

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Biologiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Biologie

Spécialité : protection de l'environnement

Option : Protection de l'environnement

Contribution à l'étude de la valorisation des boues résiduelles et grignons d'olive en agriculture. Cas du blé dur (*Triticum durum*) :

Approche expérimentale

Soutenu le : 25/10/2016

Réalisé par :

M^{elle} Ould Lamara Sara

M^{elle} Mellah Dihia

Devant le jury :

Président : Kellouche. A.

Professeur « A » à l'UMMTO.

Promoteur : M^rAsla. T.

Maitre-assistant « A » à l'UMMTO.

Co-promoteur : M^{elle} Bourahla. H.

Directrice pédagogique à l'ITMAS.

Examineur 1 : M^r Alili. N.

Maitre-assistant «A» à l'UMMTO.

Examineur 2 : M^{me} Ouar

Chef de département exploitation et maintenance à l'ONA de T.O.

Invité : M^r Tamène. S.

Directeur de l'ITMAS.

Année 2015-2016

Remerciements

C'est avec gratitude que nous reconnaissons ce que nous devons :

Nous remercions avant tout dieu le tout puissant de nous avoir guidés durant toutes ces années d'étude et de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Nos remerciements vont d'abord à notre promoteur Mr Asla.T, pour avoir accepté de diriger ce travail tout le long de sa réalisation, pour sa patience et ses encouragements. Qu'il soit assuré de notre respectueuse reconnaissance.

Nous tenons à remercier les membres de jury, qui Nous ont fait l'honneur dévalué notre travail :

Mr Alili.N, Maitre-assistant « A » à L'U.M.M.T.O.

Mme Ouar, chef de département exploitation et maintenance à L'ONA.

Mr.Kellouch.A professeur à l'U.M.M.T.O.

Mr. Tamène, directeur de l'ITMA de Boukhalfa.

Mme Bourahla H. directrice pédagogique à l'ITMAS.

Nous traduisons nos remerciements aux techniciens de l'ITMAS de Boukhalfa et ceux des laboratoires de chimie, de microbiologie, et de pédologie du département de biologie.

Merci à nos parents pour leur soutien et leurs encouragements, pendant les périodes les plus difficiles de la réalisation ce mémoire.

Merci à tous nos ami(e)s et surtout les plus proches.



Dédicaces

*A la mémoire de ma sœur Amel,
A mes parents à qui je dois ma réussite
A mes chères petites sœurs,
A mon futur époux,
A mes cousins et cousines,
Bien faible témoignage d'affection et d'amour.*

Dyhia



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A la mémoire de mes deux grands-parents, que
Dieu le tout puissant les accueille dans son vaste
paradis.*

*A la lumière de ma vie: mes parents, pour leurs
encouragements
Éternels, leur patience et amour,*

A mes frères : Sami et Yanis,

A mes deux grands-mères, mes tantes et mes oncles

A tous les Ould Lamara

A mon fiancé et toute ma belle-famille.

Sara

Table des matières

Première partie : synthèse bibliographique.

Introduction générale	01
Chapitre I : Les boues résiduaires	
I-Définition d'une boue d'épuration	04
II-Les différents types de boues	04
II-1-Les boues liquides	04
II-2-Les boues pâteuses	04
II-3-Boues chaulées	04
II-4-Les boues compostées	05
II-5-Les boues séchées	05
III-Composition des boues	05
III-1-Matière organique	05
III-2-Eléments fertilisant et amendement	05
III-3-Contamination chimique organique et inorganique	06
III-4-Les micro-organismes pathogènes	06
IV-Propriétés des boues	07
IV-1-propriétés physico-chimiques	07
IV-1-1- Matière sèche MS et siccité S	07
IV-1-2 Matières en suspension MES	07
IV-1-3- Indice de boue SVI (Sludge Volume Index)	07
IV-1-4-Viscosité	07
IV-1-5- Granulométrie.....	07
IV-1-6-Conductivité thermique.....	08
IV-2-propriétés biologiques	08
IV-2-1-Les bactéries	08
IV-2-2-Les virus	09
IV-2-3-Les parasites	09
IV-2-4-Les champignons.....	09
IV-2-5-La macro faune.....	09
IV-2-6-Les algues.....	09
V- le traitement des boues résiduaires	09
V-1-La stabilisation des boues.....	10
V-1-1-La stabilisation biologique.....	10
V-1-1-1-Digestion aérobie.....	10

V-1-1-2- digestion anaérobique.....	10
V-1-2-Stabilisation chimique.....	11
V-1-3-Stabilisation thermique.....	11
V-2-L'épaississement des boues	11
V-3-Conditionnement des boues.....	11
V-3-1-Les conditionnements chimiques.....	11
V-3-2-Conditionnement thermique.....	12
V-4-La déshydratation des boues.....	12
V-4-1-Les lits de séchage.....	12
V-5-Pasteurisation des boues.....	12
V-5-1-Traitement à la chaux.....	12
V-6-L'hygienisation des boues.....	13
VI-Destination des boues résiduaires.....	15
VI-1-Incinération.....	15
VI-2-Mise en décharge contrôlée.....	15
VI-3-Utilisation agricole des boues.....	15
VI-3-1-Mise en œuvre.....	15
VI-4-1-Le compostage.....	16
VI-4-1-Le séchage thermique.....	16
VII-Autres modes d'élimination des boues.....	16
VII-1-La méthanisation des boues.....	16
VIII-Autres filière en développement.....	17

Chapitre II : valorisation des boues résiduaires par épandage

I-Intérêt agronomique des boues d'épuration.....	19
I-1-Appports des boues en éléments fertilisants.....	19
I-2- Boue utilisées comme amendement	19
I-2-2- Amendement basique.....	20
I-2-3- Amendement organique.....	20
I-3-Pratique d'utilisation agricole des boues.....	20
I-1-La Sylviculture.....	20
I-2-Prairies.....	20
I-3-Cultures légumière.....	20
I-4-Céréales à paille.....	20
I-5-Plantes sarclés.....	21
II-Effet d'application des boues résiduaires sur le sol et le végétal :	
II-1-Effet des boues sur le sol.....	21
II-1-1- Effet des boues sur l'acidité biologique du sol.....	21
II-1-2- Effet sur la stabilité structurale.....	21
II-1-3-effet sur les éléments chimiques.....	21

II-2--Sur les végétaux.....	21
III-Epandage des boues d'épuration.....	22
III-1-Conditions d'épandage.....	22
III-2-Périodes d'épandage.....	22
III-3-Surfaces d'épandage et distances a respecté.....	22
III-4-Difficultés rencontrés par la filière d'épandage.....	22
II-4-1-Peurs alimentaires.....	23
III-4-2-Nuisances olfactives.....	23
III-4-3-freins de la part des agriculteurs.....	23
IV-La réglementation des boues d'épuration urbaines.....	23
IV-1-Au niveau de l'union européenne.....	23
IV-1-1-Les principales mesures de la directive.....	23
IV-2-1- Grands axes de la nouvelle réglementation en France.....	23
IV-3-Aux états unis.....	24
IV-4-En Algérie.....	24

Chapitre III:Les grignons d'olives

I- Les grignons d'olives.....	26
I-1-Les principaux sous-produits d'une huilerie.....	26
I-2-Les grignons d'olives.....	26
I-2-1-Définition.....	26
I-2-2-différents types de grignons d'olive	26
I-2-3-caractéristiques physiques	27
I-2-3-caractéristiques chimiques	27
I-2-4-les différentes filières de valorisation	27
I-2-5-Les réglementations environnementales : cas de la Tunisie et de la France.....	31
I-2-6-La valorisation agricole des grignons d'olive.....	31

Deuxième partie : expérimentation.

Chapitre IV: matériels et méthodes

I-Matériels utilisés.....	33
I-1-Matériel physique.....	33
I-1-1-Boues résiduaires.....	33
I-1-2- Les grignons d'olive.....	33
I-1-3- Le sol.....	33
I-1-4-Le milieu de culture.....	33
I-2- Matériel biologique.....	34

I-2-1- Végétal.....	34
II-1-Méthodologie.....	35
II-1-1-Dispositif expérimental.....	35
II-1-2-Méthode d'approche.....	35
II-1-3- description du site d'étude.....	36
II-2-Paramètres d'études et de suivis.....	40
II-2-1-Les analyses physico-chimiques.....	40
II-2-1-1-Détermination de la conductivité électrique.....	40
II-2-1-2-Détermination de la matière organique.....	41
II-2-1-3-Dosage de calcaire total.....	41
II-2-1-4-Dosage de calcaire actif.....	42
II-2-1-5-Détermination du phosphore assimilable.....	42
II-2-1-6-Détermination du pH.....	42
II-2-1-7-Détermination de l'humidité hygroscopique.....	43
II-2-1-8-Aspect microbiologique	43
II-2-1-9--Détermination de taux de polyphénols par spectroscopie à UV.....	44
II-3-Analyses effectuées sur le végétale.....	45
II-3-1-Mesures biométriques.....	45
II-3-2-Production végétale.....	45
III-Chronologie de l'expérimentation.....	45
III-1-Semis.....	45
III-2-Le suivi de la culture.....	46
III-3-Récolte.....	46

Chapitre V: Résultats et discussion

I-Analyses des éléments physico-chimiques des boues.....	48
I-1 – pH.....	48
I-2-La conductivité électrique (CE).....	48
I-3-La matière organique (MO).....	48
I-4-Le carbone (C).....	48
I-5-Le calcaire total.....	48
I-6-Le calcaire actif.....	49
I-7-Le potassium (K).....	49
I-8- Le Phosphore assimilable P_2O_5	49
II-Analyses des éléments physico- chimiques du sol.....	50
III-Analyses des éléments chimiques des grignons d'olive.....	51

IV-Analyses microbiologique des boues.....	53
V-Résultats et discussions des analyses biométriques et statistiques	
V-1-Impact des doses sur la croissance en hauteur.....	55
V-2-Impact des différentes doses sur le volume racinaire de la plante test.....	57
V-3-Impact des doses sur le nombre de talles.....	59
V-4-Impacte des différentes doses sur le rendement de la plante test	61
V-4-1-Nombre d'épi par bac.....	61
V-4-2-Le nombre de graine par bac	64
V-4-3-impact de la production de la plante test (poids moyen des graines).....	66
V-5-Impact de différentes doses sur la taille moyenne des épis	68
V-6-Discussion.....	70
Conclusion générale.....	73
Références bibliographique.....	76

Liste des tableaux

Tableau 01 : Concentration des éléments traces métalliques (Ademe. 1995).....	06
Tableau 02 : Différents types de bactéries pathogènes dans les boues résiduaire.....	08
Tableau 03 : Composition générale en éléments fertilisants des boues urbaines des stations d'épuration	19
Tableau 04 : Composition chimique indicative de grignons d'olives.....	27
Tableau 05 : Analyses effectuées pour le sol, la boue, les grignons et leurs méthodes.....	40
Tableau 06 : résultats d'analyses physicochimiques de la boue étudiée.....	50
Tableau 07 : Résultats d'analyses physicochimiques du sol étudié.....	51
Tableau 08 : Les différentes concentrations de l'acide gallique en fonction des densités optiques lues au spectrophotomètre (UV).....	52
Tableau 09 : Résultats d'analyses physicochimiques des grignons d'olives étudiés.....	53
Tableau 10 :Evolution de la croissance en hauteur du blé en fonction du temps pour les différentes doses.....	55
Tableau 11 : Résultats de l'analyse de variance pour la hauteur du blé en fonction du temps.....	57
Tableau 12 :Résultats du test NEWMAN et KEULS.....	57
Tableau 13 :Evolution du volume racinaire en fonction des doses de boue et engrais.....	57
Tableau 14 : Résultat de l'analyse de variance pour le volume racinaire.....	58
Tableau 15 : évolution du nombre de talles en fonction de temps pour les différents traitements.....	59
Tableau 16 : Résultats de l'analyse de variance pour le nombre de talles.....	60
Tableau 17 : Résultats du test NEWMAN et KEULS.....	61
Tableau 18 : Evolution du nombre d'épis en fonction du temps pour les différentes doses.....	62
Tableau 19 : Résultats de l'analyse de variance pour le nombre d'épis/bac.....	63
Tableau 20 : Résultats du test NEWMAN et KEULS.....	63

Tableau 21 : Evolution de nombre de graines en fonction du temps pour les différentes doses.....	64
Tableau 22 : Résultats de l'analyse de variance pour le nombre de graines/bac.....	65
Tableau 23: Résultats du test NEWMAN et KEULS.....	66
Tableau 24 : Poids moyen des graines pour les différentes doses.....	66
Tableau 25 : Résultats de l'analyse de variance pour le poids des graines.....	67
Tableau 26 : Résultats du test NEWMAN et KEULS.....	68
Tableau 27 : Taille moyenne des épis pour les différentes doses.....	68
Tableau 28 : Résultats de l'analyse de variance pour la taille moyenne des épis.....	69
Tableau 29 : Résultats du test NEWMAN et KEULS.....	70

Liste des abréviations

Abs : absorption en nanomètre.

ADEME : Agence de l'environnement et la Maîtrise de l'Energie, France.

AFNOR U 44 041 : norme de référence des boues sur des sols agricole.

B1 : dose de boue épandue (40 T/ha).

B2 : dose de boue épandue (80 T/ha).

B3 : dose de boue épandue (120T/ha).

C : carbone.

C (g/l) : concentration en gramme par litre.

CAO: oxyde de calcium.

CaCO₃ : carbonate de calcium.

CB: Cellulose brute.

C/N: rapport Carbone sur azote

CO: monoxyde de Carbone.

DCO : demande chimique en oxygène.

ETM: élément trace métallique.

G1: dose de grignon épandu (40 T/ha).

G2: dose de grignon épandu (80T/ha).

G3: dose de grignon épandu (120 T/ha).

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques.

ITMAS: institut technique moyen d'agriculture.

K: potassium.

MAT: Matières Azotées Totales

MES: matières en suspension

Meq/l : milliéquivalent sur 1 litre de solution

Mm: Matières Minérales.

mPA : milli pascal.

Mg: matière Grass.

MS : matière sèche.

MV: matière volatile

N: azote.

NF: norme française.

NO: monoxide d'azote.

NO₂: dioxyde azote.

PCB: polychlorobiphényle.

P: phosphore.

PH : potentiel hydrogène

PPm: partie par million.

RCE: règlement de la commission européenne.

S: siccité.

SO: monoxyde de soufre.

SS: salmonella Shigella.

STEP: station d'èpuration.

T: témoin.

Les stations d'épuration et huileries génèrent des déchets en quantités de plus en plus élevées, que sont les boues résiduaires et grignons d'olive. Ces derniers deviennent très vite envahissants et la solution simple qui consiste à les laisser sécher au niveau des stations d'épuration et des huileries devient ingérable par manque d'espace.

Le problème se résume à comment s'en débarrasser et éliminer ces résidus dans les conditions les plus économiques tout en respectant les contraintes liées à la protection de l'environnement et à l'hygiène publique.

Plusieurs filières existent pour l'élimination de ces boues et grignons, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation, de l'origine des boues, de la valeur ajoutée du produit qui en résulte et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement.

La mise en décharge (appelée aussi stockage) s'avère une technique peu valorisante et légalement interdite dans de nombreux pays (**ANONYME, 1999**). L'incinération des boues a un coût prohibitif et présente un risque lié à l'impact de gaz toxiques sur l'environnement tel que celui des deux dioxines (**ADEME, 1999**). Le largage en mer représente à la fois un déplacement des problèmes de pollutions, et une perte de matériel potentiellement réutilisable ou recyclé.

La valorisation énergétique (production de biogaz comme source de chaleur et d'électricité) constitue une technologie verte permettant de transformer les boues en produits à haute valeur ajoutée en minimisant les risques de pollution (**ADEME, 2001**).

La valorisation des grignons d'olive constitue une source de revenus complémentaires, elle permet de résoudre en partie des problèmes posés par les effluents qui ont un pouvoir polluant très élevé.

Actuellement, ils sont partiellement ou totalement perdus alors que leurs possibilités d'emploi sont nombreuses. Ils constituent une source d'approvisionnement :

- ✚ D'huiles supplémentaires pour l'industrie et la consommation humaine.
- ✚ D'énergies, de fertilisants et d'aliments de bétail (**BELKHIR, 2007**).

La valorisation des boues résiduaires et grignons d'olive par épandage (production d'engrais et compost) semble le moyen le plus efficace, du point de vue écologique et économique, à savoir que cette pratique a un double objectif :

- ✚ Mettre à profit les capacités biologiques naturelles des sols pour les digérer et réintroduire les éléments dans les cycles naturels.

- ✚ Valoriser leurs propriétés fertilisantes pour les cultures.

Notre présent travail est une contribution à l'étude de la valorisation d'une boue résiduaire et un grignon d'olive issus respectivement de la station d'épuration des eaux usées et l'huilerietraditionnelle de Boukhalfa comme étant un amendement organique pour la croissance ,le développement et le rendement d'une culture de blé dur (*Triticum durum*).

Le travail a deux objectifs :

- ✚ Evaluer les caractéristiques physico-chimiques et biologiques de notre boue et grignons.
- ✚ Etudier l'effet de ces boues et de ces grignons sur le comportement morphologique de la plante test.

Ce travail comporte trois parties, La première présente un aperçu bibliographique s'intéressant à l'origine, au mode d'obtention et à la caractérisation des boues résiduaires et des grignons d'olives ainsi qu'à leur valorisation agricole.

La deuxième partie du travail englobe une identification de la zone d'étude suivie du matériel et des méthodes d'analyse adoptées et la mise en place du protocole expérimentale.

Une troisième partie a été réservée à la présentation et aux traitements des résultats, leurs interprétations et discussion.

A l'issu de ce travail, on a apporté notre conclusion, recommandations et perspectives sur la valorisation des boues résiduaires et des grignons d'olive.



Chapitre I :
Les boues résiduaires

I-Définition d'une boue d'épuration :

Les boues sont des déchets résultants d'une épuration d'eaux usées d'origine domestiques ou industrielles. Elles sont composées d'eau et de matière sèche dont les quelles se trouvent des éléments polluants. Les boues sont riches en matière organique et en éléments fertilisants comme l'azote et le phosphore, elles présentent un intérêt certain dans le domaine agricole et autre (JARDE, 2003).

II-Les différents types de boues :

Désignation des différents types de boues : l'état physique des boues est relatif au mode de traitement préalable depuis l'état liquide jusqu'à l'état solide motté ou pulvérulent.

Les différents types de boues résultent de la combinaison de plusieurs critères :

- ✚ La nature des effluents (urbaine, laiterie, abattoir, papeterie)
- ✚ Les caractéristiques du traitement des eaux (primaire, physico-chimique, biologique),
- ✚ Le procédé de stabilisation (aérobie, anaérobie, chaulage, compostage...),
- ✚ L'état physique des boues (liquide, pâteux, solides, pulvérulent, granulé),

(COULIBALY, 2010).

