

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 Biologique



Mémoire

de fin d'études

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

Spécialité : Science de sol

Thème

**La caractérisation chimique d'un sol
alluvial agrumicole amendé avec les
boues résiduaires urbaines dans la
wilaya de Tizi-Ouzou**

Réalisé par :

TERBOUCHE Lynda

ZITOUN Hayet

Devant le jury composé de :

Président : M^r ARKOUB M.

Promotrice : M^{lle} OMOURI O.

Examinatrice : M^{me} OMARI O.

Examinatrice : M^{lle} ISSAOUN DJ.

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.

Doctorante à l'U.M.M.T.O.

Promotion 2017/2018

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 chère promotrice M^{elle} OMOURJO.

Qui nous a proposé le sujet et nous a dirigé et orienté, nous tenons surtout à témoigner de son disponibilité, son positivité et son motivation, son conseil qui nous a guidés dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Nous remercions M^r ARKOUB M qui, malgré il est en vacances et sa lourde charge, il a acceptée présider le jury.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements aux égards des membres de jury M^{me} OUMARI O. et M^{elle} ISSAOUN DJ pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail

Nous remercions M^{me} TIBICHEGH. et toute l'équipe de laboratoire des sciences du sol au niveau de département d'agronomie à UMMTO.

Nous remercions l'équipe du laboratoire département biologie et agronomie pour leur accueil, leur collaboration et leur disponibilité.

Nous remercions M^{elle} ISSAOUN DJ. qui nous a aidés à réaliser l'analyse statistique des résultats.

Nous remercions tous les enseignants qui nous ont encadrés durant notre cursus.

Nous tenons à exprimer tout au fond de nos cœurs, nos reconnaissances à nos familles pour toute leur aide morale et financière.

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 cet humble à :

Mes très chers parents pour leur aide et leur soutien

Tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, j'espère qu'un jour, je serai capable de leur rendre au moins le minimum. Que Dieu les protège.

A mon frère : Essaid

A mes sœurs : Samia, Syla, Souhila, Mellissa

A mes grand-parents

A mes oncles, tantes, cousines et cousins

A mes meilleures amies : Lamia, Siham, Sarah

A ma binôme et chère amie Lynda et à toute sa famille

A toute la promotion Sciences de sol : 2017-2018

Et à toutes les personnes qui croient en moi

Hayet

Dédicaces

Je dédie cet humble à :

Mes très chers parents pour leur aide et leur soutien

Tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, j'espère qu'un jour, je serai capable de leur rendre au moins le minimum. Que Dieu les protège.

A mes frères : Billel Yacine et Amine

A mon cher ami : Malek qui m'a soutenu dans tous les moments qui n'ont pas cessé de m'encourager.

A ma grand-mère que Dieu la protège et ma tante Djamila.

A mes oncles, tantes, cousines et cousins

A mes meilleures amies : Sabrina, Titouh, Cylia, Malika, Sara

A ma binôme et chère amie Hayet et à toute sa famille

A toute la promotion Sciences de sol : 2017-2018

Et à toutes les personnes qui croient en moi

Lynda

Les abréviations

MP : micro parcelle

DO : dose zéro

D1 : dose un

D2 : dose deux

D3 : dose trois

D4 : dose quatre

CE : conductivité électrique

CaCO₃ t : calcaire totale

Liste des figures

Figure 1 : localisation de la parcelle via googleEarth 2017.....	5
Figure 2 : Le dispositif expérimental de l'essai au champ.....	6
Figure3 : Les points d'échantillonnage des sols.....	7
Figure 4 : Etapes de mesure du pH.....	9
Figure 5 : Les étapes de mesure de la CE.....	10
Figure 6 : Etapes du dosage de calcaire total.....	11
Figure 7 : la gamme étalon.....	13
Figure 8 : les étapes de dosage du phosphore assimilable.....	14
Figure 9 : la variation de pH dans le sol en fonction des doses de boues apportées.....	15
Figure 10 : variation de la conductivité électrique(CE) dans le sol en fonction des doses de boue apportées.....	17
Figure 11 : variation du taux de calcaire total CaCO_3 dans le sol en fonction des doses de boues apportées.....	19
Figure 12 : variation du taux de phosphore assimilable dans le sol en fonction des doses de boues apportées.....	21

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les paramètres de la parcelle étudiée.....	5
Tableau 2 : Composition de la gamme étalon.....	13

Introduction.....01

Chapitre 01 : Matériels et méthodes

I.1.Site d'étude.....	05
I.2.La localisation de la parcelle	05
I.3.Protocole expérimental	06
I.4. Échantillonnage.....	07
I.5. Préparation et analyses des échantillons de sol.....	08
I.5.1.Préparation des échantillons du sol.....	08
I.5.2.Analyses chimiques effectuées.....	08
I.5.2.1. Méthodes d'analyses	08
• Le pH eau.....	08
• Conductivité électrique (CE).....	09
• Le CaCO ₃ total.....	10
• Le phosphore assimilable (méthode Olsen).....	11

Chapitre 02 : Résultats et discussions

1. Caractérisation de la boue étudiée.....	16
2. Effet de l'apport des boues résiduares sur les propriétés chimiques du sol étudié.....	16
2.1. Variation de pH des sols sous l'effet de l'apport de différentes doses de boues résiduares.....	16
2.2.Variation de la conductivité électrique(CE) des sols sous l'effet de doses de boues résiduares.....	18
2.3.Variation du taux de calcaire total (CaCO ₃ t) des sols sous l'effet de différentes doses de boues résiduares.....	20

Sommaire

2.4. Variation des teneurs en phosphore assimilable des sols sous l'effet des doses de boues résiduares.....22

Discussion des résultats.....23

Conclusion.....25

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

La croissance démographique surtout dans les villes, l'accroissement de la production et de la consommation des unités industrielles, engendrent des quantités considérables de sous-produits et de déchets qui, s'accumulent sans être recyclés et qui peuvent manifestement provoquer une pollution de l'environnement. Toutefois, certains rejets d'origine urbaine ou industrielle, sont susceptibles d'être valorisés après traitement préalable à travers la réutilisation à des fins agricoles, c'est notamment, le cas des ordures ménagères, des écumes et des boues résiduaires.

Les boues d'épuration sont les résidus obtenus lors de traitement des eaux usées. Le taux spécifique d'accumulation de ces boues dans une station d'épuration sur la base d'un volume quotidien de 100 l/hab/jour conduit à une valeur de 0,03 à 0,04 m³ de boues/hab/an soit 80 à 115 g MS/hab/jour). Soit pour une petite communauté de 30000 habitants, une accumulation de 3 à 3,5 tonnes/jour.

La composition d'une boue résiduaire moyenne pour quelques éléments principaux est la suivante: matière organique (40 à 80% MS), azote total (1,6 à 6 % MS), phosphore (1 à 4% MS) et potasse assimilable (0,2 à 1 % MS) (JEMALI et al., 1998).

Les caractéristiques des boues résiduaires dépendant du type de traitement des eaux usées (physico-chimique ou biologique), du procédé de stabilisation (aérobie ou anaérobie, chaulage ou compostage), et de leur état physique (variant d'un état liquide jusqu'au séchage) (O.T.V, 1997 ; Culot, 2005 ; Girard et al. 2005). La production des boues résiduaires passe par plusieurs étapes : le prétraitement de l'eau usée, son traitement primaire (décantation primaire) et son traitement secondaire (décantation secondaire).

