

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques
Département d'agronomie



Mémoire

**En vue de l'obtention du diplôme de master en
agronomie**

Spécialité : Réhabilitation et Restauration des sols

Thème

**Effet de l'épandage des boues
résiduelles urbaines sur la
conductivité électrique et le pH d'un
sol alluvial (cas de l'orangerie de
Boukhalfa)**

Réalisé par :

BENFEDDA Nabil

BOUGUETTAYA Mounir

Devant le jury composé de :

Président : M^r ARKOUB M.

Examineur : M^{lle} ALI AHMED S.

Promotrice : M^{lle} OMOURI O.

Co-promotrice : M^{me} BOURBIA M OUAS S.

M.A.A à l'U.M.M.T.O.

M.A.A à l'U.M.M.T.O.

M.A.A à l'U.M.M.T.O.

M.C.B à l'U.M.M.T.O.

Soutenue le : 19 /10/2017

Remerciements

Nous remercions « Dieu Tout Puissant » de nous avoir donné la santé, la patience et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

*Un merci tout particulier à notre promotrice **M^{lle} OMOURI O.** et notre co-promotrice **M^{me} BOURBLA S.** qui nous ont proposé le sujet et nous ont dirigé et orienté.*

Nous remercions aussi le président de jury et les membres de jury pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

*Nous tenons aussi à exprimer nos remerciements aux responsable et personnel de la **STEP Est de l'ON** pour nous avoir accueillis dans leurs établissement.*

*Nous remercions beaucoup **M^{me} TIBICHE Gh.** Et toute l'équipe de laboratoire des sciences du sol au niveau de département d'agronomie à **UMMTO**.*

*Nous remercions beaucoup **M^{lle} ISSAOUN Dj.** qui nous a aidé à réaliser l'analyse statistique des résultats.*

Enfin, un grand merci pour tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail avant tout à mes parents qui ont toujours su
être présents à mes côtés et qui m'ont toujours encouragé tout
Au long de mes études.*

À la mémoire de mon oncle Mohamed

À Ma chère grand- mère Sadia

À Mon frères : Fares et mes sœurs: Sara, Souhila, Kahina

À Toute ma famille

À Tous ceux qui me sont chers

À Tous ceux qui ont souhaité ma réussite

À Tous ceux que j'aime.

Nabil

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail avant tout à

À La mémoire de mon père et mon très cher frère « Mahfoud »

À mes très chers parents qui ont toujours su être présents à mes côtés et qui m'ont toujours encouragé tout au long de mes études, que dieu les protège.

À Mes chères sœurs : Karima, radia, Hanane.

À Mes frères : Karim, Mehdi, Oussama, Smail.

À Mes grands parents

À Tous ceux qui ont souhaité ma réussite

À Mes proches et mes ami (e)s.

Mounir

Liste des figures

Figure 01 : Schéma de principe d'une filière de traitement des boues.....	05
Figure 02 : Vue générale de la station d'épuration Ouest de Boukhalfa.....	17
Figure 03 : Localisation de la parcelle via Google Earth 2017.....	18
Figure 04 : Moyenne des températures de la wilaya de tizi ouzou (2016-2017) (Station NM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou).....	20
Figure 05 : Moyenne des précipitations de la wilaya de Tizi ouzou (2006-2016).....	21
Figure 06 : Diagramme Ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou entre 2006 et 2016....	22
Figure 07 : Situation de la région de Tizi-Ouzou dans le Climagramme d'Emberger.....	23
Figure 08 : Dispositif expérimental et points de prélèvement des sols.....	24
Figure 09 : Image satellite du plan parcellaire	25
Figure 10 : pH mètre (pH 510).....	27
Figure 11 : Conductimètre (Terminal 740).....	28
Figure 12 : Variation de pH de sols 60 jours après épandage de différentes doses de boues..	30
Figure 13 : Variation de pH selon la profondeur.....	31
Figure 14 : Variation de la CE selon les doses.....	32
Figure 15 : Variation de la conductivité électrique selon l'horizon.....	32

Liste des tableaux

Tableau 01: Les paramètres de la parcelle étudiée.....	19
Tableau 02: Valeurs de quotient pluviométrique de la région de Tizi-Ouzou.....	22
Tableau 03: Indice d'aridité mensuel de DE-DEMARTONNE appliqué à Tizi-Ouzou entre 2006 et 2016.....	24
Tableau 04: Caractéristiques chimiques de la boue utilisée.....	29
Tableau 05: Test de NEWMAN-KEULS.....	31
Tableau 06: Résultats de l'analyse de la variance de la CE.....	33

Liste d abréviation

- **ADEME** : Agence de développement de l'environnement (France)
- **C/N** : Carbone organique/ Azote totale.
- **CE** : conductivité électrique
- **CNB** : Comité National des Boues
- **D₀, D₁, D₂, D₃** : doses des boues
- **DCO** : Demande chimique en oxygène
- **Eq/hab** : Équivalent par habitant
- **H** : Horizon
- **IB** : L'indice de boue
- **kg/m²** : kilo gramme par mètre carré
- **M.O** : Matière organique
- **MES** : Matières En Suspension
- **MM** : Matière Minérale
- **MS** : Matière Sèche
- **MV** : Matière Volatile
- **MVS** : Matière volatile sèche
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **ONA** : Office National d'Assainissement
- **PCI** : Le pouvoir calorifique inférieur
- **PCS** : Le pouvoir calorifique supérieur
- **RN** : Route Nationale
- **SPDE** : Syndicat professionnel des entreprises de services d'eau et d'assainissement
- **STEP** : Station de Traitement des Eaux Pollués

I.1. Boues résiduaires urbaines

I.1.1. Définition

Les boues sont définies par le Comité Européen de Normalisation (CEN) comme «un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui les contiennent». Elles peuvent être considérées comme des substances extraites à partir des eaux usées afin de pouvoir récupérer dans le milieu naturel une eau épurée (Anred, 1982).

I.1.2. Nature et origine

Selon les différentes phases de traitement des eaux usées, on obtient des boues à caractéristiques différentes :

I.1.2.1. Boues primaire

Elles sont produites par une simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées ; 70 % de MES peuvent ainsi être retenues. Avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer (Azabi, 2012).

I.1.2.2. Boues physico-chimique

C'est une Variante du type précédent, les matières organiques particulières ou colloïdales contenues dans les eaux usées sont agglomérées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium) ; 90 % des MES peuvent ainsi être captées et séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant (Azabi, 2012).

I.1.2.3. Boues biologique

Ces boues sont essentiellement formées par les résidus de bactéries "cultivées" dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries se sont nourries des matières organiques contenues dans les eaux usées et les ont digérées. Pour maintenir l'activité biologique de la station à un bon niveau, une partie de la masse des bactéries ou "biomasse en excès" doit être soutirée régulièrement, entretenant ainsi la dynamique de reproduction bactérienne (Azabi, 2012).

I.1.3. Principales étapes de traitements des boues

Quel que soit le mode d'épuration des eaux, les boues sont initialement constituées d'eau (99%), de matière organique fraîche très fermentescible, et des matières minérales dissoutes ou insolubles. La matière organique qui représente 35 à 85 % de la matière sèche est constituée essentiellement de cadavres de bactéries et leurs substances toxiques (Ati, 2009). Selon le but de leur utilisation, des traitements complémentaires leur sont appliqués afin de :

- ❖ Réduire leur teneur en eau et ceci dans le but de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction de la matière organique facilement décomposable (Ati, 2009) ;
- ❖ Stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire les mauvaises odeurs ;
- ❖ Assurer l'hygiénisme nécessaire en détruisant les micros organismes pathogènes.

I. 3.Procédés de réduction de la teneur en eau des boues

I.3.1. Lit de séchage

Pour des raisons d'hygiène et afin de ne pas créer des odeurs désagréables, on utilise des lits de séchage ; on élimine en grande partie ou, en totalité l'eau par évaporation : soit par voie naturelle (lits de séchage) soit par voie thermique. La technique des lits de séchage se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine l'évaporation naturelle et le drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable ou de graviers ; l'emprise au sol est de 1m² pour 4 à 5 habitants raccordés. Ce système extensif donne des boues solides à 35 – 40 % de siccité mais reste fort dépendant des conditions météorologiques.

Le séchage thermique permet une élimination quasi-totale de l'eau (siccité – 95 %) les boues obtenues sont pulvérulentes ou en granulés, mais en raison du coût énergétique, ce procédé reste peu utilisé (Ati, 2009).

I.3.2. L'épaississement

Il vise l'augmentation de la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue, ce procédé peut se faire par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage – flottation – centrifugation) ; la siccité des boues ne dépasse pas 7% (Ati, 2009).

I.3.3. La déshydratation

Elle correspond en fait à une forte augmentation de la siccité, et modifier l'état physique des boues, celles-ci passent de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues plutôt pâteuses en raison de la performance de déshydratation qui plafonne de 18 à 20 % de siccité pour la première famille de matériels, et de 20 à 25 % pour la seconde. Les filtres presses produisent par contre des boues de structures solides 30- 35 % de siccité, en conjuguant un conditionnement au lait de chaux et des pressions élevées (Ati, 2009).

I.3.4. Stabilisation des boues

Dans la stabilisation biologique, les boues primaires et les boues activées en excès souvent mélangées, présentent une tendance à la fermentation, on aère ce mélange à l'air ou à l'oxygène, on assiste alors à une minéralisation de la matière organique en CO₂, ce procédé

permet l'élimination de certains parasites, cette technique résume la digestion aérobie, tandis que pour la digestion anaérobie, et qui a bénéficié d'une grande publicité, permet une production des gaz combustibles (Ati, 2009). Elle consiste à favoriser le développement des bactéries méthanifères qui agissent en anaérobie sur la matière organique en la décomposant en produisant le méthane, ce procédé peut être important pour certaines cultures lorsqu'on prévoit l'utilisation agricole.

Les techniques de stabilisation chimique par chaulage ou autres telles que le traitement aux nitrites à pH acide, se basent sur un blocage de l'activité biologique. La stabilisation par chaulage a connu un développement soutenu depuis plusieurs années en raison de son efficacité vis à vis de la maîtrise des nuisances olfactives et de l'intérêt calcique des boues chaulées pour les sols acides (Amir, 2005),

La stabilisation non biologique ou chimique comporte la pasteurisation, et le traitement à la chaux. La pasteurisation consiste en l'injection de vapeur à une température de 80°C durant 30 mn ; Les boues sont désinfectées mais non stérilisées (Ati, 2009).