L'ensemble des combinaisons possibles montre qu'il existe en théorie un grand nombre de types de boues. En résumant les situations les plus fréquemment rencontrées les principales boues produites sont les suivantes :

II-1-Les boues liquides :

Elles se trouvent dans des petites stations en zone rurales ou périurbaines. Ces boues se stockent et se manipules à la façon des lisiers des pores ou des bovins (BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

II-2-Les boues pâteuses :

Elles sont issues des boues liquides (traitement aérobie ou anaérobies), déshydratées mécaniquement. On applique de plus en plus à ces boues un traitement complémentaire à la chaux ou par compostage (COULIBALY, 2010).

II-3-Boues chaulées :

Désigne une boue de pH élevé constituée d'eau douce et d'un additif hydrophile tel que l'hydroxyde de calcium (BERTOLINI, 2009).

Elles se trouvent dans des stations de moyennes ou de grande taille. Selon le procédé utilisé et la dose de chaux incorporée, ces boues sont de consistance pâteuse ou solide (BERCHICHE et LADJIMI, 2010 ; COULIBALY, 2010).

II-4-Les boues compostées :

Elles se trouvent dans des stations de moyenne charge en générale. Le compostage qu'on applique aux boues pâteuses, est un procédé de fermentation anaérobie, qui permet la stabilisation, hygiénisation et leur séchage biologique (ABDMEZIEM et TALBI, 2006).

III-Composition des boues :

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (JARDE, 2003). Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

III-1-Matière organique :

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires: des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion: stabilisation) (ADEME, 2001 ; JARDE, 2003).

III-2-Eléments fertilisant et amendement :

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésie, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium (WARMAN, 2005 in COULIBALY, 2010). 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.

Tableau n°01 : Concentration des éléments traces métalliques (ADEME, 1995).

Elément de trace (ETM)	Valeur moyenne observée (mg/kg)	Valeur limite réglementaire (mg/kg) de MS
Cadmium (Cd)	5.3	20
Chrome (Cr)	80	1000
Cuivre (Cu)	334	1000
Mercure (Hg)	2.7	10

Nickel (Ni)	39	200
Plomb (Pb)	133	800
Zinc (Zn)	921	3000
Cr-Cu-Ni-Zn	1220	4000

III-3-Contamination chimique organique et inorganique :

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses. D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels. Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues, une multitude de polluants organiques (HAP, Phenoethalates, PCB, etc.) peut se trouver en concentrations en général de l'ordre de 1g/kg MS (ROULA, 2005).

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des rejets domestiques (utilisation de solvants, déchets de bricolage...). Du fait de la décantation lors du traitement, ces contaminants chimiques se retrouvent dans les boues à de très grandes concentrations par rapport aux eaux usées (ROULA, 2005).

III-4-Les micro-organismes pathogènes :

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

La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine. D'une façon générale, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture (DEROUICHE, 2012).

IV-Propriétés des boues :

IV-1-propriétés physico-chimiques :

IV-1-1- Matière sèche MS et siccité S :

C'est le paramètre principal de la définition de filière et surtout un des plus faciles à mesurer. MS est exprimée en g/L. Rapporté à la masse totale de boue, on l'exprimera en fraction massique S qui correspond à la siccité. Il permet de connaître la quantité de boue à traiter, quel que soit son niveau de concentration dans la filière de traitement (DAROUICHE, 2012).

IV-1-2 Matières en suspension MES :

Si les MS sont faciles à déterminer sur les phases concentrées, il n'en va pas de même sur les phases clarifiées où la procédure de mesure des MES par filtration sur membrane est plus appropriée.

Afin d'écrire un bilan matière rigoureux soit en MS, soit en MES sur une opération de séparation de phase (qui ne sépare que les MES), on reliera les deux paramètres par la relation expérimentale suivante :

MES = MS - [substances organiques et minérales dissoutes]. (JARDE, 2002).

IV-1-3- Indice de boue SVI (Sludge Volume Index) :

Il caractérise l'aptitude à la décantation, et donc ultérieurement à l'épaississement puis à la déshydratation d'une boue issue d'un traitement biologique. Il est à relier indirectement aux MS et MV. (AMADOU, 2007).

IV-1-4 Viscosité :

Les boues fraîches, dont la concentration dépasse rarement 10 à 15 g L, ont un comportement newtonien. Leur viscosité est alors de l'ordre de quelques mPas. Quand la teneur en MS prend des valeurs plus importantes, la boue adopte un comportement généralement rhé fluidifiant, modélisable. (SEDKI, 1995).

IV-1-5- Granulométrie :

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

IV-1-6- Conductivité thermique :

Ce paramètre ne sert que dans le cas d'une modélisation fuie du séchage indirect ou d'échangeurs où des calculs de coefficients d'échange sont nécessaires. (DAROUICHE, 2012).

IV-2- propriétés biologiques :

Les eaux usées contiennent une flore et une faune variée qu'on retrouve en partie dans les boues.

IV-2-1-Les bactéries :

On dénombre de très nombreux types de bactéries dans les boues. Une partie de celle-ci est d'origine fécale et certaines proviennent de porteurs de germes, celles-ci peuvent donc être pathogènes. On peut les classer en quatre classes :

Aérobies strictes, aérobies facultatives, anaérobies facultatives, anaérobies strictes.

Tableau n°02 : différents types de bactéries pathogènes dans les boues. (AMADOU, 2007).

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nombre pour un litre d'eau usée	Les voies de contamination principales
<i>Salmonella</i>	Typhoïde. paratyphoïde. salmonellose	23 à 50 000	Ingestion
<i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
<i>E. coli</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Yersinia</i>	Gastro-entérite		Ingestion
<i>Campylobacter</i>	Gastro-entérite	37 000	Ingestion
<i>Vibrio</i>	Choléra	100 à 100 000	Ingestion
<i>Leptospira</i>	Leptospirose		Cutanée Inhalation Ingestion

IV-2-2-Les virus :

On retrouve des entérovirus, des adénovirus et des réovirus sur les matières organiques solides des boues.

IV-2-3-Les parasites :

On trouve de très nombreux parasites dans les boues d'origine fécale ou tellurique. Ce sont des œufs d'ascaris ou de trichocéphales, de ténia, ou des formes enkystées de trichomonas (BERCHICHE et LADJMI, 2010).

IV-2-4-Les champignons :

Ce sont essentiellement les levures et les saprophytes normalement présents dans l'air, sauf pour certaines qui peuvent le devenir lorsque les conditions sont défavorables, en particulier (*Opportunistic fungi*) par contre, certaines moisissures

sont phytopathogènes et doivent être éliminées avant l'utilisation des boues en agricultures. (Comme par exemple le *Fusarium* ou les dématiés) (BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

IV-2-5-La macro faune :

On trouve dans les boues activées des vers, des insectes, des crustacés et même parfois petites araignées.

IV-2-6-Les algues :

On en trouve peu dans les boues primaires et secondaires, par contre dans le lagunage naturel, une grande partie de boues est constituée de détritrus d'algues.

V- le traitement des boues résiduaires :

Les boues issues de l'épuration des eaux usées se présentent au départ sous forme liquide e avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes qu'elle que soit la destination des boues et imposent la mise en filière des traitements, c'est-à-dire une suite organisée de procédés qui agissent d'une façon complémentaire.

On distingue plusieurs étapes de traitement selon la filière qui agissent d'une façon retenue :

- Les traitements de stabilisation, dont l'objectif est de réduire le pouvoir fermentescible des boues pour atténuer ou supprimer les odeurs.
- Des traitements d'épaississement, conditionnement et déshydratation ; dont l'objectif est de réduire la teneur en eau des boues, visant à diminuer la qualité des boues à stocker et à épandre en eau des boues, visant à diminuer la qualité de boues à stocker et à épandre, ou améliorer les caractéristiques physiques ;
- Des traitements d'évacuation qui visent l'incinération, l'épandage et la décharge (ABDEMEZIAM et TALBI, 2006).

V-1-La stabilisation des boues :

Les traitements de stabilisation utilisés sont de type biologique, chimique ou thermique. Ils s'appliquent aux boues mixtes fraîches, aux boues secondaires ou à l'ensemble des boues.

V-1-1-La stabilisation biologique :

Elle réduit la teneur en matières fermentescibles par la dégradation de la matière organique. Elle se fait soit par digestion aérobie, soit anaérobie.

V-1-1-1-Digestion aérobie :

Il s'agit d'une dégradation de la matière organique obtenue par oxydation biologique, consiste à aérer la boue pendant une période prolongée, fortement influencée par la température et au cours de laquelle les micro-organismes aérobies, placés en phase de respiration endogène dégradent les matières organiques. Cette stabilisation peut se mettre en œuvre en trois façons :

- ➔ Dans le bassin d'aération lui-même, dans le cas des procédés d'aération prolongée ou l'âge des boues est élevée (18 à 20 jours).
- ➔ Dans un bassin spécialement aménager avec les boues en excès ou les boues fraîches (boues primaire et activée).
- ➔ Dans le digesteur aérobie thermophile, ou l'apport important de l'oxygène accélère le processus biologique qui permet de transformer les substances organiques de boue en dioxyde de carbone (CO₂) avec dégagement de chaleur (ABDMEZIAM et TALBI, 2006).

V-1-1-2- digestion anaérobie :

Est un procédé biologique qui se réalise par fermentation mécanique des boues dans des digesteurs en absence d'oxygène. Elle permet une dégradation importante des matières organiques de l'ordre de 40% à 50%.

On distingue deux mécanismes de digestion anaérobie :

- ➔ Une phase de liquéfaction, durant laquelle la dégradation des matières organiques (graisses, glucides, protéines) se fait par des enzymes extra et intra cellulaires sécrétées par certaines bactéries transformées essentiellement en acides volatils (notamment du gaz carbonique).
- ➔ Une phase de gazéification, dans laquelle les bactéries anaérobies transforment ces acides volatiles en gaz méthane (60% à 70%), en gaz carbonique (30% à 35%), en eau et produits ultimes de la digestion (ABDMEZIAM et TALBI, 2006).

V-1-2-Stabilisation chimique :

Elle est obtenue par adjonction de chaux (10% à 50% de la matière sèche) qui, par augmentation du PH au de la de 12, bloque les fermentations, ce qui évite les dégagements des mauvaises odeurs.

Les boues chaulées obtenues sont de structure pâteuse ou solide.

La stabilisation par chaulage connaît un succès et un développement soutenu en raison de son efficacité vis-à-vis de la maîtrise des nuisances olfactives et de l'intérêt des boues pour le chaulage des sols acides (ABMEZIEM et TALBI, 2006).

V-1-3-Stabilisation thermique :

Elle peut être réalisée par :

- Pasteurisation des boues liquides, à une température de 70°C pendant 30 minutes.

La destruction des germes pathogènes est obtenue par ce procédé, à l'exception de quelques espèces (sous forme de spores).

- Séchage thermique partiel ou poussé, à une température de 80 à 100°C.
- Cuisson dans des autoclaves (180 à 200°C) induisant une destruction totale des germes (ABDMEZIEM et TALBI, 2006).

V-2-L'épaississement des boues :

Il a pour objectif de réduire le volume des boues. Il permet de concentrer au maximum des boues (une concentration qui varie de 15 à 100 g/l).

Les divers intérêts de l'épaississement sont détaillés ainsi :

- L'amélioration des conditions de fonctionnement, des performances des digesteurs et augmentation du temps de séjour des boues fraîches dans les digesteurs.
- Réduction du volume des ouvrages de conditionnement et des équipements de déshydratation.
- La création du volume tampon entre les filières eau et boues ; par voie gravitaire.

V-3-Conditionnement des boues :

Il a pour but d'assurer la floculation de la boue pour faciliter le drainage, la filtration ou la centrifugation, ce qui optimise la déshydratation.

Le conditionnement des boues le plus utilisé est soit chimique, soit thermique.

V-3-1-Les conditionnements chimiques :

D'après OUALI, (2000) le conditionnement chimique est réalisé par les réactifs minéraux (sels de fer ou d'aluminium de chaux) ou par les poly-électrolytes organiques synthétiques.

- Le conditionnement par réactif minéraux conduit à la formation d'un floc relativement stable.
- Le conditionnement par poly-électrolytes conduit à la formation d'un floc volumineux assez fragile.

V-3-2-Conditionnement thermique :

Il est adapté aux grandes stations d'épurations équipées de digesteur anaérobies et des installations de déshydratation mécanique par filtres presses.

Cette technique consiste en un échauffement de la boue à une température comprise entre 150 à 210°C pendant un temps de cuisson variant de 30 à 60 minutes, ce qui induit une importante rétention d'eau, de plus de 50% avec une très nette

amélioration de l'aptitude des boues à la déshydratation mécanique (DJAOUANI et FERHAOUI, 2012).

V-4-La déshydratation des boues :

V-4-1-Les lits de séchage :

Procédé largement utilisé dans des stations d'épuration à petite capacité pour des raisons d'hygiène et afin d'éviter les odeurs désagréables.

La boue est introduite dans des bassins peu profonds en contenant des graviers et du sable munis d'un système de drainage. La déshydratation des boues s'opère de deux façons :

Infiltration de l'eau à travers le milieu filtrant et élimination par des drains ou par évaporation.

Le rendement de ces lits dépend de la nature des boues et des conditions climatiques du lieu.

La boue sèche ainsi obtenue contient 50% de la matière sèche et peut être utilisée en agriculture.

Il arrive qu'une végétation s'installe sur les lits de séchage (JAMONET, 1987 in BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

V-5-Pasteurisation des boues :

Elle consiste à maintenir les boues par injection de vapeur à une température de l'ordre de 80°C durant une demi-heure environ, les boues sont désinfectées mais non stérilisées. Cela est insuffisant pour leur utilisation agricole. La stabilisation dans ce cas n'est pas parfaite et les risques de fermentation existent. Les virus sont aussi éliminés par ce procédé (BENTARROUCHE, 2007).

V-5-1-Traitement à la chaux :

La chaux est un hydroxyde de métal bivalent, elle a des propriétés floculantes pour les boues, mais en outre, elle permet une désinfection de celle-ci pour un pH de 11 environ.

L'intérêt de cette stabilisation réside dans le fait que l'on apporte au moment de l'épandage un appoint calcium qui peut être bénéfique pour la culture.

L'inconvénient majeur est le coût de ce traitement ; il faut en effet environ 100g de CaO/ kg de matière sèches. Et pour diminuer les frais, on ajoute souvent du chlorure ferrique qui améliore la floculation des boues et par conséquent, leur aptitude à la filtration (BENTARROUCHE, 2007).

V-6-L'hygiénisation des boues :

En France, d'après l'article 12 de l'arrêté du 8 janvier 1998, « les boues hygiénisées sont des boues qui ont subi un traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes ».

Certains traitements déjà évoqués, réduisent les germes pathogènes contenus dans les boues : le chaulage en élevant le pH au-dessus de 12. Le compostage peut détruire les germes pathogènes par les températures élevées (jusqu'à 70°C) atteintes lors du compostage et la sélection de microorganismes saprophytes (DJAOUANI et FERHAOUI, 2012).

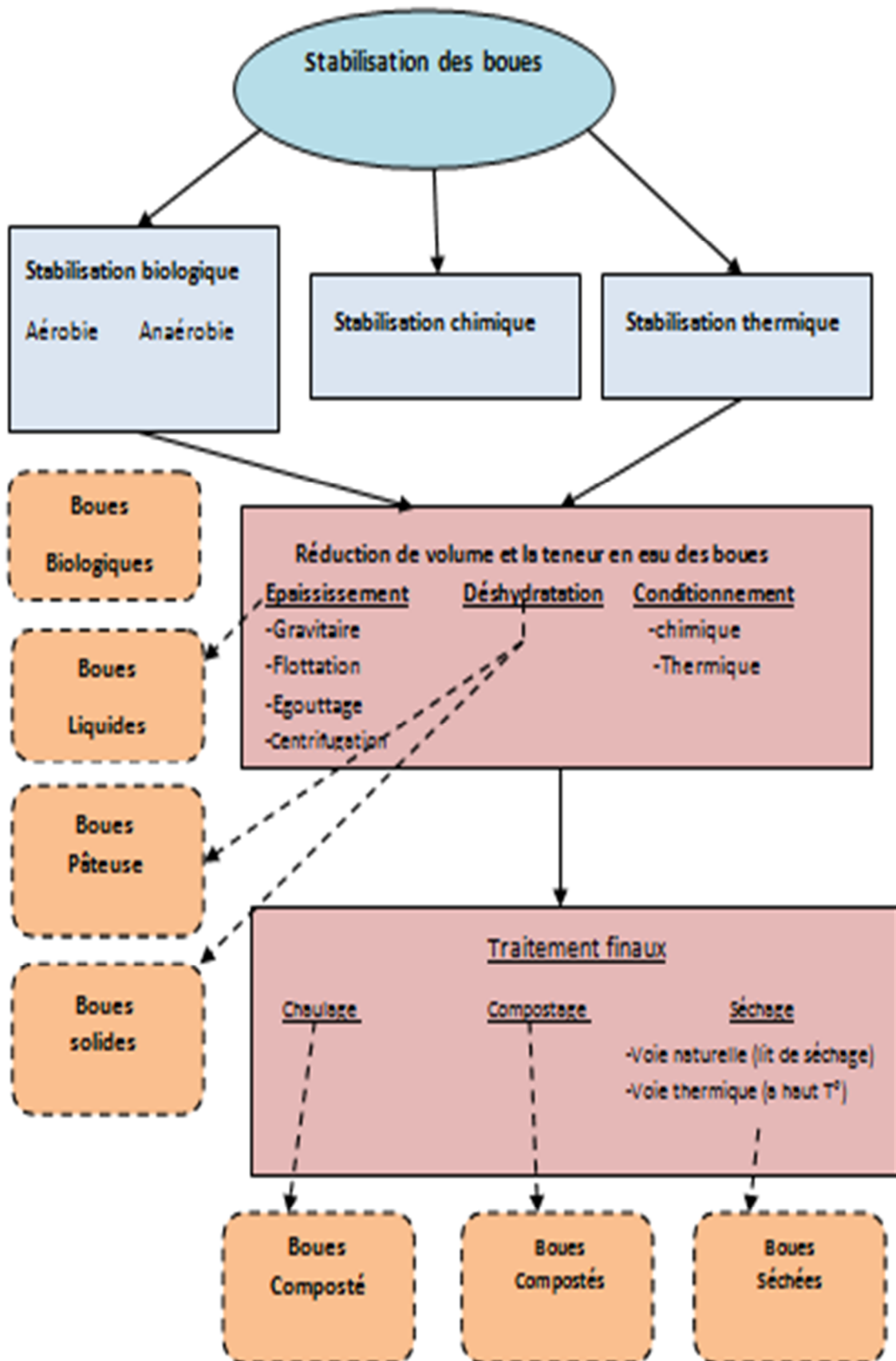


Figure n° : Principaux traitements des boues et désignation des boues obtenues (BENTIRROUCHE, 2007).