Les boues résiduaires sont hétérogènes en fonction de leur origines, la nature de pollution initiale de l'eau et des procédés de traitements (Laurant,1994) (Werther et Ogada,1999 ; Jarde et al., 2003 ;Singh et al., 2004), toutes les boues résiduaires représentent avant tout une matière composée de différents éléments (matière organique,éléments fertilisants (N P K),éléments traces métalliques, éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

A l'échelle mondiale, la production de boues est de l'ordre de 200 millions de tonne par an. L'Europe et l'Amérique du nord produisent 40 millions de tonnes de matières sèches par an. L'Allemagne est le premier pays producteur de boues d'épuration en Europe avec presque 2,1 millions de tonnes, soit environ 21% du tonnage total en Europe. Le Royaume Uni arrive ensuite avec une production de 1,5 millions de tonnes de MS suivi par la France qui arrive en troisième position avec plus de 1,1 millions de tonnes de MS (Buffet, 2010).ss

Introduction

En Algérie, la production des boues en 2015, au niveau des 58 STEPS de types boues activées, gérées par l'ONA, était estimée à 54.000 tonnes de matières sèches par an. Elle a atteint, en 2016, les 90.000 tonnes de matières sèches par an, produites par 63 stations à boues activées. A l'horizon 2020, selon les mêmes auteurs, la production de boue devrait augmenter à plus de 50% et devrait atteindre une quantité estimée à plus de 150.000 tonnes de matières sèches par an. De ce fait, leur gestion durable s'impose.

La valorisation agricole des boues résiduelles participe à la protection durable de l'environnement, et tire profit de ces produits organiques en améliorant la fertilité des sols cultivés. En effet, il est généralement admis que ces déchets ont un pouvoir fertilisant en apportant au sol de l'azote, du phosphore et de la matière organique (Nicourt et Barbier, 2009 ; Wu et al., 2010 ; Mazen et al., 2010), améliorant ainsi ses propriétés physiques (rétention en eau, porosité, stabilité structurale...), chimiques (disponibilité des éléments nutritifs) et biologiques (bonne activité microbiologique) (Grimaud, 1996 ; Le Bissonais, 2009 ; Capowlez, 2009). Cependant, leur utilisation ne peut pas se pérenniser sans la garantie de leur innocuité (teneur en micropolluants et en pathogènes) (Annabi, 2005).

Le directeur de l'assainissement au ministère des ressources en eau et de l'environnement Mr. Ait Amara (JANVIER 2017) a précisé qu'une étude a été réalisée pour la mise en place de nouvelles normes d'utilisation des boues dont l'objectif concernant les conditions et les modalités d'utilisation de ces boues, l'intérêt de ce dernier est consisté à l'utiliser comme fertilisant naturel en vue d'améliorer le rendement des terres agricoles, sachant que le parc national de stations d'épuration (STEP) compte actuellement 177 stations générant 120.000 tonnes de boues par an.

D'après les explications fournis par M. Ait Amara, ces normes concerneront, le type de boue et les matières qu'elle renferme, les procédés de son utilisation ainsi que la partie qui en bénéficiera, affirmant que son utilisation bénéficiera aux agriculteurs tout comme les eaux d'irrigation issues des stations d'épuration.

Les études portées sur la valorisation agricole des boues ont montré que sols traités avec ces dernières, gardent plus longtemps l'humidité et la végétation installée sur de tels sols ont un système racinaire plus développé comparativement aux sols non traités (Tester et al., 1982). Les boues résiduelles libèrent progressivement les éléments nutritifs et notamment l'azote pour le mettre à la disposition de la plante tout le long du cycle de la culture. La libération de l'azote est fonction des conditions climatiques prévalentes, des quantités de boues apportées et du rapport C/N (Jamil et al., 2006 ; Pescod, 1992 ; Barbartik et al., 1985). Aussi les travaux

Introduction

portant sur l'effet des boues sur les propriétés chimiques du sol indiquaient, un pH neutre, un enrichissement en phosphore total et assimilable et en matière organique (Benmouffok et al., 2005 ; Mohammed et al., 2004 ; Gomez et al., 1984 ; Brossoud et al., 1991 ; Wolejko, 2015).

L'origine du phosphore dans les eaux résiduaires est déduite de la connaissance des sources de phosphore naturel et de son utilisation, elle est multiple (Villebrun, 1989). Le phosphore provient : du métabolisme humain, des produits lessiviels et de nettoyage, des rejets industriels, et des rejets agricole, (Dernat et al., 1994). Il est contenu dans les boues d'épuration municipales provient pour 50 à 70% des poly phosphates des détergents et pour 30 à 50% des matières organiques d'origine humaine (Morel, 1978). Le phosphore des boues liquides non floclées est aussi efficace que celui des engrais minéraux phosphatés solubles, l'apport de cet élément favorise le développement racinaire et la précocité des plantes. (Morel, 1984).

De nombreux auteurs ont mis en évidence un abaissement du phosphore de la solution du sol au voisinage des racines (Krauses et Saleque, 1987) et selon Barber (1995) les racines absorbent le phosphore des phosphates dissous en solution. Les sols cultivés en Algérie, sont dans la majorité des cas pauvres en phosphore (**Benfreha et al**, in **Brahimi, 1991**) et dans la région de Tizi Ouzou (Nait Kaci, 2009). Cette déficience en cet élément majeur et important dans la production agricole conduit d'avantage à la matérialisation d'une production agricole insuffisante et des rendements en général bas.

L'objectif de notre étude est d'évaluer la caractérisation chimique en particulier la teneur en phosphore assimilable d'un sol alluvial amendé avec des doses croissantes des boues résiduaires urbaines, pour ce faire nous avons testés deux hypothèses :

- L'apport des boues améliorent le taux du phosphore assimilable dans le sol.
- L'apport des boues résiduaires modifie la CE et le pH et CaCO_3 .

Notre plan de travail est le suivant :

- Introduction.
- Chapitre I : Matériel et méthodes.
- Chapitre II : Résultats et discussions.

Une conclusion générale synthétise le travail.

Pour clore ce dernier, nous avons proposé quelques perspectives

Matériels et méthodes

I.1.Site d'étude

La parcelle d'étude se situe à Boukhalfa au nord-ouest de la commune de TiziOuzou celle-ci est délimitée au Nord par Sidi Naàmane et la vallée de sébaou, au Sud par Tala Alam et la ville de Tiziouzou, à l'Ouest par Dràa Ben Khedda et à l'Est par Redjaouna.

I.2.La localisation de la parcelle

La parcelle d'étude appartient aux domaines privé. Elle est localisée selon la figure 03 (Google Earth, 2017) et le tableau01.



Figure 01 : Localisation de la parcelle via Google Earth 2017

Tableau 01 : Les paramètres de la parcelle étudiée.

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

I.3. Protocole expérimental

Le travail sur le terrain a été réalisé par nos camarades de promotion 2016/2017, au mois de mars 2017. Le dispositif expérimental est de type blocs aléatoire complet (figure 2). La parcelle est divisée en 4 blocs. Chaque bloc est divisé en micro-parcelle de 121m² où chacune a reçu une dose de boues sont témoin. Chaque micro-parcelle contient quatre (orangers). Un espace de 4m² par micro-parcelle est laissé sans épandage, donc la surface épandue dans chaque micro-parcelle est de 117m².