Le compostage constitue un procédé particulier de stabilisation biologique aérobie, il se réalise de préférence sur les boues déjà déshydratées, les boues compostées ont une structure solide (Ati, 2009). La figure suivante regroupe tous les traitements cités.

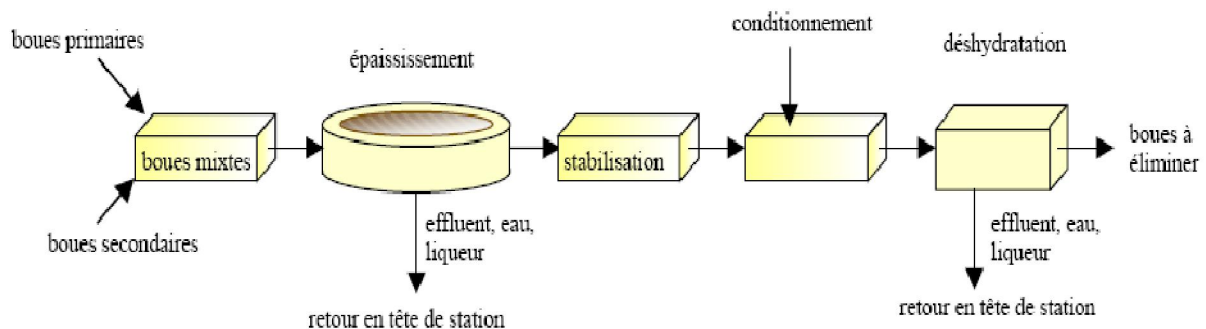


Figure 1 : Schéma de principe d'une filière de traitement des boues

I.4. Type de boues

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

- ❖ Nature de l'effluent (urbaine, abattoir, papeterie)
- ❖ Caractère de traitement des eaux (primaire, physico-chimique, biologique)
- ❖ Procédé de stabilisation (aérobie anaérobie chaulage compostage)
- ❖ État physique des boues (liquides, pâteux, solide granulé)

- ❖ Type de matériel de déshydratation (quatre grande types de boues sont recyclés en agriculture le classement va se refer à leur état physique ou à leur mode de stabilisation (Chakri et Lounaci, 2013).

I.4.1. Boues liquides

- ❖ Les boues liquides sont celles dans le cas des petites stations en zone rurales ou périurbaines (environ 15% des tonnages de matière sèche), ces boues se stockent et se manipulent à la façon des lisiers du porc ou de bovins (Chakri et Lounaci, 2013).

I.4.2. Boues pâteuses

- ❖ Les boues pâteuses sont le cas des stations de taille moyenne ce type de boues (environ 35 % des tonnages de matière sèche) est difficile à manipuler et à stocker surtout il favoriser la fermentation anaérobies (d'où un problème d'odeur) on applique de plus en plus à ces boues un traitement complémentaire à la chaux ou par compostage (Chakri et Lounaci, 2013).

I.4.3. Boues chaulées

- ❖ Les boues chaulées sont issues des stations moyenne ou de grande taille, selon le procédé utilisé et la dose de chaux incorporée, ses boues sont de consistance pâteuse ou solide, c'est types de boues sont fréquentes en France (environ de 30% de tonnages de matières sèches de boues sont chaulées) (Chakri et Lounaci, 2013).

I.4.4. Boues compostées

Le compostage, appliqué aux boues pâteuses, est un procédé de fermentation aérobie qui permet la stabilisation, l'hygiénisation, et séchage biologique. La matière organique des boues est dégradée et stabilisé pour former un compost riche en humus (Degremont, 1989).

I.5. Composition des boues résiduaire

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (Ramdani, 2007). Les boues résiduaire représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (matière organique, éléments fertilisants (N et P, ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

I.5.1. Carbone

Les boues contiennent surtout du carbone organique, il s'agit en grande partie de corps microbiens ou des produits d'excrétion de ces derniers (polysaccharides) qui confèrent à l'ensemble un aspect mucilagineux. On a identifiée dans des digesteurs (bassin de stabilisation) de boues ; des graisses de cire, des huiles, des polysaccharides et des composés protéiniques.

I.5.2. Matière organique

Les résultats empruntés à divers auteurs, montrent que la teneur en matière organique des boues de station d'épuration varie en fonction des modes de traitement des eaux.

I.5.3. Éléments fertilisants

Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium (Ramdani, 2007). Les éléments 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.

I.5.4. Azote

La teneur en azote des boues favorise sa valorisation. Cette richesse en azote (ramenée à la matière sèche) est surtout importante dans la phase liquide serait des composés facilement métabolisables ou tout simplement des composés ammoniacaux directement utilisables par les plantes. Il en résulte que les boues qui ont subi une déshydratation importante notamment par passage au filtre-pressé, perdent une grande partie de leur valeur "engrais azotés solubles". Par ailleurs, le traitement thermique des boues conduit à des produits plus pauvres en azote que la moyenne (1 à 1,5 % de la matière sèche). Il en est de même des boues qui ont subi un traitement par la chaux pouvant provoquer des pertes importantes d'azote par volatilisation d'ammoniacue (Chakri et Lounaci, 2013).

I.5.5. Phosphore

Le nombre de travaux consacrés à l'étude de la disponibilité pour les plantes de l'acide phosphorique contenu dans les boues, est beaucoup plus restreint que celui ayant trait à l'appréciation de l'assimilabilité de l'azote de se même déchet. Il faut reconnaître que les

résultats des expériences culturelles réalisées un peu partout dans le monde sont souvent contradictoires ; le phosphore des boues étant considéré comme assimilable ou beaucoup moins assimilable que celui d'un engrais phosphaté minéral considéré comme soluble. A vrai dire , nous ne connaissons que peu de choses sur les formes du phosphore qui existent dans les boues 5 à 6% s'y trouveraient sous forme de phosphate organique (principalement inositol-phosphate), le phosphore minéral étant surtout constitué par des associations avec les composés de fer, de l'alumine, du calcium ou de magnésium qui abondent dans la plupart des boues. (Chakri et Lounaci, 2013)

I.5.7.Teneur en bases

I.5.7.1. Potassium

C'est l'élément le moins représenté dans les boues dix fois moins que la teneur en azote, le déficit en potassium des boues résulte de sa solubilisation et dans son entraînement dans l'effluent épuré. Par conséquent, les apports en potassium par les boues sont pratiquement négligeables. Mais la minime quantité contenue semble être rapidement assimilée (Ramdani, 2007).

I.5.7.2. Calcium

La forte charge de calcium des boues n'autorise pas à considérer ces derniers comme des amendements calcaires susceptibles d'élever le pH des sols. Il est vraisemblable en effet que le calcium des boues se trouve absorbé sous une forme facilement échangeable et certainement pas sous forme d'oxyde, d'hydroxyde ou de carbonate de calcium. Les boues additionnées par doses importantes de chaux ayant amené leur pH aux environs de 12 à 13, doivent être considérées comme de simples amendements calcaires (Ramdani, 2007).

I.5.7.3. Magnésium

La concentration en magnésium des boues est également assez élevée et souvent supérieur de celle que l'on observe dans les fumières de ferme il s'y trouve probablement sous une forme relativement mobile puisque plusieurs auteurs signalent un accroissement du contenu des horizons du sol en magnésium (Ramdani, 2007).

I.5.7.4. Sodium

Le niveau de sodium dans les boues est relativement important. La teneur en sodium a tendance à augmenter dans un sol après un apport de boue, cependant il est entraîné par lessivage (Ramadani, 2007).

I.5.7.5. Teneur en oligo-éléments

La teneur des boues en oligo-élément est relativement élevée, certains métaux sont absolument nécessaires aux plantes comme le zinc, le cuivre et le manganèse ils peuvent s'avérer extrêmement utiles et constituent donc un élément de valorisation supplémentaire de boue, leur absence dans le sol peut provoquer des carences ces oligo-éléments ne participent pas à la constitution des végétaux mais agissent de façon très efficace à très faibles doses. Cependant, au-delà d'un certain seuil, ils peuvent devenir toxiques pour les végétaux (Ramdani, 2007).

I.6. Utilisation agricole des boues résiduelles

Les boues présentent un intérêt important en agriculture, la valorisation agricole consiste en épandage des boues sur les terres agricoles après vérification de l'innocuité des boues et de leur intérêt agronomique. Cependant, la valorisation agricole directe du digeste est rarement pratiquée car elle rencontre bon nombre de problèmes (Gourdon, 2001). De plus, un certain nombre de risques sanitaires peuvent exister (présence potentielle de germes pathogènes), car l'effet thermique d'hygiénisation (comme dans le cas du compostage) n'a pas lieu en anaérobiose (Amir, 2005). La diminution du volume des boues due à la dégradation des composés organiques et au séchage induit par la nature exothermique du procédé et production en fin d'un compost riche en substances humiques valorisable comme amendement organique des sols (Amir, 2005).

La valorisation agricole consiste à un épandage des boues sur des terres agricoles après vérification de l'innocuité de ces dernières et de leur intérêt agronomique. Les principales contraintes sont les périodes d'épandage (interdiction en période d'excédent hydrique) et l'équilibre entre les besoins des cultures et les apports de nutriments (Cerra, 2014).

I.6.1. Valeur agronomique

I.6.1.1. Valeur amendante

Les boues sont des amendements humiques parfois leur application sur les champs cultivés contribue à améliorer les propriétés physiques de la couche labourée (Mahma, 1995).

I.6.1.2. Valeur fertilisante

Les boues contiennent certains éléments utiles à la croissance des plantes, les quantités varient d'une boue à l'autre selon l'origine et le mode de traitement (Mahma, 1995).

I.6.2. Législation de l'épandage des boues

L'épandage des boues est soumis à une double réglementation, administrative et technique des décrets n°93-742 et n°93-743 du 29 mars 1993. La réglementation technique définit les modalités pratiques des opérations d'épandage de boues et précise les obligations des différents intervenants de la filière ainsi que les dispositions préventives qui doivent être mises en place, pour garantir la protection de l'environnement et de la santé publique. Le décret n°97-1133 du 8 décembre 1997, relatif à l'épandage des boues et l'Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles.

D'après ce décret l'épandage sur terres agricoles peut être soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation au titre de la rubrique n° 2.1.3.0 de l'article R.214- 1 du Code de l'environnement (Cerra, 2014).

I.6.3. Épandage de boues

La quantité de boues épandues dans l'année, produites dans l'unité de traitement considérée, étant :

- ❖ Quantité de matière sèche supérieure à 800 t/an ou azote total supérieur à 40 t/an
- ❖ Quantité de matière sèche comprise entre 3 et 80 0 t/an ou azote total compris entre 0,15 t/an et 40 t/an (Cerra, 2014).