VI-Destination des boues résiduaires :**VI-1-Incinération :**

Est la combustion à haute T° (plus de 500C°) des déchets organiques produisant des fumées et des cendres. Dans l'objectif de la valorisation énergétique des déchets la chaleur produite est récupérée sous forme d'électricité et de vapeur d'eau pour le fonctionnement du four lui-même pour le chauffage urbain et industriel (ROULA, 2005).

Les résidus d'incinération (mâchefers) sont utilisables pour les travaux publics, cependant malgré l'intérêt de ce procédé il présente des contraintes principalement liées à un investissement très coûteux.

Les boues seules elles ne sont pas combustibles, elles nécessitent des fours spéciaux et un mélange d'autres déchets tel les déchets ménagers.

Cette technique reste néfaste du point de vue écologique et environnement puisqu'elle contribue au gaspillage de matière organique et la diffusion de gaz très toxiques (NO, NO₂, CO, SO, dioxine...etc.) (ROULA, 2005) qui ont fait l'objet de réglementation spécifique. La directive européenne du 4 décembre 2000 a fixé des concentrations maximales admissibles pour la fumée. Depuis les incinérateurs sont modernisés ou fumés, entraînant des coûts supplémentaires (HACHIMI et BENRABAH, 2008).

VI-2-Mise en décharge contrôlée :

Elle consiste en un enfouissement des boues en tenant compte de certaines conditions tel que le compactage des résidus, récupération et traitement des lixiviats...etc. (ROULA, 2005).

Les boues doivent être préalablement stabilisées et déshydratées (humides de 70%). Cette solution se trouve actuellement interdite pour des raisons financières et pour des problèmes environnementaux et de produits toxiques par les eaux superficielles et contamination des nappes d'eau souterraines (ROULA, 2005). Les décharges doivent recevoir uniquement des déchets ultimes (ROULA, 2005).

VI-3-Utilisation agricole des boues :

Est considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimiques et pour la protection de l'environnement. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique due à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges (AMIR, 2005). Les boues résiduaires peuvent ainsi remplacer ou réduire à l'utilisation excessive d'engrais coûteux (AMIR, 2005).

VI-3-1-Mise en œuvre :

La valorisation agricole peut s'opérer sur les boues liquides ou solides d'une siccité de 6 à 40% de matières sèches.

Le compostage et le séchage thermique sont deux techniques qui modifient profondément la vocation fertilisante des boues, elles modifient également la concentration et la biodisponibilité des autres éléments fertilisants (ABDMEZIEM et TALBI, 2006).

VI-4-1-Le compostage :

Les boues sont généralement mélangées à un substrat (pailles, sciure, déchets vert...), qui leur donne les propriétés d'un amendement organique. Cette méthode permet donc de réaliser l'importance économique.

Le mélange à composter doit comporter une humidité de (50 à 60%) et un rapport C/N optimal de l'ordre de 25 à 30%, avec absence d'éléments toxiques.

Le compost obtenu a une siccité de l'ordre de 65% (ABDMEZIEM et TALBI, 2006).

VI-4-1-Le séchage thermique :

Le séchage des boues déshydratées est une solution intéressante dans l'optique où le produit fertilisant confectionné est particulièrement stérile et a une siccité de l'ordre de 90% et pour des raisons de coût, le séchage se pratique sur des boues déjà déshydratées mécaniquement.

Les sécheurs utilisés sont de deux types ; direct et indirect :

-Le sécheur direct : met le produit organique en contact avec les fluides sécheurs, ce qui nécessite la mise en place des installations de traitement de l'air sécheur vue l'importante émission d'odeurs

- Le sécheur indirect : où les installations de désodorisation ne sont pas nécessaires du fait de l'absence de contact entre la boue et le fluide sécheur. (ABDMEZIEM et TALBI, 2006).

VII-Autres modes d'élimination des boues :

VII-2-La méthanisation des boues :

Le biogaz produit de la stabilisation anaérobie des boues et une manière de valoriser l'énergie produite par leur traitement. Les intérêts de la minéralisation des boues consistent à :

Réduire le volume et de produire de l'énergie (ABDMEZIEM et TALBI, 2006), par rapport aux autres secteurs de méthanisation des déchets organiques, le secteur de boue est celui qui produit le plus d'électricité et qui, à la fois le plus prometteur.

VIII-Autres filière en développement :

D'autres voies de valorisation/ d'élimination sont à l'étude : la gazéification, la pyrolyse, l'oxydation par voie humide, l'introduction dans les matériaux de construction...etc.

*Chapitre II : Valorisation
agricole des boues
résiduelles par épandage*

I-Intérêt agronomique des boues d'épuration :

En générale les boues d'épuration sont utilisées en agriculture comme engrais c'est-à-dire comme un produit capable de fournir aux cultures des éléments nutritifs nécessaires à leur croissance et à leur développement ; en outre certaines boues d'épuration compostées ou traité à la chaux peuvent jouer un rôle d'amendements ce qui signifie qu'elles permettent d'entretenir ou d'améliorer la structure du sol, son activité biologique ou, encore de contrôler son acidité (MANI, 2005).

L'effet direct de la matière organique contenue dans la boue reçoit une amélioration des propriétés physico-chimiques des sols, augmentation de la capacité d'échange cationique, amélioration de la perméabilité, stabilisante des agrégats et la densité. Certaines expérimentations ont montrées qu'une amélioration de la perméabilité et de la stabilité structurale serait obtenue après un apport de 10 T/ha de matière sèche de boue ceci pendant plusieurs années (MANI, 2005).

I-1-Apports des boues en éléments fertilisants :

Les boues résiduairees sont bien hétérogènes en fonction de leurs origines, la nature de pollution initiale de l'eau et des procédés de traitement (MANI, 2005).

Toutes les boues d'épuration municipales contiennent de l'azote et du phosphore, par ailleurs certaines boues peuvent avoir des propriétés proches des amendements basiques (boues chaulées) ou, des amendements organiques (boues compostées).

Tableau n°03 : composition générale en éléments fertilisants des boues urbaines des stations d'épuration

Matière sèche (MS)	2 à 9% selon la siccité
Matière organique	50 à 70 % de MS (30% si boue chaulée)
Azote	3 à 9% MS
Phosphore	4 à 6% de MS
Potasse	< à 1% de MS
Magnésie	< à 1% de MS
chaux	4% à 8% de MS (25% si boue chaulée)
Carbone/ azote	5 à 12 %

I-2- Boue utilisées comme amendement :

Les amendements agissent sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol pour mettre les cultures dans les meilleures conditions de croissance et obtenir un rendement optimal (ABDMEZIEM et TALBI, 2006).

I-2-2- Amendement basique :

Anciennement appelés calcique et /ou magnésiques, sont utilisés pour réduire l'acidité des sols.

Ils réduisent aussi la battance des sols limoneux et améliore la structure du sol (ABDMEZIAM et TALBI, 2006).

I-2-3- Amendement organique :

Ils sont utilisés pour entretenir et corriger la teneur d'un sol en matière organiques stables (humus), améliorer sa structure et perméabilité, augmente sa rétention pour les nutriments et l'activité des microorganismes (ABDEZIEM et TALBI, 2006).

I-3-Pratique d'utilisation agricole des boues :

I-1-La Sylviculture :

Les produits de la sylviculture n'entre pas dans la chaîne trophique de l'homme, ce qui constitue un élément favorable à l'emploi des boues. Certains arbres (Robinier, par exemple) semble un élément réagissent remarquablement à un apport de boues. Cependant certains craignent le calcium (châtaigner, bouleau, pin maritime) on est sensible au chlore contenu dans les boues (MANI, 2005).

I-2-Prairies :

Les pâtures ne se prêtent qu'imparfaitement à l'épandage des boues car le bétail broute les herbes jusqu'àuprès du collet, ce qui oblige prendre des précautions pour éviter une contamination par les pathogènes. Par contre sur les prairies de fauche (cultures fourragères) le problème est moins contraignant.

I-3-Cultures légumière :

Certaines plantes telle que la laitue et la tomate sont en effet susceptibles d'accumuler considérablement le calcium, et l'épandage des boues sur les légumes consommés crus est proscrite. On ne peut donc pas compter sur la ceinture maraichère des villes pour réutiliser leurs déchets.

I-4-Céréales à paille :

Ces cultures conviennent bien à l'emploi des boues, car les polyvalents restent essentiellement dans l'appareil végétatif et passe peut dans les graines. Il faut cependant éviter les apports d'azote excessifs susceptibles de provoquer des phénomènes de verse.

I-5-Plantes sarclés :

Le Maïs valorise bien les quantités d'azote assez élevée et semble résisté aux métaux lourds mieux que d'autres végétaux.

Toutes fois la vitesse de minéralisation des boues dépend de l'influence des conditions climatiques sur la minéralisation des boues rend en partie aléatoire la quantité d'azote minérale présent dans le sol.

:

II-Effet d'application des boues résiduelles sur le sol et le végétal :

II-1-Effet des boues sur le sol :

II-1-1- Effet des boues sur l'acidité biologique du sol :

L'apport des boues sur le sol stimule son activité biologique.

II-1-2- Effet sur la stabilité structurale :

Les boues ont un effet plus durable sur la stabilité structurale d'un sol que celui d'un engrais vert et moins que celui d'un fumier.

La richesse des boues en matière organique influe sur la capacité de relation en eau des sols amendés. (MOREL JACIQUIN, 1978 in BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

II-1-4-effet sur les éléments chimiques :

Les apports de boues enrichissent les sols en azote totale (BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

L'application des boues accroît la teneur des sols en phosphore assimilable qui serait progressivement fixé dans le sol (BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

Des études sur des essais agronomiques de longue durée avec épandage à des doses élevés de boues contaminés ont mis en évidence une augmentation importante de la teneur en ETM dans les sols (AMIR, 2005).

L'incidence des ETM sur les micro-organismes du sol a fait l'objet de nombreux travaux (AMIR, 2005). Il ressort que la présence de certains métaux dans le sol peut se traduire par une diminution de la biomasse microbienne, une réduction de l'activité respirométrique et du taux d'adénosine triphosphate (ATP).

Des risques sanitaires liés à la présence des germes pathogènes sont à prendre en considération, le pouvoir épurateur du sol à des limites.

II-2-Sur les végétaux :

A l'intérieur de la plante les métaux lourds s'accumulent dans les organes végétatifs et les tissus âgés (POMMEL, 1979).

Selon (ROULA, 2005), le cadmium ne présente pas de risque s'il se trouve en petite quantité (1% environ) contrairement au zinc.

III-Epandage des boues d'épuration :

Se fais sur terres agricoles, il s'agit de la voie privilégiée pour le recyclage des boues d'épuration depuis 1975 en raison de l'intérêt agronomique de celle-ci.

III-1-Conditions d'épandage :

- ➔ D'abord, effectuer une étude du milieu récepteur (ABDEMEZIEM et TALBI, 2006)
- ➔ Faire analyse de la conformité des boues ainsi que le suivi de leur valeur agronomique.
- ➔ Etablir un plan d'épandage et effectuer un suivi des sols et des parcelles de référence (ABDEMEZIEM et TALBI, 2006).

III-2-Périodes d'épandage :

L'épandageselon les types de cultures, l'occupation des sols, leur accessibilité et les risques de lessivage, la réglementation française prévoit deux grandes périodes d'épandage :

- ➔ Le printemps : de mars à avril
- ➔ La fin de l'été : d'aout à octobre. (DAROUICHE, 2012)

III-3-Surfaces d'épandage et distances a respecté :

Les boues ne doivent ni être épandues ni stockées à :

- ➔ Moins de 35 mètre des puis, forages, cours d'eau, sources et tous points d'eau ; distance portée à 100 mètres si la pente du terrain est supérieure à 7% et 200 mètres dans le cas de boues non solides ou non stabilisées ;
- ➔ 5 mètres au moins des berges des cours d'eau dans le cas des boues stabilisés et enfouies dans le sol immédiatement après l'épandage à condition que la pente soit inférieur à 7% ;
- ➔ 100 mètres au moins des habitations et des zones de loisirs ainsi que tous lieux publics, sauf dans le cas de boues hygiénisée, stabilisées et enfouies immédiatement ;
- ➔ 500 mètres des zones conchylicoles ;
- ➔ 3 mètres des routes et des fossés.
- ➔ Selon l'importance de la qualité de boues produites, les surfaces nécessaires à l'épandage doivent être recherchées dans un périmètre bien grand.(DAROUICHE, 2012)

III-4-Difficultés rencontrés par la filière d'épandage :

II-4-1-Peurs alimentaires :

Les préoccupations environnementales et sanitaires de l'opinion publique et l'inquiétude légitime sur les risques concourus constituent un obstacle pour cette filière.

III-4-2-Nuisances olfactives :

L'épandage des boues liquides est le plus malodorant.

Le compostage est un moyen de maîtrise des odeurs et de changer les gadoues en de conventionnels terreaux.

III-4-3-freins de la part des agriculteurs :

La pression de l'opinion publique pourrai retenir sur la motivation des agriculteurs. De plus, certaines industries agroalimentaires n'acceptent aucun produit agricole issu de terres ou des boues ayant été épandu.

IV-La réglementation des boues d'épuration urbaines :

IV-1-Au niveau de l'union européenne :

La directive n°86/278/CEE du 18 juin 1986 relative à la protection de l'environnement définit les pratiques d'utilisation agricole des boues d'épuration municipales.

IV-1-1-Les principales mesures de la directive:

- Interdiction de l'utilisation des boues lorsque la concentration en un ou plusieurs métaux dans le sol dépasse les valeurs limitent fixées dans la directive (86/278/CEE)
- Obligation d'utilisation de boues traitées.
- Interdiction de l'utilisation des boues sur les herbages moins de trois semaines avant le pâturage ou la récolte des cultures fourragères ainsi que l'utilisation des boues pendant la période des cultures maraichères et fruitières en contact du sol et ce pendant les 10mois précédant la récolte elle-même.
- Les méthodes de contrôle et analyses sont décrites par la directive.

Depuis 1998, la commission envisage de réviser la directive 86/278/CEE en proposant des valeurs limites en ETM dans les boues.

IV-2-1- Grands axes de la nouvelle réglementation en France :

- Définition de l'origine et des caractéristiques de boues.
- Un programme prévisionnel et un bilan annuel de l'épandage.
- Un bilan agronomique annuel, quantitatif et qualitatif est obligatoirement rédigé par le producteur de boues à destination du préfet, pour la validation et contrôle.
- La tenue d'un registre d'épandage (traçabilité).

IV-3-Aux états unis :

La réglementation relative à l'utilisation agricole des boues d'épuration est décrite dans le code de la réglementation fédérale, partie 503 du 19 février 1993.

L'agence de protection de l'environnement (l'EPA) est responsable de l'étude de l'influence des boues d'épuration appliquées en agriculture et tient une opinion favorable au recyclage agricole. (BERCHICHE et LADJIMI, 2010).

IV-4-En Algérie :

✚ L'agriculteur se limite à l'épandage des boues dans les cultures céréalières, arboriculture et plantes ornementales.

✚ En l'absence d'un cadre réglementaire, la valorisation agricole des boues reste au stade expérimental.

Les lois et décrets régissent la réglementation en matière de valorisation des boues en Algérie sont comme suit :

✚ Loi n°2001-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets qui oblige à trouver une solution au devenir des boues de STEP.

Décret exécutif n°2006-104 de 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets qui classifie les boues de STEP comme des déchets spéciaux voire même dangereux en cas de présence des eaux d'origine industrielle (BERCHICHE et LADJIMI, 2010)



Chapitre III :
Les grignons d'olive

I- Les grignons d'olives :**I-1-Les principaux sous-produits d'une huilerie :**

- ✚ **Le grignon brut :** C'est le résidu de la première extraction de l'huile par pression de l'olive entière. Ses teneurs élevées en eau et en huile favorisent son altération rapide à l'air libre.
- ✚ **La pulpe d'olive :** c'est la pâte obtenue lorsque le noyau a été séparé de la pulpe, elle est riche en eau et de conservation très difficile.
- ✚ **Les margines :** sont des effluents liquides des huileries obtenues lors de divers processus d'extraction de l'huile d'olive, elles sont séparées de l'huile par centrifugation ou sédimentation après le pressage. La production annuelle dans le bassin méditerranéen dépasse les 30 millions de m³ (BELKEBIR, 2007).
- ✚ **Les feuilles collectées et brindilles :** recueillies près le lavage et le nettoyage des olives à l'entrée de l'huilerie, leur quantité est estimée à environ 5 à 6 kg par arbre.

I-2-Les grignons d'olives :**I-2-1-Définition :**

Les grignons d'olive sont un sous-produit du processus d'extraction de l'huile d'olive composé des peaux, des résidus de la pulpe et des fragments des noyaux. Ils renferment la plus grande partie de la matière sèche de l'olive, alors que les résidus liquides sont dénommés margine (LA ROUSSE, 2008).

I-2-2-Différents types de grignons d'olive :

En plus du grignon brut nous avons :

- **Le grignon épuisé :** C'est le résidu obtenu par déshuilage du grignon brut par solvant.
- **Le grignon partiellement dénoyauté :** Résulte de la séparation partielle des débris de noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation (DJADOUN, 2010).

I-2-3-caractéristiques physiques :

Les grignons bruts renferment la coque du noyau, réduite en morceaux, la peau et la pulpe broyée de l'olive, environ 25% d'eau et une certaine quantité d'huile qui favorise leur altération rapide.

Les grignons épuisés diffèrent essentiellement par une plus faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'ils ont été déshydratés au cours du processus d'extraction. (BELKEBIR, 2007).

I-2-3-caractéristiques chimiques :

La composition chimique de grignons varie en fonction des variétés d'olives triturées NEFZAOU, (1984) in ADJMIA et CHOUCHE ;(2010). Le tableau suivant donne une indication sur cette composition.

Tableau n°04 : Composition chimique indicative de grignons d'olives NEFZAOU, (1984).

Matière Sèche (MS)	Matières Minérales (MM)	Matières Azotées Totales (MAT)	Cellulose brute (CB)	Matières Grasses (MG)
75-80%	3-5%	5-10%	35-50%	8-15%

Les grignons bruts sont pauvres en matières azotées et riches en cellulose brute, ils restent relativement riches en matières grasses.

I-2-4-les différentes filières de valorisation :

La valorisation des sous-produits de l'olivier constitue une source potentielle de revenus complémentaires, elle permet aussi de résoudre en grande partie les problèmes causés par les effluents à pouvoir polluant élevés. Actuellement ces sous-produits sont partiellement perdus pour beaucoup de pays.