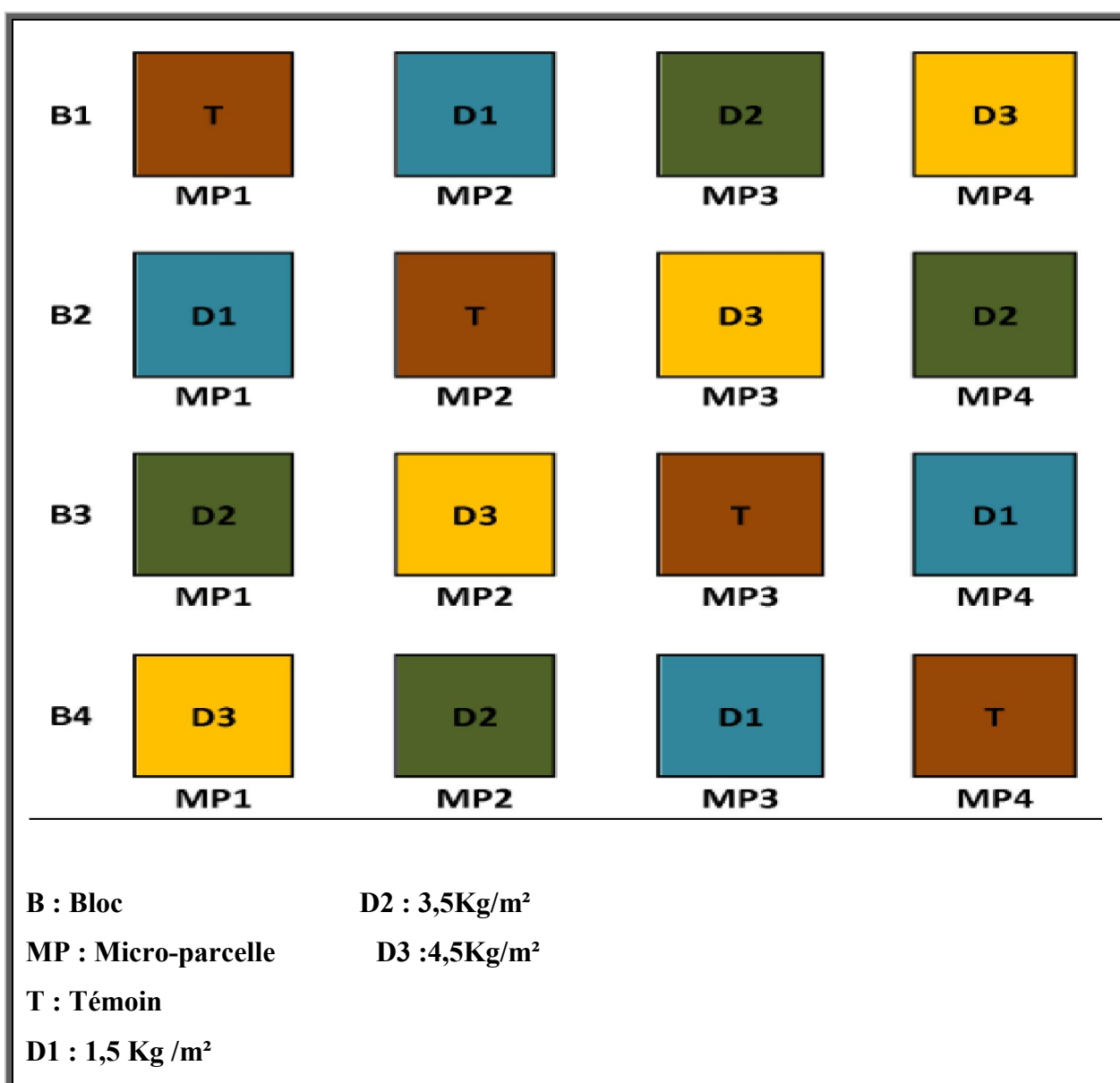


Figure 2 : Le dispositif expérimental de l'essai au champ

L'épandage a été fait manuellement après pesage de toutes les quantités de doses à apporter, en étalant en surface du sol, puis les mélanger avec ce dernier sur une profondeur de 20 cm.

I.4. Échantillonnage

L'échantillonnage sur le terrain, est réalisé 60 jours après la mise en place de l'essai. Trois points d'échantillonnage (figure 3), pour chaque micro-parcelle, ils ont prélevé en trois prises à l'aide d'une tarière, puis mélangés pour avoir un échantillon composite de chaque micro-parcelle et pour chaque profondeur 0-20 et 20-40cm

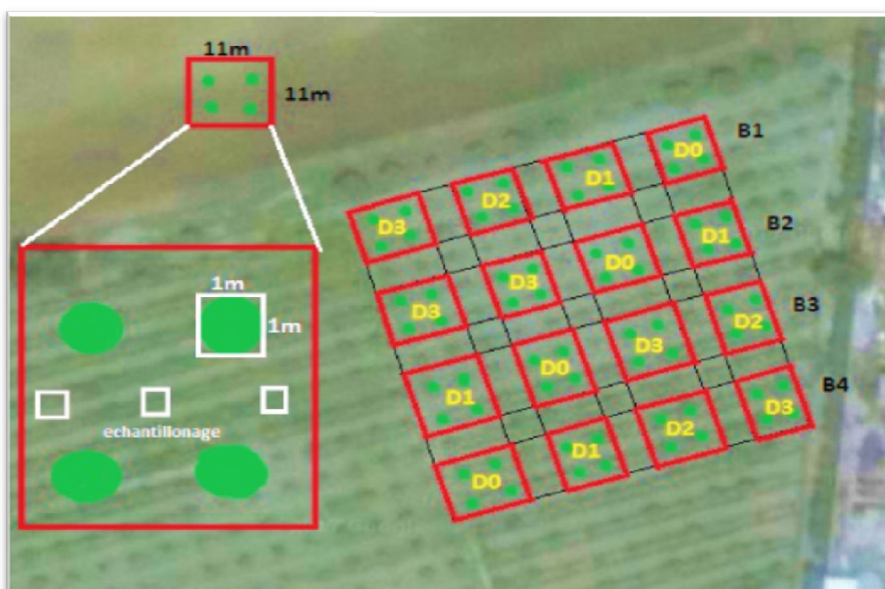


Figure3 : Les points d'échantillonnage des sols

I.5. Préparation et analyses des échantillons de sol

I.5.1. Préparation des échantillons du sol

Les échantillons sont transportés au laboratoire où ils ont subi le séchage à l'air libre et le tamisage au tamis 2mm. La fraction inférieure à 2mm et à 200 μ m est appelée terre fine a fait l'objet de certaines analyses chimiques.

I.5.2. Analyses chimiques effectuées

- Mesure de pH
- Mesure de la conductivité électrique (CE)
- Dosage du calcaire total (CaCO_3)
- Dosage du phosphore assimilable

I.5.2.1. Méthodes d'analyses

- **Le pH eau**

Le pH est mesuré par la méthode potentiométrique, à l'aide d'un pH mètre sur une suspension de terre fine dont le rapport est de 1/5. Le protocole expérimental illustré par la figure 4 est le suivant :

- peser 10g de terre fine tamisée à 2mm
- ajouter 50ml d'eau distillée
- agiter pendant 10min dans un agitateur va et viens
- laisser repose pendant 2h
- mesurer le pH des échantillons avec un pH-mètre déjà étaloné



Figure 4: Etapes de mesure du pH

- **Conductivité électrique (CE)**

La CE traduit la concentration saline totale de la solution, elle est mesurée par un conductimètre muni d'une électrode étalonnée à la solution standard de KCl (0,01N). Le rapport sol/eau distillée est de 1/5. La température est déterminée par un thermomètre pour chaque échantillon et chaque mesure. Le protocole expérimental illustré par la figure 5 est le suivant :

- Peser 20g de terre fine tamisée à 2mm
- Ajouter 100ml d'eau distillée
- Agiter pendant 2min avec un agitateur va et vient
- Laisser reposer pendant 30min
- Filtrer la solution jusqu'à l'obtention d'un filtrat clair
- Mesurer la CE avec un conductimètre



Figure 5 : Les étapes de mesure de la CE

- **Le CaCO_3 total**

Le calcaire total est la quantité de calcaire sous forme de carbonates dosée par destruction à l'acide chlorhydrique. Cependant l'acide chlorhydrique attaque également d'autres carbonates tels que MgCO_3 . Pour plus de précision il faudrait également doser Ca^{2+} et Mg^{2+} . Deux méthodes sont généralement utilisées : l'une dites gazométrie, soit la mesure du CO_2 dégagé. La seconde volumétrie, consiste à titrer l'excès d'acide chlorhydrique par de la soude.