Pour l'application de ces seuils, sont à prendre en compte les volumes et quantités maximales de boues destinées à l'épandage dans les unités de traitement concernées.

L'extrait du Code de l'environnement disponible sur www.legifrance.gouv.fr, distingue différentes étapes incontournables permettant d'assurer un recyclage des boues sans risque pour la santé et l'environnement :

Avant de procéder à tout épandage, une étude préalable est à réaliser, cette étude définit le périmètre concerné, sur la base d'analyses de sols et en fixant des limites de distance à d'éventuels milieux sensibles (cours d'eau...), les modalités techniques prévues pour réaliser

les épandages, et les capacités de stockage nécessaires. L'ouvrage de stockage est un élément indispensable à la mise en place d'une filière de bonne qualité (Cerra, 2014)

I.6.4. Traçabilité réglementaire de l'épandage des boues

L'article 10 du Décret du 8 décembre 1997 précise que "le producteur de boues adresse au préfet, chaque année, une synthèse des informations figurant au registre mentionné à l'article 9. Celui-ci doit être présenté aux agents chargés du contrôle de ces opérations. Le préfet peut communiquer la synthèse du registre aux tiers sur leur demande". Le registre d'épandage est constitué par l'ensemble de ces informations gérées et conservées par le producteur des matières d'épandage qui doit pouvoir justifier à tout moment de leur localisation (entreposage, dépôt temporaire, transport ou épandage) en référence à leur période de production et aux analyses réalisées. Tous ces documents doivent être remis à la police de l'Eau (Cerra, 2014).

I.6.5. Limité de qualité des boues destinées à l'épandage norme NFU 44-095

La norme fixe des objectifs de qualité à atteindre sur le compost et des concentrations maximales à respecter :

- Pour 9 éléments traces métalliques : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn,
- Pour 2 familles de Composés Traces Organiques : PCB, HAP
- Pour des paramètres microbiologiques : E. Coli, Clostridium, Entérocoques, Œufs d'Helminthe, Listéria, Salmonelles.

La vérification de la conformité des composts à la norme doit être effectuée sur chaque lot de produit commercialisable.

Par ailleurs, la norme fixe des flux en gramme/hectare à respecter pour chaque apport de boues, par an et en 10 ans. Comme les épandages de compost normé ne font pas l'objet d'un suivi à la parcelle qui permettrait de contrôler le respect des flux, les flux sont traduits en préconisations d'usage (dose maximale à apporter par hectare par an) (Cerra, 2014).

I.6.6. L'auto surveillance

Dans cette filière, il faut réaliser régulièrement des analyses des boues et des sols afin de s'assurer de leur conformité à l'arrêté du 08/01/2001 qui fixe des «valeurs seuils» maximales pour les éléments polluants, et à enregistrer toutes les opérations liées au recyclage. Le bilan agronomique annuel récapitule ces opérations de suivi réalisées durant l'année (analyses, registre) (Cerra, 2014).

I.6.7. Le programme prévisionnel

C'est un document qui permet de planifier les opérations tout en communiquant l'information aux différents partenaires (Cerra, 2014).

I.6.8. Responsabilités et sanctions

L'article R.211-30 du code de l'environnement précise : « les exploitants des unités de collecte, de prétraitement et de traitementetc. sont des producteurs de boues au sens de la présente sous-section ; il leur incombe à ce titre d'en appliquer les dispositions ».

Il est rappelé que la responsabilité de l'entreprise qui réalise le transport et l'épandage peut être engagée en tant que participant à l'opération, si la filière d'élimination des boues n'est pas conforme à la réglementation.

La constatation d'infractions par des agents assermentés est susceptible d'entraîner des sanctions pénales et/ou administratives envers le commanditaire comme l'entrepreneur (Cerra, 2014).

I.7. Impact de l'épandage des boues sur l'environnement

I.7.1. Effets défavorables

I.7.1.1. Parasites

Le sol comme les boues contient un nombre très élevé de germes banneaux, mais dans ces dernières sont concentrés des microorganismes d'origine fécale donc à priori dangereux pour l'homme et pour les animaux (Mahma, 1995).

I.7.1.2. Phytotoxicité

Si des produits, tels que le chlorure ferrique, flocculant pour les phosphates, un excès de Chlorure peut avoir des effets néfastes sur le développement des végétaux. Ainsi, la richesse en azote ammoniacal des boues, peut inhiber la croissance racinaire du cresson alénois (plante Test) (Mahma, 1995).

I.7.1.3. Dégradation de la structure

Les apports intensifs et répétés de certaines boues riches en sodium, risquent de dégrader la structure, particulièrement dans les sols déjà sensibles (texture limoneuse et/ou teneur en MO Faible) (Mahma, 1995).

I.7.2. Effet des boues sur la culture

L'amélioration des rendements a pour origine les fertilisants que L'on trouve dans les boues, elles constituent une source potentielle de matière organique utilisable, elles contiennent aussi des nutriments essentiels pour la croissance des cultures (Dudkowski, 2000)

I.7.3. Effet des boues sur le sol

I.7.3.1. Effet sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques

Les épandages des boues laissent subsister une croûte en surface du sol après infiltration de la boue, dans certaines conditions, cette croûte peut gêner les échanges gazeux et la levée des plantes. King et Morris (1972) observent, après un épandage de 50 mm de boue, que les chiendents ne croissent qu'à travers les craquelures de la croûte. La porosité de sol peut être modifiée par des apports de boues. Supersperg (1975) observe que les applications annuelles de doses de boue supérieures à 60 mm provoquant un accroissement de la compacité d'un sol lourd par colmatage et diminution de volume des pores ; en revanche, des applications à dose double tous les trois ans n'ont pas cet effet. Cependant, l'apport de matière organique et d'ions calcium joue un rôle favorable sur la solidité des ciment responsable de l'agrégation des particules du sol, aussi les auteurs soulignent-ils l'allègement des structures défavorables des sols argileux consécutif aux applications des boues (Kirkham, 1974) ; les boues flocculées à la chaux provoquent d'ailleurs une amélioration plus importante de la structure de sol que les boues non flocculées (E.N.S.A.L.A., 1976), du fait de l'apport plus élevés d'ions Ca^{2+} les améliorent l'agrégation des sols sableux, et constituent un bon liant contre l'érosion éolienne (Kirkham, 1974) ; selon, Grill, (1977), l'effet des boues sur la stabilité structurale est plus durable que celui d'un engrais vert, mais moins que celui d'autres amendements organiques tels que la paille et surtout le fumier ; à cet égard, la présence d'ions Na^+ dans les boues pourrait jouer un rôle négatif, en favorisant la dispersion des colloïdes du sol.

La richesse des boues en matière organique améliore le bilan hydrique du sol par accroissement de la réserve en eau utiles, mais une telle action nécessite un apport important de carbone, alors qu'un effet structural marquant apparaît même pour des doses d'apport plus faibles (Morel, Jacquin, 1978) ;

L'application des boues crée une capacité d'échange cationique dans le sol sableux (Kirkham, 1974) ou l'améliore un peu dans le sol qui sont pourvus (E.N.S.A.L.A., 1976). Toutes fois, les taux de saturation S/T augmentent également du fait, surtout, de l'apport d'ions Ca^{++} (E.N.S.A.L.A., 1976).

L'effet des boues sur le pH de sol est variable : diminution, surtout dans le cas des boues flocculées à la chaux (E.N.S.A.L.A., 1976). Des apports de boues provoquent un enrichissement du sol en azote total. Une fraction de cet azote entrera dans la composition des molécules organiques (Chakri, 2013).

Le phosphore apporté par les boues de déphosphoration serait aussi à l'alimentation phosphorée des plantes varie beaucoup selon les conditions, sans que l'on connaisse bien les

raisons de ce phénomène : observent que la teneur en phosphore de la feuille de l'épi sur maïs augmente significativement à la suite d'un apport de boues digérées anaérobies, ainsi que celles du seigle et Sorgho (Chakri, 2013). Les travaux de Sili et Mostefai, (1916) et Bekri (1916) ont montré que l'apport de boues résiduelles urbaines aux sols agricoles de Tizi-Ouzou augmente les taux du phosphore assimilable.

L'apport des boues provoque une modification importante de pH, En général, on note une augmentation des valeurs de pH .

L'application des boues accroît légèrement le niveau de la conductivité électrique, qui diffère selon les doses (Belaid, 2015).

I.2. Les sols alluviaux

I.2.1. définition

Un sol alluvial est un sol azonal, formé à partir de dépôts alluvionnaires relativement récents. Il s'agit d'un sol du type (A) C ou AC formé sur matériaux marins, fluviaux, ou lacustres ; généralement humide, à horizon (A) faiblement développé ou même absent. Le sol ne présente donc pas de développement de profil. Les matériaux grossiers, s'ils sont présents, ils sont roulés (Lozetet Mathieu, 2002). Ce sont des sols jeunes, soit des sols proches du matériau d'origine dont l'évolution pédologique est nulle ou faible. Leur principale caractéristique découlant directement de cela est qu'ils sont chimiquement peu altérés. Ainsi, peu de redistribution de fer, de carbonates ou de sels sont possibles, et ces caractéristiques se traduisent par une faible coloration des profils en raison de la faible quantité de fer libre (Duchaufour, 2001).

I.2.2. Caractères généraux

Les sols alluviaux se distinguant d'une part par leur position géomorphologique et leur origine, d'autre part par leur régime hydrique, ils ont en commun des caractères particuliers : absence de structure, texture hétérogène, variable d'un point à un autre, grande porosité et bonne aération superficielle, absence de différenciation du profil (Duchaufour, 1977).

Ils sont en général soumis à une alternance de sécheresse et d'humidité provoquée par les oscillations de la nappe d'où dépend cette alternance qui favorise leur oxygénation qui empêche les phénomènes de réduction et provoque la minéralisation rapide de matière organique. La formation de l'humus est alors limitée (Duchaufour, 1977).

D'après (A.F.E.S., 1995), les sols alluviaux fluviaux peuvent être relativement homogènes ou présentent une grande hétérogénéité minéralogique et granulométrique qui reflète d'une part la diversité des matériaux géologiques et pédologiques situés en amont du bassin versant, et d'autre part la circonstance des alluvionnements, raison pour laquelle les

sols alluviaux peuvent être calcaire ou acides, ou sableux, limoneux ou argileux ; peu altérés ou au contraire altérés et assez riche en fer.