La première étape de valorisation des grignons bruts, quand ils ne sont pas destinés à la fermentation, est l'extraction de l'huile résiduelle par solvant. Cette

technique permet la récupération d'au moins 6% d'huile alimentaire appelée souvent « huile de grignons » (ADJMIA et CHOUCHEM, 2010).

Les grignons épuisés constituent, entre autre une matière première pour la production du furfural. En effet, les débris de coques sont assez riches en pentosanes (hydrates de carbone complexes) qui, par hydrolyse, engendrent des pentoses et après dessiccation du furfural. La même réaction produit du méthanol et de l'acide acétique SEKOUR, (2011)

Dans le domaine agricole, les grignons d'olives peuvent être employés comme fertilisant, après avoir subi une prédécomposition ou un compostage pour faciliter sa dégradation et éliminer ses effets phytotoxiques. Par ailleurs, l'analyse de la composition de cendres issus de la combustion des grignons d'olives permet de les utiliser comme un fertilisant (TOPAL, 2003 cité par ADJMIA et CHOUCHEM, 2010).

Mieux encore, ce sous-produit de l'industrie oléicole peut être utilisé en tant qu'aliment pour bétail. Les grignons épuisés tamisés (sans noyaux), sont de conservation facile et ont une meilleure valeur alimentaire. Ils constituent des réserves alimentaires disponibles pendant les périodes de disette (NEFZOUI, 1984 cité par ADGMIA et CHOUCHEM ,2010).

La fermentation des grignons d'olives en milieu solide par des champignons thermophiles et filamenteux produit une panoplie de composés aromatiques d'intérêt dans les domaines agroalimentaire, cosmétique et même pharmaceutique Tandis que la fermentation anaérobique des lisiers de vaches avec des grignons d'olives produit du méthane à 57 - 65% du biogaz produit. Ce méthane est utilisé comme une source d'énergie pour le chauffage de l'eau (direct) et en production de l'électricité à usage domestique (indirect) (HAMMAD,1999 cité par BELKEBIR, 2007).

La bio sorption des métaux lourds et de phénols par les grignons d'olives est une technologie alternative dans le traitement des eaux usées et de la margine. Cette technique remplace les méthodes conventionnelles qui sont très chères et peu efficaces. Ont conclu que les grignons d'olives ont une capacité élevée de rétention de plusieurs métaux à savoir, le cadmium, le plomb, le zinc, etc. Cela dit, la valorisation thermique des grignons d'olives constitue l'alternative la plus pertinente pour la réduction de ces sous-produits oléicoles. En effet, des procédés thermiques convertissent ces grignons en énergie utilisable sous différentes formes. Les trois principales conversions .thermochimiques des grignons d'olives

couramment développées correspondent à la combustion, la pyrolyse, et à la gazéification. (BELKEBIR; 2007).

En Tunisie, la majeure quantité des grignons d'olives passent par un traitement au solvant afin de récupérer l'huile résiduelle. D'autres filières de valorisation des grignons d'olives sont l'alimentation de bétail et l'utilisation comme combustible dans les huileries (chauffer l'eau).

Les données de la littérature qui décrivent toutes les possibilités de valorisation des grignons sont nombreuses, la figure suivante reprend toutes ces filières.

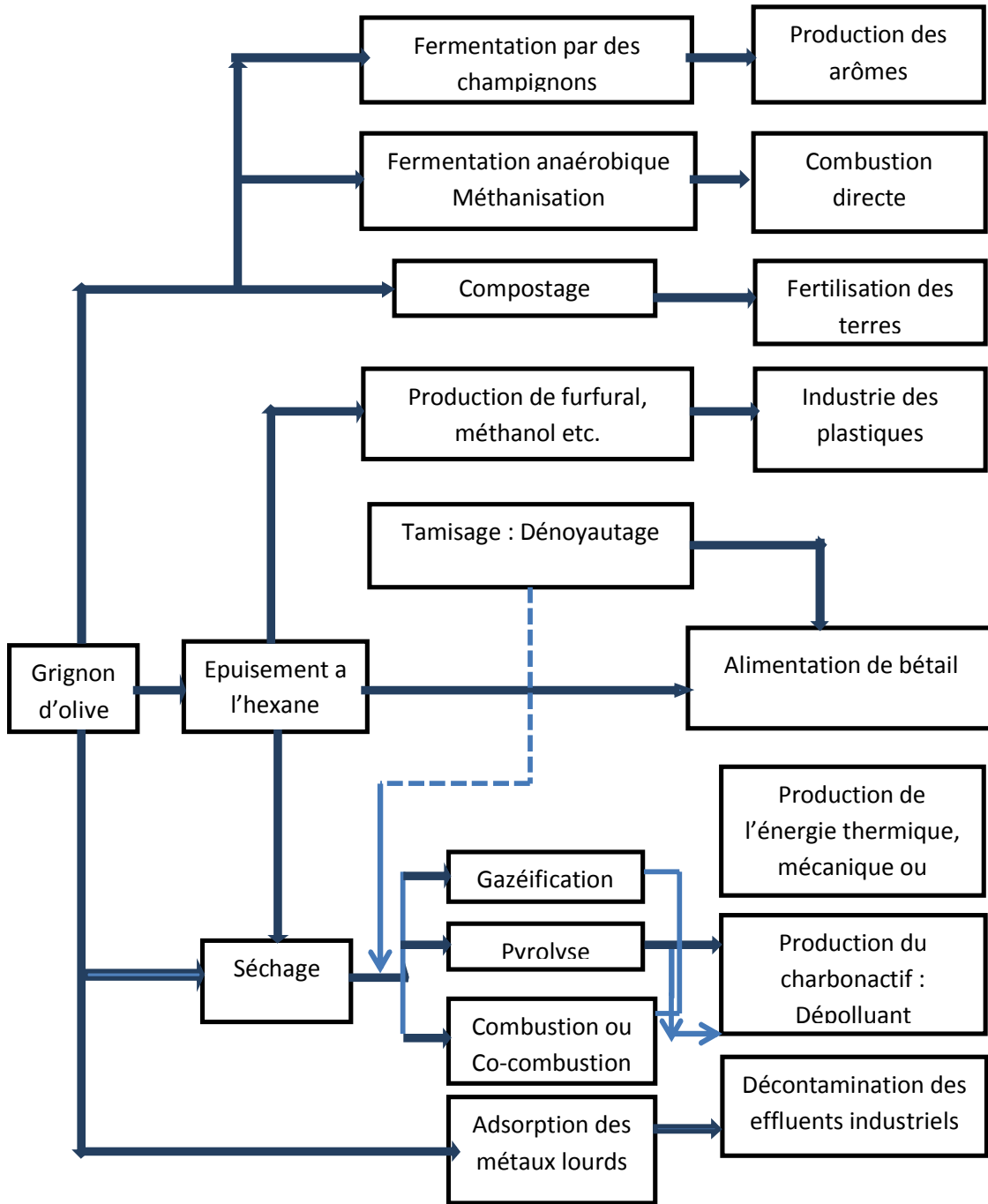


Figure 05: Différentes filières de valorisation des grignons d'olives. ADGMIA et CHOUCHE ;(2010)

I-2-5-Les réglementations environnementales : cas de la Tunisie et de la France.

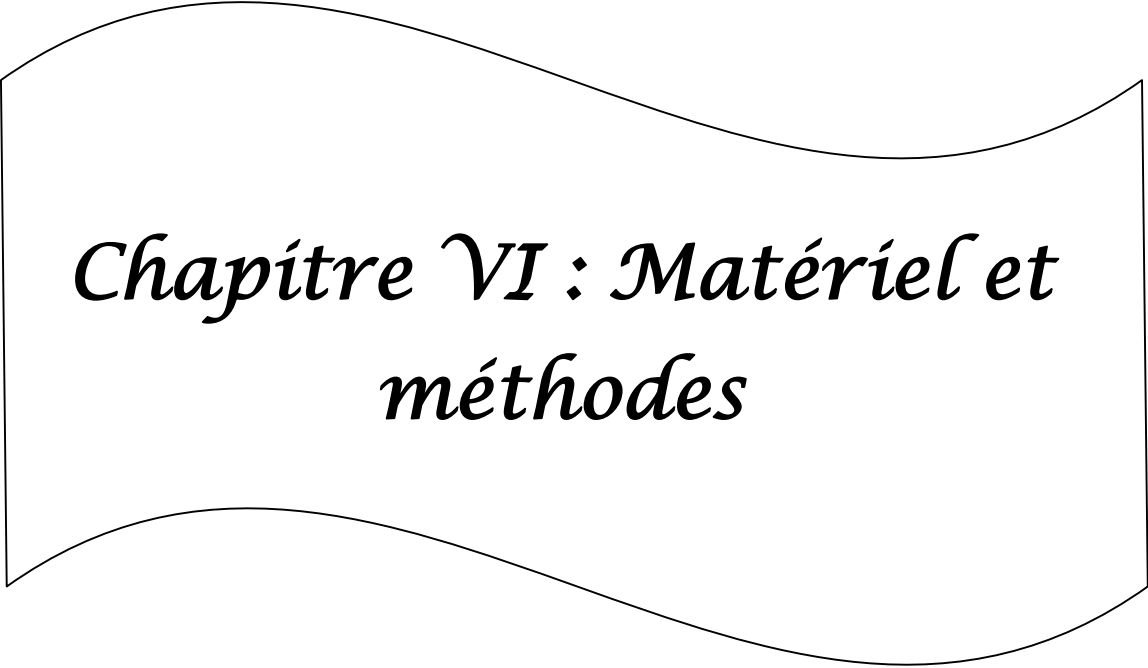
Les quantités importantes de margines et de grignons d'olives ont amené les autorités compétentes à réfléchir sur les moyens d'assurer une meilleure exploitation de ces résidus connus pour leur apport en minéraux, en matières organiques, mais aussi pour leur taux très élevé de salinité et d'acidité. Dans la législation Tunisienne, le rejet de ces déchets « précieux » (à forte valeur ajoutée) dans la nature est interdit afin d'éviter des problèmes environnementaux.

D'après le Décret n°2000-2339 du 10 octobre 2000, ces déchets sont considérés comme déchets dangereux et la loi n°96-41 du 10 juin 1996 dans l'article 7 précise que les opérations de leur élimination par incinération ne doivent avoir lieu que dans des établissements autorisés conformément aux dispositions de la présente loi.

Les grignons et margines bruts sont, dans le règlement des « sous-produits organiques d'origine végétale pour engrais ». La valorisation de ces sous-produits organiques bruts se fait dans le cadre d'un plan d'épandage afin de respecter la réglementation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (moulins de capacité de production supérieure à 200 kg d'olives par jour) **MOUTON;(2012)**. Un contrôle auprès des mouliniers avec incitations financières sur leur élimination / valorisation est exercé par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse. Les grignons et margines Co-compostés avec un support carboné, correspondent, pour le **RCE n°889/2008**, à un « mélange composté ou fermenté de matières végétales: produit obtenu à partir de mélanges de matières végétales, soumis à un compostage ou une fermentation anaérobie en vue de la production de Biogaz ». Ils sont considérés de fait comme des produits conformes à la norme française **U 44-051**, utilisables sans plan d'épandage **MOUTON ;(2012)**.

I-2-6-La valorisation agricole des grignons d'olive :

Les composts de grignons ne sont généralement pas commercialisés, mais utilisés le plus souvent localement par les agriculteurs qui les ont compostés.



*Chapitre VI : Matériel et
méthodes*

I-Matériels utilisés :

I-1-Matériel physique :

I-1-1-Boues résiduaires :

Les boues résiduaires ayant fait l'objet de notre étude proviennent de la station d'épuration Ouest de Boukhalfa, qui traite les effluents domestiques de la partie ouest de l'agglomération de Tizi-Ouzou, et les déverse vers l'oued Sebaou, elle s'étale sur une superficie d'un ha environ et possède une capacité de 25000 équivalents habitants correspondant à un volume d'eau usée traitée de 3750 m³/j. Son principe de traitement est celui d'une épuration biologique à boues activées. Elles sont d'une couleur grise foncée, d'une odeur désagréable. Prélevées d'une façon aléatoire sur l'aire de stockage, celles-ci ont été séchées sous serre. Nous avons soumis l'échantillon de boue à une analyse physico-chimique et microbiologique complétée par une investigation plus poussée portant sur les oligo-éléments (Tab 06).

I-1-2- Les grignons d'olive :

Le grignon d'olive utilisé provient d'une huilerie traditionnelle située à Boukhalfa, il a été produit en 2014 et mis-en tas de compost.

I-1-3- Le sol :

Le sol utilisé provient de la couche arable (0-30cm) d'une parcelle de l'ITMAS. Nous avons soumis un échantillon représentatif de ce sol à une caractérisation physico-chimique (tableau 07).

I-1-4-Le milieu de culture:

Notre milieu se résume à des bacs à lait de type moyen ceux sont des bacs à lait de type moyen d'une superficie de 0,612m² et 15 cm de profondeur, pouvant contenir jusqu'à 13kg de sol, notons que le bac est l'unité expérimentale.



Figure n°3 :image correspondant au milieu de culture (bac) (originelle,2016)

I-2- Matériel biologique :

I-2-1- Végétal :

La culture test est le blé dur (*Triticum durum*) de la variété Vitron d'origine espagnol, de taille haute à moyenne, caractérisée par un cycle végétatif demi- précoce et un tallage moyen.

Cette variété est la mieux adaptée aux régions arides et semi-arides, elle est sensible aux maladies principalement rouille brune et à la verse.

Une photo



Figure n°4 : image correspondant au blé dur (*Triticum durum*) (originelle, 2016)

II-1-Méthodologie :**II-1-1-Dispositif expérimental :**

L'essai expérimental a été mené sous serre à l'ITMAS. Nous avons appliqué :

Trois doses de boues :

$D_1=20T$ /ha correspondant à 232 g/0,116m² (surface du bac)

$D_2=40T$ /ha correspondant à 464 g/0,116m² (surface du bac)

$D_3=80T$ /ha correspondant à 928 g/0,116m² (surface du bac)

Et trois doses de grignon :

$G_1=20T$ /ha correspondant à 116g/0,116m² (surface du bac)

$G_2=40T$ /ha correspondant à 232g /0,116/m² (surface du bac)

$G_3=80T$ /ha correspondant à 464g/0,116m² (surface du bac)

II-1-2-Méthode d'approche :

Ces quantités de boues et des grignons ont été séchées, tamisées et soigneusement mélangées au sol avant de remplir les bacs.

Afin d'arriver à notre objectif de travail nous avons opté pour un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet à 02 facteurs de classification vue que l'expérience s'est déroulée dans des conditions contrôlées à l'intérieur d'une serre.

Pour éviter qu'il y ait l'impact d'une différence de luminosité à l'intérieur de celle -ci qui semblait suivre un gradient, nous avons donc placé nos blocs perpendiculairement à ce gradient.

L'expérience a touché 02 facteurs d'étude à savoir : facteur boue résiduaire et facteur grignons d'olives.

Chaque facteur est divisé en 03 niveaux :

- Dose 1 de boue : 20T/ha
 - Dose 2 de boue : 40T/ha
 - Dose 3 de boue : 80T/ha
- } 1^{er} facteur

- Dose 1 de grignon d'olive : 20T/ha
 - Dose 2 de grignon d'olive : 40T/ha
 - Dose 3 de grignon d'olive : 80T/ha
- } 2^{eme} facteur

L'unité expérimentale dans ce cas et le bac à lait d'une dimension de 37.5 cm × 31 cm (figure 03).

Au total, notre expérimentation a touché **09** objets et un **témoin** d'étude répartis comme suit :

- B1G1
 - B1G2
 - B1G3
 - B2G1
 - B2G2
 - B2G3
 - B3G1
 - B3G2
 - B3G3
- B1** : dose 1 de boue
B2 : dose 2 de boue
B3 : dose 3 de boue
G1 : dose 1 de grignon d'olive
G2 : dose 2 de grignon d'olive
G3 : dose 3 de grignon d'olive

Chaque bloc contient **09** objets plus un **témoin** répartis d'une façon aléatoire en utilisant la table des nombres aléatoire.

II-1-3- description du site d'étude :

Situé à l'ouest de Boukhalfa, l'Institut Technique Moyen spécialisé en Agriculture de Montagne, coiffe 4 wilayas à savoir, Tizi-Ouzou, Bouira, Bejaïa, et Boumerdes .Il fait partis des 13 établissements sous tutelle, du ministère de l'agriculture et de la pêche.

A ca création en 1958, cet institut appelé école pratique de l'agriculture chargé de la formation des agents techniques, implanté sur une superficie de 30 ha.

Notre essai expérimental a été mené sous serre au niveau de l'exploitation.



Figure n°5 : image représentant le site d'étude (ITMAS) de Boukhalfa. (Google Earth, 2016).

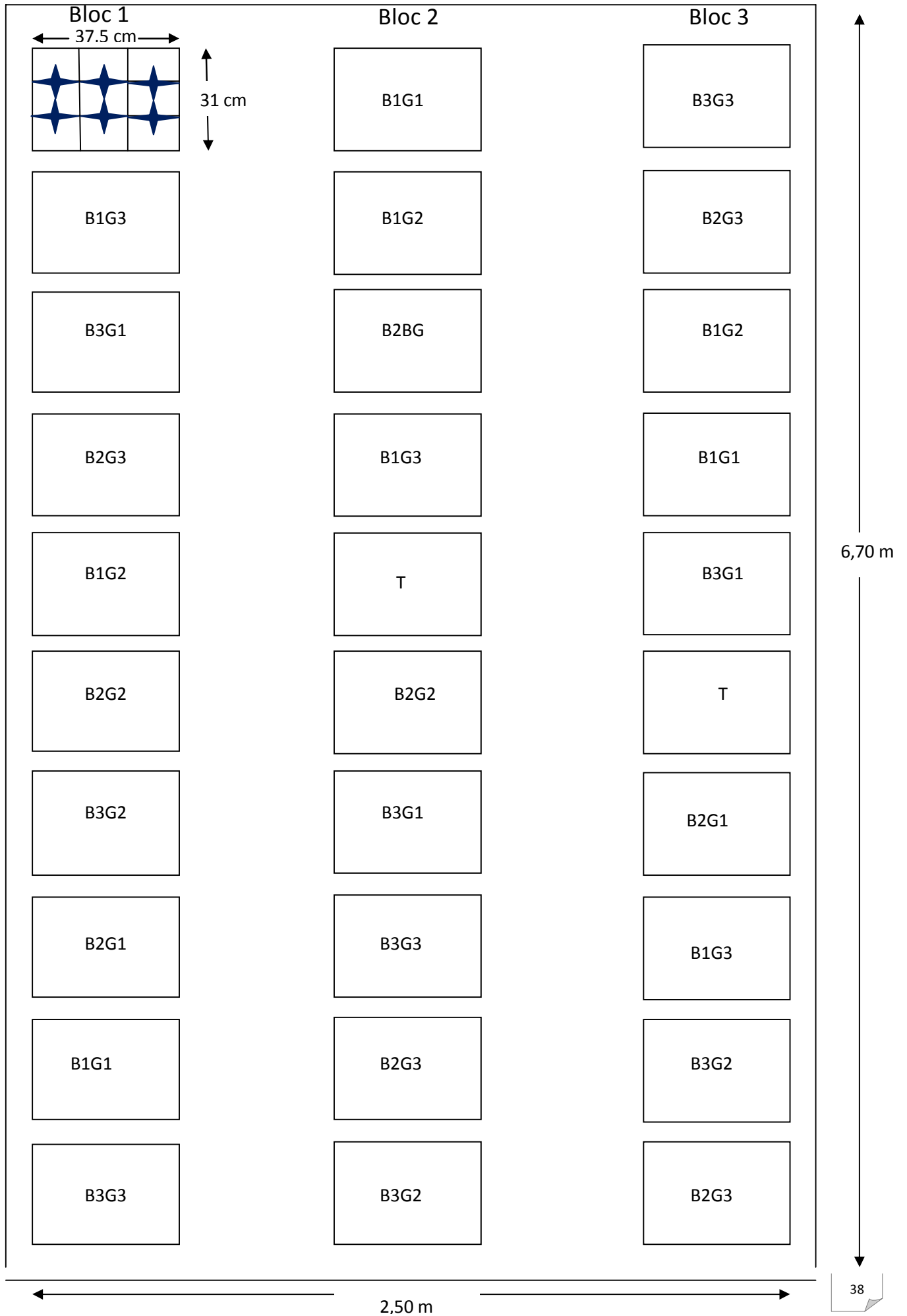


Figure n° 6: dispositif expérimental

★ : Nombre de plants : $3 \times 2 = 6$ plants

G: grignon, B: boue, T: témoin.