Dans notre cas, nous avons recours à la dernière méthode illustrée par la figure 6 et dont le mode opératoire est le suivant :

- Peser 1g de terre fine tamisé à 2mm dans un bêcher de 250ml
- Ajouter 20ml d'acide chlorhydrique (1N)
- Amener le volume à plus ou moins 100ml avec d'eau distillée
- Porter les bêchers sur le bain de sable à 60°C et agiter de temps à autre pendant 45min
- Laisser bouillir pendant 3min
- Après refroidissement, filtrer dans une fiole de 250ml

Matériels et méthodes

- Bien laver la terre
- Ajuster à 250ml
- Prélever 100ml du filtrat et porter dans un bêcher de 400ml
- Ajouter 4 gouttes de phénolphtaléine à 2%
- Titrer le reste d'acide chlorhydrique par la soude 1N jusqu'à l'obtention de la couleur rouge violacé

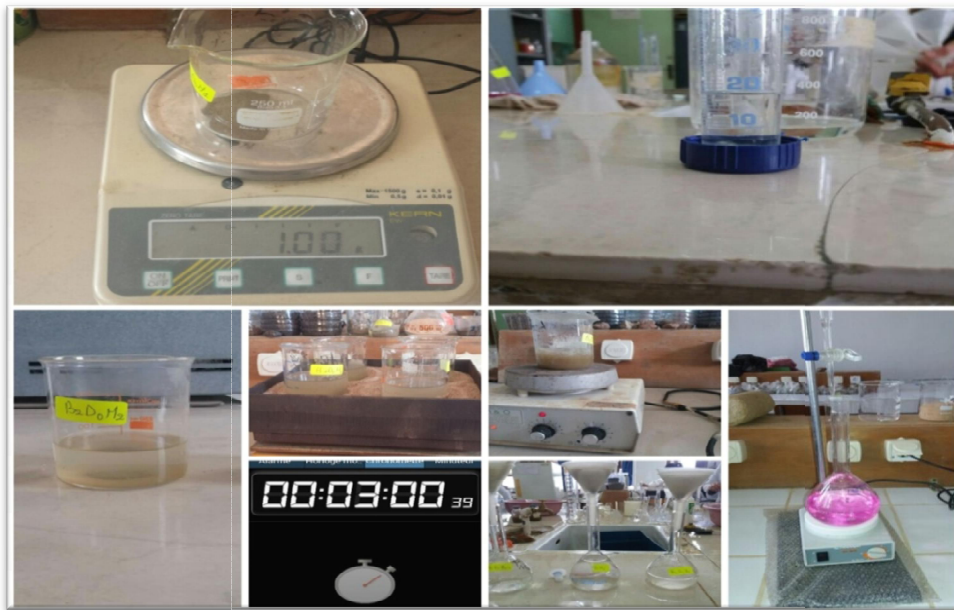


Figure 6: Etapes du dosage de calcaire total

• Le phosphore assimilable (méthode Olsen)

Principe :

Il existe plusieurs méthodes pour extraire et doser le phosphore contenu dans le sol.

Le phosphore assimilable est difficile à évaluer car le phosphore assimilable existe dans le sol sous différentes formes dont les conditions d'extraction (pH, force ionique de la solution) peuvent être différentes selon la nature des réactifs utilisés. Par ailleurs, il n'y a pas de méthodes précises permettant d'évaluer les réserves potentielles susceptibles d'être libérées à court terme. En général, l'extraction de ces réserves est réalisée par des réactifs puissants acides tel que : HCl ou HNO₃. Pour les sols calcaires, qui présentent en général, un pH

Matériels et méthodes

compris entre 7,2 et 8,3, le phosphore assimilable est extrait selon la méthode OLSEN et al. (1954) dont le mode opératoire illustré par la figure 7 est le suivant :

1- Préparation des solutions et réactifs :

✓ Solution de NaHCO_3 à 0,5M

- Peser 42g de bicarbonate de sodium
- Dissoudre dans un 1 L d'eau distillée
- Ajuster à pH 8,5 avec la soude NaOH (1N)

✓ Réactif chloromolybdique

- Peser 25g de molybdate d'ammonium
- Ajouter 200ml d'eau distillée chaud
- Préparer 275ml d' HCl dans 475ml d'eau distillée
- Laisser refroidir puis ajuster à 1L

✓ Acide ascorbique

- Peser 1g d'acide ascorbique et dissoudre dans 100ml d'eau distillée

✓ la solution étalon d'orthophosphate

- Peser 0.439g de phosphate monopotassique KH_2PO_4 dans une fiole de 1 L
- Ajouter 500ml d'eau distillée
- Agiter pour dissoudre le produit
- Compléter le volume à l'eau distillée
- On obtient une solution de 100mg de P/l
- Dans une fiole de 200ml, introduire 10ml de cette solution
- Compléter le volume à l'eau distillée pour obtenir une solution à 5mg de P/l

2-Extraction du phosphore assimilable du sol

- Peser 5g de terre fine
- Ajouter 100ml de NaCO_3

Matériels et méthodes

- Ajouter une cuillère à café du charbon actif
- Agiter pendant 30min avec l'agitateur va et viens
- Filtrer tous les suspensions on utilisant de papier filtre Watman, si la solution ni pas claire on réefiltre

3-Passage au spectrophotomètre à flamme :

Préparation de la gamme étalon dans des fioles de 25ml

Numéro de la fiole	0	1	2	3	4	5	6
Volume de KH ₂ PO ₄	0	0,5	1	2	4	6	8
Solution de NaHCO ₃	5	5	5	5	5	5	5
Réactif chloromolybdique	5	5	5	5	5	5	5
Acide ascorbique	1	1	1	1	1	1	1
Eau distillée	14	13,5	13	12	10	8	6
[] finale en mg de P/l	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6

Tableau 2: Composition de la gamme étalon



Figure 7 : la photo de la gamme étalon

Matériels et méthodes

- Laisser dégager le CO₂, et les mettre 10min au bain marin à 80°C
- Passer au spectrophotomètre à longueur d'onde de 660nm

❖ Lecture

- Dans une fiole de 25ml
- Mettre 5 ml de l'extrait obtenu de la suspension
- Mettre 5 ml de réactif de chloromolybdique, laisser dégager le CO₂
- Mettre 1 ml de solution acide ascorbique
- Compléter le volume par l'eau distillée
- Mettre 10 min dans le bain marin
- Passer au spectrophotomètre a onde de 660nm



Figure 8 : les étapes de dosage de phosphore assimilable

Résultats et discussion

1. Caractérisation de la boue étudiée

Les boues résiduaires utilisées dans l'expérimentation sont issues d'un processus de traitements à boues activées à la station de traitement des eaux usées ouest de Boukhalfa (Tizi-Ouzou), elles sont très riches en phosphore assimilable. La teneur en cet élément important pour la production végétale est de l'ordre de 44,80 ppm, d'où elles constituent un bon amendement pour pallier au déficit de cet élément dans le sol.