Selon Duchaufour (1983) et AFES, (1995), les sols alluviaux sont des dépôts récents des vallées, très souvent inondées par les crues. Ils ont en commun trois caractéristiques

- ❖ Présence d'une nappe phréatique permanente à forte oscillation. Cette nappe étant renouvelée constamment par les inondations.
- ❖ Hétérogénéité fréquente de texture et de granulométrie. Se manifestant par des variations brutales, aussi bien latéralement que verticalement au sein du profil : en règle générale, un matériel fin (limon, ou limon argileux homogène) d'épaisseur très variable, repose sur un lit de sables ou graviers
- ❖ Humification généralement activée par les conditions favorable de l'humidité du sol, sauf dans le cas où le milieu est trop sec.

I.2.3. Formation et évolution des sols alluviaux

Les sols dans les rivières sont affectés par le niveau d'eau en écoulement, la perméabilité et la position par rapport au lit, ainsi que la vitesse d'écoulement. Les fleuves et rivières ayant un débit très irrégulier et venant des zones plus humides, débordent et constituent dans les plaines basses des dépôts alluviaux souvent épais et d'un degré de fertilité élevé (Lavoie et al., 2006).

Les alluvions déposés sur les côtés des rivières diffèrent dans leurs taille et texture en fonction de la vitesse de l'eau et la position par rapport à l'écoulement principal. La qualité des alluvions dépend de la qualité des roches du bassin versant ainsi que celle des sols parcourus par la rivière (Lavoie et al., 2006).

Au niveau de la plaine d'inondation, la sédimentation sont des dépôts par excès de charge et reflètent l'influence importante des conditions locales. Les sols alluviaux peu évolués présentent en fonction du milieu des faciès acides ou neutres à modérément alcalins (Duchaufour, 2001).

Les dépôts alluviaux sont souvent épais d'un potentiel élevé de fertilité et classés en fonction de leur texture et leur perméabilité (Aubert, 1960).

En effet, l'activité de sédimentation des cours d'eau a pour effet de rajeunir les sols et la végétation (Farine et Gerber, 2007).

I.2.4. Classification des sols alluviaux

I.2.4.1. Classification française (CPCS, 1967)

Les sols alluviaux dans la l'ancienne classification française (CPCS, 1967) sont Rattachés aux deux classes : sols minéraux brut et sols peu évolués.

I.2.4.2. Classification américaine ou Soil Taxonomie (U.S.D.A, 1998)

Cette classification est basée sur les propriétés pédogénitiques des sols ; caractéristique morphologiques, chimiques, minérales et naturelles, qui sont connus sous le nom d'horizons diagnostiques.

I.2.4.3. Classification de la (F.A.O, 1998).

C'est une classification plus proche de la classification américaine dans la mesure où elle utilise la même notion d'horizon diagnostique fondamental. De ce fait, et suivant les caractéristiques des sols alluviaux, nous pouvons trouver certains d'entre eux rattachés à l'unité des Fluvisols, d'autres rattachés à l'unité des Vertisols (F.A.O, 1998).

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale..... 1

Synthèse bibliographique

I.1. les boues résiduaires urbaines 3

I.1.1.Définition 3

I.1.2. Nature et origine 3

I.1.2.1. Boues issues d'un traitement primaire 3

I.1.2.2. Boues issues d'un traitement physico-chimique 3

I.1.2.3. Boues d'un traitement biologique 3

I.1.3. Principales étapes de traitements des boues 3

I. 3.Procédés de réduction de la teneur en eau des boues..... 4

I.3.1. Lit de séchage 4

I.3.2. L'épaississement 4

I.3.3. La déshydratation..... 4

I.3.4. Stabilisation des boues 4

I.4. Les type de boues..... 5

I.4.1. Les boues liquides..... 6

I.4.2. Les boues pâteuses	6
I.4.3. Les boues chaulées.....	6
I.4.4. Les boues compostées	6
I.5. Composition des boues résiduaires	6
I.5.1. Carbone	7
I.5.2. Matière organique	7
I.5.3. Éléments fertilisants	7
I.5.4. Azote.....	7
I.5.6. Teneur en bases	8
I.5.7.potassium..	8
I.5.7.1. Calcium.....	8
I.5.7.2. Magnésium	8
I.5.7.3. Sodium	9
I.5.7.4. Teneur en oligo-éléments	9
I.6. Utilisation agricole des boues résiduaires.....	9
I.6.1. Valeur agronomique	10
I.6.1.1.Valeur amendante	10
I.6.1.2.Valeur fertilisante	10
I.6.2. Législation de l'épandage des boues.....	10
I.6.3. Épandage de boues	10
I.6.4. Traçabilité réglementaire de l'épandage des boues.....	11
I.6.5. Limité de qualité des boues destinées à l'épandage norme NFU 44-095	11
I.6.6. Auto surveillance	11
I.6.7 Programme. prévisionnel	12

I.6.8. Responsabilités et sanctions	12
I.7. Impact de l'épandage des boues sur l'environnement	12
I.7.1. Effets défavorables	12
I.7.1.1. Parasites	12
I.7.1.2. Phytotoxicité	12
I.7.1.3. Dégradation de la structure	12
I.7.2. Effet des boues sur la culture	12
I.7.3. Effet des boues sur le sol	13
I.7.3.1. Effet sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques	13
I.2. Sols alluviaux	14
I.2.1. Définition	14
I.2.2. Caractères généraux	14
I.2.3. Formation et évolution des sols alluviaux	15
I.2.4. Classification des sols alluviaux	15
I.2.4.1. Classification française (CPCS, 1967)	15
I.2.4.2. Classification américaine ou Soil Taxonomie (U.S.D.A, 1998)	16
I.2.4.3. Classification de la F.A.O (1998)	16

Matériel et méthodes

II.1. Boues résiduares urbaines	17
II.1.1. Choix des boues	17
II.1.2. Type et origine des boues	17
II.1.3. Localisation de la STEP de Boukhalfa	17
II. 2. Sol	18

III.2.1. Choix	18
III.4.3. Localisation de la parcelle	18
II.3. Étude climatique de la région d'étude	19
II.3.1. Température	19
II.3.2. Pluviométrie	22
II.3.3. Synthèse climatique	23
II.3.4. Quotient Pluviométrique et Climagramme d'emberger	23
II. 3.5. Indice d'aridité	24
II.4. Étude expérimentale	25
II.4.1. Protocole expérimentale	25
II.4.2. Échantillonnage des sols	26
II.4.3. Analyse des échantillons de sol	27
II.4.4. Mesure du pH-eau	27
II.4.5. Mesure de la conductivité électrique	28

Résultats et discussions

III. 1. Caractérisation de la boue résiduaire urbaine étudiée	29
III.2. Effet de l'épandage de différentes doses de boues sur le pH des sols étudiés	29
III.3. Effet de l'épandage de différentes doses de boues sur la salinité des sols étudiés	29
III.3.1. Effet dose de boue	29
III.3.2. Effet profondeur de sol	30
III.4. Effet de l'épandage de défèrent doses de boues sur le pH des sols étudiés	30

III.4.1.Effet dose	30
III.4. 2. Effet profondeur	31
III.5. Conductivité électrique des sols amendés	32
III.5.1. Effet dose	32
III.5.2. Effet profondeur	32
Conclusion générale	34

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction générale

Introduction générale

A l'instar des sols méditerranéens, les sols d'Algérie sont généralement caractérisés par leur faible taux de matière organique, conséquence du type de climat qui règne dans nos régions, ce qui limite la mise en culture des terres si aucun travail d'amélioration envers ces sols n'est effectué. Toutefois, cette amélioration doit porter sur la connaissance préalable des caractéristiques physico-chimiques de ces sols pour mieux cerner le déficit et le corriger ultérieurement (Idder et Bellaloui.,1990) Ainsi, les matières organiques de toutes sources qu'elles soient ; semblent être les mieux appropriées pour l'amélioration des propriétés physico-chimiques des sols (Igoud., 2001).

Si le fumier constitue l'amendement organique traditionnel, la régression de l'élevage, l'augmentation des surfaces cultivées et de leurs besoins en matières organiques font que la production de fumier sont insuffisante pour restaurer et entretenir le stock humique des sols cultivés. Par ailleurs, l'augmentation importante des quantités de déchets urbains (boues de station d'épuration, composts...etc.), oblige à trouver des solutions pour éliminer ces déchets dans les conditions les plus économiques tout en respectant les contraintes liées à l'environnement et à l'hygiène publique.

La valorisation agronomique des boues d'épuration constitue une alternative qui permet à l'agriculture de rendre service et au même temps, elle tire profit de ces produits organiques en améliorant la fertilité des sols cultivés.

En Algérie, il s'agit d'un sujet tout à fait nouveau, quelques stations d'épuration fonctionnent plus ou moins régulièrement, produisent de ce fait d'importantes quantités de boues résiduelles utilisées de façons empiriques par les agricultures. Ceci n'est d'ailleurs pas sans poser de problèmes de pollution et de stockage (infiltration et contamination des nappes phréatiques, importants volumes solides nécessitant beaucoup d'espaces et problèmes de métaux lourds...). Or, leur utilisation de façons raisonnées en agriculture, peut contribuer à leur élimination et offrir un bénéfice appréciable à l'exploitation agricole.

Le présent travail, a pour objectif d'étudier l'effet de l'utilisation des boues résiduelles urbaines de la station d'épuration des eaux usées de Boukhalfa sur deux paramètres pédologiques déterminants en agriculture ; la salinité et le pH du sol.

L'hypothèse à tester est :

L'apport de boues résiduelles urbaines entraîne des modifications de pH et de la conductivité électrique du sol.

Introduction générale

L'objectif de notre travail est de contribuer à la caractérisation des boues résiduelles de la station d'épuration des eaux usées ouest de Tizi-Ouzou, et aussi à étudier l'effet de l'épandage de différentes doses de boues sur le pH et la conductivité électrique des sols agricoles .

Ce mémoire est scindé en trois chapitres:

- Synthèse bibliographique
- Matériels et méthodes
- résultats et discussion

Une conclusion générale clôture ce travail et dégagera les perspectives.

II.1. Les boues résiduaires urbaines

II.1.1. Le choix des boues

Notre choix est basé sur leur disponibilité et leur richesse en éléments nutritifs, la proximité de la STEP par rapport à la parcelle d'étude, ce qui permet de réduire les coûts de transport, aussi leurs teneurs en métaux lourds largement inférieures à celles fixées par AFNOR, 1998.

II.1.2. Type et origine des boues

Les boues utilisées sont obtenues après traitements biologiques, elles sont donc des boues de type secondaires et proviennent de la STEP de Boukhalfa, elles ont subi un traitement physico chimique séchage, stabilisation (surtout à chaux).