Figure n°7: image correspondant au dispositif expérimental mis en place (originelle, 2016)

II-2-paramètres d'études et de suivis :

Les analyses effectuées au niveau du sol, de la boue et du grignon ainsi que les méthodes utilisées sont mentionnées dans le tableau (tab....).

Tableau n°05 : Analyses effectuées pour le sol, la boue, le grignon et leurs méthodes.

Analyses effectuées	Méthodes utilisées
Ph	pH mètre
Humidité hygroscopique	Séchage dans une étuve (105°C pendant 24h)
Conductivité électrique	Conductimètre dilution (1/5) à 20°C
Carbone organique C(%)	Incinération / WALKLEY et BLACK
Matière organique MO(%)	% de carbone x 1.72
Calcaire actif (%)	Méthode de DROUINEAU
Calcaire total (%)	Méthode de BERNARD
Phosphore assimilable P ₂ O ₅ (ppm)	Méthode OLSEN
K ⁺ meg/100g	Spectrophotomètre a flamme
Microbiologie (UFC/ g MS)	Recherche sur milieu solide et liquide

II-2-1-Les analyses physico-chimiques :**II-2-1-1-Détermination de la conductivité électrique :**

La conductivité électrique relate les teneurs en différents sels solubles contenues dans un milieu donné. Ces sels peuvent contenir des ions de sodium, de calcium, de magnésium, de chlore et autres.

Lorsque la concentration en sels est trop élevée, les racines se développent mal et la croissance de la plante est ralentie. On aboutit même à un dépérissement des plantes.

Principe :

On a déterminé la conductivité électrique de la manière suivante :

On procède à la mise de 20 g de terre fine dans un bêcher de 250 ml à laquelle on rajoute 100 ml d'eau distillée et on met le bêcher sous agitation pendant 2 min puis on laisse reposer 30 minutes après filtration et obtention d'un filtrat clair on mesure la conductivité électrique à l'aide du « conductimètre » qui est exprimé en millisiemens/cm (ms /cm) (BENTERROUCHE,2007).

II-2-1-2-Détermination de la matière organique :

La matière organique stable du sol (humus) est issue de la décomposition progressive des résidus de culture, et des végétaux, animaux et autres organismes biologiques vivants dans le sol (acariens, champignons, microfaune, microflore...).

Principe :

La détermination de la matière organique est effectuée, par la méthode de Wally et Black (1934): le carbone organique est oxydé par du bichromate de potassium en milieu sulfurique.

Le calcul du pourcentage de carbone organique se fait par le titrage direct de bichromate de potassium avec la solution de Mohr (sulfate double d'ammonium et de fer).

Le taux de matière organique en pourcentage est évalué de manière approximative en multipliant celui du carbone par 1,72.

$$MO\% = C\% \times 1,72.$$

II-2-1-3-Dosage de calcaire total :

Parmi les différents éléments chimiques qui entrent dans la composition du sol, le « calcaire » joue un rôle essentiel non seulement dans la nutrition des plantes mais encore dans la pédogénèse (DUCHAUFFOUR1965).

Principe

Il est basé sur la mesure du CO₂ dégagé du calcaire (CaCO₃) se trouvant dans 0.5g de terre fine neutralisée par 5 ml d'acide chlorhydrique (HCl). Le dispositif réactionnel est appelé « calcimètre de Bernard » ou « procédé gazométrique ».

Il est composé d'une burette pour la mesure du volume du CO₂ dégagé, d'un tube d'essai pour le HCl et d'un erlenmeyer contenant le sol (BENTARROUCHE, 2007).

II-2-1-4-Dosage de calcaire actif :

Le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Elle correspond peu ou prou à la fraction fine au plan granulométrique (taille des argiles, soit moins de 2 μm). Cette partie du calcaire total correspond plus au moins au calcaire précipité par l'oxalate d'ammonium (5N).

Le dosage du calcaire actif est effectué selon la méthode de **DROUINEAU** (1943). Pour cela, on utilise la propriété du calcium à se combiner aux oxalates pour donner de l'oxalate de calcium insoluble.

L'excès d'oxalate est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique. La réaction na lui qu'à 60 ou 70 °C.

Selon **GANARD** et al. (1988), cet élément est dosé dans les sols contenant plus de cent pour mille de calcaire total (**BENTERROUCHE**, 2007).

II-2-1-5-Détermination du phosphore assimilable :

Principe :

Le phosphore est un des éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux. Il joue en particulier un rôle essentiel dans la mise en place du système racinaire, la photosynthèse et la reproduction du végétal.

Les mesures du phosphore ont été faites par colorimétrie. L'extraction a été effectuée sur le phosphore assimilable selon la méthode Olsen. Cette méthode permet de déterminer le phosphore alcano-soluble extrait par (NaHCO_3) 0.5N à $\text{pH}=8.5$.

Le dosage est basé sur la formation d'un complexe de l'acide phosphorique et l'acide molybdique. Dans un milieu où il y a le phosphore, l'addition de l'acide ascorbique provoque par chauffage une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en ortho phosphate. La lecture se fait au colorimètre à une longueur d'onde de 660 nm.

II-2-1-6-Détermination du pH :

Le pH représente l'acidité du sol. La mesure du pH de la solution du sol rend compte de la concentration en ions H_3O^+ . Ces ions sont en équilibre avec ceux présents à l'état fixé sur les argiles et la matière organique formant le complexe absorbant (colloïdes du sol).

Principe

La méthode la plus exacte pour mesurer le pH d'un sol consiste à utiliser un « pH mètre » électrique qui donne directement la valeur du Ph.

- Préparer dans un bêcher 20g du sol ou boue tamisé.
- Ajouter 50 ml H₂O.
- Faire reposer 30 min
- Faire passer au pH mètre.
- Lecture.

II-2-1-7-Détermination de l'humidité hygroscopique :

L'humidité au champ correspond à la teneur en eau d'un échantillon de sol à un moment donné, notamment au moment où a été réalisé le prélèvement.

Exprimée en pourcentage, l'humidité est obtenue par différence de poids de l'échantillon, après dessiccation à 105 °C pendant 24 heures. Elle est calculée selon la formule suivante :

$$H\% = ((PF-PS)/PF) \times 100 \text{ ou } H\% = ((P1-P2)/P1) \times 100$$

Où:

H : humidité au champ (%)

PF = P1 : poids frais de l'échantillon (avant séchage) (en g).

PS = P2 : poids sec de l'échantillon (après séchage).

II-2-1-8-Aspect microbiologique :

Pour diluer les boues, nous avons préparé une eau physiologique contenant 9ml de NaCl dans 1 litre d'eau distillée.

Cette eau physiologique a été par la suite stérilisée à 120°C dans l'autoclave pendant 10mn.

Des milieux de culture différents ont été coulés dans des boites de pétri pour la confirmation de trois souches de bactéries à rechercher à savoir :

✚ Deux milieux de Roth et de Litesky pour la confirmation (*Entérocoques intestinaux*)

✚ Gélose *Salmonella shigella* (SS) pour la confirmation de *Salmonella shigella*.

✚ Milieux désoxycholate pour la confirmation *Escherichia coli* ;

Une foisensemencées, les milieux de cultures ont été incubés durant 48h à 37°C. La dernière étape concerne le dénombrement.

II-2-1-9Détermination de taux de polyphénols par spectroscopie à UV :

Mode opératoire :

Extraction des composés phénoliques :

L'objectif de cette extraction est de libérer les polyphénols présents dans les structures vacuolaires par rupture du tissu végétal et par diffusion. Ces derniers sont extraits par extraction liquide-solide en utilisant le méthanol comme solvant.

- Prendre 3 pesées de 50g de grignon pour préparer à l'aide d'une balance à 0.0001 de précision.
- Au quel on rajoute 10 ml de méthanol pesée a 80% (80% de méthanol + 20% d'eau distillée) préparé dans une éprouvette de 1L.
- Mettre les échantillons sous agitation pendant : 30, 60, 90 min puis filtrées et récupérées dans un erlenmeyer fermé.

Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols a été effectué à l'aide d'un spectrophomètre à UV visible à une longueur de 760 nm.

Pour s'assurer que les résultats sont fiables, le dosage des composés phénoliques a été réalisé en trois essais, par la suite on a calculé la moyenne des densités optiques mesurées.

Le principe :

Les polyphénols sont doses par la méthode colorimétrique en utilisant le réactif Follin ciocalteu, en se basant sur une gamme étalon (CHARRIER, 2008).

- On prépare la solution du follin ciocalteu FC (2,5 ml de FC+ 25ml d'eau distillée.
- On mélange 0,5 ml de la solution à doser (Filtrat) avec 2,5 ml de FC.
- Dans une éprouvette de 1L on prépare une dilution constituée de 74g de carbonate de sodium quand vient ajuster avec d'eau distillée jusqu'à attendre 1L.
- Après 1min de contact (FC/ filtrat) on ajoute 2ml de la solution carbonate de sodium (NaCO_3).
- On met les échantillons dans des tubes a essai puis dans le bain marie à $T=50^\circ\text{C}$ pendant 5minutes.
- On mesure en suite l'absorbance des échantillons à 760 nm.

La courbe d'étalonnage :

- On pèse 0,5 g d'acide gallique qu'on dissout dans 1L d'eau distillée.
- On prépare 4 solutions filles a partir de la solution mère à des concentrations de (0,06 - 0,12 - 0,2 - 0,28 g/l).

$$\% \text{ Phénols totaux} = (C \times V) / 1000 \times M \times 100$$

C : Concentration en équivalent acide gallique (g/l)

V : Volume de la solution (0,5ml)

M : Poids de l'échantillon à l'état frais (0,05g)

II-3-Les analyses effectuées sur le végétal :

II-3-1-Mesures biométriques :

Les mesures biométriques de végétal ont été réalisées au niveau de chaque bac, pour chacune des doses utilisées et pour le témoin (la hauteur, le nombre de talle, le nombre d'épis, la taille d'épis et le volume racinaire mesuré par différences de volume d'eau dans une éprouvette.

II-3-2-Production végétale :

Un dénombrement manuel des graines a été réalisé pour chaque bac puis ont été pesées à l'aide d'une balance analytique.

III-Chronologie de l'expérimentation :

III-1-Semis :

Les graines ayant servi de semences, proviennent de la CCLS (DBK). Le semis a été effectué manuellement le 10/02/2016 de la même façon pour tous les bacs. Chaque bac a reçu 6 graines de blé dur à profondeur de 2 cm, réparties uniformément sur la surface, une irrigation juste après le semis a été effectuée, pour évacuer l'air compris entre les particules du sol et permettre une bonne germination.

III-2-Le suivi de la culture :

Le suivi de la culture en place a été concrétisé par :

- Le désherbage manuel durant toute la période de culture qui à durer 4mois. Pour permettre à la seule plante test l'exportation des éléments nutritifs.
- Un arrosage à l'eau de robinet a été effectué à l'aide d'un arrosoir au moment du semis, de même, des apports d'eau ont été apportés a raison d'une fois par

Cinq jours durant la levée (mois de février) les rythmes d'arrosage ont été augmentés au cours du mois d'avril et mai vu l'intense besoin hydriques du blé et ce jusqu'au stade ultime du cycle physiologique de la plante.

- Des observations et des mesures quotidiennes ont été réalisées qui consiste en un suivi phénologique (stades : levée, montaison, épiaison et maturation) et en des mesures biométriques du végétal (hauteur, nombre de talles, taille d'épis, nombre d'épis et le volume racinaire).

III-3-Récolte :

La récolte a eu lieu manuellement à la maturité du grain de blé de la totalité des plantes.

Le 22 mai 2016 chaque bac (unité expérimentale), a été récolté séparément. Les graines ont été dénombrées puis par la suite pesées.



*Chapitre IV: Résultats et
discussions*

Les analyses physicochimiques du sol et des boues résiduaires ont été réalisées au niveau des laboratoires commun I et II et le laboratoire microbiologie du département biologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Les résultats sont regroupés dans les tableaux (06 et 07).

I--Analyses des éléments physico-chimiques des boues :

I-1--pH :

Le pH de la boue étudiée est neutre, il présente une valeur de 6,98 qui est comprise entre 4 et 9 ce pH rend les éléments minéraux assimilable pour la plante, il est relativement favorable à toutes les espèces LACHERH, (2000) in KAROUNE, (2008).

I-2-La conductivité électrique (CE) :

Permet d'obtenir une estimation rapide et globale en sels solubles. Celle de notre boue étudiée est de 5,72 ds /m une valeur comprise entre 4,23 et 12,52 ds/m qui indique des sols extrêmement salés MATHIEU et al (2003) in DJAUANI ; FARHAOUI, (2012).

Nous déduiront que notre boue risque de générer un problème de salinité après épandage.

I-3-La matière organique (MO):

Les résultats de l'analyse de la boue ont montré que cette boue est moyennement riche en matière organique avec une valeur de 21,89 % de matière sèche.

D'après la norme AFNOR U44 041 in LACEE, (1985) une valeur de 40 à 65% semble très bonne pour une valorisation de celle-ci en milieu agricole et forestier.

Cette quantité de matière organique pourrait contribuer à l'amélioration de la fertilité du sol et de la vie microbienne, elle joue un rôle important au niveau de l'organisation des particules de la terre.

I-4-Le carbone (C) :

Selon BENMOUFFOK, (1980) les boues d'épuration contiennent surtout du carbone organique d'une quantité de 20 à 32% de matière sèche.

Le carbone organique présente la plus grande partie de la matière organique des boues résiduaires. Dans notre cas, sa teneur est de 16,73% de matière sèche il s'agit surtout de corps microbiens et des produits de leur métabolisme.

I-5-Le calcaire total :

L'analyse du calcaire total est nécessaire pour affiner la caractérisation des constituants du sol et l'amélioration des choix stratégiques en termes de chaulage.

Au-delà de 5% de calcaire total les réserves naturelles de calcium et leur libération progressive par dissolution sous l'effet des précipitations et de l'activité chimique et biologique du sol rend inutile tout retour au chaulage **POUSSET**, (2000) in **ROLA** (2005).

Les analyses montrent que malgré le taux faible en calcaire que contiennent nos boues 7% il y aura comme même une libération de calcium.

I--6-Le calcaire actif :

Le taux de calcaire actif contenu dans la boue étudiée est de 56,48% selon **GAGNARD** et al,(1988) in **DJAUANI ;FARHAOUI**, (2012) le dosage du calcaire actif est réservé uniquement aux échantillons contenant plus de 5% de calcaire total ce qui est notre cas donc nous avons procédé à son dosage. L'excès du calcaire actif du calcaire actif dans notre cas peut nuire à certaines plantes qui peuvent être due à une chlorose ferrique importante pour cette teneur obtenue au cours des analyses.

I--7-Le potassium (K) :

Le potassium est un des éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux. Il joue un rôle multiple dans la plante : échanges ioniques dans la cellule, activation de la photosynthèse, synthèse des protéines **KAROUNE**, (2008).

Sa teneur dans notre boue est de 0,81 ppm son élimination se fait au même temps que l'eau épurée.

Une insuffisance en potassium provoque des chloroses. Et un excès peut induire des déficiences en calcium et inversement, si le potassium est faible, le calcium est élevé. Il est possible que le calcium, le potassium et le magnésium soient en même quantité dans le sol **KAROUNE**, (2008).

I--8- Le Phosphore assimilable P₂O₅:

Le phosphore est pratiquement le plus représenté. Il peut devenir un facteur limitant à l'emploi, à doses élevées (**ABBMEZIEM** et **TALBI**, 2006 ; **BERCHICHE** et **LADJIMI**, 2010).

La quantité retrouvée dans nos boues en cet élément est de 430,5 ppm. Elles sont donc très bien pourvues en phosphore assimilable.

Connaître la teneur du sol en phosphore assimilable est indispensable pour optimiser au plan agronomique et économique la fertilisation complémentaire en fonction des besoins du sol et des cultures et maintenir durablement sa fertilité phosphatée.

Une insuffisance au phosphore provoque un rougissement de la tige du pétiole et des feuilles, suivi de nécrose et une faible croissance des racines, qui se termine par un nanisme général (KAROUNE, 2008).

Un excès donne par contre un jaunissement général et un brunissement des extrémités et des bords des feuilles (BENTERROUCHE, 2007).

Tableau n°06 : Résultats des analyses physicochimiques de la boue étudiée

Paramètre	Boue
pH	6,98
Humidité (%)	2,27
Conductivité électrique (ds/m)	5,72
Carbone (%)	16,73
Matière organique (%)	21,89
Phosphore assimilable (ppm)	430,5
K+ (ppm)	0,81
Calcaire total (%)	7
Calcaire actif (%)	56,48

II-Analyses des éléments physico- chimiques du sol :

- Le pH de notre sol est légèrement basique, il présente une valeur de 7,5 qui est comprise entre 4 et 9 qui est une spécificité des sols agricoles LECLECH, (2000) in DJAUANI ; FARHAOUI, (2012), ce qui rend les éléments minéraux assimilables pour la plante.

- Selon la teneur en calcaire obtenu au cours des analyses qui est de 1.70 %, nous déduisons que notre sol est très faiblement calcaire.