2. Effet de l'apport des boues résiduaires sur les propriétés chimiques du sol étudié

2.1. Variation de pH des sols sous l'effet de l'apport de différentes doses de boues résiduaires

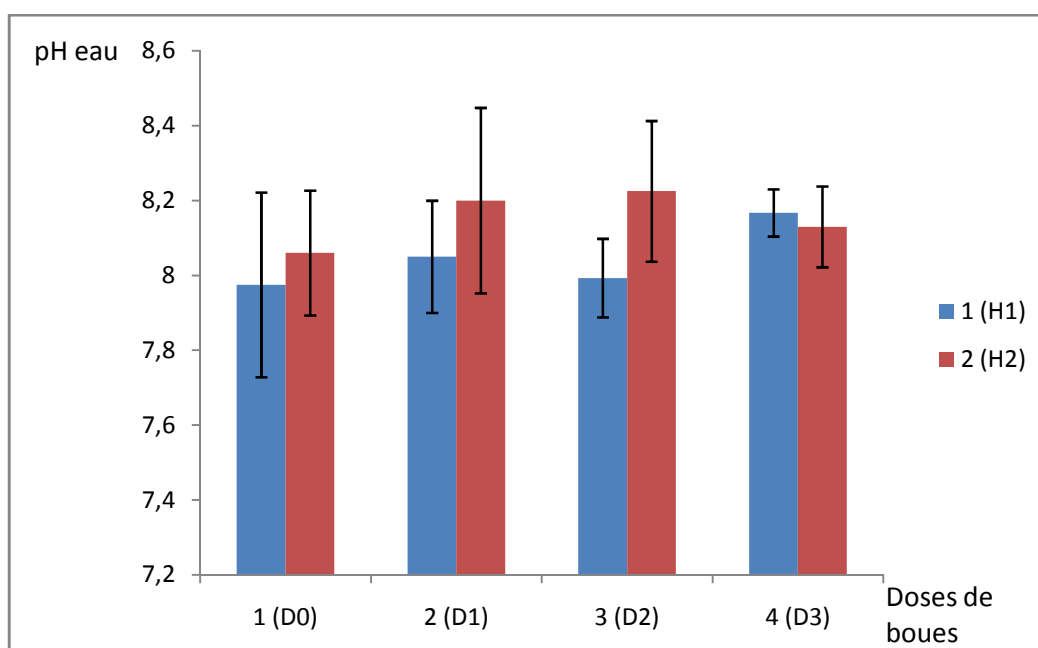


Figure 9 : la variation du pH dans le sol en fonction des doses de boues apportées

La figure 9 et le tableau 3 montrent que le pH moyen des sols est de 8,06 pour les sols non amendés et augmente avec l'augmentation des doses de boues de 8,2 pour la D1, 8,22 pour D2, et diminue pour la D3 8,13 dans les sols amendés au niveau de la profondeur 20-40cm. Contrairement, au pH des sols de la profondeur 0-20cm, où on remarque que la valeur du pH la plus élevée est celle des sols recevant la dose 3. Cette augmentation est non significative pour le facteur dose et le facteur profondeur.

Résultats et Discussions

A partir de ces résultats et en se référant aux normes proposées par (Echelle d'interprétation de pH dans l'extrait 1/5) (annexe 1), le sol non amendé et amendé avec toutes les doses de boues apportées sont des sols moyennement alcalins à alcalins.

2.2. Variation de la conductivité électrique (CE) des sols sous l'effet de doses de boues résiduelles

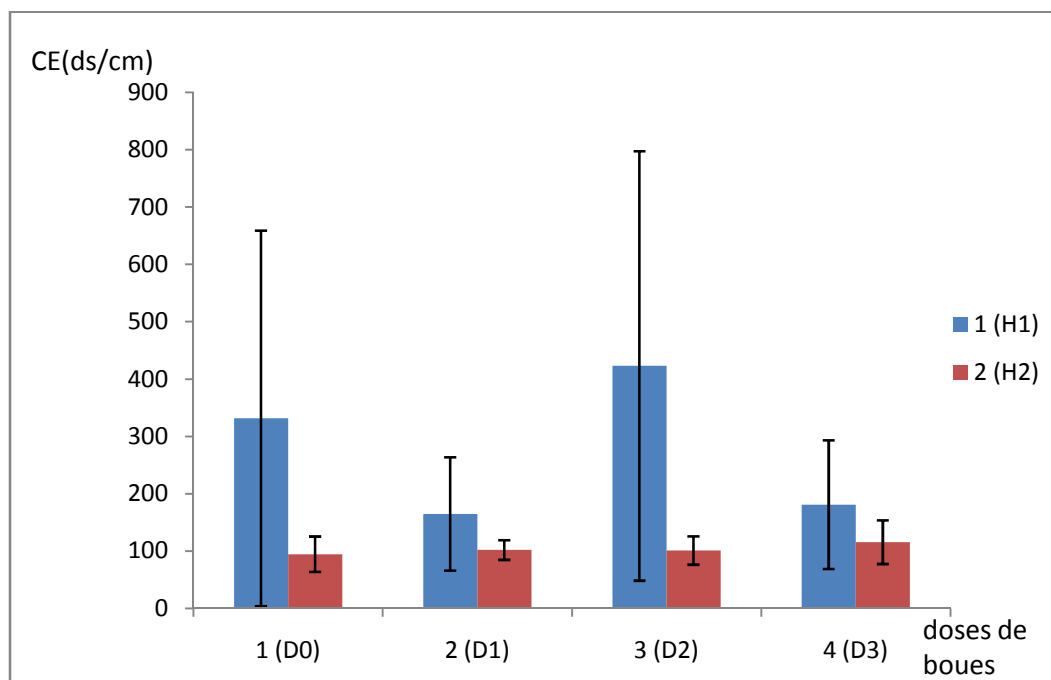


Figure 10 : variation de la conductivité électrique CE dans le sol en fonction des doses de boue apportée

La figure 10 et le tableau 5. montre que la conductivité électrique des sols du niveau de profondeur 0-20cm varie de 331,5 μ s/cm dans les sols non amendés (D0) à 181 μ s/cm dans les sols amendés avec la dose D3. Pour ceux du niveau de profondeur 20-40cm, les valeurs varient de 94,5 μ s/cm dans les sols non amendés (D0) à 115,5 μ s/cm dans les sols amendés avec la dose D3.

L'effet de l'apport de boues résiduelles sur le paramètre exprimant la salinité est insignifiant. Notons que toutes les valeurs indiquent que le sol étudié n'est pas salé et que les boues apportées à différentes doses ; 1,5T/ha, 3T/ha et 4,5T/ha n'ont aucun effet salinisant sur le sol. A partir des résultats et en référant aux normes proposées par Durand . (1983), le

Résultats et Discussions

sol non amendé et amendé avec tous les doses de boues apportées ne sont pas salées. Les résultats montrent que l'évolution de ce paramètre de salinité décroît de la surface vers la profondeur.