II.1.3. Localisation de la STEP de Boukhalfa

La station d'épuration de Boukhalfa est située à l'ouest de la ville de Tizi-Ouzou, sur la rive gauche de l'oued Bouaid à 40 mètres de la RN 12 (à proximité de l'autoroute Tizi-Ouzou - Alger) qui déverse vers Oued Sebaou au nord voir Figure 2.



Figure 02 : Vue générale de la station d'épuration Ouest de Boukhalfa.

II. 2. Le sol

III.2.1. Le choix

La proximité de la parcelle, le type de sol (qualité physique, chimique et biologique) et aussi c'est une parcelle qui répond aux conditions exigées par l'ONA (localisation, type de culture..) sont les critères de choix de la parcelle.

III.4.3. La localisation de la parcelle

La parcelle d'étude appartient une phrase introductive aux domaines Oumlil situé à Boukhalfa Elle est localisée selon la figure 03 (Google Earth 2017).et le tableau n° 01.



Figure 03 : Localisation de la parcelle via Google Earth 2017.

Tableau 01 : Les paramètres de la parcelle étudiée.

Paramètres	Données
Lieu	Boukhalfa
superficie	Frères Oumllil
Coordonnées	X : 36°45'01.77"N
	Y : 04°00'49.81"E
Topographie	Plat
Type culture	Oranger
Type des apports	Fumier (empirique) / Boues (dose)

II.3. Étude climatique de la région d'étude

La température et la pluviosité sont les deux éléments principaux du climat (ROGER D., 1996)

II.3.1. La température

La température est influencée par la topographie du milieu à savoir l'altitude, le relief, la pente et l'exposition, qui interviennent de façon déterminante dans la différenciation au sein d'un même méso climat et/ou de microclimat particuliers, voir Figure 4.

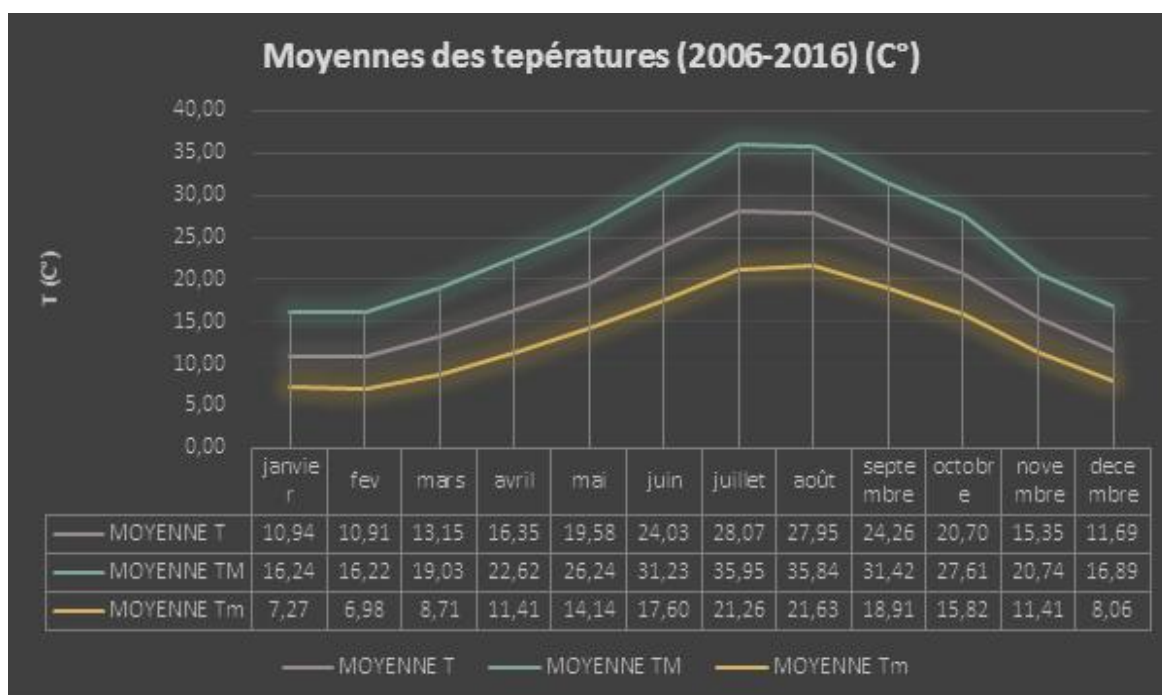


Figure 04 : moyenne des températures de la wilaya de tizi ousou (2016-2017) (Station ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou).

Du mois de Janvier au mois de Juillet, les températures moyennes mensuelles augmentent d'une façon significative, par la suite, il y a diminution jusqu'au mois de Janvier. Le mois de Juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de $28,07^{\circ}\text{C}$, par contre le mois de Février est très froid avec une température moyenne mensuelle de $10,91^{\circ}\text{C}$.

II.3.2. La pluviométrie

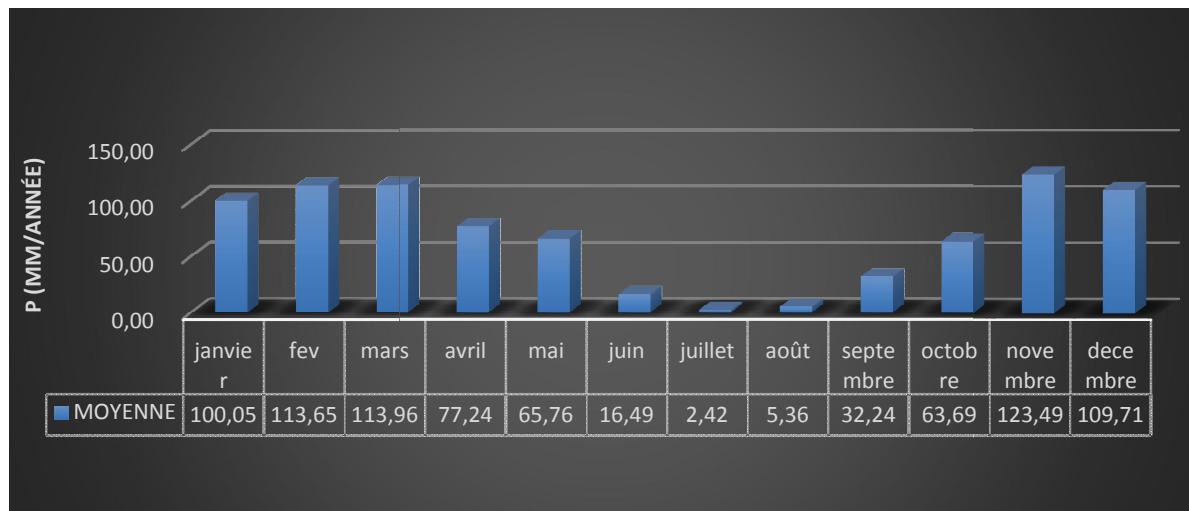


Figure 05: moyenne des précipitations de la wilaya de Tizi ousou (2006-2016).

Du mois de Janvier au mois de Juillet, les précipitations moyennes mensuelles diminuent d'une façon significative, par la suite, il y a augmentation jusqu'au mois de Janvier. Le mois de Juillet est le mois le plus faible avec des précipitations moyenne mensuelle de 2,42 mm, par contre le mois de novembre on a enregistré les plus fortes précipitations avec une moyenne mensuelle de 123,49mm.

II.3.3. La synthèse climatique

Durant la période comprise entre 2006 et 2016, le diagramme Ombrothermique pour la région de Tizi-Ouzou révèle une saison sèche qui s'étale de fin du mois de mai jusqu'à la fin du mois de septembre (Figure 06).

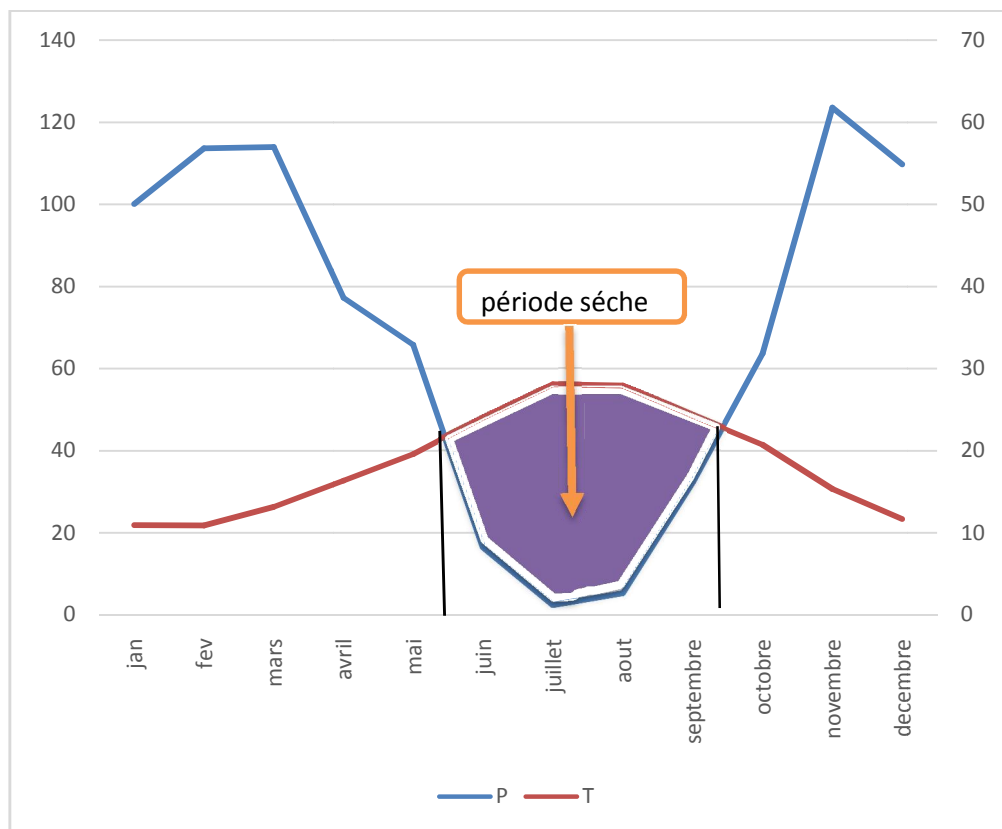


Figure 06 : Diagramme Ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou entre 2006 et 2016.

II.3.4. Le Quotient Pluviométrique et Climagramme d'emberger

Tableau 02 : Valeurs de quotient pluviométrique de la région de Tizi-Ouzou

PA (mm)	M (°C)	M (°C)	M-m (°C)	Q2
824,06	35,95	6,98	28,97	96,99

Le climagramme permet de classer la région de Tizi-Ouzou dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré (Figure 07).