- La conductivité électrique est de l'ordre de 2,12 ds/m ce qui indique que le sol est salé.
- Notre sol est bien pourvu en matière organique 5,19%, cette petite quantité de matière organique est très importante pour le bon fonctionnement du sol.
- Sa teneur en phosphore assimilable est élevée, elle est de l'ordre de 58,65 ppm celle-ci pourrait exercer un rôle bénéfique sur la croissance des racines, la production et le murissement des fruits indispensable au développement du végétale.
- Concernant les anions du sol on note une faible présence de bicarbonates 4Meq/l et de chlorures 1,6 Meq/l et une absence de chlorures. La présence de ces anions du sol est très importante à la vie et au développement du végétal, leur dosage nos permet d'identifier la pauvreté du sol en ces éléments pour les corrigés.

Tableau n° 07: Résultats des analyses physicochimiques du sol étudié :

Paramètre	Sol
pH	7,5
Humidité (%)	4,7
Conductivité électrique (ds/m)	2,12
Carbone (%)	3,02
Matière organique (%)	5,19
Phosphore assimilable (ppm)	85,65
K+ (ppm)	0,4
Calcaire total (%)	1,7
Bicarbonate (Meq/l)	4
Chlorures (Meq/l)	1,6

III-Analyses des éléments chimiques des grignons d'olive :

- Les résultats des analyses chimiques ont montrés que nos grignons d'olives sont riches en carbone avec une teneur de 48,27% de matière sèche, expliqué

par un taux très élevé en matière organique avec une valeur de 83,43% de matière sèche.

- Le taux d'humidité est faible 0.62% expliqué par le séchage des grignons sous serre.

III-1-Les polyphénols totaux :

Le taux de polyphénols totaux présent dans notre échantillon est de 0.48 mg/g de matière sèche. Nos résultats montrent une fraction faible des polyphénols totaux des grignons qui peut être expliqué :

- Par l'usage d'un solvant d'extraction à rendement faible qui est le méthanol comparé aux autres solvants (éthanol).
- Le compostage des grignons d'olive à favoriser la dégradation des polyphénols par les microorganismes du compost.
- Notre grignon provient d'une huilerie traditionnelle qui contrairement à une huilerie moderne produit un grignon à faible taux d'humidité contenant moins de peaux et de margines et de pulpes.

Tableau n° 08 : des différentes concentrations de l'acide gallique en fonction des densités optiques lues au spectrophotomètre (UV).

C (g/l)	0,06	0,12	0,2	0,28
Abs (nm)	1,4	1,75	3,2	4,05

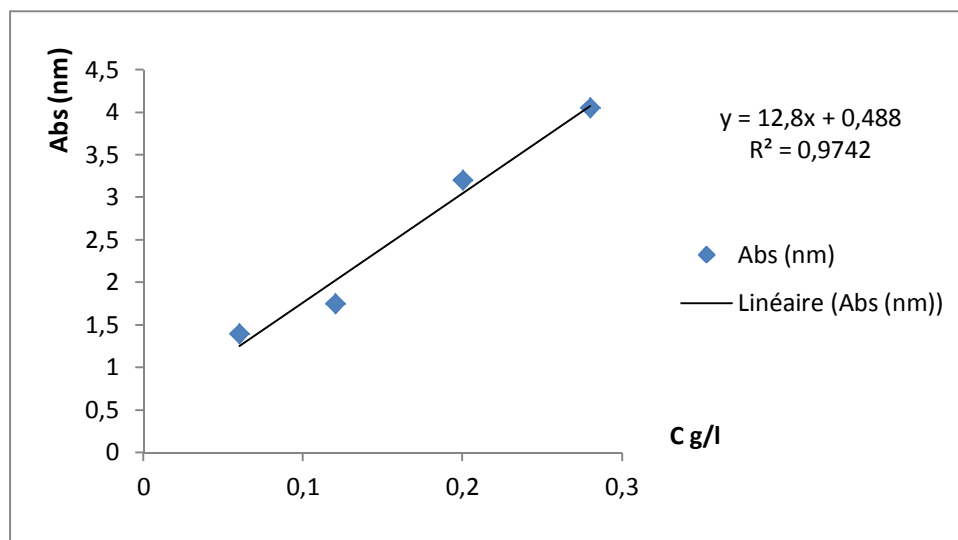


Figure n°08: courbe d'étalonnage avec l'acide gallique à 0.5 g/l.

Tableau n° 09: Résultats des analyses physico-chimiques des grignons d'olives étudiés

Paramètre	Grignons d'olives
Carbone (%)	48,27
Matière organique (%)	83,43
Humidité (%)	0,62
Polyphénols(%)	48

IV-Analyses microbiologique des boues :

L'analyse microbiologique de notre boue étudiée a été effectuée au niveau du laboratoire de microbiologie de l'Université Mouloud Mammeri au département biologie, dans le but de connaître la flore bactérienne contenue dans la boue.

L'étude a été mesurée sur 3 types bactériens: *Escherichia coli*, *Entérocoque intestinaux* et *Salmonella* (sont les plus étudiés dans les boues résiduaires).

- Les résultats révèlent l'absence des deux types bactériens *Escherichia coli* et *Salmonella*.

1/- Le milieu SS (*Salmonella shigella*) sur lequel a été déposé une goutte de boue délayer dans l'eau physiologique n'a rien révélé après 48h d'incubation donc absence de colonies de salmonelles (les colonies caractéristiques de shigella sont incolores).

2/- le milieu désoxycholate (gélose) pour détecter la présence des colonies de *Escherichia coli*. Dans les boîtes d'*Escherichia.coli* il y a eu une apparition de colonies d'aspect peu bombé rouge qui ne ressemble pas aux colonies d'*Escherichia.coli*.

3/-Le milieu Litesky (après l'utilisation du milieu Rothe) pour détecter la présence de colonies bactériennes d'*Entérocoque intestinaux*, après 48h d'incubation nous avons remarqué que les milieux étaient troubles mais l'absence de colonies lisses jaunes avec le point noir au mieux donc on a décidé d'effectuer une coloration de Gram qui permet de mettre en évidence les propriétés de la paroi bactérienne, et d'utiliser ces propriétés pour les distinguer et les classer. Après observation au microscope photonique on a remarqué l'apparition de colonies d'*Entérocoques intestinaux* et de *Bacillus thuringiensis* au stade diplocoque.

D'après nos observations au microscope photonique :

- ✚ Une présence d'Entérocoque avec un nombre de 115×10^4 UFC/g MS a été détectée, donc on ne peut affirmer que notre boues n'est pas saine vue la présence de ces bactéries pathogène opportunistes qui peuvent entrainer un risque de toxoinfection alimentaire (Gastro- entérite, diarrhée, nausée...etc.) ou une contamination pathogène multiple.
- ✚ Une présence de *Bacillus thuringiensis* bactéries naturellement présentes et issues du sol et sont utilisées comme biopesticide dans la lutte contre les insectes.

V-Résultats et discussions des analyses biométriques et statistiques :

Les résultats concernant l'étude de l'impact des différentes doses de boues et des grignons d'olives sur le végétale ont fait l'objet d'une analyse de variance à deux facteur de classification :

Facteur 1 (boue), facteur 2 (grignons). La signification à porter sur 08 variables :

- Hauteur du végétal (cm).
- Nombre de talles.
- Nombre d'épis.
- Volume racinaire (cm³).
- Nombre de graines par épis.
- Taille des épis (cm).
- Poids des graines (g).

L'analyse de variance est généralement la mieux adaptée pour comparer les données expérimentales. Elle test l'égalité des moyennes de plusieurs échantillons. En d'autres termes l'homogénéité des moyennes de ces échantillons, permet ainsi de tester l'effet d'un ou plusieurs facteurs sur les données étudiées et de pouvoir comparer ces différences avec un témoin.

Cette analyse a été réalisée au moyen d'un logiciel (STATISTICA). L'intégration des résultats de nos analyses s'est faite selon les seuils de probabilité suivants :

- Probabilité $\leq 0,05$ —————> différence significative.
- Probabilité $\leq 0,01$ —————> différence hautement significative.
- Probabilité $\leq 0,001$ —————> différence très hautement significative.
- Probabilité $\geq 0,05$ —————> différence non significative.

En outre, le test de NEWMAN et KEULS a été réalisé à l'aide du même logiciel, afin de constituer les groupes homogènes de traitement appartenant à un même groupe donné, lorsque bien sur la différence est significative.

V-1-Impact des doses sur la croissance en hauteur :

L'examen des différents résultats obtenus concernant les moyennes de la hauteur au cours des stades de développement du blé (Tab 10 et Fig 9), révèle une évolution positive de la croissance en hauteur de la plante, selon les doses de boues et des grignons d'olives appliquées au sol.

La boue joue un rôle déterminant dans l'élongation des tiges du fait de sa composition en phosphore et en matière organique qui stimule la croissance des micro-organismes existant dans le sol. Le grignon a aussi le même effet que la boue ou nous avons enregistré une valeur maximale pour la boue B3 avec (57,61 cm) et pour le grignon G3 (59,26) qui représente respectivement une faible croissance en comparant avec les moyennes du témoin (sans apport de boues et de grignon) T=62,67 cm.

Tableau n° 10: Evolution de la croissance en hauteur du blé en fonction de temps pour les différentes doses

Doses Temps	T (Témoin)	B1	B2	B3	G1	G2	G3
Temps 1	8,39	9,64	11,12	12,51	9,97	11,05	11,57
Temps 2	18,9	23,28	22,78	22,98	22,68	23,02	23,88
Temps 3	24,53	30,31	29,26	29,29	30,44	28,64	29,33
Temps 4	27,75	35,48	33,71	31,97	33,45	32,06	34,51
Temps 5	30,33	37,71	36,4	34,99	37,25	34,93	36,97
Temps 6	34,33	45,6	44,56	42,08	45,21	42,97	44,07
Temps 7	38,17	45,91	46,27	45,53	45,85	45,8	46,06
Temps 8	42,17	47,69	46,33	48,49	52,67	46,36	47,52
Temps 9	47,67	51,96	48,4	54,38	53,47	52,79	49,46
Temps 10	57	57,81	58,4	55,49	57,01	65,57	58,9
Temps 11	62,67	59,53	59,08	57,61	58,77	58,86	59,26

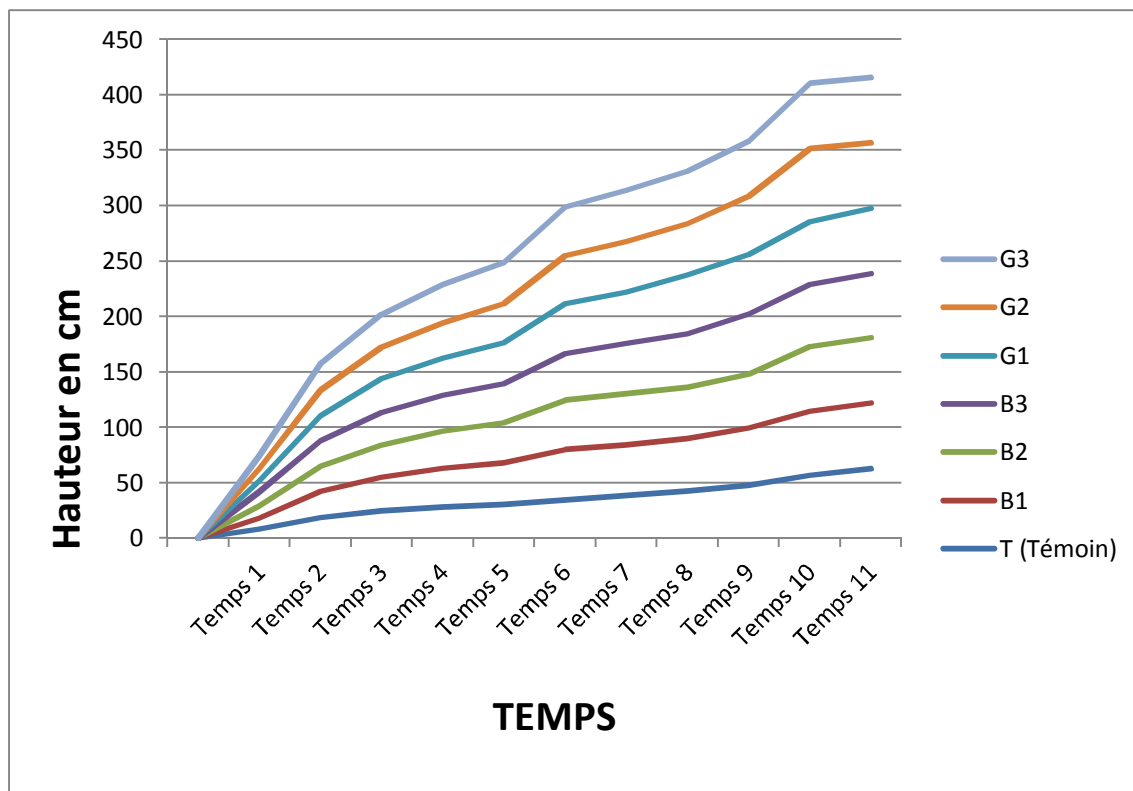


Figure n°09 : variation de la hauteur en fonction du temps pour les différentes doses

Les résultats de l'analyse de variance concernant la hauteur du végétal au cours des 11 prises de mesure (Tab 11), nous montre une différence très hautement significative pour les doses boue avec une probabilité ($P=0.0001$), les grignons ($P=0.0004$) et pas de différence significative pour l'interaction des deux variables.

Par contre le facteur blocs, n'a pas d'effet significative sur la croissance en hauteur du végétal ce qui explique l'homogénéité des conditions de l'expérimentation à un coefficient de variation ($C.V=10.6\%$).

Tableau n°11 : Résultats de l'analyse de variance pour la hauteur en fonction du temps

	DDL	S.C.E	C.M	Test F	Prob	E.T	C.V
Var. Boue	2	1002.03	112.635	2.551	0.0004		
Var. Grignon	9	1495,42	166,16	4,18	0,0001		
Interaction	4	1010.49	149.18	3.021	0.7572		
Var. résiduelle	14	6755,03	158.98			6.30	10.60
Var. Total	29	10262.58					

Le test NEWMAN et KEULS au seuil 5% nous isole deux groupes homogènes (A et B) distingués (Tab 12). Un groupe (A) correspond aux G3, G2, G1, B3, B2, B1 en suite viens un deuxième groupe (B) représenté par le témoin. Ce qui explique qu'il n'y a pas de différence entre les doses des grignons et de boue donc les deux ont le même effet sur la croissance en hauteur des plantes.

Tableau n° 12 : Résultats du test NEWMAN et KEULS.

Modalité	Moyenne	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes homogènes	
T	65,722	2,110	65,588	65,857	A	
G3	59,699	2,110	59,564	59,834		B
G2	59,259	2,110	59,125	59,394		B
G1	59,093	2,110	58,958	59,227		B
B3	58,870	2,110	58,736	59,005		B
B2	58,111	2,110	57,976	58,246		B
B1	57,611	2,110	57,476	57,746		B

V-2-Impact des différentes doses sur le volume racinaire de la plante test

La variation des moyennes du volume racinaires (Tab 13, Fig 10.) nous montre un accroissement positif selon les différentes doses de boue et des grignons d'olive (B1, B2, B3, G1, G2, G3) qui correspond respectivement à 3,21cm³, 3,59cm³, 4,2 cm³, 5,19 cm³, 5,9 cm³, 6,11cm³ et le témoin avec 4,27 cm³.

Tableau n° 13: Evolution de volume racinaire en fonction des doses de boue et engrais

Doses	T	B1	B2	B3	G1	G2	G3
Volume racinaire (cm ³)	3,5	3,79	4,89	5,01	4,09	4,5	4,86

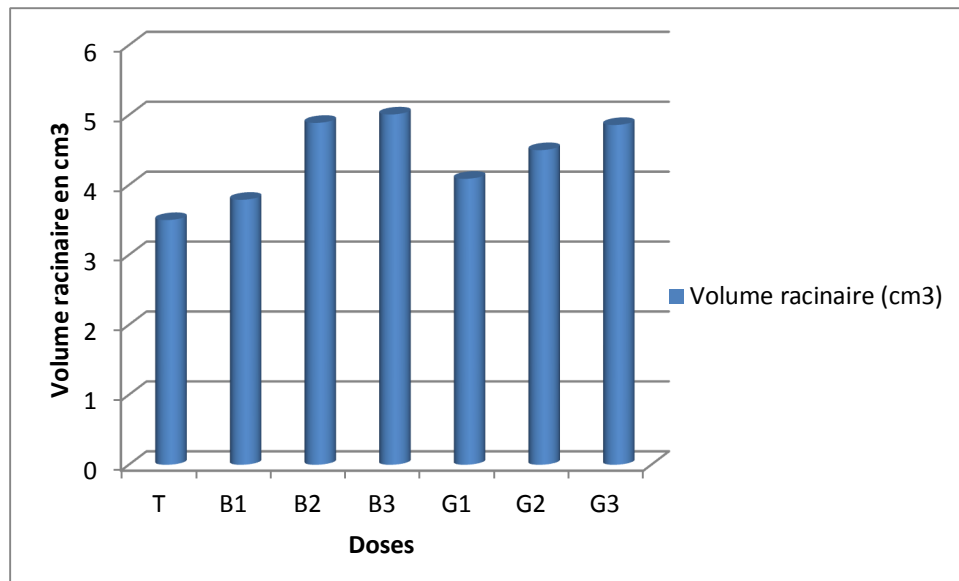


Figure n° 10: Variation du volume racinaire en fonction des boues et engrais.

L'étude de l'analyse de la variance qui correspond à la variable volume racinaire (Tab 14), révèle une différence non significative au seuil de 5% pour les différentes doses (boue et des grignons) et leur interaction.

Par contre, l'effet bloc est non significatif sur la variation du volume racinaire ce qui affirme l'homogénéité des conditions de travail à un coefficient de variation (C.V=19.45).

Tableau n° 14: Résultat de l'analyse de variance pour le volume racinaire

Source	DDL	S.C.E	M.C	Test F	Prob	E.T	C.V
Var. Boue	2	2.879	1.633	1.441	0.3248		
Var. grignons	9	6,489	1,081	3,712	0,6		
Interaction	4	5.132	1.065	2.847	0.8498		
Var. Résiduelle	14	4,079	0,291			1	19.54%
Var. Totale	29	18,579					

Le test NEWMAN et KEULS est non significatif sur la variation du volume racinaire à partir du coefficient de variation (C.V=19.54).

V-3-Impact des doses sur le nombre de talles :

Selon la (figure 11), la variation de nombre de talles en fonction du temps est proportionnelle aux doses de boues et des grignons. La valeur maximale en nombre de talles est enregistrée pour la dose de boue (B3), et celle du grignon (G3).