2.3.Variation du taux de calcaire total (CaCO_3t) des sols sous l'effet de différentes doses de boues résiduaires

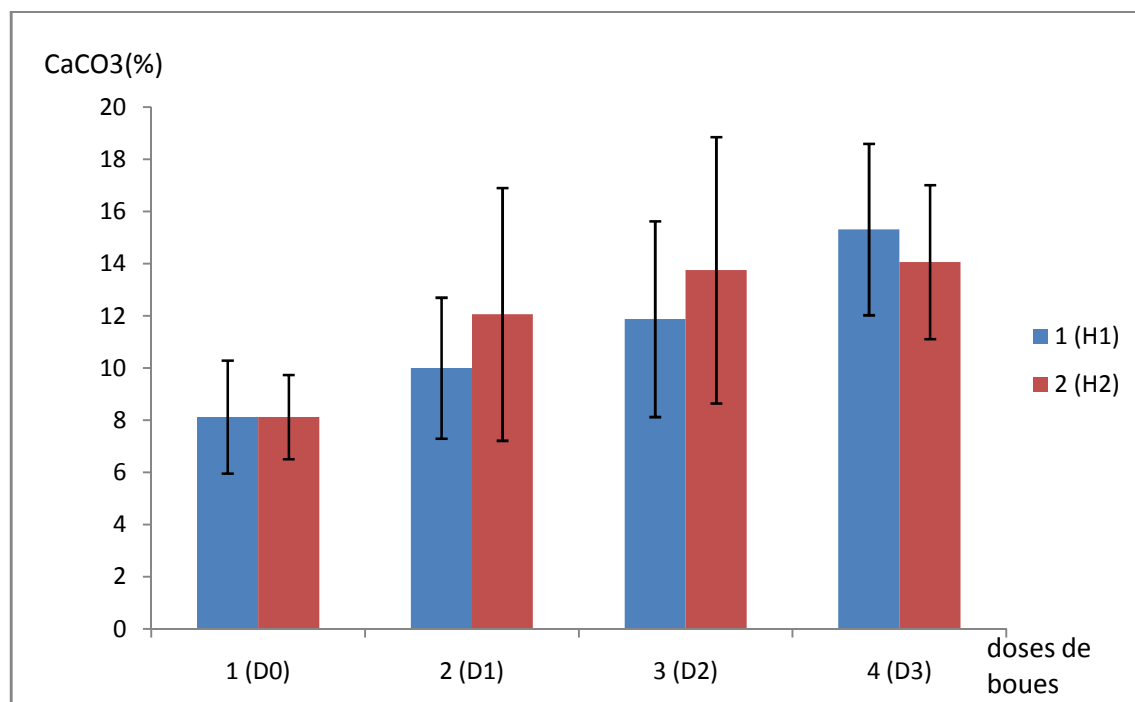


Figure 11: variation du taux de calcaire total dans le sol en fonction des doses de boues apportées

La figure 11 montre que le taux de calcaire total des sols varie de 8,12% dans les sols non amendés avec boues (D0) à 15,31% dans les sols amendés avec la dose D3. Le taux de calcaire total augmente d'une façon significative en fonction des doses de boue apportée au sol. Les résultats, en totalité indiquent que le sol étudié est un sol modérément calcaire et que les boues apportées à différentes doses 1,5T/ha, 3Tha et 4,5T/ha ont un effet significatif sur le sol. A partir de ces résultats et en se référant aux normes proposées par Geppa in Baize (1988), les sols non amendés et amendés avec toutes les doses de boues apportées sont modérément calcaires. La concentration de calcaire total est plus importante en surface par rapport à l'horizon de profondeur.

Résultats et Discussions

L'application de l'analyse de la variance aux résultats du calcaire montre que l'effet est non significatif pour le facteur profondeur et significatif pour le facteur dose.

Ainsi, le test NwemanKeuls fait ressortir deux groupes hétérogènes pour le facteur dose.

2.4.Variation des teneurs en phosphore assimilable des sols sous l'effet des doses de boues résiduaire

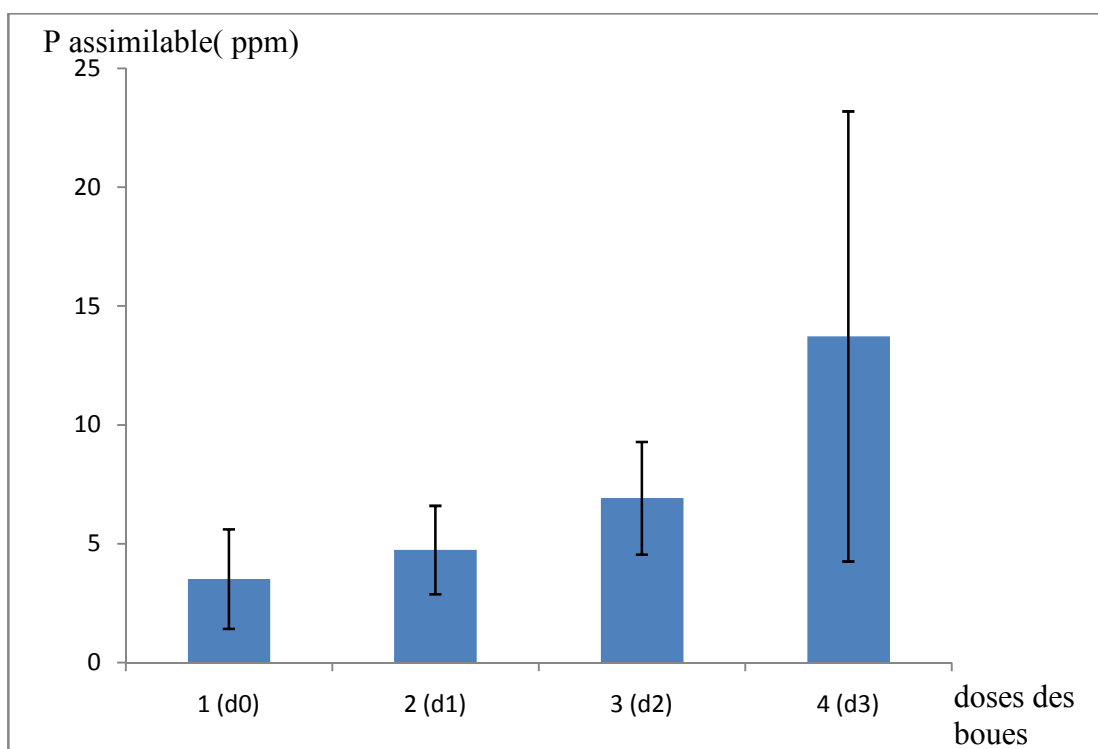


Figure 12 : variation du taux de phosphore assimilable dans le sol en fonction des doses de boues apportées.

La figure 12 montre que le taux du phosphore assimilable des sols varie de 3,518 ppm dans les sols non amendés avec boues à 4,738ppm pour D1, 6,918ppm pour D2, et 13,728ppm pour D3 dans les sols amendés avec les boues.

La dose de boue résiduaire montre un effet non significatif pour le phosphore assimilable.

La dose D3 est celle qui enrichit plus les sols en phosphore assimilable.

Résultats et Discussions

A partir de ces résultats et en se référant aux normes proposées par Olsen(annexe4), le sol non amendé présente des teneurs très basses , par contre, ceux amendés avec toutes les doses de boues apportées sont basses à élevées.

Discussion des résultats

Les résultats de l'effet de l'épandage des boues résiduaires urbaines sur les propriétés chimiques du sol alluvial cultivé en agrumes, montre qu'il n'a ya aucun effet significatif pour le paramètre conductivité électrique, les valeurs de la CE et compatibles avec ceux trouvés par Boutmedjet et al. (2015), ce qui explique que la boue utilisée n'a aucun effet salinisant. En effet, la conductivité électrique de la boue utilisée est de $162,4\mu\text{s}/\text{cm}$ (Benfedha et Bouguetteya, 2017), d'où elle est qualifiée de non salinisant. Les résultats obtenus sont conformes à ceux des travaux ayant traités la salinité des boues résiduaires ont souvent montré que ces dernières ne présentent aucun risque de salinisation des sols (Dridi et Toumi, 1999 ; Ait ouazzou, 2015).

