Chen, S.-C. 1995. Réponses anatomiques chez les semis de *Kandeliacandel* (L.) Druce en présence de différentes concentrations de NaCl. Bot. Taureau. Acad. Sin., 36, 181–188.
 - Jarde e.2002, composition organique de boues résiduares de stations d'épuration Lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation, thèse de doctorat, Université henripoincaré, nancy i, français, 287 p.
 - Kara m ., ammisaid y. Etude comparative entre lagunage naturel et aérée cas la station D'épuration el-atteuf (ghardaïa) et la station d'épuration kouinin (oued souf) [en ligne]. Mémoire de master. Université de ghardaïa ,2020.p24.
 - Khalfaoui a .Étude expérimentale de l'élimination de polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des matériaux naturels: application aux peaux d'orange et de banane. [En ligne].thèse doctorat ; Université mentouri de constantine, 2012.
 - Krog P H., Pedersenn M., 1997. Ecologie effet sévaluation des boues industrielles pour les microarthropodes et décomposition dans une plantation d'épicéas. Ecotoxicologie et sécurité environnementale, 36, P 162-168.
 - Krog, M., & Pedersen, P. (1997). Déshydratation des boues avec addition de polymères : Influence des caractéristiques des boues. Science et technologies de l'eau, 36(8-9), 101-109. doi : 10.1016/s0273-1223(97)00527-4

Références bibliographiques

- Kroll, R. (2000). Les cultures maraîchères, 219 pp, Maisonneuve et Larose, Paris.
- Ladjel., et Abbou, 2016, Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie, 58 p.
- Ladjelf.,abbou s. Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des step en algérie.2018.
- Lambkin D., Nortclif S., White T., 2004. L'importance de la précision dans l'échantillonnage des boues, des bio déchets et des sols régénérés dans un cadre réglementaire tendances en chimie analytique, 23, 10-11.
- Larbi B et Oumedjbeur F., 2013.Contribution à l'évaluation des effets des Boues Résiduaire sur les caractéristiques physiques et chimiques d'un sol de vignoble Tadmaït Wilaya de Tizi- Ouzou-Fadel et Khoury, 2000.
- Lasheen, M.R., Ammar, N.S., 2009. Évaluation de la spéciation des métaux dans les boues d'épuration et les boues stabilisées de différentes usines de traitement des eaux usées, Grand Caire, Égypte. Journal des Matériaux Dangereux. 164: 740–749.
- Li, S., Li, D., Li, J., Li, G., Zhang, B., 2017. Évaluation des substances humiques lors du Co-compostage des boues d'épuration et de la tige de maïs sous différents taux d'aération. Partie A.
- Looser, M.O., Parriaux, A., Bensimon M., 1999. Détection et caractérisation de la pollution souterraine des décharges à l'aide de traces inorganiques. Recherche sur l'eau, pages 33, 17.
- Mansouri lahouaria mounia.(2021) Etude des effets des facteurs biotique Et abiotiques sur la nodulation chez le haricot (Phaseolus vulgaris L.). Thèse Doctorat .Université Mustapha Ben Boulaid-Batna2 . 206 pp.
- Martinen, S.K Kettunen, R.H., Rintala, J.A., 2003. Présence et élimination des polluants organiques dans les effluents des eaux usées et des décharges. La Science de l'environnement total, p 301, 1-12.
- Mininni, G., Sbrilli, A., Guerriero, E., Rotatori, M., 2004. Formation de dioxines et de furanes lors d'essais pilotes d'incinération de boues d'épuration dopées en chlore organique. Chimio sphère, 54, 1337-1350.
- Mohalbin.,benchehem s. Polluants organiques et microbiens dans la station d'épuration des eaux usées : valorisation de la biomasse pour production du