La valeur minimale en nombre de talles est enregistrée pour le témoin (tableau 15, figure 11).

Tableau n° 15: évolution du nombre de talles en fonction de temps pour les différents traitements.

Doses temps	T (témoin)	B1	B2	B3	G1	G2	G3
temps 1	1,16	1,06	2,4	2,31	2,31	2,33	2,57
temps 2	1,44	2,9	2,83	3,17	2,95	2,97	3,01
temps 3	1,72	3,37	4,05	4,51	3,51	4,14	3,82
temps 4	1,72	4,09	4,75	5,16	4,07	3,7	4,38
temps 5	1,7	4,4	5,05	5,31	4,4	5,05	5,31
temps 6	1,9	4,2	5	5,3	4,1	5,1	5,3
temps7	2,2	5,25	5	5,5	5	5,1	5,5
temps 8	2,2	5,25	5	5,5	5	5,1	5,9

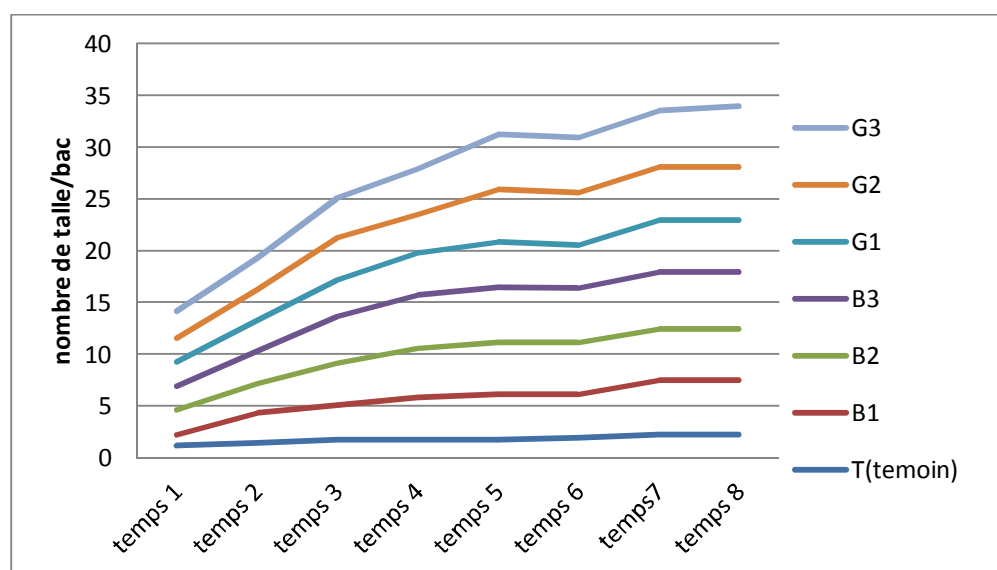


Figure n°11 : variation du nombre de talles en fonction du temps pour les différents traitements.

Les résultats de l'analyse de la variance relative pour ce paramètre (tab 16) révèlent une différence hautement significative au seuil de 5% entre les différentes doses de boue et grignons et pas de différence significative pour l'interaction des deux variables.

L'effet bloc est non significatif sur la variation du nombre de talles ce qui affirme l'homogénéité des conditions de travail a un coefficient de variation (C.V=21.70%).

Tableau n° 16 : Résultats de l'analyse de variance pour le nombre de talles.

	DDL	S.C.E	C.M	F	Prob	E.T.R	C.V en%
Var. Boue	2	45.03	20.095	5.3473	0.0196		
Var. Grignons	9	219.1	24.35	5.4789	0.0102		
interaction	4	102.65	22.09	2.3486	0.2149		
Var. Résiduel	14	169.23	28.03			1.00	21.70
Var. Total	20	535.59					

Le test NEWMAN et KEULS au seuil 5% nous isole deux groupes homogène (**A** et **B**) distingués (**Tab 17**). Un groupe (**A**) correspond aux doses B3, G3, G2, B2, B1, G1 avec les moyennes respectives de (5 talles, 5 talles, 5 talles, 4 talles, 4 talles) en suite vient un deuxième groupe (**B**) correspond au témoin avec une moyenne d'un Talle, ce qui explique qu'il n'y a pas différence entre les doses de boue et des grignons d'olives donc les deux ce comporte de la même façon.

Tableau n° 17: Résultats du test NEWMAN et KEULS.

Modalité	Moyenne	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes	
B3	5,315	0,255	4,557	6,073	A	
G3	5,315	0,255	4,557	6,073	A	
G2	5,056	0,255	4,298	5,813	A	
B2	4,889	0,255	4,131	5,647	A	
B1	4,370	0,255	3,613	5,128	A	
G1	4,111	0,255	3,353	4,869	A	
T	1,721	0,255	0,963	2,479		B

V-4-Impacte des différentes doses sur le rendement de la plante test :

V-4-1-Nombre d'épi par bac :

La comparaison des résultats obtenus du nombre d'épis par bac à la fin de l'expérimentation en fonction des doses apportées (boue/grignon), montrent que la moyenne la plus élevée est obtenue pour la dose de grignon G3 avec une valeur de 24 épis et celle de la boue B3 avec une valeur de 20 épis. Alors que le témoin présente une moyenne relativement faible 14 épis (tableau 19, figure 12).

Tableau n° 19: évolution du nombre d'épis en fonction du temps pour les différentes doses.

Doses \ Temps	T (témoin)	B1	B2	B3	G1	G2	G3
temps 1	0	0	0,33	2	3,3	2	1,6
temps 2	1,2	1,1	1,4	3	5	4	8
temps 3	1,2	4	2	3.2	7	5	12
temps 4	2	7	3,2	5	10	12	15
temps 5	2	7	7	7.33	12,33	16	17
temps 6	7	10	9	9	14	21	22
temps7	11	13	13	15	14	22,33	25,3
temps 8	14	18	18.33	20	17,66	23	24

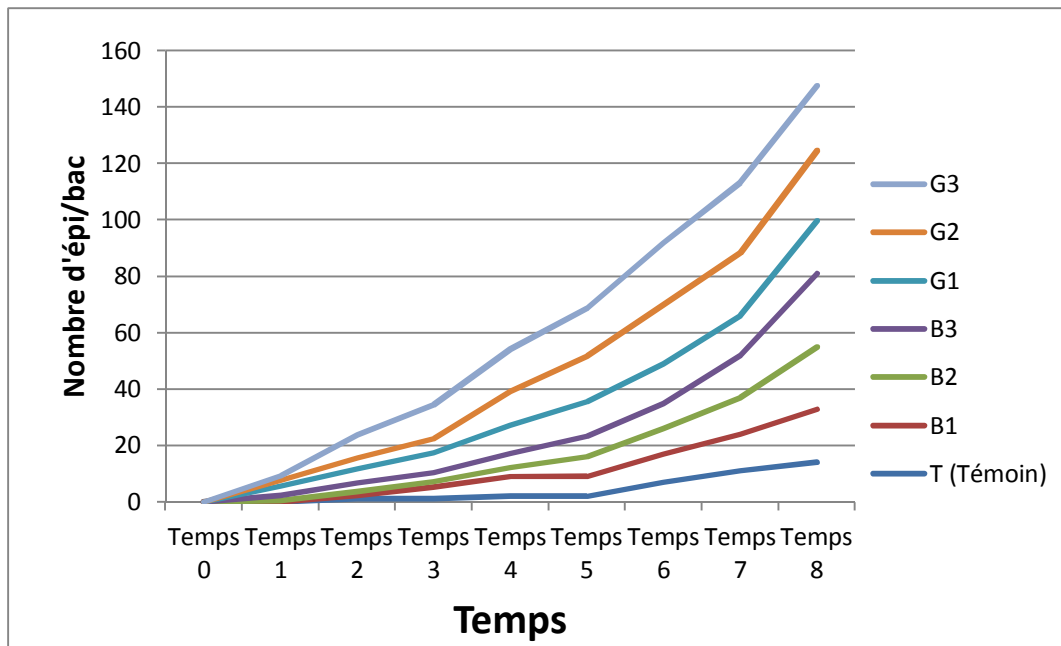


Figure n°12: variation du nombre d'épis/bac en fonction du temps pour les différents traitements.

Les résultats de l'analyse de la variance relative à ce paramètre (tab 19) révèlent une différence très hautement significative pour le facteur grignon, une différence significative pour le facteur boue au seuil de 5 % et pas de différence significative pour l'interaction des deux variables.

L'effet bloc est non significatif sur la variation du nombre d'épis ce qui affirme l'homogénéité des conditions de travail a un coefficient de variation (C.V=15.20%).

Tableau n° 19: Résultats de l'analyse de variance pour le nombre d'épis /bac.

	DDL	S.C.E	C.M	F	Prob	E.T.R	C.V en %
Var. Boue	2	54.3	0,67	3,29	0,031		
Var. Grignons	9	127,81	14,20	69,54	0,001		
Interaction	4	51.36	0.56	3.08	0.559		
Var. Résiduelle	14	225,69	10,20			0,45	15,20
Var. Total	29	463.16					

Le test de Newman et KEULS au seuil de 5% pour la variable nombre d'épis per bac, classe le facteur dose et engrais en trois groupes homogènes (Tab 20.).

- Un groupe **A**, renferme la dose B3 et G3.
- Un groupe intermédiaire **AB** correspondant aux doses B1, B2 et G2.
- Un groupe **B** correspondant à la dose G1 et le témoin.

Ce qui est expliqué par les doses intermédiaires qui ne présentent pas de différence entre elles (B1, B2, G2) et la différence se situe entre B3 et G3 qui correspondent au groupe (**A**) et le (**B**) correspondant à la dose G1 et le témoin.

Tableau n° 20: Résultats du test NEWMAN et KEULS.

Modalité	Moyenne	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (50%)	Groupes	
B3	9,926	2,970	7,869	11,982	A	
G3	9,704	2,970	7,647	11,760	A	
G2	3,870	2,970	1,814	5,927	A	B
B2	3,852	2,970	1,795	5,908	A	B
B1	2,833	2,970	0,776	4,890	A	B
G1	2,648	2,970	0,591	4,704		B
T	1,443	2,970	-0,613	3,500		B

V-4-2-Le nombre de graine par bac :

La comparaison des résultats du nombre de graines/bac (Tab 21, Fig13) obtenues à la fin de l'expérimentation en fonction des doses apportées (boue, grignons) fait sortir que B3 a donné le plus haut rendement en graines 502 graines, suivie respectivement de G3, B2, G2, B1, G1 (465 graines, 379 graines, 346 graines, 339 graines, 251 graines). En fin le nombre de graines le plus faible est enregistrée au niveau du témoin (T) avec 237 graines.

Tableau n° 21 : Evolution de nombre de graines en fonction du temps pour les doses de boues et des grignons d'olives :

Doses	T	B1	B2	B3	G1	G2	G3
Nombre de graines	237	339	379	502	251	346	465

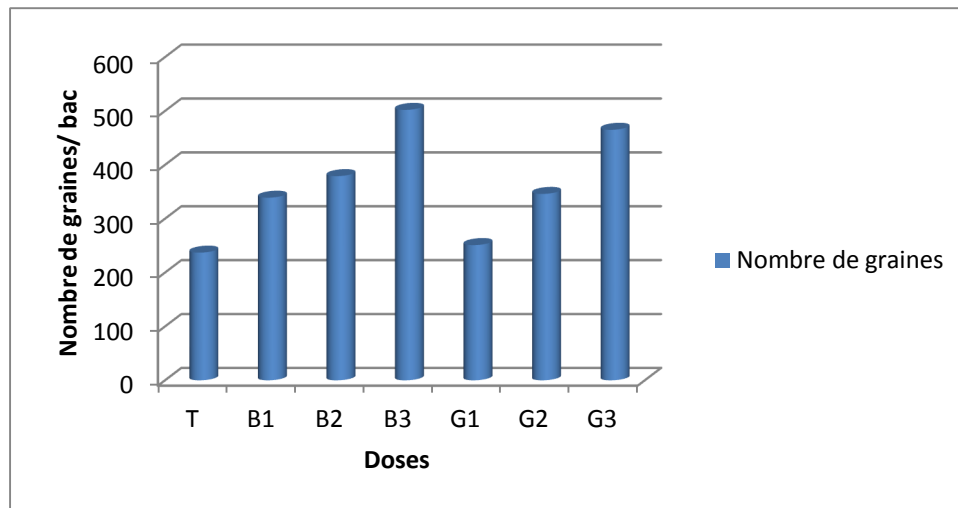


Figure n° 13 : Variation du nombre de graines/bac en fonction de différentes doses.

Selon la figure 13 nous remarquons que la variable nombre de graines, pour la boue et les grignons suivent une allure exponentielle. Cela serait dû au phosphore présent dans la boue qui est de 430.5 ppm et également à celui supposé être présent dans les grignons d'olives qui a agi sur la production des graines.

L'analyse de la variance pour la variable nombre de graines (Tab 22), indique une différence très hautement significatif pour le facteur boue ($P=0.001$), une différence hautement significative pour le facteur grignon ($P=0.01$) et pas de différence significative pour l'interaction des deux doses. Par contre, le facteur bloc est non significatif sur la variation de nombre de graines/bac ce qui affirme l'homogénéité des conditions de travail a un coefficient de variation ($C.V=24.74\%$).

Tableau n° 22: Résultats de l'analyse de variance pour le nombre de graines/bac

	DDL	S.C.E	C.M	Test F	Prob	E.T	C.V
Var. Boue	2	654150.33	186495.00	2.003	0.001		
Var. Grignons	9	744740,97	82749,00	9,72	0,01		
Interaction	4	548630.33	14230.00	1.954	0.645		
Var. résiduelle	14	170290,00	85141,50			92.27	24.74
Var. Total	20	2117811.63					

Le test de Newman et KEULS au seuil de 5% pour la variable nombre de graines par bac, classe le facteur dose et engrais en trois groupes homogènes (Tab 23).

- Un groupe **A**, renferme les doses B1, G3, B2.
- Un groupe intermédiaire **AB** correspondant aux doses B1 et G2.
- Un groupe **B** correspondant à la dose G1 et le témoin.

Ce qui est expliqué par les doses intermédiaires qui ne présentent pas de différence entre elles (B1 et G2) et la différence se situe au niveau du groupe A (B3, G3, B) et le B (G1 et le témoin).

Tableau n° 23: Résultats du test NEWMAN et KEULS.

Modalité	Moyenne	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes	
B3	501,444	34,613	398,407	604,482	A	
G3	465,889	34,613	362,851	568,927	A	
B2	446,667	34,613	343,629	549,704	A	
B1	343,444	34,613	240,407	446,482	A	B
G2	319,444	34,613	216,407	422,482	A	B
G1	251,778	34,613	148,740	354,816		B
T	236,667	34,613	133,629	339,704		B

V-4-3-impact de la production de la plante test (poids moyen des graines)

Afin d'évaluer le rendement de notre culture test, nous avons effectué le calcul du poids moyen des graines en (g), puis extrapolé en (Qx/ha).les résultats ont révélé une augmentation apparente du rendement entre les différentes doses de boues et grignons et qui sont distribués comme suit :

Une meilleure production a été enregistrée pour la dose G3 avec 34.17g soit (29.45 Q/ha). S'ensuit les doses G2, B3, B2, G1 et B1 avec respectivement 29.37g (25.31 Q/ha),28.1g (25.31 Q/ha),26.66g (22.98 Q/ha),25.3g (21.81 Q/ha) et 24g (20.68

Q/ha). La plus faible production a été enregistrée pour le témoin (T) avec 15.17g soit (13.07 Q/ha) (tab.24, fig.14).

Tableau n° 24: Poids moyen des graines pour les différentes doses

Doses Poids des graines	Doses						
	T	B1	B2	B3	G1	G2	G3
En (g)	15,17	24	26,66	28,1	25,3	29,37	34,17
en (Q/ha)	13.07	20.68	22,98	24,22	21,81	25,31	29,45

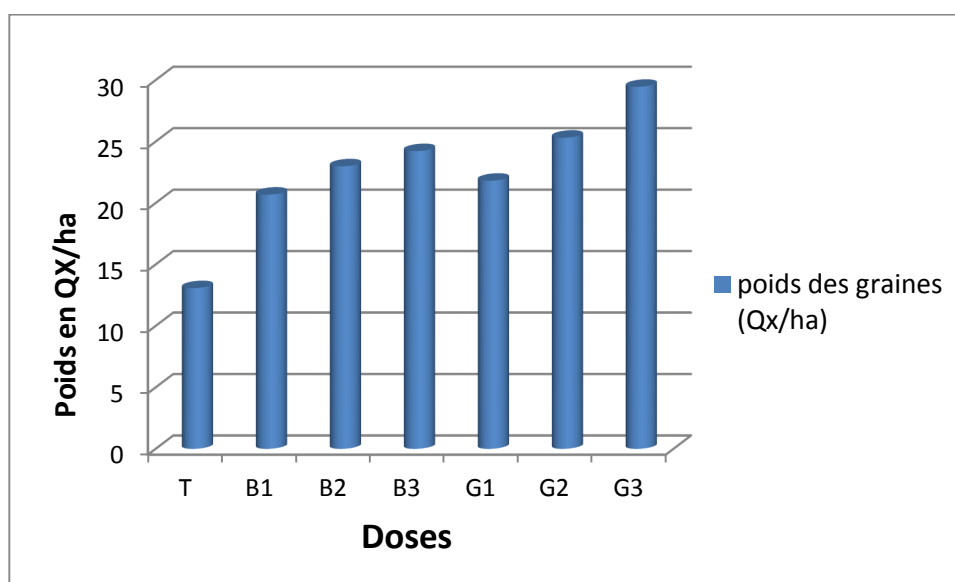


Figure n°14: variation du poids moyen des graines en fonction des doses de boues et grignons

Les résultats de l'analyse de la variance relative à ce paramètre (tab 24) révèlent une différence très hautement significative pour le facteur grignon, hautement significative pour le facteur boue au seuil de 5 % et pas de différence significative pour l'interaction des deux facteurs.

L'effet bloc est non significatif sur la variation du poids des graines ce qui affirme l'homogénéité des conditions de travail a un coefficient de variation (C.V=19.14)

Tableau n° 25: Résultats de l'analyse de variance pour le poids des graines.

	DDL	S.C.E	C.M	F	Prob	E.T.R	C.V en %
Var. Boue	2	40,36	12.51	0.94	0,0198		
Var. Grignons	9	127,81	112.91	8.46	0.001		
	4	38.99	10.38	0.55	0.314		
Var. Résiduelle	14	240	106.34			3.6	19.14
Var. Total	20	447.16					

Le test de Newman et KEULS au seuil de 5% pour la variable poids des graines par bac, classe le facteur dose et engrais en trois groupes homogènes (Tab 26).

- Un groupe **A**, renferme la dose B3 et G3.
- Un groupe intermédiaire **AB** correspondant aux doses B1, B2, G2.
- Un groupe **B** correspondant à la dose G1 et le témoin.

Ce qui est expliqué par les doses intermédiaires qui ne présentent pas de différence entre elles (B1, B2, G2) et la différence se situe entre B3 et G3 correspondant au groupe A et le G1 et le témoin correspondant au groupe B.

Tableau n° 26 : Résultats du test NEWMAN et KEULS.

Modalité	Moyenne	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes	
B3	26,118	0,994	20,459	31,777	A	
G3	22,997	0,994	17,338	28,656	A	
B2	19,434	0,994	13,776	25,093	A	B
G2	19,198	0,994	13,539	24,857	A	B
B1	17,803	0,994	12,144	23,462	A	B
G1	14,445	0,994	8,787	20,104		B
T	8,580	1,721	-1,221	18,381		B

V-5-Impact de différentes doses sur la taille moyenne des épis :

Les résultats concernant la taille des épis sont illustrés par la figure 15. La valeur la plus élevée est enregistrés en B3 avec 14,9 cm suivie par la dose B2, G3 et G2 qui sont respectivement 13.8 cm, 13,79 cm et 13,6 cm en comparaison au faibles valeurs

enregistré au niveau du B1, T(Témoin) et G1 qui sont respectivement 11,38 cm, 11,9 cm et 12,52 cm (Tab 27, Fig.15).

Tableau n° 27 : Taille moyenne des épis dans différentes doses.

doses	T	B1	B2	B3	G1	G2	G3
taille des épis en (cm)	13.89	14	13.92	14.5	13.5	13,42	13,84

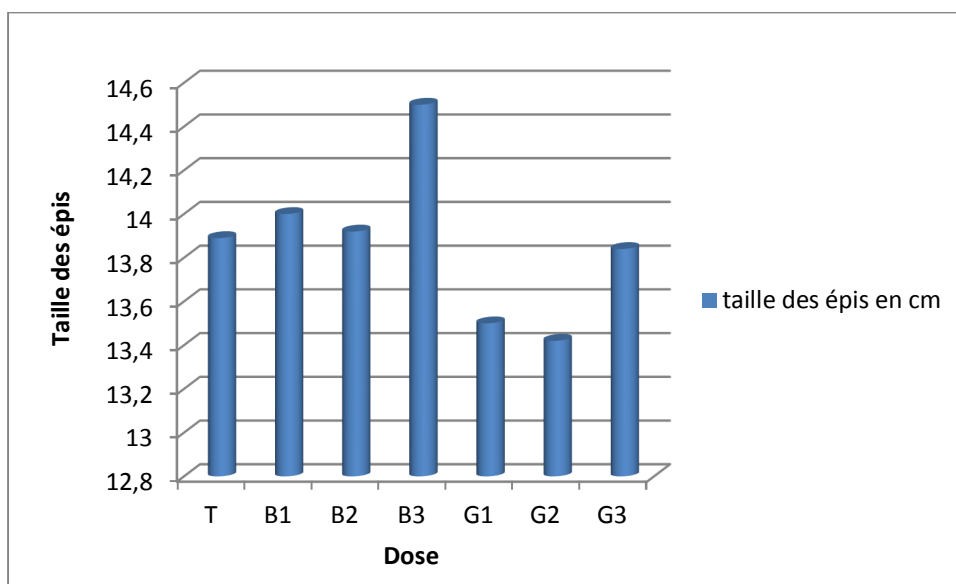


Figure n° 15: variation de la taille moyenne des épis en fonction des doses de boues et grignon.

L'analyse de variance correspond à la variable taille des épis (Tab.28) a enregistré une différence hautement significative au seuil de 5% avec une probabilité ($p= 0.011$) pour les doses de boue, une différence significative avec une probabilité de ($p=0.050$) pour les doses de grignon et pas de différence significative pour l'interaction des deux facteurs.

Par contre l'effet bloc est non significative sur la variation de la taille moyenne des épis (C.V =6.07 %), nous pouvant donc, confirmer l'homogénéité des conditions de l'expérimentation.

Tableau n° 28: Résultats de l'analyse de variance pour la taille moyenne des épis.

	DDL	S.C.E	C.M	F	Prob	E.T.R	C.V en %
Var. Boue	9	40.51	4,50	6,26	0,011		
Var. Grignons	2	1.05	0,52	0,73	0,050		
Interaction	4	1.001	0.32	0.65	0.470		
Var. Résiduelle	18.00	12,94	0,72			0.85	6.07
Var. Total	29,00	55.501					

Le test de Newman et KEULS au seuil de 5% pour la variable nombre de graines par bac, classe le facteur dose et engrais en trois groupes homogènes (Tab 29).

- Un groupe **A**, renferme la dose B3.
- Un groupe intermédiaire **AB** correspondant aux doses B1, B2, G3, G2.
- Un groupe **B** correspondant à la dose G1 et le témoin.

Ce qui est expliqué par les doses intermédiaires qui ne présentent pas de différence entre elles (B1, B2, G3, G2) et la différence se situe entre B3 qui correspondant au groupe A et le B correspondant à la dose G1 et le témoin.

Tableau n° 29 : Résultats du test NEWMAN et KEULS.

Modalité	Moyenne	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)	Groupes	
B3	14,584	0,603	13,522	15,647	A	
B1	13,800	0,603	12,738	14,862	A	B
B2	13,796	0,603	12,733	14,858	A	B
G3	13,759	0,603	12,697	14,821	A	B
G2	12,522	0,603	11,460	13,584	A	B
T	11,900	0,603	10,838	12,962		B
G1	11,378	0,603	10,316	12,440		B

V-6-Discussion :

Les résultats obtenus au laboratoire concernant les caractéristiques et les qualités de la boue résiduaire utilisée ont permis d'établir qu'elle est moyennement riche en matière organique, très riche en phosphore et à faible teneur en bases échangeable (k^+).

Les résultats de l'analyse microbiologique montrent que notre boue n'est pas tout à fait saine vu la présence d'Entérocoques qui dans notre cas serait sans risque sur le blé.

La caractérisation chimique du compost de grignon d'olive utilisée a permis d'établir qu'il est très riche en matière organique (83.43%). Le résultat du dosage des polyphénols totaux contenus dans notre échantillon de grignon composté indique qu'il est sans risques, ni pour l'environnement ni pour la culture. (0.48 mg/g de matière sèche).

En appliquant 3 doses de boue et grignon (20, 40 et 80 T/ha) sur une culture test *Triticum durum* nous avons enregistré une augmentation de 27% de la croissance en hauteur. Nos résultats rejoignent ceux de **GAGNON, (1972) in ROLA, (2005)** qui a réalisé l'épandage des doses de boue sur une plantation d'*Epicea glauca* et qui a enregistré une augmentation de 40% de la croissance en hauteur.

Le volume des racines n'a pas enregistré une différence significative entre les deux traitements où nous avons enregistré presque la même valeur avec 4.37 cm³ en moyenne ceci est due probablement au volume réduit du bac ou d'une croissance aérienne importante au détriment de la croissance racinaire.

L'augmentation du rendement en graines (poids et nombre) et les variables qui lui sont associés (nombre d'épis) ont pour origine les matières fertilisantes que contiennent les boues et grignons. En effet ces deux amendements sont des sources potentielles de matière organique (21% pour la boue et 83% pour les grignons) et d'éléments nutritifs (430.5 ppm de phosphore assimilable pour la boue).

Nos résultats rejoignent ceux de **BERCHICHE et LADJIMI, (2010)** par application des doses (40T/h, 80T/h de boue) qui ont montré des résultats impressionnants soit sur les paramètres morphologiques et la production.

La réponse de la végétation par l'ensemble des variables mesurées par **ATI, (2010)** est très prononcée à la dose 40T/ha de boue. Le même résultat a été atteint dans notre cas mais à la dose de 80T/ha de boues.

D'après les chercheurs de l'Agropole de l'olivier, (projet CFC/IOOC/04 (janvier 2005_decembre 2008) **ANONYME, (2008) in ALAMI, (2011)**, les apports maîtrisés du

compost des grignons constituent une fertilisation adaptée à la croissance de l'olivier, vignes et certaines cultures annuelles, par la fertilisation des sols en augmentant leurs teneurs en matières organiques, et l'amélioration de leurs activités microbiologique. ces résultats viennent affirmer les nôtres, obtenus sur une culture de blé dure (ALAMI, 2011).



Conclusion générale

Quel que soit le système d'épuration des eaux usées et d'extraction de huile d'olive adopté, ils s'accompagnent d'une production de quantités important de boues résiduaires et grignons d'olives qu'il faut valoriser à travers une transformation secondaire.

Plusieurs filières existent pour l'élimination de ces déchets, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation et de l'origine des boues.

Les résultats obtenus tout au long de ce travail nous permettent d'affirmer que les boues résiduaires et grignons d'olive provenant de Boukhalfa peuvent être valorisés. Leurs caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques leur acquièrent un potentiel d'utilisation, comme un substrat organique afin d'enrichir le sol.

L'apport de boue et compost de grignon améliore tous les paramètres de croissance étudiés, à savoir la croissance en hauteur, le nombre de talles, d'épis et le rendement du blé dur. La réponse de la végétation par l'ensemble des variables mesurées est très prononcée à la dose 80 tonnes de boues /hectare.

L'application des deux amendements à des proportions bien déterminées nous a permis d'augmenter la Biomasse aérienne du blé dur et sa productivité.

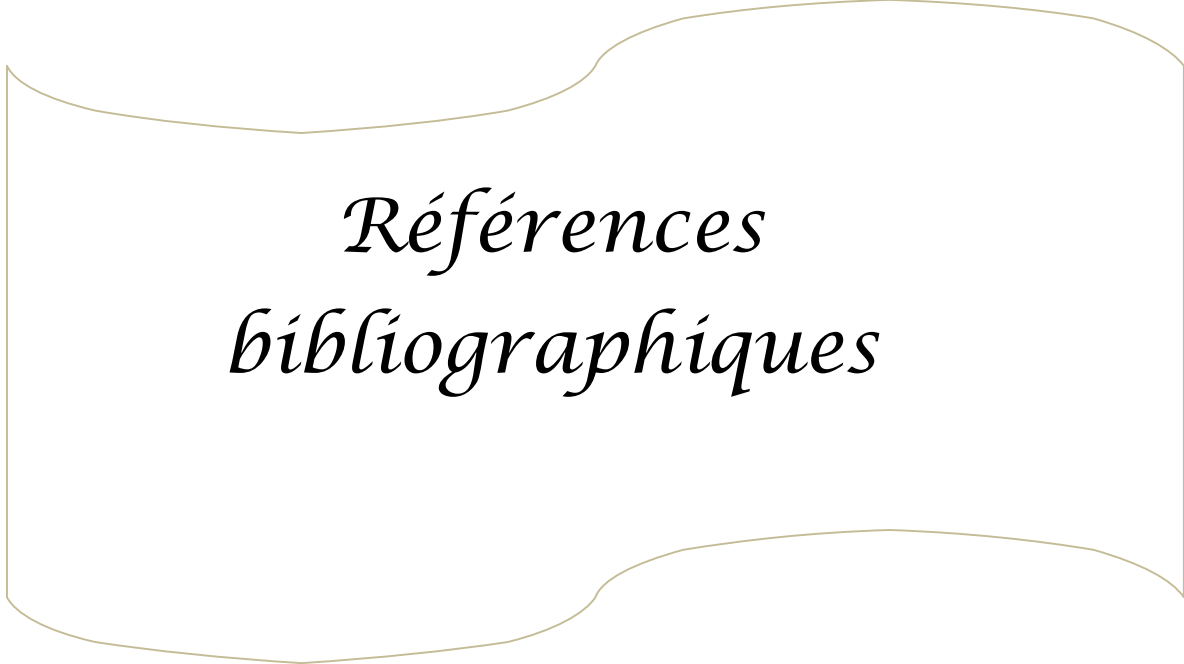
Aucun impact négatif du compost de grignons d'olives n'a été relevé sur notre culture au cours de cette expérimentation. Le compostage a permis sa détoxification par la dégradation des composés polyphénoliques par les microorganismes. Il a plutôt amélioré le rendement ainsi que des caractéristiques physico-chimiques et vital du sol avec une augmentation du taux de la matière organique de celui-ci.

Au terme de ces résultats, l'utilisation des boues résiduaires et des grignons d'olives reste un moyen d'élimination de ces déchets par voie de transformation secondaire afin de préserver un environnement fragile. Néanmoins, la réutilisation et le recyclage de ces deux déchets dans le domaine agricole nécessitent quelques précautions utiles à savoir :

- La composition de ces boues résiduaires n'est pas statique et varie en fonction des saisons et de la zone. A cet effet, nous suggérons une analyse physico-chimique et microbiologique sur plusieurs années afin de maîtriser et de corriger un éventuel déséquilibre nutritionnel.
- Un diagnostic hydrologique et pédologique est à inclure dans l'étude de la mise en place du plan d'épandage pour déterminer l'aptitude du sol à l'épandage.
- Une étude plus poussée qui portera sur la qualité biologique est indispensable pour prévenir les risques pathogènes.

Conclusion générale et recommandations

- A court et moyen terme, L'épandage des boues d'épuration est sans doute une solution d'avenir.
- Etablissement d'une législation permettant d'utiliser le compost des grignons d'olive comme amendement organique sous conditions règlementer (doses, périodes d'épandage ...etc.
- l'utilisation des grignons d'olive comme amendement organique (compostage des grignons d'olive et leur épandage) permet de réduire le tonnage des déchets oléicoles et s'inscrit dans une politique d'un développement durable.cette technique permet de réduire le coût de la fertilisation et de limiter la pollution de ces rejets.
- L'épandage des compostes de grignons doit désormais être considéré, comme une opération routinière à l'instar des techniques culturales, à condition d'assurer une bonne uniformité de distribution (choix d'un matériel d'épandage réglable) et de ne pas dépasser la dose préconisée.



*Références
bibliographiques*

ABDEMEZIAM S., TALBI DJ., (2006): Contribution à la valorisation agricole des boues d'épuration Est de Tizi- Ouzou Thèse d'ingénieur. Université de Tizi-Ouzou. 79p

ADEME., (1999) : Situation de recyclage agricole des boues d'épuration urbaines en Europe et dans divers autres pays du monde. Ademe édition, Paris, pp. 159.

ADEME., (2001) : Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture.

www.ADEME.fr/partenaires/boues/page/chap14.htm.

AFNOR., (1985): Norme française NFU 44-041. Matière fertilisantes. Boues des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines. Déterminations et spécifications.

AJMIA., CHOUCHENE ;(2010) : étude expérimentale et théorique de procédés de valorisation de sous-produits oléicoles par voies thermiques et physico-chimiques. Thèse de doctorat. UNIVERSITE DE HAUTE-ALSACE.

ALAMI Y S., (2011): Comment valoriser les sous-produits de l'olivier projet CFC/IOOC/04.

ANONYME., (1999): Audit environnementale et économique des filières d'élimination des boues d'épuration urbaines.

AMADOU H., (2007): Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbaines. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur.

AMIR A., (2005): Contribution à la valorisation des boues de la station d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et billon humique du compost. Thèse de Doctorat, Maroc, 341p.

ATI S., (2010): Etude de l'effet des boues résiduares sur le sol cultivé : dynamique du phosphore et son utilisation en zone semi- aride. Mémoire de Magister, Batna, 37p.

BELKEBIR Z ;(2007) : Valorisation des déchets agro-alimentaires, cas des grignons d'olives. Mémoire de Magister. Université de Boumerdes.

BENMOUFOUK A.,(1980): Contribution à l'emploi des boues résiduares en culture maraichères. Thèse d'ingénieur INA. Alger 36P.

BENTARROCHE I., (2007): Réponses écophysologiques d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration. Thèse de magister. Université de Constantine, 179p.

BERCHICHE CH ; LADJIMI S., (2010): Contribution à l'étude de la valorisation et de la caractérisation des boues résiduares issues de la station d'épuration Est de Tizi-Ouzou Essai expérimental sur le blé dur (Triticum durum. Var. Vitron). Thèse d'ingénieur. Université de Tizi-Ouzou, 69p.

BERTOLINI.,(2009): Encyclopédie.

COULIBALY MA.,(2010) : Contribution à l'analyse des eaux usées urbaines de la nouvelle station d'épuration Est de Tizi-Ouzou ; p 30, 31.

DEROUICHE F, (2012): contribution à l'étude des boues résiduares comme amendement organique pour les cultures maraichères. Mémoire de Magister. Université de Boumerdes,102p.

DJADOUN S ;(2010) : Influence de l'hexane acidifié sur l'extraction de l'huile de grignon d'olive assistée par micro-ondes. Mémoire de Magister. Université de Tizi-Ouzou.

DJAOUANI L .,FARHAOUI S;(2012): Etude comparative du rendement du blé tendre entre l'utilisation des boues résiduares urbaines et la fertilisation azotée par l'urée à 46%. Thèse d'ingénieur. Université de Tizi-Ouzou, 106p.

DUCHAFOUR PH., (1977) : Pédogénèse et classification pédologique (II). Edition Masson. Paris. Paris, 477P.

Encyclopédie universelle Larousse 2008.

HACHIMI R., BENRABAH Y.,(2008): Contribution à l'étude des eaux usées et valorisation des boues résiduares issues de la station d'épuration issues de Tizi-Ouzou, pp 35, 36-44,52.

JAMIE L et al ;(2010) :Un guide de champ sur les stades de croissance des céréales.Université de Guelph et Bayer CropScience.

JARDE.,E (2003): Composition organique des boues résiduares de la station d'épuration lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation. Thèse, doctorat. Univ. Henri Poincaré, Nancy I en sciences de l'univers, 286p.

KAROUNE S.,(2008) : Effets des boues résiduares sur le développement de semis de chêne liège (*Quercus suber*). Thèse de magister. Université de Constantine, 217P.

LACEE C., (1985) : Analyse des boues A.F.E.E.T1 137P Tome 2, 127P

MANI A.,(2005): Valorisation des boues résiduares en agriculture: impact des boues sur les propriétés chimiques du sol agricole. Cas des boues de station d'épuration du pont de Bougie pp 31, 32.

OUALI M S., (2000) : Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Ed I.S.B.N, Alger, 156p.

POMMEL., (1979): Valorisation agricole des boues résiduares. Cycle formation permanente, p8.

REMY M ;(2012) : Grignons d'Olives et Compost.

ROULA S ., (2005): Caractérisation physico-chimique et valorisation des boues résiduaires urbaines pour la confection de substrat de culture en pépinière hors sol .Thèse d'ingénieur. Université Batna.

SEDKI, K., (1995): Etude écotoxicologique de la contamination de deux chaînes alimentaires terrestre dans la palmeraie périurbaine de la zone d'épandage des eaux usées de a ville de Marrakech. Thèse de Doctorat. Etat, Université .Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, Maroc. 140p.