Sur le pH, l'effet des doses de boues apportées est alcalinisant mais pas significatif. Son augmentation suit celle du calcaire total, d'où, elle ne peut être expliquée que par la présence du calcaire dans les boues.

L'apport des boues résiduaires a augmenté le taux de calcaire total, ces résultats expliquent l'augmentation du pH avec l'augmentation des doses de boues. Les résultats trouvés ne sont pas compatibles à ceux de Yanchao Bai et al. (2017). Or, Kabata-Pendias, 1999 in Elzbieta Wolejko (2015), ont trouvé que le pH neutre à alcalin diminuent la solubilité des métaux lourds dans le sol, contrairement, au pH acide qui l'augmente, d'où le pH est un facteur déterminant et important dans les sols amendés avec les boues.

Le phosphore assimilable est aussi déterminé pour les sols de la profondeur 0-20cm où l'effet de l'apport de boues est positif. Les résultats obtenus montrent une augmentation dans les sols amendés avec les boues dont la moyenne est de 3,518ppm par rapport celle des sols des micro-parcelles non amendées qui est de 13,728 ppm. Les résultats sont conformes à ceux trouvés par d'autres chercheurs (Sommers, 1977 ; Suss, 1979 ; Brossoud et al., 1991 ; Hussein et al., 2010, Yanchao Bai, 2017).

Les teneurs en phosphore assimilable dosées dans tous les sols des micro-parcelles amendées et non amendées indiquaient qu'elles augmentent avec l'augmentation des doses de boue. En effet, le sol étudié est un sol alluvial, ayant subit des crues qui ont enrichit le sol en éléments

Résultats et Discussions

chimiques, en particulier le potassium. De même, ces teneurs élevées en phosphore peuvent être attribuées à l'amendement en fumier des sols (communication de l'agriculteur).

Les résultats obtenus le long de ce travail nous permettent d'affirmer que les boues apportées ont montré des effets positifs sur certains paramètres (P assimilable et calcaire, CE), mais aussi, ils n'ont pas montré d'autres effets sur d'autres paramètres dont l'effet positif est connu et démontré (pH). Ces résultats sont probablement liés aux apports de faibles doses ou au non homogénéisation de l'épandage des boues, effectué manuellement.

L'effet de l'apport de boues résiduaire urbaine sur la biodisponibilité du phosphore a été observé.

En effet, les boues résiduaire apportées contiennent du phosphore, et leur apport ont amélioré le taux de P assimilable au niveau de profondeur 0-20cm, à laquelle l'épandage est limitée, car c'est à son niveau que les racines des végétaux prélèvent les éléments nutritifs indispensables à leur croissance. En relation avec les exigences édaphiques des agrumes, l'apport des boues seules ne répond pas aux besoins en phosphore qui sont de 0,15-0,30kg/tonne de fruits (Ayoub, 2009).

Conclusion

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des boues résiduairees issues de station d'épuration. Il a porté sur la caractérisation phosphatée de la boue ainsi que l'effet de son apport sur les propriétés chimiques, en particulier sur la biodisponibilité du phosphore d'un sol alluvial agrumicole, amendé avec des boues résiduairees urbaines de la station d'épuration de Boukhalfa dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Les analyses chimiques du sol portant sur les paramètres: pH, CE, calcaire total, phosphore assimilable, nous permettent d'estimer l'effet de l'amendement boue résiduaire utilisée.

Les solutions de sol de la parcelle amendé, est caractérisée par :

- des pH évoluant entre 8,01 et 8,14, d'où ils sont peu alcalins. En comparant avec les pH des sols témoins, il ressort que les boues apportées ont un effet alcalinisant.

- des conductivités électriques varient de 215,44 à 77,63 $\mu\text{s}/\text{cm}$, donc le sol de parcelle étudié est considérée non salée. Les résultats obtenus ne montrent aucun effet des boues sur ce paramètre.

Concernant le calcaire total, les résultats obtenus indiquent que le sol étudié est un sol modérément calcaire. Les boues apportées enrichissent le sol en calcaire.

Quant aux teneurs en phosphore assimilable du sol, les résultats indiquent que la boue utilisée est très riche en phosphore assimilable 44,88ppm et que son apport au sol alluvial agrumicole a augmenté la teneur des sols au niveau de la couche amendée. Il ressort des résultats que la dose 4,5t/ha (D3) est la plus enrichissante en cet élément déterminant de la production agrumicole.

A l'issue de ce modeste travail, il est indiqué que l'apport de boues résiduairees présentent une opportunité importante, capables d'améliorer la fertilité du sol. Cependant la présence de métaux lourds, polluants organiques et d'agents pathogènes constitue une contrainte dans la conséquence est la pollution des sols qui les rendent inadéquates à l'exploitation agricole.

Notre étude n'est qu'une contribution à l'étude de la valorisation agricole des boues résiduairees.

Conclusion

En perspectives d'un approfondissement de cette thématique de recherche, il est souhaitable de compléter ce travail par :

- Le contrôle, du bon fonctionnement des procédés d'épuration générateurs des boues autorisées pour que l'épandage doive être effectué systématiquement.
- Avant toute utilisation, il est souhaitable de caractériser les boues d'épuration, en quantifier les teneurs en métaux lourds, polluants organiques et aussi de s'assurer que de leur traitement vis-à-vis des agents pathogènes afin d'éviter les risques de pollution des sols, ainsi que les risques de toxicité qu'ils peuvent engendrer pour les végétaux.
- Une augmentation du nombre d'essais et de répétitions
- Un apport de doses plus élevées et optimales
- Un épandage efficace et homogène (utilisation d'épandeur)
- Une augmentation du nombre de répétition des traitements et de mesures analytiques pour pouvoir améliorer la précision de l'analyse statistique
- Des entreprises spécialisées dans le traitement des déchets peuvent aider, non seulement en leur fournissant un service de traitement, mais surtout en créant une valeur économique, sociale et environnementale à partir du déchet.

Références bibliographiques

➤ **Annabi M., 2005.** Stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine : relation avec les caractéristiques de leur matière organique. Thèse de doctorat de l'Institut, Nationale Agronomique. Paris-Grignon. 270 p.

➤ **Barbartik A., LawarabnceJR., Sikpra J. & Calacicco D., 1985.** Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage sludge applied to soil. *Am.J. Soil. Sci.* 49 : 1403-1406.

➤ **Benfedda N., Bouguettaya M., 2017.** Impact de l'épandage des boues résiduaires urbaines sur la conductivité électrique et le pH du sol alluviaux (cas de boukhalfa).

➤ **Ben mouffokA., Allili N., Djebala L., Akila. & Medjani A., 2005.** Caractérisation et valeur agronomique des boues issues d'épuration des eaux usées (cas de la station d'épuration de TiziOuzouEST,Algerie), *Wat med2* (Marrakech), 4 p.

➤ **Boutmedjet A., Boukaya N., Bouyou Z., Ouaked M.L., Biolders Ch., 2015 .**

Etude l'effet de l'application de boues d'épuration urbaines sur un sol érodé cultivé dans la région de Laghouat

.*Revue des Régions Arides*, N 36 (1/2015).

➤ **Buffet M., 2010.** Analyse sur la situation du recyclage agricole des boues résiduaires en Europe. Mémoire de fin d'étude présenté pour l'obtention du Master spécialisé « Gestion, traitement et valorisation des déchets » Option Déchets Industriels. Ecole National du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 51 p

➤ **Brahimi T., 1991.** contribution à l'étude de l'utilisation des phosphates naturels dans la fertilisation phosphatée d'un sol saharien, à Biskra Mémoire. *Ing. Agro. Ouargla* 68 p.

➤ **Brossaud M., Mench M., Clairon M., Laurent JY. 1991 .**

Evolution à court terme des formes du phosphore d'un sol d'alluvions ferrallitique après apport d'une boue urbaine. *Agronomie*, 11 (8), pp 699-706.

Références bibliographiques

➤ **Capo wiez Y., 2009.** Effets bénéfiques des composts de boues sur les vers de terre. Magazine de bout en bou(es) N°14, Décembre 2009.

➤ **Culot M., 2005.** Filière de valorisation agricole des matières organiques. Rapport technique de 73 p.

➤ **Andrzej Butarewicz¹, Elżbiet Wolejko¹, Urszula Wydro¹, Tadeusz Łoboda¹, 2015 .**

Effects of different kinds of sewage sludge amendment on urban lawn grasses. Journal of Ecological Engineering Volume 16, Issue 1, Jan. 2015, pp 164–170

➤ **Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Berthelin J., et Morel J.L., 2005.** Sols et environnement. Chapitre 11 : Recyclage de déchets sur les sols, valeur agronomique et impacte environnementaux : 262-281 p.

➤ **Gomez A., Lineres M., Tanzin J. & Solda P., 1984.** Etude de l'incidence des apports de boues résiduaires à des sols sableux, sur l'évolution quantitative et qualitative de la matière organique. CR. Acad. Sc. Fr. 516-524 p.

➤ **Grimaud L., 1996.** La valorisation des boues en station d'épuration en Agriculture. Mém. DU. « Eau et Environnement ».O.E.P.Univ. Picardie. Amiens, 44 p.

➤ **Jamil M., Qacim M., Umar M., 2006.** Utilization of sewage sludge as organic fertilizer in sustainable agriculture. J. Of Applied Sc. 6 (3) : 531-535 p.

➤ **Jemali A., Soudi B. & Berdaih., 1998.** Valorisation agricole des boues résiduaires : Valeur fertilisante et leur Impact sur les sols.

➤ **Laurant C., 1994.** L'assainissement des agglomérations, techniques d'épuration actuelles, évolution documentaire réalisée par les agence de l'eau et le ministère de l'environnement.

Références bibliographiques

- **Le bissonais Y., 2009.** Effets bénéfiques des compostes de boues sur la stabilité du sol. Magazine de bout en bou(es) N°14, Décembre, 2009.
- **Mazen A., Faheed F.A. et Ahmed A.F., 2010.** Study of potential impacts of using Sewage Sludge in the amendment of desert reclaimed soil on wheat and je wsmallo....plants. Braz. Arch. Biol. Technol. V. 53 N°4 : 917-930. July/August. 2010.
- **Morel, J.I., 1978** quelques aspects nouveaux de la dynamique du carbone et azote ann.agro.vol N°24 p357-379.
- **Nicoust C. et Barbies R., 2009.** boues des villes et boues des champs. Le sol, dossier INRA, Janvier 2009 : p118-119
- **Piseod M.B., (1992).** Wasterwater treatment and use in agriculture. Publication FAO, irrigation & drainage N°47. 117 p.
- **Singh B. & Malhi S.S., 2004.** Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment. Soil & tillage Research, 85 : p 143-183.
- **Tester, CF., Sikora L.J., Taylor JM. & Parr JF., 1982.** N utilization by tall fescue from sewage sludge, compost amended soils. Agro. J. 74 : 1013-1018.
- **Villebrun., 1989, Dernalet., 1994,** article : traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées : composition techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique.
- **Wether J and T ogada,** « Sewage Sludge Combustion », Progress in Energy and Combustion Science. 25 (1999) 55-116.
- **Wu D., Liu P., Tiang et Mahmood Q., 2010.** Nitrogen transformation during co-composting of herbal residues. Spent mushrooms, and sludge. J. Z hejiang. Univ. Sci. B (Biomed & Biotechnol) 201 11(7) 497-505.

Références bibliographiques

➤ **Yanchao Bai,1,2 Wengang Zuo,3 Yiyun Yan,1 Chuanhui Gu,4 Yongxiang Guan,5 Lijuan Mei,1 Weijie Xue,1 Yuhua Shan,1,2 and Ke Feng1,2, 2017:**

Sewage Sludge Amendment Combined with Green Manuring to a Coastal Mudflat Salt-Soil in Eastern China: Effects on Soil Physicochemical Properties and Maize Yield. *International Journal of Agronomy* Volume 2017

Annexes

Annexe 1: Echelle d'interprétation de pH dans l'extrait 1/5

Valeur de pH	Classe d'interprétation
< 4.5	Extrêmement acide
4.5 -5.0	Très fortement acide
5.1 –5.5	Fortement acide
5.6 –6.0	Moyennement acide
6.1 –6.5	Légèrement acide
6.6-7.3	Neutre
7.4 –7.8	Légèrement alcalin
7.9 –8.4	Moyennement alcalin
8.5 –9.0	Fortement alcalin
>9.0	Très fortement alcalin

Annexe 2 : Interprétation de la conductivité électrique CE (Durand J.H, 1983).

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

Annexe 3 : Interprétation de calcaire total CaCO₃ (Geppa in Baize (1988))

Valeur de CaCO ₃	Classe d'interprétation
0 à 5 %	Sol peu calcaire
5 à 15 %	Sol moyennement calcaire
15 à 30 %	Sol calcaire
>30 %	Sol très calcaire

Annexes

Annexe 4 : Normes d'interprétation pour le phosphore assimilable Olsen

	Qualification du sol
0 -5	Très basse
5 -10	Basse
10-22	Moyen
>22	Elevé

Résumé

Ce travail de recherche a pour objectif l'étude de la caractérisation chimique d'un sol alluvial agrumicole, amendé avec des boues résiduaires urbaines dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

Un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet a été mis en place. Ce dispositif contient quatre blocs et chacun est divisé en quatre micro-parcelles chacune recevant une dose de boues résiduaires avec respectivement (0kg/m^2 , $1,5\text{kg/m}^2$; $3,5\text{kg/m}^2$ et $4,5\text{kg/m}^2$).

Les résultats obtenus lors de cette étude montrent une légère augmentation de pH et de la conductivité électrique et du phosphore d'une façon non significative et une augmentation significative du taux de calcaire total.

Cette étude indique que les apports des boues résiduaires urbaines présentent une opportunité importante capable d'améliorer les caractéristiques chimiques du sol.

Mots clés : boues résiduaires urbaines, valorisation agricole, caractérisation chimique, pH, conductivité électrique, calcaire total, phosphore assimilable

Summary

This research work aims to study the chemical characterization of an alluvial soil citrus amended with urban waste sludge in the wilaya Tizi-Ouzou.

A random block experimental device was split into four blocks and each block is subdivided into micro-plot each, received increasing doses (0kg/m^2 , $1,5\text{kg/m}^2$, $3,5\text{kg/m}^2$ and $4,5\text{kg/m}^2$).

The results obtained outside this study, show a slight increase in pH and electrical conductivity and phosphorus in a non-significant way and also show a significant increase in total limescale levels.

This study indicates that the inputs of urban sewage sludge present an important opportunity to improve the chemical characteristics of the soil.

Key words: urban waste sludge, chemical characterization, pH, electrical conductivity, total limestone, assimilable phosphorus