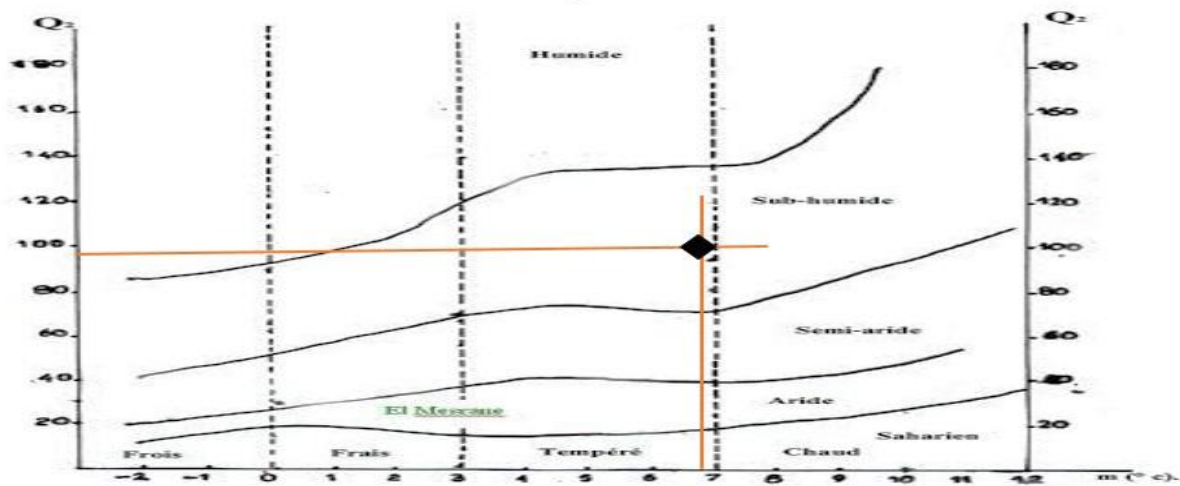


Figure 07: situation de la région de Tizi-Ouzou dans le Climagramme d'Emberger.

II. 3.5. Indice d'aridité

Il est donné par la formule suivante :

$$A = P/(T+10).$$

Avec :

P : Total des précipitations annuelles (mm)

T : Températures moyennes annuelles (°C)

$$\text{Et } a = 12p/(t+10)$$

Avec :

P : Total des précipitations mensuelles (mm) ;

T : Températures moyennes mensuelles (°C).

Les valeurs sont d'autant plus faibles que le climat est aride.

- Un indice supérieur à 20 indique une humidité suffisante.
- Les valeurs comprises entre 10 et 20 montrent une sécheresse absolue ;
- Inférieur à 10 c'est l'aridité,
- Et au-dessous de 5 le climat est hyperaride .

Tableau 03 : Indice d'aridité mensuel de DE-DEMARTONNE appliqué à Tizi-Ouzou entre 2006 et 2016.

	Janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
T moyennes	10,94	10,91	13,15	16,35	19,58	24,03	28,07	27,95	24,26	20,70	15,35	11,69
Moyenne P	100,05	113,65	113,96	77,24	65,76	16,49	2,42	5,36	32,24	63,69	123,49	109,71
A	57,35	65,23	59,08	35,17	26,68	5,81	0,76	1,69	11,29	24,89	58,47	60,69
	l'humidité est suffisante					l'aridité	hyperaridité		la sécheresse est absolue	l'humidité est suffisante		

II.4. Étude expérimentale

II.4.2. Protocole expérimentale

Pour notre expérimentation, nous avons opté pour un dispositif de type aléatoire complet. La parcelle d'étude est divisée en 4 blocs, chaque bloc est divisé en 4 parcelles élémentaires, dont une utilisée témoin et trois autres recevant chacune une dose de boues résiduaire. D'où, nous avons quatre traitements, répétés quatre fois. Le dispositif expérimental est illustré par la figure 08.

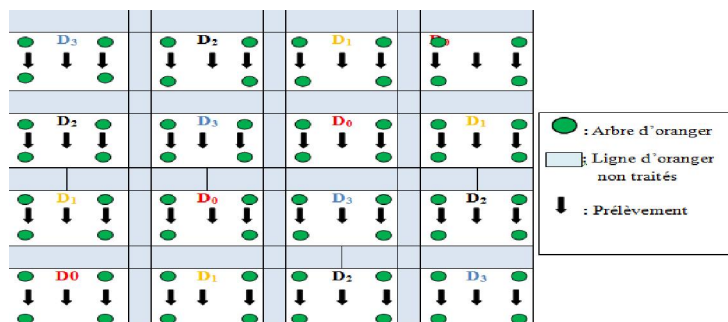


Figure 08 : Dispositif expérimental et points de prélèvement des sols.

Le tracé et la délimitation des blocs et les micros-parcelles sont réalisés le 13/avril/2017.

Chaque parcelle élémentaire est d'une superficie de 121m^2 et contenant 4 orangers.

Les doses de boues utilisées sont :

- D0 : 0
- D1: $1,5\text{ kg/m}^2$
- D2: 3 kg/m^2
- D3: $4,5\text{ kg/m}^2$

L'épandage est fait manuellement en pesant toutes les doses par parcelle et les étaler en surface du sol puis les mélanger avec ce dernier sur une profondeur de 20 cm.

II.4.3. Échantillonnage des sols

Pour échantillonner sur le terrain nous avons attendu 60 jours après l'épandage des boues.

Les points d'échantillonnage sont indiqués par les flèches (figure07). Les trois prélèvements sont mélangés pour avoir un échantillon composite de chaque parcelle élémentaire et chaque profondeur.

Donc en tout, nous avons obtenu 32 échantillons qu'on nous a pris au laboratoire.



Figure 09 : image satellite de la mise du plan parcellaire.

II.4.4. Analyse des échantillons de sol

Les échantillons prélevés sont acheminés au laboratoire des sciences du sol de l'U.M.M.T.O, séchés à l'air libre, broyé puis tamisés à 2mm. Ils sont par la suite conservés dans endroit sec. La terre fine obtenue de chaque échantillon constitue la partie du sol sur laquelle est basée la série d'analyse préconisée, à savoir : les analyses chimiques suivantes :

II.4.5. La mesure du pH-eau

Pour 10 g de séchée dans un bécher, ajouter 50 ml de l'eau déminéralisées et agiter pendant 10 minutes laisser reposer 2 heur prolonger l'électrode dans le liquide surnageant et effectuer la mesure. Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes noter les valeurs au deuxième décimal, le mode opératoire est le suivant :

❖ **Étalonnage de l'appareil :**

- Allumer le pH Mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH = 7
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 où pH = 4.
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.
- Dosage de l'échantillon
- Prendre environ 50 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH.

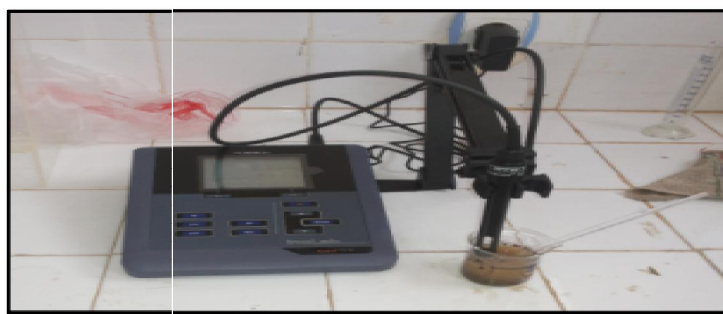


Figure 10 : pH mètre (pH 510).

II.4.6. La mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs de charge électrique augmentent. Peser 10 g de terre fine dans un bécher ajouter 50 ml de l'eau déminéralisée et agiter plusieurs fois pendant une minute laissé reposer faire les mesures conductivimétrique.

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre Deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est L'inverse de la résistivité électrique.

L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre (μ S /cm), le mode opératoire est le suivant :

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

Expression des résultats

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S/cm}$.



Figure 11 : Conductimètre (Terminal 740).

II.5. Les analyses statistiques :

Afin d'évaluer l'impact des boues résiduelles sur les propriétés physico-chimique des sols des parcelles traitée les résultats obtenus sont soumis une analyse de la variance à deux facteurs au seuil $P=5\%$, en utilisant le logiciel STAT BOX version 6.4.

Si la probabilité (P) est :

- $P > 0,05$: les variables ne montrent aucune différence significative
- $P \leq 0,05$: les variables montrent une différence significative.
- $P \leq 0,01$: les variables montrent une différence hautement significative.
- $P \leq 0,001$: les variables montrent une différence très hautement significative.

Dans le cas où les différences significatives, nous faisons appel au test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% afin de déterminer les groupes homogènes.

III. Résultats et discussion

III. 1. Caractérisation de la boue résiduaire urbaine étudiée

Nous avons contribué à la caractérisation par la mesure de pH-eau et de la conductivité électrique. Les résultats obtenus sont regroupés dans le (tableau 04).

Tableau 04. Caractéristiques chimiques de la boue utilisée

	Boues Boukhalfa
pH-eau	6,6
CE ($\mu\text{s} / \text{cm}$)	162,4

Les boues de la station d'épuration des eaux usées de Boukhalfa ont un pH neutre d'ordre de 6,6 (Lacée, 1985). Légèrement acide à neutre.

Leur utilisation sur sol agricole donc ne peut pas entraîner des effets sur la solution du sol, mais il est conseillé de les épandre sur sol alcalin.

Quant à la conductivité électrique, elle est de 162,4 $\mu\text{s}/\text{cm}$, aussi, de point de vue salinité, la boue n'est pas salinisant (Lacée, 1985).

III.2. Effet de l'épandage de différente dose de boues sur le pH de sol étudié

Notre étude rapporte les résultats de deux mois après l'épandage des différentes doses de boues résiduaires sur un sol de type alluvial avec une texture sableuse.

Les résultats obtenus ont montré que le pH de tous les sols amendés avec les boues présentent des pH alcalins allant de 8,00 à 8,75 (figure 12).

La comparaison entre les valeurs de pH des sols non amendés et amendés avec boues ne montre aucune différence significative la variation est très faible. Par contre de la surface en profondeur les valeurs de pH tendent à augmenter légèrement est significative

III.3. Effet de l'épandage de différentes doses de boues sur la salinité des sols étudiés.

III.3.1. Effet dose de boue

Les résultats de la conductivité électrique varient de 100,4 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 258 $\mu\text{s}/\text{cm}$

La comparaison entre la CE des sols non amendées et ceux amendées montre une différence significative (tableau. Annexe).

Sur ce paramètre salinité les valeurs moyennes sont de 135,6 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Les sols témoins non amendés D₀ à 151,9 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les sols amendés avec la dose D₃

III.3.2. Effet profondeur de sol

Les résultats ont montrés une légère augmentation de la CE des sols de surface (0-20cm) comparativement à celles des sols de profondeur (20-40cm).

Effet profondeur sur la CE est non significative (tableau, annexe).

La boue épandue est caractérisée par des pH et des CE qui ne posent pas problème.

Le pH de la boue étudiée est de 6,60 ce qui indique que la boue est neutre selon les normes d'interprétation de pH, d'où l'apport de ces boues au sol ne pourra pas influencer ses caractéristiques du point de vue pH.

La salinité de la boue varie entre 132,8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 162,4 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette valeur n'est pas une contrainte quant à l'utilisation agricole de la boue étudiée puisqu'elle n'engendre pas la salinisation du sol.

III.4. Effet de l'épandage de différentes doses de boues sur le pH des sols étudiés

La figure ci-dessous présente les différentes valeurs du pH des sols témoins et amendés avec différentes doses des boues d'épuration.

Ces valeurs sont comprises entre 8,00 et 8,75. D'après les normes d'interprétations sont des pH basiques.

III.4.1. Effet Dose

L'augmentation des doses des boues influence légèrement le pH.

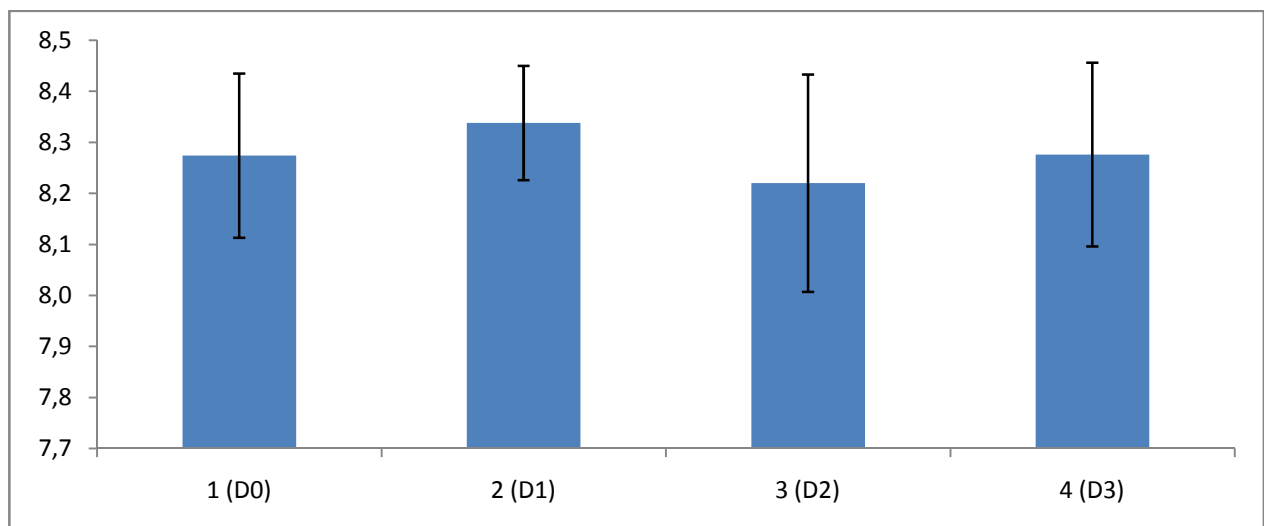


Figure 12 : variation de pH de sols 60 jours après épandage de différentes doses de boues.

III.4. 2. Effet profondeur

L'apport de boue a modifié la valeur du pH des sols. Cette modification va dans le sens d'une diminution pour les horizons de surface avec l'augmentation des doses comparativement au sol témoin, et va dans le sens d'une augmentation pour les horizons profonds.

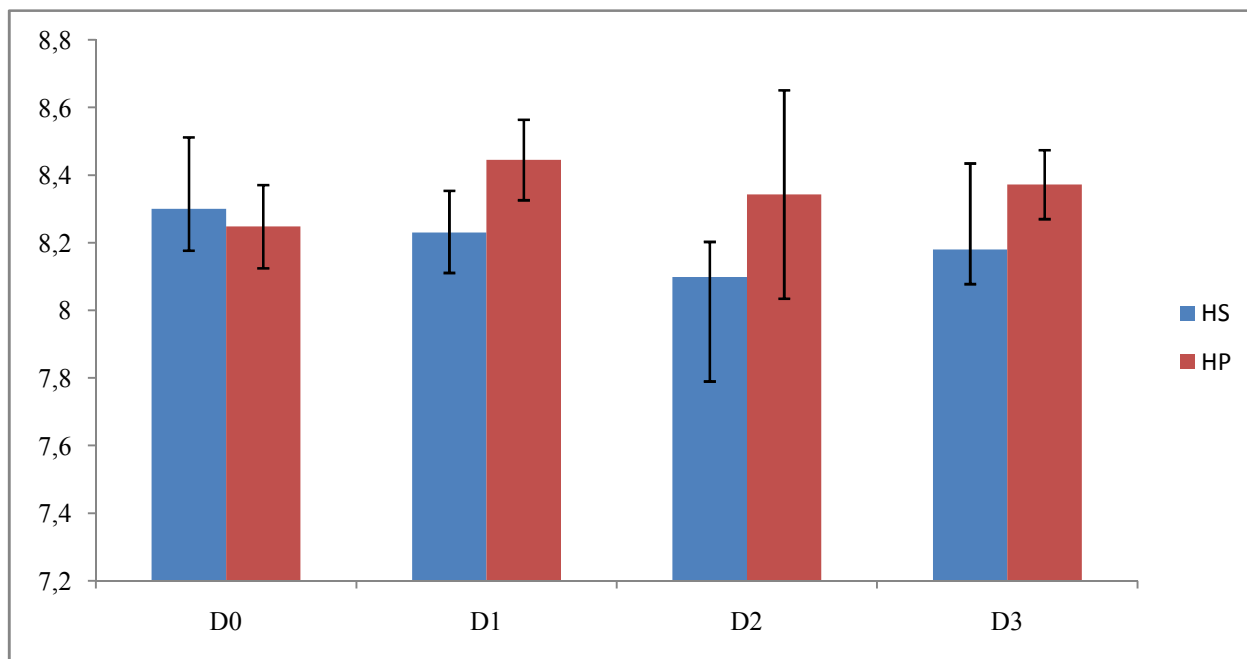


Figure 13 : variation de ph selon la profondeur

Une augmentation significative des pH des horizons profonds comparativement à ceux en surface. L'analyse statistique a déterminé deux (02) groupes homogènes pour le facteur selon le tableau suivant :

Tableau 05: test de DE NEWMAN-KEUL.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	HP	8,352	A	
1.0	HS	8,202		B

III.5. La conductivité électrique des sols amendés

D'après les normes d'interprétations, les sols étudiés sont non salés (voir annexe)

III.5. 1. Effet dose

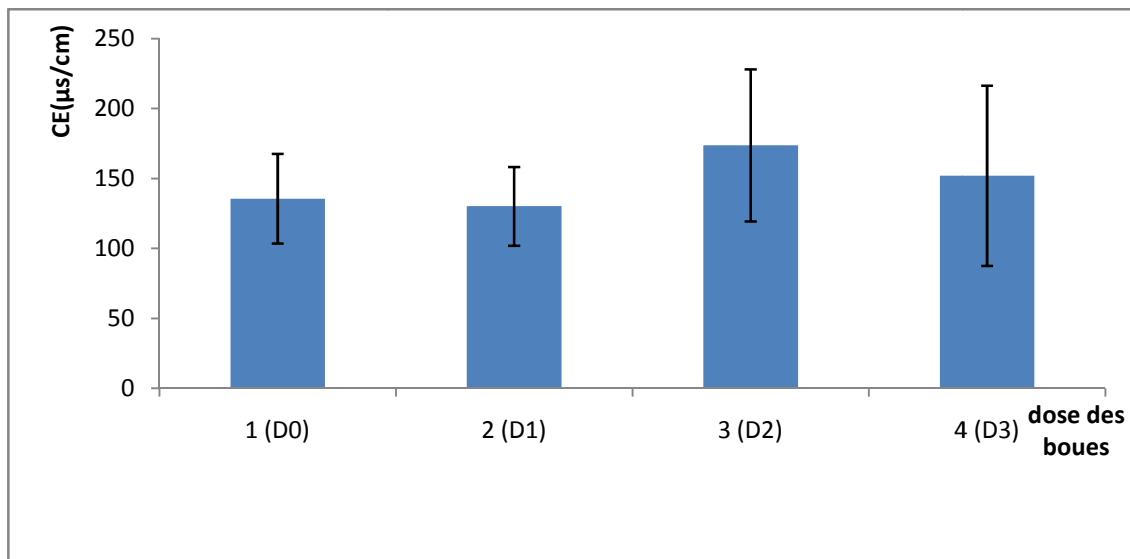


Figure 14 : variation de la CE selon les doses

Les analyses statistiques montrent que l'incorporation des boues a modifié de manière non significative la conductivité électrique des sols amendés par rapport au témoin ($P = 0,005$).

La figure permet de déceler une légère augmentation des valeurs de la CE du sol, avec la dose de boue appliquée, allant de $135,6 \mu\text{S/cm}$ à D0 à $151,9 \mu\text{S/cm}$ à D3.

III.5.2. Effet profondeur

Une légère augmentation de la CE dans les horizons de surface comparativement à la CE des horizons profonds.

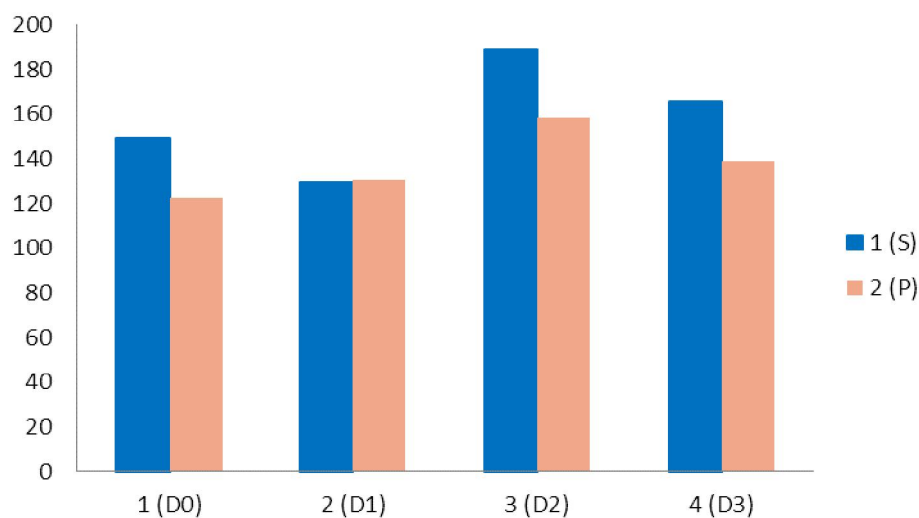


Figure 15 : variation de la conductivité électrique selon l'horizon

Tableau 06 : résultats de l'analyse de la variance de la CE.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	76420,63	31	2465,182				
VAR.FACTEUR 1	9163,969	3	3054,656	1,173	0,34093		
VAR.FACTEUR 2	3479,875	1	3479,875	1,337	0,25814		
VAR.INTER F1*2	1302,289	3	434,096	0,167	0,91729		
VAR.RESIDUEL LE 1	62474,5	24	2603,104			51,021	34,51%

Conclusion générale

Notre travail réalisé dans le cadre d'une évaluation de la valorisation agricole des boues résiduelles, issues de la STEP ouest de TIZI OUZOU (la station de BOUKHALFA) ; ainsi leur effet sur la salinité et le pH des sols agricoles.

Les analyses de pH et de la conductivité électrique réalisés sont permis conclu que :

Le pH de la solution de sol : amendée avec différent dose de boues résiduelles urbaine est basique. Les valeurs sont de (8,00 à 8,75).

La conductivité électrique : amendée variant de (100.4 μ s/cm à 258 μ s/cm). et montrent que le sol ne souffrent pas de problème salinité. La valeur de la CE dans ces sols diminuent de la surface à la profondeur, l'effet est non significative. La conductivité électrique a une distribution hétérogène en fonction du prélèvement et de la profondeur.

La rareté des sources d'amendements organiques et la pauvreté des sols alluviaux sableux sont des éléments motivant pour l'utilisation des boues résiduelles.

Les résultats de la caractérisation obtenus pour les boues utilisées dans ce travail à savoir la CE et le pH sont en faveur de cette option.

Cependant le soutien de cette option d'élimination des boues mérite d'être conforté à d'autres travaux de même ordre et dans d'autres axes de recherche.

En perspective

Nous proposons de compléter ce travail par :

- Caractérisation complète des boues résiduelles
- Des études pédologiques sont à inclure dans l'étude de mise en place du plan d'épandage pour déterminer l'aptitude des sols d'épandage .En effet l'épandage des boues ne doit pas se faire de manière massive, elles doivent être traitées comme des engrais sous peine de causer une toxicité liée à une bioaccumulation.
- L'utilisation des boues d'épuration comme amendement agricole est à prendre en considération car celles-ci peuvent constituer un remplace d'une partie des engrais minéraux. Donc l'évaluation du statut des éléments majeurs est une donnée importante et nécessaire à déterminer.
- Un suivi de parcelles amendées est préconisé.
- Une étude biologique ainsi que des tests d'écotoxicité viendront compléter ce travail.

Référence Bibliographique

Afes, 1995. Référentiel pédologique, principaux sols d'Europe. Ed. INRA. Paris. 222p

Amir S., 2005. Contribution à la valorisation de boues de stations and water conservation, Sydney. pp. 271-273.

Ati S., 2010. Etude de l'effet des boues résiduaires sur sol cultivé : Dynamique du phosphore et son utilisation en zone Semi-aride. memoire, Magister, Batna. 37p.

Aubert G., 1960. Les sols de la zone aride. Etude de leur formation, de leurs caractères, de

Azabi A., 2012. Influence des boues résiduaires sur le comportement d'une

Borafia, 2013 l'effets des boues résiduaires sur quelque paramètres phrénologique de la luzerne Medicago datina mémoire d'ingénieur Touggourt.Ouargla 32p.

C.P.C.S., 1967. La classification des sols. Chaire de pédologie, ENSA Grignon, 96p

Cerra I., 2014. Traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités. Montpullier.P80.

Chakri S., 2013. T Contribution à la connaissance des caractéristiques chimiques et physiques d'un sol amendé avec des boues résiduaires urbaines dans la wilaya de Tizi-Ouzou, Tizi-Ouzou, 49p. Culture sous-jacente, Touggourt.90p. D'épuration par compostage : devenir des micropolluants

Degremont., 1989 Mémento Technique de l'eau, 9^{ème} Edition, Tome 1 et 2, Edition.

Duchaufour P., 1977. Pédologie. Pédogenèse et classification. Tome I. Ed. Masson, 477p

Duchaufour P., 2001. Introduction à la science du sol. Ed. Dunod. Paris, 331 p.

FAO. 1998. World Reference Base for Soil Resource. World Soil Resource Report N° 84.

Gril J.J Leclerc. A., Tetart J, M., 1977 : stockage et valorisation Agricole des boues résiduaires 15-17/03/1977 Orleons ., Min. Environ.

Idder T., Bellaloui M., 1990;étude de compostage des ordures ménagers de la ville de Blida Mémoire ING. Génie de l'environnement École nationale polytechnique Alger.38p.

Référence bibliographique

Igoud S., 2001 : Valorisation des boues résiduaires issues des stations d'épuration urbaines par leur épandage dans les plantations forestières.

ISSS, ISRIC and F.A.O., Rome, 88p. Leur utilisation et leur conservation. Colloque général sur les problèmes de la zone aride.

King L.D., Morris H.D., 1972: land disposal of liquid sewage sludge -j- Evir.Qual. PP.325-329.solides,

Kirkham M.B., 1974 Disposal of sludge on land, effect on soils plants and ground water-compost Sci., Mars -Avril, pp.6-10.

Lozet & Mathieu. 2000. Dictionnaire de science du sol. Ed. Tec.Doc. Lavoisier 384 p

Mahma SA, 1995. Caractérisation physico-chimique des boues de station d'épuration de Métaux et organiques et bilan humique du compost. Toulouse.307p orstom. Paris.

Morel J-L., Jacquinf., 1978: Utilisation agricole des boues résiduaires urbaines chaulées et non chaulées .Incidence de trois années d'épandage sur la fertilité d'un sol neutre de limons. Min .Environ^t.Comité Sci.sol et déchets ,29p.

Ramdani N., 2007. Contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaires, effets sur le sol sableux mémoire, magister, Oran. 102. Touggourt : Intérêt agricole Thèse, Ingénieur, ITAS, Ouargla.65p.

Supersperg H., 1975 : Utilisation de la boue à l'état liquide sur les sols lourds.A.T.V. 28p.

U.S.D.A., 1998. Keys to soil Taxonomy. U.S.D.A-N.R.C.S. Washington D.C, 326p

Annexes

Annexes

Tableau1 : les valeurs de pH-eau et la conductivité électrique pour la parcelle amendées par les boues résiduaires.

Échantillon	CE	Ph
B1Par1 H1D0	152	8,28
B2Par2 H1D0	132	8,25
B3Par3 H1D0	217	8,08
B4Par4 H1D0	117,1	8,59
B1Par1 H2D0	117	8,25
B2Par2 H2D0	104,1	8,09
B3Par3 H2D0	127,5	8,26
B4Par4 H2D0	119	8,39
B1Par2H1D1	214	8,15
B2Par1 H1D1	157	8,28
B3Par4H1D1	190	8,38
B4Par3 H1D1	258	8,11
B1Par2 H2D1	113,3	8,49
B2Par1 H2D1	115,5	8,58
B3Par4 H2D1	109,4	8,41
B4Par3H2D1	111	8,3
B1Par2 H1D2	139	8,15
B2Par4 H1D2	186	8,22
B3Par1 H1D2	204	8,01
B4Par3 H1D2	163,5	8,01
B1Par3 H2D2	116,5	8,75
B2Par4 H2D2	108,8	8,36
B3Par1 H2D2	127	8,01
B4Par2 H2D2	111	8,25
B1Par4 H1D3	107,2	8,55
B2Par3 H1D3	110	8,15
B3Par2 H1D3	108	8,02
B4Par1 H1D3	103	8

Tableau2 : analyse de la variance au seuil 5% de pH pour les facteurs sol, la dose et profondeur.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1,162	31	0,037				
VAR.FACTEUR 1	0,055	3	0,018	0,544	0,6607		
VAR.FACTEUR 2	0,18	1	0,18	5,302	0,02884		
VAR.INTER F1*2	0,112	3	0,037	1,101	0,36881		
VAR.RESIDUELLE 1	0,815	24	0,034			0,184	2,23%

Tableau3: test de DE NEWMAN-KEULS (anova)

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	HP	8,352	A	
1.0	HS	8,202		B

Tableau 4 : analyse de variance au seuil de 5 % de la conductivité du sol étudié.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	76420,63	31	2465,182				
VAR.FACTEUR 1	9163,969	3	3054,656	1,173	0,34093		
VAR.FACTEUR 2	3479,875	1	3479,875	1,337	0,25814		
VAR.INTER F1*2	1302,289	3	434,096	0,167	0,91729		
VAR.RESIDUELLE 1	62474,5	24	2603,104			51,021	34,51%

Tableau5 : tableau comparative des résultats par rapport aux normes internationales (CE)

Classe	CE en $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 25 °C	Qualité des sols	Effet sur le rendement
Classe I	0 à 500	Non salé	Négligeable
Classe II	500 à 1000	Légèrement salé	Diminution du rendement des cultures très sensibles au sel
Classe III	1000 à 2000	Salé	Diminution des rendements de la plus part des cultures
Classe IV	2000 à 4000	Très salé	Seules les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant
Classe V	Plus de 4000	Extrêmement salé	Seules quelques cultures donnent des rendements satisfaisants

Tableau 6 : effet profondeur pour la CE

1 (S)	2 (P)
158,281	137,425

Résumé

Dans un contexte de développement d'une économie circulaire, la plupart des matières organiques sont épandues après avoir subi un traitement ou non ; elles sont utilisées pour un double bénéfice. Le but de notre travail est d'étudier l'effet de l'apport de boues résiduaires urbaines sur la solution du sol (pH et conductivité électrique). Les résultats obtenus, ont montré une légère augmentation de pH d'une façon significative en augmentant la dose de boue, et aussi une augmentation significative de la surface vers la profondeur. Pour la Conductivité électrique, une légère augmentation dans les horizons de surface comparativement aux horizons profonds.

Summary

In the context of the development of a circular economy, most organic matter are applied after treatment or not; they are used for a double benefit. The aim of our work is to study the effect of the input of urban waste sludge on the soil solution (pH and electrical conductivity). The results obtained showed a slight increase in pH in a significant way by increasing the sludge dose and also a significant increase of the surface to the depth. For Electrical Conductivity, a slight increase in surface horizons compared to deep horizons.