Références bibliographiques

- biogaz. [en ligne]. Mémoire de master., université kasdimerbahouargla, 2016, p14.
- Molina, J. C., Moda-Cirino, V., Júnior, N. D. S. F., de Faria, R. T., & Destro, D. (2001). Réponse des cultivars et des lignées de haricot commun au stress hydrique. *Amélioration des cultures et biotechnologies appliquées*, 1(4).
 - Morel jl., 1977, contribution à l'étude des boues résiduaires dans le sol, thèse de docteur ingénieur, université de nancy, france, 122 p
 - Morel.e, laurent.e et etourneau.c., (2021). Le haricot porte-graine. *Semences potagères*. 8p.
 - Nammari, D.R, Hogland, W., Marques, M., Nimmermark, S., Moutavtchi, V., 2004. Émissions d'un feu contrôlé dans les balles de déchets solides municipaux. *Gestion des déchets*, 24, 9-18.
 - Nekili a. Digestion anaérobie mésophile des boues liquide de premier bassin de la station de la gunage de la ville d'ADRAR (sud-ouest de l'ALGERIE) optimisation de la concentration du substrat. [en ligne].Mémoire de Master. Université d'Adrar.2015.
 - Nyabyenda p., 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Ed.tec et Doc, les Presses Agronomique de Gembloux. p 38-42.
 - Nyabyenda, P. (2005). Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique: généralités, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines céréales. Presses agronomiques de Gembloux.
 - O.N.M, 2019, Les données climatiques
 - Ouabeddj.,ouabed f. Valorisation des boues de la station d'épuration de sour el ghozlane comme amendement au sol. Mémoire de master. [en ligne]. Université de aklimohandoulhadj – bouira, 2015, p3.
 - Ouabeddj.,ouabed f. Valorisation des boues de la station d'épuration de Sour el ghozlane comme amendement au sol. Mémoire de master. [en ligne]. Université de aklimohandoulhadj – bouira, 2015, p3.
 - Oukaci N., 2015. Traitement et analyse des eaux domestique. Rapport de stage. Alger.
 - Peron.j.y., (2006). Références productions légumières (2° Éd.). Edit. Librairie GERMER BAILLIERE et CIE. Paris. 650p.
 - Peron.j.y., 2006. Production légumières .2 éme édition. Lavoisier. 389 p.

Références bibliographiques

- Petry, N., Boy, E., Wirth, J. P., & Hurrell, R. F. (2015). Le potentiel du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) comme véhicule de biofortification du fer. *Nutriments*, 7(2), 1144-1173.
- Pilnáček, V., Innemanová, P., Šereš, M., Michalíková, K., Stránská, Š., Wimmerová, L., & Cajthaml, T. (2019). Biodégradation des micropolluants et potentiel d'hygiénisation du bioséchage comme méthode de prétraitement avant l'épandage des boues d'épuration en agriculture. *Génie écologique*, 127, 212–219.
- Pitrat m. et foury c., 2003. *Histoires de légumes*. INRA éditions, p.376.
- Porch, B., SJ, D., GD, J., & AS, K. DJ, & Dempewolf, H. (2013). Utilisation de parents sauvages et d'espèces étroitement apparentées pour adapter le haricot commun au changement climatique. *Agronomies*, 3(2), 433-461
- Pursglove, J. W. (1968). *Tropical Crops: Dicotyledons*, Longmans, Longmans, London.
- Randrianjanahary.m. f., (2015). *Essai d'adaptation des variétés de haricot à haute valeur nutritionnelle sur les hautes terres centrale*. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du certificat d'aptitude pédagogique. Antananarivo: Ecole Normale Supérieure. 50p.
- Rejesk F., (2002). « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358p.
- Rengel, Z.; Bose, J.; Chen, Q.; Tripathi, B. 2016. Le magnésium atténue la toxicité végétale de l'aluminium et des métaux lourds. *Crop Pasture Sci.*, 66, 1298–1307.
- Robert., et al 1994, *Condition de l'utilisation des boues de stations d'épuration en agriculture*, cahiers Agricultures N° 03, p 285.
- Roula s, 2005. *Caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduaire urbaine pour la confection de substrats de culture en pépinière hors-sol*, mmoire de magistère, agronomiques, université hadj lakhdar, pp 37- 49.
- Sahlström, L., Aspan, A., Bagge, E., & Danielsson-Tham, M. L.(2004). Persistance d'*Escherichia coli* O157:H7 producteur de vérocytotoxines chez les oiseaux sauvages sauvages. *Microbiology appliqué et environnementale*, 70(12), 6944-6947. doi: 10.1128/aem.70.12.6944-6947.2004.

Références bibliographiques

- Sahnoun a. contribution à la valorisation des boues des stations d'épuration des eaux usées. [en ligne].thèse doctorat université d'Oran, 2019.
- Sharma, B., Sarkar, A., Singh, P., & Singh, R. P. (2017). Utilisation agricole des biosolides : un examen des effets potentiels sur le sol et les plantes cultivées. *Gestion des déchets*, 64, 117–132.
- Statista Research Département (2019). Production de légumes secs en Algérie entre 2016 et 2017, par type de légumes. Pour la campagne agricole 2016/2017.
- Step tissemsilt., 2023 : station de traitement des eaux usées ,wilaya de tissemsilt .
- Walter, I., Martinez, f. cala, v., 2006. Spéciation des métaux lourds et effets phytotoxiques de trois représentants des boues de salaire à usage agricole, *pollution de l'environnement* 139, 507, 514.
- Wortmann, C. S. (2006). "*Phaseolus vulgaris* L. (haricot commun) : Prota 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs".