

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE VEGETALE

Technique de compostage JACADUR : effet du compost sur la fertilité chimique du sol et sa performance agronomique sur *Raphanus sativus*

Pour l'obtention du Master en **Agroforesterie, Ecologie, Adaptation**

Mémoire présenté et soutenu publiquement par : **Mlle Khamsa DIAKHATE**

Le 17/03/2017

Jury:

Président	Aboubacry KANE	Maître de conférences (UCAD)
Membres	Leonard Elie AKPO	Professeur titulaire (UCAD)
	Sékouna DIATTA	Maître-Assistant (UCAD)
	Mamoudou Abdoul TOURE	Chargé de recherche (ISRA/CNRF)
	Diaminatou Sanogo	Chargé de recherche (ISRA/CNRF)

Année : 2015/2016

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

- **Mon père, feu Toumani DIAKHATE**

Aucun jour ne se passe sans que l'on ne pense à toi.

Tu nous manque trop, et la seule chose qui nous permet de sourire à nouveau c'est les beaux souvenirs que tu nous as laissés.

Merci d'avoir été le meilleur des pères. REPOSE EN PAIX

- **A ma mère Fatou DIOUF**

Quand on parle des figures historiques féminines, je pense exactement à ma merveilleuse maman chérie, la plus courageuse de toutes, celle qui ne vit que pour ses enfants et à travers ses enfants. Merci pour tout l'amour que tu ne cesses de nous témoigner. Nous sommes très fières de toi. Que le Tout Puissant fasse que tu puisses être témoin de notre réussite à tous et qu'IL nous permette d'accomplir nos souhaits à ton égard

- **A mes frères**

Baye Modou et Lamine. Merci pour votre soutien matériel et moral, pour votre amour et pour tout le respect et la confiance que vous me témoignez. Je n'aurais jamais pu rêver de meilleurs frères que vous.

- **A mes sœurs**

Daba, tu n'es pas seulement ma sœur, mais tu es aussi ma seconde mère. Aussi loin que je me souviens tu t'es toujours battue pour ta famille et jamais tu ne nous as laissés tomber. Aucun mot ne pourra décrire la personne exceptionnelle que tu es mais sache que nous te sommes plus que redevables. Nous prions pour que tu sois éternellement heureuse

Amy, ma sœur et mon amie, merci pour tout ton amour, merci de faire de ta famille ta priorité, merci pour tous les sacrifices. Qu'Allah te bénisse avec de merveilleux enfants qui veilleront sur ton bonheur

- **A mes nièces, neveux et tout le reste de ma famille**

Je vous aime de tout mon âme

REMERCIEMENTS

Je rends grâce à DIEU, le Très Miséricordieux, le Tout Puissant celui même qui m'a donnée la vie sauve, la force et le courage d'arriver au terme de ce travail.

Je remercie du fond du cœur tout le personnel du laboratoire d'écologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar et plus particulièrement :

Professeur Leonard Elie AKPO pour m'avoir accueillie dans le Master, pour son dévouement à nous dispenser une formation de qualité, pour avoir accepté de juger ce travail, et pour sa disponibilité. Sa rigueur et sa pertinence scientifique ont énormément permis d'améliorer la qualité de ce travail ;

Dr Sékouna DIATTA, mon Directeur de Mémoire pour avoir accepté d'être associé à ce modeste travail, pour sa patience, sa disponibilité, son sens de l'écoute. Ses remarques et ses suggestions ont été d'un grand apport pour la qualité du document ;

Docteurs : Aly DIALLO, Oumar SARR, Amy BAKHOUM pour les suggestions et les conseils ;

Mes camarades de promotion du Master AFECA pour les encouragements;

J'adresse mes plus sincères remerciements à **Dr Aboubacry KANE**, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de Présider ce jury, et de juger ce travail ;

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance au Centre National de Recherches Forestières de l'Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles (CNRF/ISRA) à travers les personnes de **Dr Diaminatou Sanogo DIAÏTE**, actuelle Directrice et son prédécesseur **M. Ibrahima THOMAS** pour m'avoir accueillie comme allocataire.

Je tiens à renouveler mes remerciements à l'endroit de **Dr Diaminatou Sanogo DIAÏTE** pour avoir accepté de juger ce travail

Je remercie vivement tout le reste du personnel du Centre National de Recherche Forestière et plus particulièrement :

Dr Mamoudou Abdoul TOURE pour avoir guidé mes premiers pas dans la recherche, pour l'intérêt qu'il a manifesté pour ce travail, pour sa patience et ses conseils. Sa rigueur scientifique m'a permis de mener à bien ce travail;

Dr Malainy DIATTA pour avoir suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt. Ses qualités scientifiques et surtout humaines ont été d'un grand soutien;

Dr Tamsir MBAYE pour avoir pris en charge le coût des analyses, pour ses conseils et son soutien moral ;

M. Cheikh Omar SAMB, Dr Dioumacor FALL, Dr Moustapha DIEYE pour leurs soutiens ;

Les étudiants stagiaires, les allocataires de la bibliothèque. Aucun mot ne sera suffisant pour les remercier de tout ce qu'ils ont fait pour moi. Qu'Allah exauce tous leurs vœux ;

Je remercie tout le personnel de laboratoire du CNRA de Bambey et particulièrement la responsable Madame BA née Seynabou NDER ;

Je remercie le personnel de laboratoire de l'INP à travers le chef de laboratoire **M. Alioune Badara DIEYE** ;

Je suis infiniment reconnaissante à la famille Dia et spécialement envers **Fatou MBODJ et Mor Yacine DIA** de Keur Matouré Gning pour avoir mis à ma disposition leur terre, pour avoir participé aux travaux de terrain du début à la fin, pour m'avoir offert un toit et nourrit. J'ai été très touchée par l'amour et le respect avec lequel ils m'ont traité et je pense que je n'aurais jamais assez de vie pour les remercier ;

Je remercie profondément **M. Saliou NDIAYE** de l'Ageroute pour avoir facilité l'approche avec les producteurs et pour son soutien ;

Je remercie vivement mon cousin le **Pr Karamoko DIARRA** pour son soutien moral et matériel ;

Je ne saurais terminer sans remercier ma famille pour le soutien moral, matériel, la confiance et l'amour qu'elle me témoigne.

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES PHOTOS	v
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES SIGLES, ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	vi
Résumé.....	vii
Introduction	1
Chapitre 1. Etat des connaissances	3
Chapitre 2 : MATERIEL ET METHODES.....	10
Chapitre 3 : Résultats.....	18
Chapitre 4. Discussion	26
Conclusion et Perspectives	31
Références bibliographiques	33
Annexe	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Détermination de la taille de la population à enquêtée	11
Tableau 2: Taux de germination (%) des graines de tomate sur substrat sol+compost	20
Tableau 3: Evolution des caractéristiques chimiques du sol suite à l'application de différentes doses de compost.....	21

LISTE DES PHOTOS

Planche 1: mise en place du processus de compostage (A&B).....	13
Planche 2: prélèvement des échantillons composites sur les différents traitements (C et D) ..	13
Planche 3: Caractérisation des substrats (E, F et G).....	15
Planche 4 : mesure des variables agronomiques (H & I)	17

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Niveau d'adoption des pratiques de fertilisation	18
Figure 2: Perception paysanne sur l'utilisation du compost	19
Figure 3 : Perception paysanne du compostage	19
Figure 4: effet de la dose (demi-référence ; référence ; double référence et témoin) de compost sur la largeur des feuilles de navet ($p = 0,045$)	22
Figure 5: influence de la dose (demi-référence, référence, double référence et témoin) de compost sur le diamètre au collet des plants de navet ($p=0,0028$).....	23
Figure 6: influence de la dose (demi-référence, référence, double référence et témoin) de compost sur le calibre des bulbes de navet ($p=0,034$).....	23
Figure 7: influence de la dose (demi-référence, référence, double référence et témoin) de compost sur le poids des bulbes de navet ($p=0,0173$).....	24
Figure 8: influence de la dose (demi-référence, référence, double référence et témoin) de compost sur le rendement des plants de navet ($p=0,0104$).	25

LISTE DES SIGLES, ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AGRIDAPE	Agriculture durable à faibles apports externes
ANOVA	Analysis of Variance
ASPRODEB	Association Sénégalaise pour la Promotion du Développement par la Base
Agrecol	Agriculture écologique
CAEB	Conseil et Appui pour l'Education à la base
CERUKI	Centre de Recherches Universitaires du Kivu
CILSS	Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
IPAR	Initiative Prospective Agricole et Rurale
JACADUR	Jardin de Case Durable
MO	Matière organique
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PNUD/FAO	Programme des Nations Unies pour le développement
PROGERT	Projet de Gestion et de Restauration des Terres dégradées du bassin Arachidier
TROPICASEM	Société des Semences pour la Zone Tropicale

Résumé

La dégradation des sols constitue une problématique majeure pour les producteurs sénégalais. Ces derniers jouissent peu des nombreux potentiels offerts par les technologies scientifiques telles que l'utilisation du compost pour faire face à cette situation. Ce travail vise à étudier la pertinence d'une pratique de compostage paysanne nommée JACADUR découverte lors d'une mission de prospection, et qui semble répondre aux préoccupations des producteurs. Une enquête de perception paysanne sur la production de compost et son utilisation a été effectuée. Un essai pilote de compostage a été installé pour voir son incidence sur la fertilité chimique du sol et ses performances agronomiques sur le navet chinois. L'enquête révèle que 85,7% des enquêtées estiment que le compost est une alternative pour améliorer le niveau de fertilité des sols et les rendements agricoles. Les résultats obtenus montrent que le compost améliore sensiblement les paramètres chimiques du sol. Comparé au témoin (T0), ces paramètres ont connu une augmentation de 0,75 unité sur la valeur du pH-eau, de 21% sur la teneur en matière organique (MO), de 12,1% sur le taux de carbone, de 0,3% sur le taux d'azote, de 4,9% de la CEC, et de 14,3ppm du taux de phosphore, avec la de compost T3. Un effet significatif du compost a aussi été noté sur les variables de rendement et de croissance mis à part le nombre et la longueur des feuilles des plants. La dose de compost T3 a donné les meilleurs résultats pour toutes les variables mesurées, excepté le diamètre au collet.

Mots clés : Dégradation, Fertilité, Compostage JACADUR, Navet chinois

Introduction

Au Sénégal l'agriculture constitue un secteur générateur de revenu et de production alimentaire sur lequel repose dans une large mesure le développement socio-économique du pays (Ndour, 2001). Elle influence aussi les autres secteurs, notamment les activités de transformation agro-industrielle, le transport et le commerce (Hathie et *al.*, 2009). Cependant, depuis plusieurs décennies, l'agriculture est en situation de crise affectant ainsi l'économie du pays (Ndour, 2001). Ceci est une des conséquences de la dégradation des terres qui se traduit par une baisse continue des rendements agricoles, entraînant une augmentation de la pauvreté et de la vulnérabilité des populations (ASPRODEB, 2012). En effet, la dégradation constitue la principale contrainte à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire au moment où les Nations Unies prévoient que la population sénégalaise devrait atteindre près de 20 millions d'ici 2030 (Hathie et *al.*, 2009).

Pour faire face à une telle situation, la communauté scientifique a mis en œuvre un paquet de technologies de bonnes pratiques agricoles (CILSS, 2012). Celles-ci ont pour objectif de relever la fertilité du sol. En effet les sols tropicaux sont souvent pauvres en matières organiques (MO). Cette situation est aggravée par la mise en culture de ces terres au faible niveau de fertilité (Badiane, 2000).

L'amélioration de la productivité des sols en Afrique passe par l'augmentation du niveau de fertilité. Les technologies utilisées devront permettre de restaurer la fertilité physique, chimique et biologique du sol (Mbodj, 1987). Dans ce cas, le compost constitue une alternative intéressante car plusieurs travaux ont montré son effet positif sur la fertilité générale du sol (Zraïbi, 2015 ; Dieng, 2014 ; Toundou et *al.*, 2014 ; Larbi, 2006 ; Fuchs, 2009 ; Francou, 2003). Il améliore la qualité du sol, dans le respect de l'environnement et la préservation de la santé publique. En effet, le compost permet de reconstituer la matière organique du sol, agissant ainsi sur la structure et la stabilité structurale du sol, la biodiversité du sol, la disponibilité en nutriments tout en minimisant les pertes. Il permet également de réduire les risques de pollutions à travers la valorisation des déchets organiques dans des conditions contrôlées, une réduction de l'utilisation des engrais chimiques, et donc une moindre exposition aux phénomènes de pollutions de l'air, des eaux, du dopage des cultures pouvant impacter négativement sur la santé de l'homme. Bien que ses performances durables sur l'amélioration de la fertilité du sol ne soient plus à démontrer, il reste cependant peu adopté au Sénégal. Cette faible adoption peut s'expliquer par les contraintes liées à la production du compost que rencontrent les producteurs notamment la faible disponibilité de la MO, le coût élevé de production (Ouédraogo et *al.*, 2001), le manque de connaissance des

techniques de compostage (Misra et *al.*, 2005) et la pénibilité du travail. Mais connaissant l'intérêt du compost sur le maintien voir l'amélioration de la productivité des sols et par conséquent sur l'augmentation des rendements, il serait regrettable que les producteurs ne puissent pas jouir des nombreux avantages offerts par l'utilisation du compost. D'où l'intérêt d'étudier les possibilités d'alléger ces contraintes afin de faciliter son adoption. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude qui vise à étudier une pratique paysanne de compostage (JACADUR) qui semble répondre aux préoccupations de certains producteurs face à certaines contraintes. La finalité est de contribuer à l'amélioration durable de la productivité des sols et la sécurité alimentaire des populations locales, dans un contexte de changement climatique. Il s'agira plus spécifiquement de recueillir la perception paysanne sur la production de compost et son utilisation, d'évaluer l'influence du compost sur la fertilité chimique du sol et enfin déterminer ses performances agronomiques et la dose optimale pour le navet chinois.

Chapitre 1. Etat des connaissances

1.1. Dégradation des sols

La dégradation des sols est définie comme un changement dans l'état de santé du sol qui entraîne une diminution de la capacité de l'écosystème à fournir des biens et services (perte des fonctions du sol) pour ses bénéficiaires (Louppe, 2015). La dégradation affecte presque 1/3 des terres de la planète et, diffère en fonction de la diversité des milieux (LADA, 2008). Ses causes peuvent être d'ordres naturels et/ou anthropiques (Ozer et Ozer, 2005). Parmi les facteurs anthropiques on peut citer : la surexploitation des ressources, les mauvaises pratiques agricoles, le surpâturage, la croissance démographique avec comme corollaire l'urbanisation et l'intensification agricole, la déforestation, l'extraction des matériaux, etc. A cela s'ajoute les facteurs naturels tels que la sécheresse, les variations pluviométriques (Ozer et Ozer, 2005). Son ampleur est tributaire de ses causes et de leurs natures, mais aussi des activités d'exploitation des terres ainsi que des conditions écologiques du milieu (LADA, 2008).

Ainsi les conséquences sont ressenties le plus fortement par les populations pauvres des pays en voie de développement¹. En Afrique le phénomène touche quelques 180 millions de personnes, 65% des terres arables, 30% des pâturages et 20% des forêts². Elle réduit les capacités productives des terres agricoles en les appauvrissant en nutriments, avec pour conséquences un coût environnemental, social et économique considérable. En effet, les pertes économiques dues à la dégradation des terres sont estimées à 68 milliards de dollars par an³.

Au Sénégal le phénomène prend une ampleur inquiétante du fait de la forte pression démographique due à la croissance exponentielle de la population (2,69% ; ANSD, 2012). La dégradation touche près de deux tiers des terres arables du pays (ASPRODEB, 2012). On assiste ainsi à un effondrement continu des performances de l'agriculture (Agridape, 2015). Cette situation affecte 70% de la population rurale sénégalaise, qui tire leurs moyens d'existence de la terre. Les effets néfastes de la dégradation des sols dépassent aujourd'hui largement le monde rural et affectent toute l'économie nationale, essentiellement tributaire du secteur rural (Ndour, 2001). Des estimations approximatives donnent à penser que le coût économique annuel de la dégradation des sols au Sénégal pourrait atteindre l'équivalent de 1% du PIB (ASPRODEB, 2012).

¹unt.unice.fr

² <http://www.lequotidien.sn/> Dégradation des sols au Sénégal : Près d'un million d'hectares affectés.

³ <http://www.lequotidien.sn/> Dégradation des sols au Sénégal : Près d'un million d'hectares affectés.

1.2. La fertilité du sol

La fertilité d'un sol agricole est définie comme sa capacité à fournir aux plantes une nourriture équilibrée, d'une façon durable, pour des rendements satisfaisants (Sanchez, 2011). Elle dépend de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, et des interactions entre ses propriétés donnant au sol sa capacité à nourrir les plantes⁴.

Outre sa fonction nutritive, un sol fertile assure d'autres rôles tels qu'une meilleure protection du sol contre la dégradation physique, la toxicité, la préservation de la qualité de l'eau (Hubert et Schaub, 2011). Ces fonctions clés du sol sont principalement influencées par sa teneur en matière organique. Celle-ci assure à la fois un rôle physique, énergétique et nutritif dans le sol. En effet, elle favorise la structuration, régule les activités biologiques et contribue à la diversité et à la complexité des sols. Elle représente, en outre, une réserve importante en éléments nutritifs qui sera mise à la disposition de la plante après minéralisation (Genot et *al.*, 2009). Hormis la matière organique, la fertilité dépend aussi de l'origine, de la texture, de la structure et de la gestion des sols (Wopereis et *al.*, 2008). Cette définition est en accord avec celle donnée par M'seffar (2009), selon qui la fertilité du sol est fonction de la nature de son matériau d'origine et des exportations des éléments dues à la végétation. Le climat constitue également un facteur agissant sur la fertilité des sols notamment à travers la pluviométrie et la température.

La gestion de la fertilité constitue ainsi un enjeu pour la productivité des sols. Elle est basée sur des techniques qui permettent d'améliorer le bilan du cycle des nutriments et de la matière organique du sol. Parmi ces techniques on distingue : la régénération naturelle assistée (RNA), la fertilisation minérale, la rotation culturale, le paillage ou mulching, l'épandage d'engrais organique (fumier et compost), etc. Cependant dans le cadre de cette étude l'accent sera mis spécifiquement sur le compost.

1.3. Le compost

Il est très souvent préconisé pour l'amélioration de la fertilité et de la résistance des sols à la dégradation (Mulaji et *al.*, 2016 ; Prokert, 2005 ; Hubert et Schaub, 2011 ; C.A.E.B, 2015). Le compost est un engrais organique issu de la décomposition de la matière organique sous l'action des microorganismes dans des conditions bien définies. C'est une source importante de matière organique (Misra et *al.*, 2005), mais également de composés minéraux (Atrassi et *al.*, 2007). Il est capable d'améliorer aussi bien la fertilité physique, chimique que biologique du sol. Ces effets bénéfiques du compost dépendent entre autres de sa capacité à maintenir le

⁴fiche-ferti-maraich.pdf » 2003

stock de carbone organique total et de carbone organique dans les fractions d'humines, d'acides humiques et fulviques (Zinati et Bryan, 2001 ; Chen et *al.*, 1996). Ainsi les effets du compost sur le sol dépendent de la nature des intrants utilisés, et de la maturité du produit. Souvent assimilée à la qualité du compost, la maturité est influencée par la diversité de la composition des intrants, de la durée du processus de compostage, du mode de compostage (aérobie/méthanisation) et surtout de la conduite de compostage (Larbi, 2006).

1.3.1. Facteurs influençant le processus de compostage

Il s'agit essentiellement des facteurs pouvant influencer sur les conditions d'une dégradation optimale :

La température favorise l'activité de biodégradation. Elle varie non seulement en fonction de l'activité microbienne, mais aussi en fonction de la nature de la matière en décomposition (Boutin, 2009). Elle permet de distinguer deux phases durant le processus de compostage : une phase de fermentation active caractérisée par une variation de température (40-70°C) permettant l'hygiénisation du compost et une phase de maturation où la température devient stable, voisine de la température ambiante et n'excédant pas 35°C (Harada et *al.*, 1981).

L'apport d'oxygène : est indispensable aux microorganismes aérobies et à l'activité d'oxydation. Il détermine la vitesse de dégradation, influence l'humidité et la température des substrats.

La teneur en eau : l'eau sert de lien entre les microorganismes et la matière organique à dégrader. La teneur optimale est comprise entre 40-60% (Yacouba et *al.*, 2001). L'humidité idéale est liée à la densité du milieu, qui est fonction des déchets compostés et qui augmente au cours du compostage (Francou, 2003). Lorsque la teneur en eau est inférieure à 50%, cela ralentirait le processus de compostage et au-delà de 65-70% des conditions d'anaérobioses s'installent (Soudi, 2001).

Le rapport C/N : le carbone et l'azote sont des éléments essentiels pour la croissance et l'activité microbienne. Il détermine fortement la vitesse de dégradation de la matière organique et varie selon l'origine et le volume des déchets compostés (Kerkeni, 2008 in M'sadak et *al.*, 2015). Pour la paille, il varie entre 80-150 (Séréme et *al.*, 2008) alors qu'il se situe entre 25 et 45 pour la paille de riz et 5-8 pour le fumier (Guo et Zhou, 2007). Sa valeur optimale oscille entre 25-35 (Godden, 1995). Ce rapport ne doit pas être trop faible, car cela provoque une perte excessive en azote ammoniacal par volatilisation tandis que le contraire provoque une dégradation lente (Soudi, 2001). A la maturité sa valeur doit être comprise entre 10-15 (Charnay, 2005 ; Yacouba et *al.*, 2001).

Le pH est un indicateur de décomposition biologique et biochimique. Son optimum initial se trouve entre 6,5 et 7,5 pour la plupart des microorganismes (Yacouba et *al.*, 2001). Les valeurs de pH proche de la neutralité (7 et 9) sont caractéristiques des composts matures (Avnimelech et *al.*, 1996). Cependant la valeur exacte du pH dépend de la composition des intrants, mais également de la teneur en azote des intrants et de l'intensité de la nitrification pendant la phase de maturation. Les facteurs qui influencent sa valeur font qu'il ne soit pas adapté pour l'utilisation comme indicateur de maturation (Larbi, 2006).

Mais il reste toujours que sa valeur est extrêmement importante pour l'utilisation spéciale de compost, comme pour la production de substrats car jouant un rôle dans la disponibilité de certains éléments nutritifs tel que le fer (Larbi, 2006).

1.3.2. Indicateurs de maturité du compost

La maturité du compost peut être évaluée à travers plusieurs indicateurs parmi lesquels : phytotoxicité, CEC, rapport azote nitrate sur azote ammoniacal ($\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$), test respirométrie, test d'échauffement et le rapport entre acide fulvique et l'acide humique (AF/AH) (Francou, 2003 ; Compaoré et *al.*, 2010).

Test de phytotoxicité : c'est un des tests biologiques permettant de déceler la présence de substances phytotoxiques dans les composts immatures à travers la germination et la croissance des végétaux (Vanai, 1995 in Compaoré et *al.* 2010). L'effet négatif des composts immatures sur la germination et la croissance peut également être lié à l'immobilisation de l'azote et la balance des nutriments (Brinton, 2001 ; Bernal et *al.*, 1998). D'après Compaoré et *al.*, (2010), plusieurs auteurs ont trouvé qu'un taux de germination d'environ 90% de la tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) et du cresson (*Lepidium sativum* L.) était celui d'un compost sans effet phytotoxique.

Le rapport $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4^+\text{-N}$, lié à la teneur en nitrate et nitrite du compost, permet également de caractériser le degré de maturité des composts. Le compost étant considéré mûr quand des quantités appréciables de nitrates apparaissent (Francou, 2003). Bernal et *al.*, (1998) propose un rapport $\text{NH}_4/\text{NO}_3 < 0,16$ pour un compost mûr. Les directives suisses de qualité des composts demandent un rapport $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N} > 2$ pour un compost utilisé en horticulture, et un rapport supérieur à 20 pour un compost destiné aux cultures sous abris et aux utilisateurs amateurs (Fuchs et *al.*, 2001).

Les tests de respirométrie : ils sont basés sur l'activité respiratoire (minéralisation du carbone ou la consommation de l'oxygène) de la population endogène du compost (Francou, 2003). Nicolardo et *al.*, (1986) ont défini deux valeurs seuils de la consommation en oxygène.

Si cette dernière est inférieure à 7mg de dioxygène par g de matière sèche en 7 jours dans ce cas le compost est mûre. Mais si la consommation en oxygène est supérieure à 15mg de dioxygène par g de matière sèche en 7 jours alors le compost n'est pas mûre.

1.4. Effet du compost sur la fertilité des sols et sur le rendement des cultures maraichères

1.4.1. Effet du compost sur la fertilité des sols

Le compost permet le maintien ou l'amélioration du statut organique du sol. Il améliore la fertilité de ce dernier en agissant sur ces différentes propriétés (Larbi, 2006 ; Charnay, 2005).

A travers la hausse de la teneur en MO suite à son application, le compost contribue à améliorer la structure et la stabilité structurale du sol (Larbi, 2006), la porosité avec diminution de la densité apparente (Larbi, 2006 ; Zraïbi et *al.*, 2015) et la capacité de rétention en eau du sol (Ndayegamiye et *al.*, 2005). Mais selon Francou (2003), l'effet positif des composts sur les propriétés physiques des sols nécessite de fortes doses d'apport pas toujours compatibles avec les pratiques agricoles habituelles.

Les apports de composts favorisent également l'abondance et la diversité biologique du milieu et stimule l'activité des microorganismes (Ndayegamiye et *al.*, 2005; Larbi, 2006) et ce proportionnellement aux doses de compost apportées au sol (Ndayegamiye et *al.*, 2005). En effet le compost représente une importante source nutritionnelle pour les microorganismes du sol (Larbi, 2006). Il permet une augmentation de la biomasse microbienne (Ndayegamiye et *al.*, 2005; Larbi, 2006), qui constitue une importante source d'approvisionnement nutritionnelle pour la plante. Le compost stimule également l'activité enzymatique des microorganismes (Larbi, 2006) et favorise l'inhibition voire la suppression des organismes pathogènes.

L'enrichissement du sol en MO et éléments minéraux par le compost améliore sa fertilité chimique. Il contribue à améliorer la teneur en carbone organique du sol (Zraïbi, 2015), la teneur en azote total et la CEC (Hubert et Schaub, 2011). L'utilisation du compost au sol entraîne également une variation de son pH. Il augmente le pH du sol à des valeurs très élevées (8-9) de son pH (Toundou et *al.*, 2014) réduisant l'acidité du sol, et les exportations de métaux vers les plantes (Francou, 2003). Par contre d'après Stamatiadis et *al.*, (1999), l'application de composts conduit à une stabilisation du pH du sol. Il est aussi noté avec l'apport de compost, une élévation du taux de saturation basique (Mg, Ca, K) du sol en rapport avec l'élévation du pH et de la CEC d'après Fuchs et *al.*, (2004).

Par conséquent le compost confère au sol, une meilleure capacité de rétention des nutriments, une meilleure disponibilité pour l'absorption des végétaux, et une moindre exposition au

détachement par lessivage. Malgré tous ces avantages, l'utilisation régulière ou en grande quantité de compost provoque un accroissement de la conductivité électrique (Zraïbi et al., 2015).

1.4.2. Influence du compost sur les rendements des cultures maraichères

L'incorporation de compost comme déjà démontré améliore les propriétés du sol et donc sa fertilité. Ceci traduit l'existence de conditions favorables à la croissance et au développement des plantes liée à une meilleure disponibilité de la nutrition hydrominérale (Kitabala et al., 2016). Plusieurs études ont démontré l'effet positif du compost sur le rendement des cultures maraichères (Zraïbi et al., 2015 ; Mrabet et al., 2011 ; Koulibaly et al., 2010 ; Sérémé et Mey, 2008). Cet effet du compost est principalement attribué à son influence sur le statut organique du sol d'où l'importance de l'apport de fumure organique dans les systèmes agricoles. D'après Koulibaly et al. (2010), l'amélioration des propriétés du sol suite à l'apport de compost ou de fumier, permet une augmentation des rendements culturaux. Ces propos ont été confirmés par Sérémé et Mey (2008). Ces derniers ont démontré dans leur étude de valorisation agricole que le compost des ordures ménagères permet une nette amélioration des rendements des cultures maraichères et céréalières grâce à l'amélioration des propriétés physico-chimique et biologique des sols à moyen et long terme. Ceci est en accord avec les résultats de différents travaux effectués dans ce sens sur différentes spéculations à savoir: la laitue (Dieng, 2014 ; Mrabet et al., 2011), la tomate (Kitabala et al., 2016 ; Mouria, 2010), le navet (Dieng, 2014), l'oignon (Dieng, 2014 ; Warman, 2012), le poireau (Zraïbi et al., 2015). Cependant d'après Larbi (2006) l'effet du compost sur le rendement est influencé par sa qualité et la dose appliquée. Ainsi des baisses de rendement peuvent s'observer avec des composts immatures et à C/N élevé ou avec des doses d'application trop fortes. Par contre Zraïbi et al. (2015) stipulent que ces effets sur le rendement varient selon les types de culture et du substrat utilisés.

Ces effets positifs du compost sur le sol et parallèlement sur les cultures, correspondent aux principes visés par l'agro-écologie (Coté, 2014), définie comme une approche écosystémique de la production agricole. Elle prône pour l'utilisation des ressources naturelles locales et l'application de connaissances imitatives des mécanismes écologiques d'un écosystème naturel. Son objectif est d'assurer le maintien et l'accroissement de la fertilité du sol, de minimiser les pertes en eau, et de lutter contre les ennemis des cultures (maladies, ravageurs et adventices) tout en limitant la dépendance aux intrants et les impacts négatifs sur l'environnement (Berton et al., 2012). Ainsi pour atteindre ses objectifs, l'agro-écologie

adopte une démarche participative, s'imprégnant des pratiques locales qu'elle se charge ensuite de valoriser en connaissances scientifiques (Berton *et al.*, 2012).

Chapitre 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Localisation et ressources de la zone

L'étude a été menée dans la région de Thiès (Sénégal) dans la Commune de Notto Diobass (14°30 de latitude et 15° de longitude Nord), qui couvre une superficie de 251 km². Sa population essentiellement composée de Wolof, Sérère, Toucouleur, Peulh, Bambara, et Diolas est estimée à 42132 habitants (Faye, 2012). Elle dispose de plus de 15 000 hectares de terres arables⁵. L'agriculture constitue une activité essentielle et représente 79,5% des revenus (Faye, 2010). Elle est à dominante pluviale (mil, arachide, niébé). Néanmoins le maraichage aussi constitue une source de revenus non négligeable bien qu'il reste encore timide avec l'exploitation de petites superficies par les femmes et les jeunes. Mais ces dernières années on assiste de plus en plus à l'exploitation de superficies assez importantes par quelques opérateurs privés individuels (Faye, 2010). L'arboriculture fruitière et l'élevage y sont également très développés.

2.1.2. Milieu Biophysique

Le climat de la zone est sous l'influence des vents en provenance de l'Est à savoir l'harmattan. Il est chaud et sec avec une température moyenne annuelle de 32°C. La moyenne pluviométrique annuelle de la région est égale à 537,4 mm (Faye, 2010). Le relief est relativement plat avec des formations géologiques telles que des plaines, des dunes et des dépressions (Faye, 2012).

Les sols les plus souvent rencontrés sont de types ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés (Dior), ferrugineux non lessivés (Deck-dior) et les sols hydromorphes (Deck ; Faye, 2010).

La végétation est caractérisée par trois strates (Faye, 2010) :

- strate arborée avec une prédominance d'espèces telles que *Faidherbia albida*, *Adansonia digitata*, *Azadirachta indica*, *Anacardium occidentale*.
- strate arbustive où les espèces les plus communes sont *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*.
- strate herbacée composée de quelques espèces dominantes comme *Cenchrus biflorus*, *Eragrotis tremula*.

Cependant la commune de Notto Diobass à l'instar de la plupart des zones du pays est confrontée à une dégradation de son couvert végétal.

⁵www.nottodiobass.com

La commune a un potentiel hydrique non négligeable. Elle se distingue par la présence de vallées, de mares à inondation temporaire, et d'ouvrages hydrauliques (puits, forages motorisés, puits artésiens).

2.2. Etude de la perception paysanne sur le compostage et l'utilité du compost

Les enquêtes ont été menées à l'aide de fiches d'enquête préétablies à l'issue d'une mission de prospection. Les grandes lignes de cette enquête ont porté sur la perception paysanne du compostage et l'utilité du compost, les facteurs constituant une entrave à l'adoption du compostage, et les contraintes de production agricole. Dans le cadre de cette étude seule la perception paysanne et les facteurs de non adoption ont été traités.

L'effectif des maraichers dans les sites où l'enquête a été menée et la taille de la population enquêtée sont détaillés dans le tableau 1. Cinq villages de la commune de Notto Diobass ont été choisis sur la base des critères suivants : la pratique du maraichage, la connaissance et/ou la pratique du compostage.

Quant à l'identification des producteurs maraichers, elle a été faite avec l'aide des chefs de villages. La taille de la population enquêtée a été déterminée grâce au modèle d'échantillonnage aléatoire stratifié de la FAO (1992) excepté pour le village de Dioukhane peulh où la presque totalité des maraichers ont été interviewés.

Tableau 1 : détermination de la taille de la population enquêtée

Sites	Effectif	Taux de Sondage (%)	Personnes Enquêtées
Tattène bambara	26	15	4
Ndioukhane Sérère	40	15	6
Keur Matouré Gning	40	15	6
Ndioukhane Peulh	13	88	11
Hannène	200	10	20
Total			47

Un taux de sondage de 10% a été ainsi utilisé à Hannène où un effectif de 200 maraichers a été répertorié. Tandis que dans les autres villages (Tattène Bambara, Ndioukhane Sérère, Keur Matouré Gning) avec des effectifs de moins de 100 maraichers un taux de sondage de 15% a été choisi.

2.3. Le compostage JACADUR

2.3.1. Description de la méthode de Compostage JACADUR

Le compostage JACADUR est une pratique agro-écologique inspirée par la technique des planches JACADUR initiée par l'ONG Agrecol Afrique. Elle a été adaptée par un groupement de productrices du village de Keur Matouré Gning (Thiès). Le procédé est illustré à travers les photos A & B présentées à la page suivante. En effet, cette méthode consiste à effectuer le compostage au sein des planches maraichères, en incorporant au niveau de la couche superficielle des planches (sur une profondeur d'environ 10 cm), un mélange de différents types de fumiers et d'espèces végétales herbacées (photo B). Sous l'action des microorganismes du sol, cette matière organique subit une activité de biodégradation. Cette dernière est optimisée à travers des arrosages et des retournements. En effet, concernant les arrosages, ils sont effectués à l'aide d'arrosoirs sur des intervalles de quatre jours à raison de 111 litres d'eau (9 arrosoirs de 11 litres et 1 arrosoir de 12 litres) par planche de 4 m², excepté les trois premiers jours où l'arrosage s'est fait quotidiennement suivant les quantités d'eau respectives: 111 litres d'eau par planche au premier jour et 69 litres d'eau (3 arrosoirs de 12 litres d'eau + 3 arrosoirs de 11 litres d'eau) par planche pour les deux jours suivants. Par contre les retournements, ont été effectués sur deux périodes correspondant au troisième et seizième jour afin de permettre une meilleure circulation de l'eau et de l'air.

Le dispositif mis en place a été conçu de façon à favoriser une meilleure gestion de l'eau pour accélérer le processus de décomposition de la MO incorporée. En effet les planches ont été délimitées tout autour par une toile en plastique sous tendue à un fil reliant les quatre (4) coins de la planche (photo A). La toile a été enfoncée à 30cm de profondeur pour éviter les pertes d'eau par écoulement latéral. Il a également été ouvert une tranchée centrale dans laquelle des tiges de mil ont été enfouies dans le but de réguler les pertes d'eau par infiltration.

En guise de traitement préventif contre certaines attaques, de la cendre (1,43 kg par planche) et des feuilles de *Azadirachta indica* (1 kg par planche) ont été appliquées au niveau des parcelles élémentaires pour rendre le milieu hostile au développement de certains ravageurs. Une quantité de 500 g de phosphogypse a aussi été saupoudré au mélange de pailles et de fumiers pour améliorer l'activité de biodégradation.

La phytomasse utilisée est constituée d'un mélange de pailles des espèces telles que *Brachiaria ramosa*, *Mitracarpus scaber*, et *Eragrostis tremula*. Le mélange de fumier est constitué de bouse de vache, de fiente de volaille, et de fumier de cheval. Différentes quantités de ces MO correspondant chacune à un traitement (T1 ; T2 ; T3) ont été compostées.



Planche 1: mise en place du processus de compostage (A&B)

Au bout d'un mois de compostage, des échantillons composites ont été prélevés sur les traitements à une profondeur de 0-30cm à l'aide d'une bêche (photos C & D). Une partie de ces échantillons a servi pour le test de maturité et l'autre partie a été acheminée au laboratoire du CNRA de Bambey pour des analyses physico-chimiques.



Planche 2: prélèvement des échantillons composites sur les différents traitements (C et D)

2.3.2. Test de maturité

Pour apprécier l'état de maturité du compost selon la période définie par les productrices, des échantillons composites des substrats traités (T1, T2, T3) ont été recueillis dans des caisses tapissées de toile en plastique et trouées à la base. Les substrats ont été ensuite humidifiés. Dans chaque caisse, 60 graines de tomate (variété Xina) y ont été semées. Dix (10) jours après, le nombre de graines germées a été compté, puis le taux de germination dans chaque caisse a été calculé suivant la formule :

$$TG = (NG/NT) * 100$$

TG = taux de germination

NG = nombre de graines germées

NT = nombre de graines totales

2.4. Analyses du sol

Le reste des échantillons composites prélevés sur les traitements (T1, T2, T3) en plus de celui prélevé sur T0 (témoin) ont été caractérisés pour étudier l'impact du compost produit sur la fertilité chimique du sol (photos E, F, G).

Après séchage, 100 g de terre a été prélevé sur chaque échantillon puis tamisé avec un tamis de 2 mm de diamètre afin de recueillir la terre fine. Une partie du sol a servi pour la détermination du pH et de la conductivité électrique. L'autre partie a été broyée et passée au tamis de 0,1 mm pour le dosage du carbone, de l'azote, du phosphore assimilable, des bases échangeables et de la capacité d'échange cationique.

Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre dans une solution aqueuse au (2/5) après une demi-heure d'agitation à l'aide de l'agitateur magnétique. **La conductivité électrique** (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) a été mesurée à l'aide d'un conductimètre dans l'extrait aqueux (1/5) après une heure et demi de contact sol/eau à l'aide d'un agitateur.

Le carbone total est mesuré à l'aide de la méthode Walkley-Black modifiée et les teneurs sont déterminées à l'aide du colorimètre. La matière organique (MO) a été déterminée à partir du taux de carbone total à travers la formule suivante :

$$MO = \text{pourcentage (\%)} \text{ de carbone} \times 1,724.$$

L'azote total est déterminé par la méthode de Kjeldahl modifiée et le résultat est exprimé en %.

Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode de Olsen modifiée ou BRAY I, suivant la valeur du pH. La lecture s'effectuant au Colorimètre et le résultat est exprimé en ppm.

Les bases échangeables sont déterminées par spectromètre d'absorption atomique à flamme suite à une percolation à l'acétate d'ammonium (à pH = 7).

La capacité d'échange cationique a été déterminée par percolation à l'acétate d'ammonium N à pH =7, puis élimination de l'excès de sel par solution d'éthanol à 95%, et déplacement de l'ion ammonium par la solution de chlorure de sodium a détermination du pH.

La granulométrie a été déterminée par la méthode Robinson uniquement pour le témoin absolue (T0).

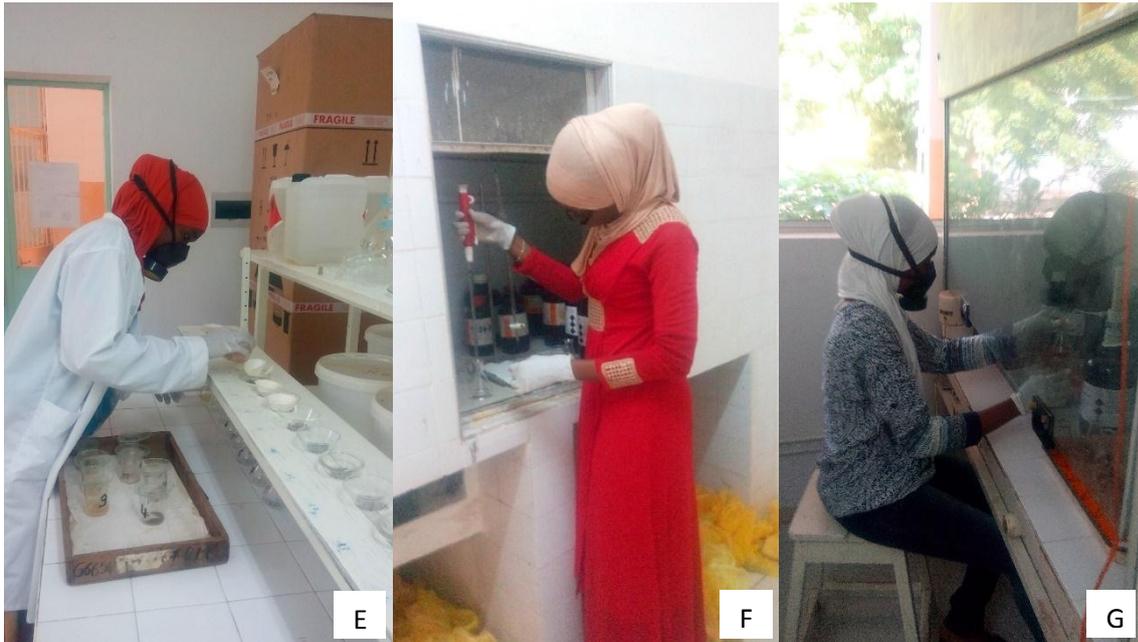


Planche 3: Caractérisation des substrats (E, F et G)

2.5. Essai agronomique

Le dispositif expérimental mis en place est en blocs de Fischer avec un seul facteur dose de compost à 4 niveaux (témoin (T0), ½ référence (T1), référence (T2) et référence x 2 (T3)). Quatre (4) traitements ont été utilisés et chaque traitement a été répété 3 fois soit au total 12 parcelles élémentaires.

Le traitement référence correspond à la dose de compost obtenue suite à la décomposition de la quantité de matières organiques incorporées au sol par les paysannes. Les intrants utilisés ont été pesés à l'aide d'un peson et les quantités moyennes trouvées se résument comme suit: 2 kg de phytomasses (mélange *Brachiaria ramosa*, *Mitracarpus scaber*, et *Eragrostis tremula*), 1,81 kg de fiente de volaille, 1,75 kg de fumier de cheval, et 1,42 kg de bouse de vache. La moitié et le double du traitement référence ont été incorporées respectivement pour le traitement ½ référence et le traitement double référence. Par contre le témoin est représenté par les parcelles élémentaires n'ayant reçu aucune quantité de ces MO ci-citées. Chaque

parcelle élémentaire a une superficie de 4 m² (2m*2m). Elles sont séparées entre elles par une allée de 0,6 m (intra et inter bloc) et cette même distance est maintenue entre les parcelles situées aux extrémités et les limites de la surface expérimentale. Ainsi la superficie totale de la surface expérimentale est égale à 92,4 m² (11 m longueur x 8,4 m largeur).

Au bout d'un mois de compostage et avant de procéder au semis, le sol a été superficiellement labouré à la houe afin d'avoir le plus possible des conditions homogènes au sein des planches mais aussi pour bien incorporer la matière organique au sol. Ensuite, il a été procédé au semis de la variété super longo du navet chinois qui a été choisie pour l'essai. Le semis a été fait directement en lignes à écartement de 30 cm entre les lignes et 6 cm sur la ligne, sur une profondeur de 1 cm. Un arrosage journalier de 24 litres d'eau par planche a été effectué durant toute la durée du test agronomique. Au bout de 45 jours après semis la récolte a été effectuée. Pour évaluer la valeur agronomique du compost sur le navet chinois, des mesures ont été effectuées sur les variables de croissance et de rendement. Sur chaque parcelle élémentaire, 44 plants ont été choisis en dehors des lignes de bordure soit un total de 528 plants (44 x 12) mesurés.

➤ **Paramètres de croissance**

Les mesures sur les variables de croissance (photo H) ont porté sur le nombre, la longueur et la largeur des feuilles mais également sur le diamètre au collet des plants. Ces mesures ont été effectuées un mois après semis excepté le diamètre au collet pour lequel les mensurations ont été faites au moment de la récolte. Une règle graduée a été utilisée pour mesurer la longueur et la largeur des feuilles, et un pied à coulisse pour mesurer le diamètre au collet. Le nombre de feuilles par plant a été obtenu par décompte manuel.

➤ **Paramètres de rendement**

Après la récolte, le poids moyen des bulbes de navet et le rendement moyen par parcelle élémentaire ont été déterminés à l'aide d'un peson. Avec un pied à coulisse les calibres de ces bulbes ont également été mesurés (photo I). Les données recueillies ont été utilisées pour évaluer l'influence du compost sur la production du navet chinois.



Planche 4 : mesure des variables agronomiques (H & I)

2.6. Traitement des données

La saisie et le traitement des données ont été effectués avec trois types de logiciels dont Sphynx Plus (version 4.5, 2003) pour une analyse descriptive des données issues de notre enquête ; Excel (2013) pour la saisie des données et R (version 3.3.0, 2016) pour l'analyse de variance des données obtenues avec l'essai agronomique.

Les conditions de normalité et d'homogénéité des variances des résidus des modèles ont été vérifiées respectivement avec le test de Shapiro & Wilk et le test de Bartlett en vue de leur validation. Une transformation logarithmique $\log_{10}(x+1)$ a été réalisée sur la largeur des feuilles afin de normaliser la population et stabiliser les variances. Le test LSD a été utilisé pour la séparation des moyennes au seuil de probabilité de 5% pour un facteur à effet significatif.

Chapitre 3 : Résultats

3.1. Niveau d'adoption des pratiques de fertilisation

La figure 1 montre que les maraichers utilisent plusieurs pratiques de fertilisation dont le niveau d'adoption dépend entre autre de la nature de la technique. Les résultats ont révélé que 21,3% des personnes enquêtées utilisent le compost contre 59,6% pour l'urée, 70,2% pour l'engrais NPK et 74,5% pour le fumier.

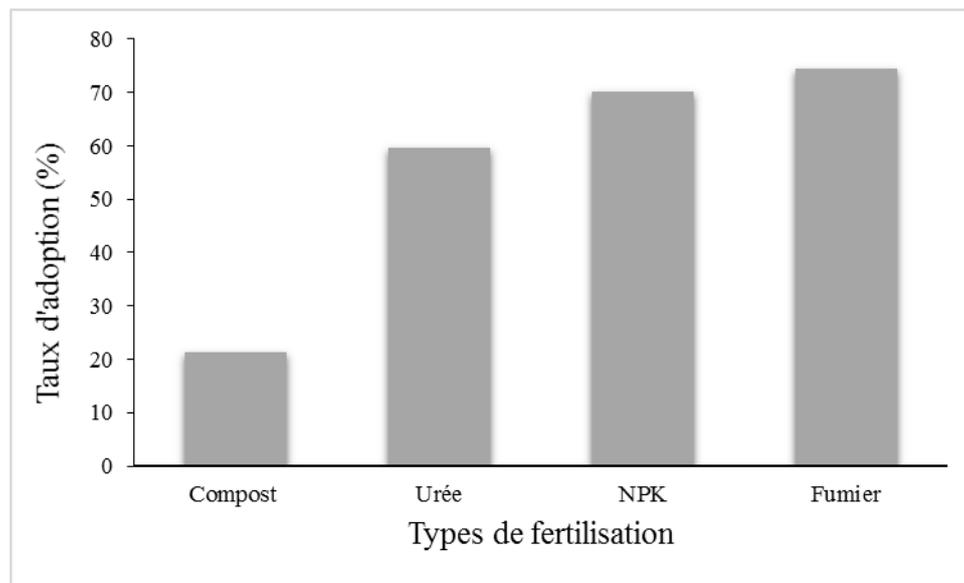


Figure 1: Taux d'adoption (%) des types de fertilisation

3.2. Perception paysanne sur la production et l'utilisation du compost

Les résultats de l'enquête ont montré que 85,7% des maraichers estiment que le compost améliore la fertilité du sol et favorise la hausse des rendements. Certains d'entre eux assurent également que le compost permet une meilleure résistance des plantes face aux maladies telluriques (16,8%), améliore la qualité (53,1%) et la durée de conservation des produits agricoles (18,6% ; figure 2). Mais selon un des maraichers, le compost a un effet dépressif sur le rendement. Néanmoins 12,6% des enquêtés attestent qu'ils n'ont aucune connaissance de l'utilité du compost.

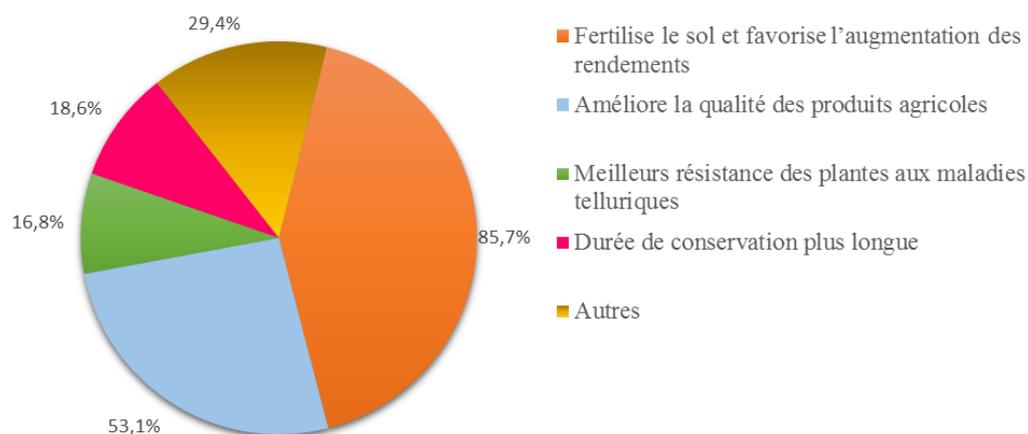


Figure 2: Perception paysanne sur l'utilisation du compost

Selon 12,6% des maraichers, le compostage est une pratique simple. Cependant la majorité des enquêtés ont mis l'accent sur les contraintes liées à cette technologie dont, la faible disponibilité de la MO (95,7%), le coût élevé de production de compost (48,9%) et la pénibilité du travail (44,7% ; figure 3).

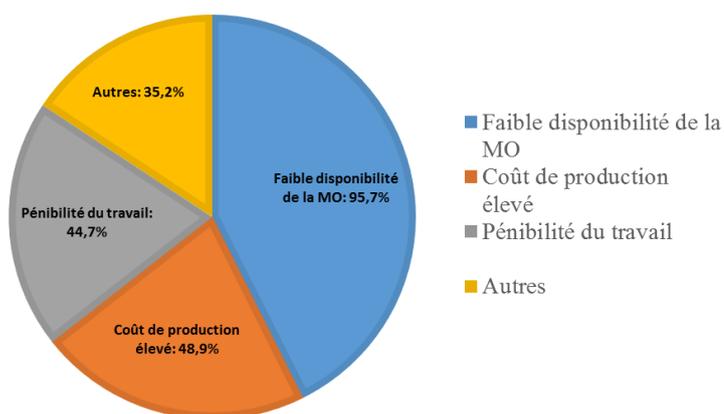


Figure 3 : Perception paysanne du compostage

3.2. Test de maturité

Les pourcentages de germination obtenus avec les traitements demi-référence (T1), référence (T2) et double référence (T3) sont présentés dans le tableau 2. Ces résultats semblent indiquer une maturité incomplète du compost sur les différents substrats, mais étant plus accentuée sur T3. En effet, le taux de germination de ce dernier est nettement inférieur aux pourcentages de germination obtenus avec les traitements T1 et T2.

Tableau 2: taux de germination (%) des graines de tomate sur substrat sol+compost

Matériel biologique	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
Tomate (Xina)	70	66	16

3.3. Effet du compost sur la fertilité chimique du sol

Les résultats obtenus après les analyses effectués sur les différents substrats (sol seul et sol+compost) sont répertoriés dans le tableau 3. Il montre l'évolution de la composition chimique du sol après application des traitements (T1, T2, T3).

L'analyse granulométrique effectuée a révélé que le sol étudié est de texture sableuse (96,44%). Il est caractérisé par un stock organique assez faible (MO=0,28%), un pH légèrement acide (pHKCl=6,5) et une salinité négligeable (36,08 μ S/cm). Il est également doté d'une bonne capacité de minéralisation (C/N= 9,82<10). A l'instar du taux de MO, celui de l'azote également est très faible (0,016%) de même que le taux de carbone organique (0,16%), la capacité d'échange cationique (0,42meq/100g) et la somme des bases échangeables (<2meq/100g). Cependant, sa teneur en calcium est élevée et son taux de phosphore assimilable reste satisfaisant (21,8ppm).

En comparaison au témoin absolu (T0), on note au niveau des parcelles ayant reçu le compost une légère évolution des paramètres ci-cités. La teneur en matière organique du sol est passée de 0,28% à 0,49% avec le traitement double référence et 0,36, 0,40% respectivement avec les traitements références et demi-référence, soit une augmentation de 8 à 21% selon les traitements. Le pH eau a également augmenté de 0,59-0,75 unité. La même tendance a été observée pour l'azote total et le carbone organique total. L'évolution du taux d'azote s'établit comme suit : 0,3%, 0,31% et 0,9% respectivement avec les traitements double référence (T3), référence (T2), et demi référence (T1). Pour le carbone organique, le taux a augmenté de 4,9 à 12,1%. Cette hausse du taux de carbone organique est plus prononcée avec le traitement double référence (12,1%) suivi du traitement demi référence (6%). Il a aussi été observé une amélioration de 26,1%, 16,3% et 4,9% de la capacité d'échange cationique avec les

traitements référence, demi-référence et double référence. Les valeurs maximales de la CE 158,1 μ S/cm, 141,7 μ S/cm, 156,4 μ S/cm ont été obtenues respectivement avec les traitements T1, T2, T3. Quant au phosphore assimilable, sa teneur sur T2 (63,47 ppm) fait 3 fois sa teneur à l'état initial (21,8ppm) et bien plus sur T1 (71ppm). Sa variation a été moins importante sur T3 (36,1ppm). Les teneurs en calcium et potassium ont aussi évolués suivant les traitements (T1, T2, T3).

Tableau 3: évolution des caractéristiques chimiques du sol suite à l'application de différentes doses de compost

Paramètres étudiés	Traitement témoin(T0)	Traitement demi-référence (T1)	Traitement référence (T2)	Traitement double-référence(T3)
pH eau	7,46	8,05	8,05	8,21
pH KCl	6,5	7,8	7,85	7,81
CE1/5 (μS/cm)	36,08	158,1	141,7	156,4
P/Ass (ppm)	21,818	71,009	63,472	36,1
C (%)	0,162	0,229	0,211	0,283
N (%)	0,016	0,025	0,02	0,019
MO (%)	0,28	0,4	0,36	0,49
C/N	9,82	9,18	10,46	14,54
Ca²⁺ (méq/100g)	0,147	0,269	0,275	0,143
Mg²⁺ (méq/100g)	0,026	0,04	0,05	0,02
Na⁺ (méq/100g)	0,026	0,021	0,021	0,019
K⁺ (méq/100g)	0,034	0,052	0,056	0,046
CEC (méq/100g)	0,296	0,41	0,479	0,331

3.4. Performance agronomique du compost

3.4.1. Effet du compost sur les paramètres de croissance

✓ Largeur des feuilles

La figure 4 montre que le compost a un effet significatif ($p = 0,045$) sur la croissance en largeur des feuilles. La largeur la plus élevée (en moyenne $8,72 \pm 0,34$ cm) a été obtenue avec le traitement T3 (Double référence). Par contre, aucune différence significative n'a été observée entre les T1, T2 et T0 pour la largeur des feuilles (en moyenne $8,06 \pm 0,32$ cm).

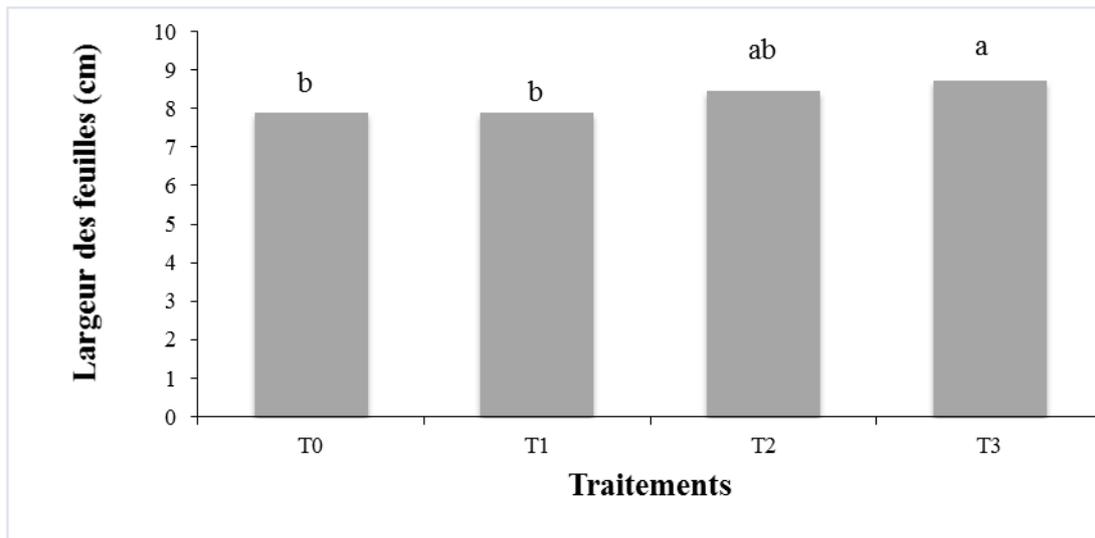


Figure 4: effet de la dose (témoin ; demi-référence ; référence ; double référence) de compost sur la largeur des feuilles de navet ($p = 0,045$)

✓ Diamètre au collet

Le diamètre au collet des plants de navet chinois a été fonction de la dose de compost ($p=0.0028$; figure 5). Le T2 présente le diamètre au collet le plus élevé ($14.23 \pm 0,77$ mm). Par contre, aucune différence significative n'a été notée entre les traitements T1, T3 et T0 (en moyenne $11,82 \pm 0,47$ mm).

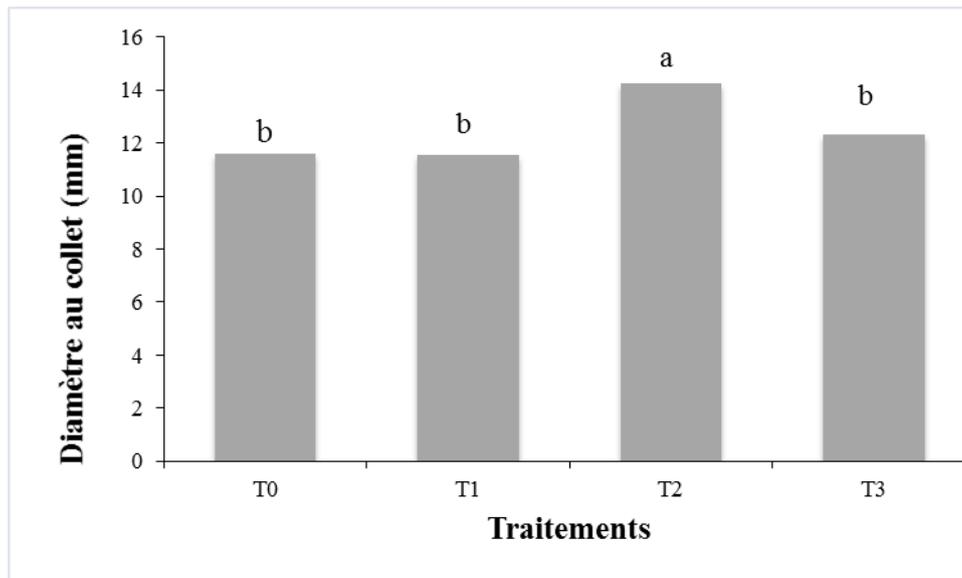


Figure 5: influence de la dose (témoin ; demi-référence ; référence ; double référence) de compost sur le diamètre au collet des plants de navet ($p=0,0028$)

3.4.2. Effet du compost sur les paramètres de rendement

✓ Calibre des bulbes

Le calibre des bulbes de navet a été fonction de la dose de compost ($p=0,034$; figure 6). Le calibre le plus important a été observé avec la dose T3 ($33,43 \pm 1,11$ mm). Aucune différence significative n'a été notée entre T1, T2 et T0 (en moyenne $32,22 \pm 1,38$ mm).

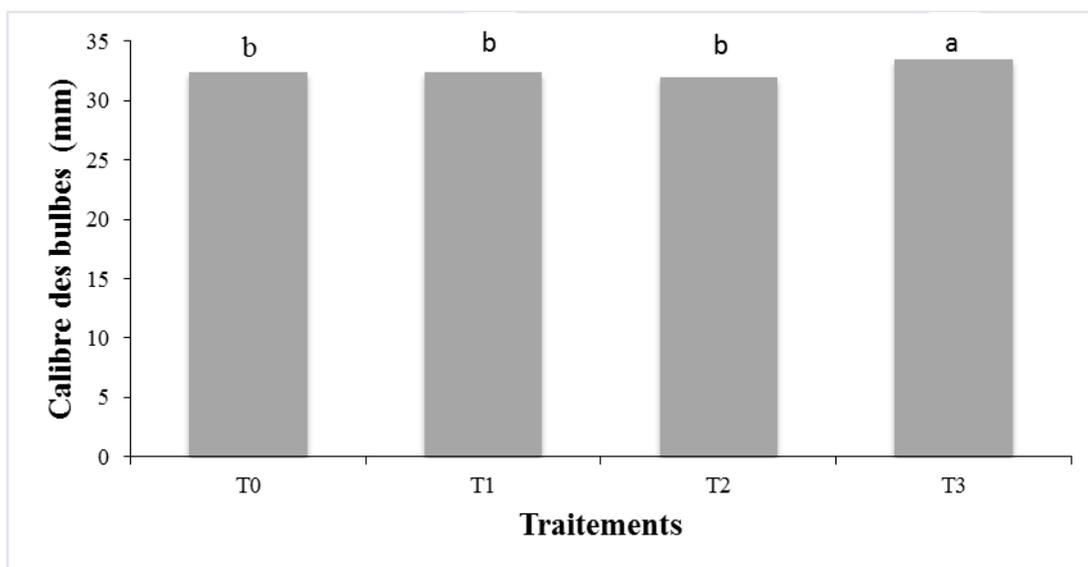


Figure 6: influence de la dose (témoin, demi-référence, référence, double référence) de compost sur le calibre des bulbes de navet ($p=0,034$).

✓ Poids des bulbes

Le poids des bulbes a été fonction de la dose de compost ($p=0,0173$). Les poids les plus importants ont été observés avec T3 et T1 (en moyenne $0,18 \pm 0,01\text{kg}$; figure 4). Les traitements T2 et T0, ont par contre donné les poids les plus faibles (en moyenne $0,16 \pm 0,01 \text{ kg}$).

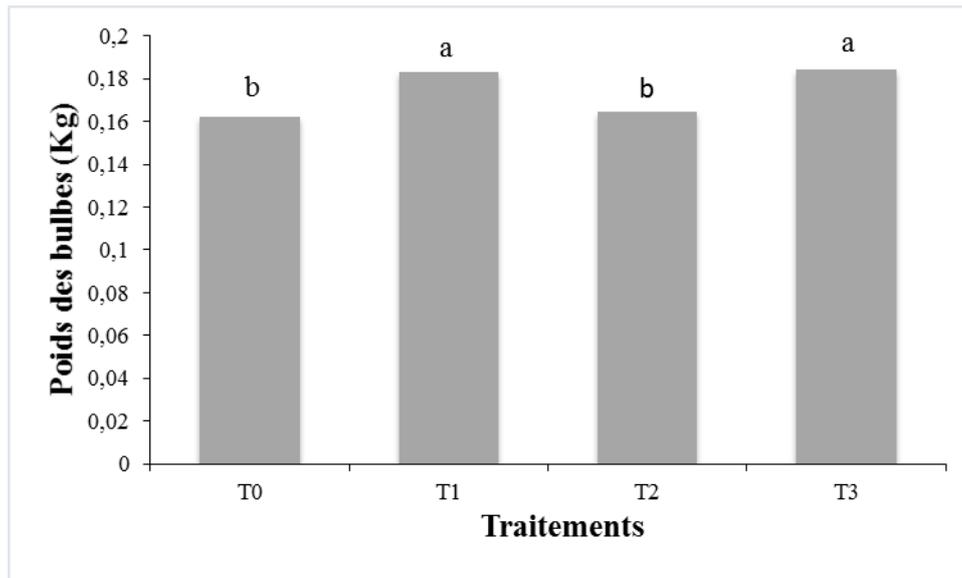


Figure 7: influence de la dose (témoin, demi-référence, référence, double référence) de compost sur le poids des bulbes de navet ($p=0,0173$).

✓ Rendement

La figure 8 montre l'influence de la dose de compost sur le rendement des plants de navet ($p=0,0104$). En effet, le rendement le plus significatif a été obtenu avec la dose double référence (T3 ; en moyenne $5,92 \pm 0,64\text{T/ha}$). Par contre, aucune différence significative n'a été notée entre les traitements T1, T2, T0 (en moyenne $5,17 \pm 0,7\text{T/ha}$).

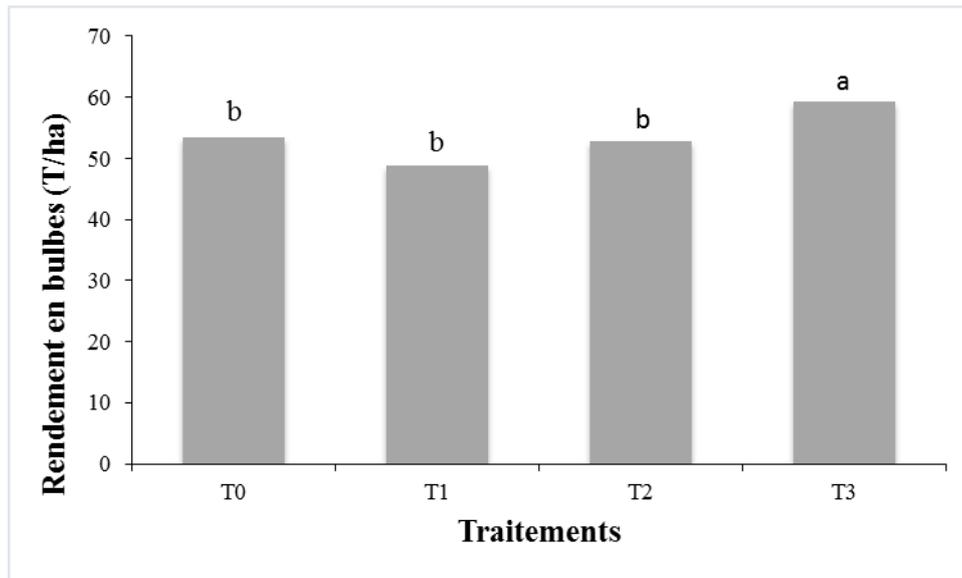


Figure 8: influence de la dose (demi-référence (T1), référence(T2), double référence (T3) et témoin (T0)) de compost sur le rendement des plants de navet ($p=0,0104$).

Chapitre 4. Discussion

4.1. Perception paysanne sur la production et l'utilisation du compost

L'enquête menée a démontré que les maraichers étaient conscients de l'importance du compost sur le maintien et/ou la restauration de la fertilité du sol et par conséquent sur la qualité et l'augmentation de la production agricole (figure 2). Malgré la pertinence de cette technologie reconnue par les producteurs, son niveau d'adoption reste très faible (21,3% ; figure 1). Ceci est dû entre autres facteurs, à la faible disponibilité de la matière organique (95,7% ; figure 3) en rapport avec leurs différents modes d'utilisations. Ces résultats confirment ceux de Badiane et *al.*, (2000) qui ont fait le même constat dans le bassin arachidier concernant la faible disponibilité de la matière organique et ses divers usages. En effet, la matière organique végétale est essentiellement destinée à l'alimentation du bétail et aux besoins domestiques. Seule une faible quantité est utilisée par une minorité des producteurs pour la fertilisation des sols (paillage ou compostage). Quant au fumier, la demande est aussi supérieure à l'offre, du fait de la taille réduite du cheptel (sur 87,2% seuls 17% des producteurs ont chacun un nombre d'animaux supérieur ou égal à 10). Néanmoins, la quantité disponible est essentiellement utilisée pour la fertilisation des terres sous sa forme brute.

Les producteurs (48,9%) ont aussi dénoncé les coûts de production (figure 3) incluant les dépenses liés à la mise en place des systèmes de compostage, à l'achat d'outils et au transport de la matière organique. Ceci démontre l'importance du revenu du ménage comme facteur d'adoption (Ouédraogo et *al.*, 2001). Les difficultés liées à certaines pratiques telles que le rassemblement de la matière première, les arrosages et les retournements des tas de compost ont été également évoqués (44,7% ; figure 3) comme facteur limitant. Cet avis est partagé par toute les femmes maraichères enquêtées et qui sont au nombre de sept. Ceci illustre l'importance du genre comme facteur d'adoption de certaines technologies. La technicité pour faire du compost reste aussi une entrave à son adoption. Nos résultats corroborent ceux de Ouédraogo et *al.*, (2001), qui stipulent que le manque de main-d'œuvre, d'équipement, de matériel organique adéquat, sont des contraintes majeures à l'adoption de la technologie. Ils sont également en accord avec ceux de Charnay (2005), selon qui le choix d'une technique est fonction de la nature, de la quantité et de la disponibilité des déchets, ainsi que du coût de production incluant la main d'œuvre, l'énergie et l'eau. Selon Lenhardt, et *al.*, (2014), le principal facteur d'adoption de pratiques agricoles durable pourrait être la nature même de la technique.

4.2. Tests de maturité

Les résultats des tests montrent que le compost produit présente une maturité incomplète. En effet, les pourcentages de germination obtenus sont largement inférieurs à 90%, taux définie comme indicateur de maturité du compost avec comme plant test la tomate. Selon certains auteurs (Aylaj et Lhadi, 2008 ; Brinton, 2001), la performance des cultures peut être réduite par la présence d'éléments toxiques (ammonium, acide acétique) libéré durant le processus de compostage. Cette toxicité pourrait être liée au volume de MO compostée d'où le faible taux de germination obtenu avec le traitement T3.

4.3. Effet du compost sur la fertilité chimique du sol

Les résultats sur la composition chimique du sol révèlent un faible niveau de fertilité (MO=0,28% sensiblement inférieur à la valeur seuil de 0,3% définie par l'ORSTOM ; Dabin, 1970). Le sol a également une faible capacité d'échange cationique et est doté d'une bonne capacité de décomposition (C/N=9,82<10) ce qui pourrait accentuer la pauvreté du sol. Ces résultats obtenus reflètent les caractéristiques typiques des sols à texture sableuse (Badiane, 2000 ; Dabin, 1970) comme l'ont confirmé les résultats d'analyse sur la granulométrie. Nos résultats confirment ainsi ceux de Cissé et Vachaud (1988) selon qui, les sols du Nord Est du Sénégal ont des teneurs en MO variant entre 0,2-0,5% et une faible capacité d'échange cationique (1-3meq/100g). Par ailleurs son pH légèrement acide est favorable au développement des cultures. En effet, une gamme de pH comprise entre 6 et 7 permet une meilleure assimilation des nutriments, impactant positivement la croissance de la plupart des cultures (Genot et *al.*, 2009). Sa teneur en phosphore assimilable (21,8ppm) est également assez satisfaisante. Elle se trouve dans la gamme moyenne d'après les valeurs guides (>15ppm) de Landon (1991), ce qui n'est pas souvent le cas dans les sols tropicaux généralement très pauvre en phosphore (Dabin, 1970). Ainsi les résultats constatés sur la teneur en phosphore pourraient être liés à des facteurs qui n'ont pas été pris en compte dans cette étude.

Les résultats obtenus avec l'apport de compost confirment le rôle essentiel de la MO sur la fertilité chimique des sols tropicaux (Dabin, 1970), qui se traduit par une légère amélioration des propriétés du sol (Sikuzani et *al.*, 2014 ; Mulaji, 2011 ; Sawadogo et *al.*, 2008 ; Segda et *al.*, 2001). En effet, les taux de MO ont augmenté de 8 à 21%. Cette augmentation est aussi valable pour ses principales composantes à savoir le taux carbone organique et d'azote total. Cet effet du compost sur la MO du sol est attribué à son rôle amendement (Francou, 2003). Mais concernant l'évolution de la teneur en azote total, nos résultats révèlent un taux d'azote variant de manière inversement proportionnelle aux doses appliquées contrairement aux

résultats de Mulaji (2011) et Ndayegamiye (2005) qui ont relaté une corrélation positive entre la dose de compost et la teneur en azote. Ceci pourrait s'expliquer par des pertes en azote par dénitrification en fonction de la quantité d'azote apporté, favorisé par un pH légèrement alcalin, et/ou par la volatilisation liée à la faible capacité d'échange cationique des sols (Scheiner, 2005). Une nette augmentation des taux de phosphore assimilable a été observée sur les substrats à différentes doses de compost. Ceci pourrait se justifier par l'action du compost à travers les phénomènes de minéralisation et de solubilisation mais aussi par l'apport de phosphogypse. Par ailleurs l'évolution du phosphore suivant les traitements s'expliquerait par des besoins microbiens en fonction de la teneur en carbone organique. Selon Wang et *al.*, (2003) et Lompo et *al.*, (2009), le phosphore est un élément essentiel aux microorganismes pour leur activité de biodégradation. Conformément à nos résultats, Thuriès et *al.*, (2000) ont constaté avec l'apport de fertilisant organique, une corrélation significativement négative entre le taux de carbone organique et la teneur en phosphore assimilable, qu'ils ont attribué à la présence de phosphore minéral. Parallèlement au phosphore, le phosphogypse combiné à l'action du compost semblerait être à l'origine de l'enrichissement considérable du sol en calcium, qui agit négativement sur la nutrition minérale des plantes. Lompo et *al.*, (2009) ont également observé une augmentation du taux de calcium avec l'ajout de phosphate naturel. Les résultats de cette étude ont aussi montré une importante élévation du pH du sol. De légèrement acide à l'état initial, le pH est devenu peu alcalin sur T1, T2, T3. Ce résultat pourrait être assimilé à l'effet du compost et à la teneur élevée des substrats en calcium. Nos résultats confirment ceux de plusieurs auteurs (Houot et *al.*, 2009 ; Sawadogo et *al.*, 2008 ; Ouédraogo et *al.*, 2001) qui ont démontré une amélioration sensible du pH du sol suite à l'apport de composts. Selon Mulaji (2011), ceci serait dû au pouvoir tampon du compost et à son apport en bases. Tropicasem (2016) a aussi souligné l'effet du calcium, sur sa capacité à augmenter le pH. Une amélioration de la capacité d'échange cationique du sol a été aussi constatée. Cet effet du compost est moins marqué sur T3 (C/N=14,54), ce qui laisse supposer qu'il pourrait être lié au degré de maturité du compost. Nos résultats sont en accord avec les travaux de Dragon et Icard (2010) selon qui l'augmentation du taux d'humus du sol à travers l'apport de MO permet une amélioration de la capacité d'échange cationique du sol. Toutefois, le statut alcalin du sol favorisant le développement de charges négatives par la MO, pourrait avoir contribué à l'amélioration de la capacité d'échange cationique. Mbonigaba et *al.*, (2009) soutiennent que l'élévation du pH entraîne une augmentation de la capacité d'échange cationique.

4.4. Performance agronomique du compost

4.4.1. Effet du compost sur les paramètres de croissance

Il ressort de notre étude que l'apport de compost au sol crée des conditions favorables à la croissance de la plante (figures 1 et 2). Ces conditions seraient liées à une augmentation de la nutrition minérale du sol qui relèverait de l'effet combiné de la quantité de minéraux apportée par le compost, de la minéralisation de la matière organique et d'une augmentation de la CEC du sol. Ceci explique qu'on ait obtenu en moyenne une croissance plus élevée de la largeur des feuilles ($p = 0,045$) au niveau des traitements T3 et T2 et que la même tendance ait aussi été observée avec le diamètre au collet des plants avec T2 ou le phénomène de minéralisation semble dominant. Ces résultats corroborent ceux de Mrabet et *al.* (2011) sur l'effet du compost sur l'augmentation de la largeur des feuilles de laitue. Ils confirment également les résultats de Kimuni et *al.*, (2014) qui ont démontré que l'apport de compost à des doses croissantes a des effets nettement positifs sur les paramètres de croissances des plants de chou de chine proportionnellement à la quantité d'éléments fertilisants disponibles. Kitabala et *al.*, (2015) ont également démontré une meilleure croissance du diamètre au collet des plants de tomate (*Lycopersicon esculentum*) sur les parcelles ayant reçues du compost. Ainsi nos résultats sont en accord avec ceux obtenu par d'autres auteurs (Ognolaga et *al.*, 2015 ; Kimuni et *al.*, 2014 ; Mrabet et *al.*, 2011 ; Cissé, 1988) sur l'intérêt d'apport de composts sur la croissance des plantes.

Cependant pour cette étude, le compost n'a pas eu le même effet sur toutes les variables de croissance mesurées. Aucun effet significatif n'a été observé sur le nombre de feuilles ($p=0,246$) et la longueur des feuilles ($p=0,102$) de navet chinois. Ces résultats semblent suggérer que l'essentiel des nutriments disponibles pendant la période de croissance ont été utilisés par la plante pour accroître la largeur des feuilles et le diamètre au collet des plants. Mais il serait aussi possible que ces variables aient déjà atteint leur limite de croissance au moment où les mesures ont été effectuées.

4.4.2. Effet du compost sur les paramètres de rendement

L'incorporation de compost au sol influence significativement les paramètres de rendements mesurés tels que : le calibre des bulbes, le poids des bulbes de même que le rendement du navet chinois. Cependant ces derniers n'ont pas eu les mêmes comportements sur les différents traitements. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la plus forte dose de compost (traitement double référence=T3) pour l'ensemble des variables mesurées. En effet ce traitement comparé aux autres (T1, T2, T0), présente un taux de MO plus important, qui à travers son évolution vers des formes plus stables et à sa minéralisation rend progressivement

disponible les éléments nutritifs dont la plante a besoin. Ceci confirme les propos de Scheiner (2005) selon qui la MO met à la disposition de la plante des nutriments à différents moments de la période végétative. Un autre facteur pouvant être lié à nos résultats est l'amélioration de la nutrition hydrique liée au système de compostage conçu de façon à favoriser une bonne gestion de l'eau au niveau des planches. Ceci a pu favoriser une meilleure assimilation des éléments nutritifs par les plantes. Ces résultats corroborent ceux de Zraïbi et *al.* (2015) qui ont démontré une augmentation du diamètre et du poids des bulbes de laitue et poireau sur des parcelles ayant reçu du compost. Le même constat a été fait par Mrabet et *al.* (2011) sur le poids de la laitue. Mouria et *al.* (2010) et Zraïbi et *al.* (2015) attribuent l'accroissement de la production des cultures à l'action fertilisante du compost. Ces résultats ont été confirmés par Dieng (2014) sur les rendements en laitue, oignon, et navet suite à l'utilisation de compost de la litière de filao.

Pour toutes les variables mesurées à l'exception du poids sur T1, les résultats constatés sur T1 et T2 ne sont pas statistiquement différents de ceux obtenus avec le témoin (T0). Des phénomènes de carence liés à un déséquilibre nutritionnel pourraient expliquer ces résultats. En effet, la teneur en calcium sur ces parcelles a été très élevée, entraînant la réduction du taux d'absorption de certains éléments nutritifs essentiels notamment le potassium. D'après Tropicasem (2016), des teneurs élevées en phosphore (P) et de faibles quantités de potassium (K) et de magnésium (Mg) comme c'est le cas dans notre étude, favorisent l'effet antagoniste du calcium.

Héri-kazi et Colinet (2014), ont aussi souligné qu'un excès de phosphore entraîne un blocage de l'absorption du Zn, du Cu, du Fe, du Ca et du K. Ainsi dans les deux cas l'absorption du K est limitée, alors que cet élément est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserves (bulbes) tout comme l'est le phosphore qui joue un rôle important dans le développement des racines (Lambo, 2011).

Conclusion et Perspectives

En vue de contribuer à promouvoir l'adoption du compost, l'évaluation de la pertinence d'une technique de compostage paysanne (JACADUR) a été effectuée avec les populations locales de Keur Matouré Gning dans la région de Thiès. Le premier objectif de cette étude était de recueillir la perception paysanne sur la production de compost et son utilisation. Les résultats de l'enquête de perception ont montré que 85,7% des maraichers enquêtés sont conscients de l'importance du compost sur l'amélioration de la qualité des sols, des produits agricoles et sur l'accroissement des rendements. Cependant les facteurs limitant son adoption sont notamment la faible disponibilité de la MO, le manque de connaissance des techniques de compostage, la pénibilité du travail et les coûts de production.

La perception paysanne sur le compost et son utilisation étant connue, le second objectif avait consisté à évaluer l'influence du compost sur la fertilité chimique du sol. Il est ressortit de nos résultats que l'apport de compost entraîne une augmentation sensible du pH, du taux de MO, des teneurs en carbone organique et azote total, du teneur en phosphore, des teneurs en cations basiques et de la capacité d'échange cationique. Le T3 a donné la meilleure tendance évolutive de ces paramètres chimiques, excepté le phosphore assimilable, l'azote, le calcium et le magnésium. Par contre les plus faibles valeurs des paramètres étudiés ont été observées avec T2, sauf pour les teneurs en cations basiques et la capacité d'échange cationique plus élevés sur ce traitement que sur les autres. Enfin le troisième objectif visait la détermination des performances agronomiques du compost et sa dose optimale pour *Raphanus sativus* (navet chinois). Ainsi, les résultats ont révélé une amélioration des paramètres de croissance et de rendement du navet chinois (*Raphanus sativus*) avec la plus forte dose de compost (T3) excepté le diamètre au collet. Les meilleurs résultats de celui-ci ont été obtenus avec la dose paysanne de compost ou dose référence (T2). La dose demi-référence n'a pas eu d'effet positif que sur le poids des bulbes de Navet chinois.

En conclusion nous pouvons dire que cette technique de compostage répond aux préoccupations des producteurs face à certaines contraintes liées au coût de production et à la pénibilité du travail. A cela s'ajoute le fait que le compost qui en découle, appliqué à dose optimale (T3) améliore la production.

En perspectives il serait donc intéressant de :

- déterminer la période de maturité du compost et de poursuivre l'étude sur d'autres spéculations ;

- diversifier les sources de matières organiques pour améliorer la disponibilité en prenant en compte des déchets ménagers et des résidus ligneux.
- évaluer l'effet de ce compost sur les caractéristiques chimiques, physiques et biologique du sol à plus ou moins long terme avec apports réguliers de quantités de MO plus importantes ;
- étudier les pertes en nutriments liées au système de compostage JACADUR et l'équivalent engrais NPK de la dose optimale.

Références bibliographiques

- Agridape. 2015.** Des sols durables. Revue sur l'agriculture durable à faible apports externes. Volume 31. *Edition Afrique Francophone*. pp 14-16.
- ANSD. 2012.** Situation économique et sociale du Sénégal. Division de la Documentation, de la diffusion et des Relations avec les Usagers. 15p.
- Attrassi B., Drissia K., Mrabet L. 2007.** Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers ». *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, n° 1: 23- 30.
- Avnimelech Y., Bruner M., Ezrony I., Sela R., Kochba M. 1996.** Stability indexes for municipal solidwaste compost. *Compost Science & Utilization* 4: pp 13-20.
- Aylaj M., Lhadi E K. 2008.** Evaluation de la stabilité et la maturité des composts obtenus par biodégradation aérobie d'un mélange de déchets ménagers et de déchets de poulets. *Déchets - Revue Francophone D'écologie Industrielle - N° 50 - 2e Trimestre 2008*. 7p.
- Badiane A.N., Kouma M., Sène M. 2000.** Gestion et transformation de la matière organique synthèse des travaux de recherches menés au Sénégal depuis 1945. 133p
- Boutin E. 2009.** Valorisation des rejets organiques de Biscuits Leclerc Ltée par production de compost de haute qualité. Mémoire: Science. Biologie, Université du Québec. 198p.
- Bernal M.P., Paredes C., Sanchez-Monedero M.A., Cegarra J. 1998.** Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic waste. *Bioresource Technology* 63: pp 91-99.
- Berton S., Billaz R., Burger P., Lebreton A. 2012.** Agroécologie, une transition vers des modes de vie et de développement viables – Paroles d'acteurs". *Editions Cari* (Centre d'actions et de réalisations internationales). 96p.
- Brinton W.F. 2001.** How compost maturity affects plant and roots performance in container grown. *Journal of biodynamics* 233: pp 22-27.
- CAEB. 2015.** Le compostage, une alternative endogène pour la restauration des sols dégradés. L'expérience du **Conseil et Appui pour l'Education à la base** dans le sahel occidental du Mali (Cercles de Niore et Nara). Rapport 6p.
- Charnay F. 2005.** Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Rapport de Thèse: Chimie et Microbiologie de l'Eau. Université de Limoge. 277p.
- Chen Y., Chefetz B., Hadar Y., Chen Y., de Bertoldi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T. 1996.** Formation and properties of humic substance originating from composts. In: M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, T. Papi (eds.), *The science of composting: part 2*, pp 382-393. UK: *Blackie Academic & Professional an imprint of Chapman & Hall*.

- CILSS. 2012.** Bonnes pratiques agro-sylvo- pastorales d'amélioration durable de la fertilité des sols au Burkina Faso. Ouagadougou. 194p.
- Cisse L. 1988.** Influence d'apports de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord Sénégal. II. – Développement des plantes et mobilisations minérales. *Agronomie, EDP Sciences, 1988, 8 (5), pp.411-417.* <hal-00885118>
- Cisse L., Vachaud G. 1988.** Influence d'apport de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord Sénégal. Bilan de consommation, production et développement racinaire. *Agronomie, 8(4): 315-326.*
- Côté C. 2014.** Semer les graines de l'agro-écologie à l'échelle de l'Afrique, est-ce possible? Maîtrise en environnement université de Sherbrooke. 145p.
- Compaore E., Nanema L.S., Bonkougou S., Sedogo M.P. 2010.** Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. *Journal of Applied Biosciences 33: 2076 - 2083.*
- Dabin B. 1970.** Les facteurs chimiques de la fertilité des sols, la Techniques, in techniques Rurales en Afrique, pédologie et développement, ORSTOM et BDPA, Paris, 278 p.
- Dieng R. 2014.** Evaluation des effets du compost de filao (*Casuarinaequisetifolia*) sur les rendements des cultures maraichères dans la zone des Niayes (Sénégal) Mémoire: Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers, département d'Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor. 53p.
- Dragon S., Icard C., 2010.** Effet d'apport de différents amendements organiques sur les propriétés du sol - Bilan de 15 années d'essai en culture légumière à la SERAIL . Echo-MO. Janvier 2010. n°81, 8p.
- Etsè A., Sanonka T., Kokou S., Magnoudéwa B.B., Kokou D., Koffi K.A., Gado T., Gnon B. 2014.** Etude de la disponibilité du phosphore assimilable des composts de déchets urbains dans deux sols différents. *European Scientific Journal, vol. 10 (6). 12p*
- Franco C. 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : influence de la nature des déchets et du procédé de compostage - recherche d'indicateurs pertinents. Thèse: Sciences of the Universe. Sciences of the Universe. Institut Nationale Agronomique Paris-Grignon (France). 291p
- Faye M.T.D. 2012.** Mobilité et transport dans la communauté rurale de Notto Diobass. Mémoire de Master2: gestion et développement des espaces ruraux, Université Cheikh Anta Diop. 95p
- Faye B. 2010.** Diagnostic de la dégradation du bassin versant de Notto Diobass. Mémoire de maîtrise: département de géographie, Université Cheikh Anta Diop. 97p

Fuchs J., Galli U., Schleiss K., Wellinger A. 2001. Directive de l'ASIC : Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. Document élaboré par Association Suisse des installations de compostage (ASIC) en collaboration avec le Forum Biogaz Suisse. 11p.

Fuchs J., Galli U., Schleiss K., and Wellinger A. 2001. Directive de l'ASIC : Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. Document élaboré par Association Suisse des installations de compostage (ASIC) en collaboration avec le Forum Biogaz Suisse. CH-3322, Schönbühl, pp 11.

Fuchs J.G. 2009. Fertilité et pathogènes telluriques : effets du compost. Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques. 6p.

Genot V., Colinet G., Brahy V., Bock L. 2009. L'état de fertilité des terres agricoles et forestières en région wallonne (adapté du chapitre 4 - sol 1 de « L'État de l'Environnement wallon 2006-2007 »). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009 **13**(1): pp 121-138.

Godden B. (1995). La gestion des effluents d'élevage. Techniques et aspect du compostage dans une ferme biologique. *Revue de l'Ecologie.* No 13.p37.

Guo J., Zhou C. 2007. Green house gas emissions and mitigation measures in Chinese agroecosystems. Article. *Agricultural and Forest Meteorology* 142 (2007): pp 270–277.

Harada Y., Inoko A., Tadaki M., Izawa T. (1981). Maturing process of city refuse compost during piling. *Soil Sci.Plant. Nutr.*, 27, 3: pp 357-364.

Heri-kazi B.A., Colinet G. 2014. Diversité et mode de gestion dans l'espace socio-agricole des territoires de Walunga et Kabaré, Sud Kivu, RD. Congo. *Cahiers du CERUKI*, nouvelle série n° 44/2014: pp 125-143.

Houot S., Cambier Ph., Benoit P., Deschamps M., Jaulin A., Lhoutellier C., Barriuso E., 2009. Effet d'apports de composts sur la disponibilité de micropolluants métalliques et organiques dans un sol cultivé. *Étude et Gestion des Sols*, Volume 16, 3/4, 2009: pp 255-274.

Hubert G., Schaub C. 2011. Fertilité des sols : l'importance de la matière organique. Agriculture & territoire, Chambre d'agriculture bas-rhin, service environnement-innovation. 46p.

Hathie I., BA C.O., Diagana B., Dieye P.N., Niang M. 2009. L'agriculture face aux défis de la transition démo-économique. Rapport. IPAR (Initiative Prospective Agricole et Rurale). 4p.

Kerkeni A. (2008). Contribution à la valorisation des composts et des jus de composts : Incidence sur la fertilisation et la protection phytosanitaire de quelques espèces légumières. In: M'SADAK Y., BEN M'BAREK A., 2015. Evaluation de la maturité et de la qualité chimique des substrats de croissance à base de méthacompost avicole pour une meilleure

exploitation. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°23, September 2015, pp 117-138.

Kimuni L.N., Hugues I.T., Musaya E.M., Okese A.E., Bin Lukangila M.A., Lubobo A.K., Mpundu M., Longanza L.B. 2014. Influence de la fertilisation a base des déchets humains recycles, des engrais minéraux et de leur combinaison sur le comportement de maïs. *Journal of Applied Biosciences* 77: pp 6500-6508.

Kitabala M.A., Tshala U.J., Kalenda M.A., Tshijika I.M., Mufind K.M. 2016. Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). *Journal of Applied Biosciences* 102: pp 9669–9679.

Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré P.N., Bondé D. 2010. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d’une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. *Tropicultura*, volume 28 (3): pp 184-189.

LADA. 2008. Identification des indicateurs de suivi et d’évaluation de la dégradation des terres en Tunisie. Rapport. Projet *Land degradation assessment in drylands* (LADA). 54p.

Lambo b., Bertrand J. 2011. Contribution a la valorisation agricole des ordures menageres et amendement organique d’un sol ferrallitique hydromorphe de la ville de Dschang (region de l’ouest cameroun). Mémoire Faculté d’agronomie et des sciences agricoles. Département des sciences du sol. 106p.

Landon, J.R. (1991). Booker Tropical Soil Manual. A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Longman, Booker Take limered, Oxon, UK. 474p.

Larbi M. 2006. Influence de la qualité des composts et de leur extrait sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse: Institut de Botanique, Université Neuchâtel. 161p.

Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z., Ouandaogo N. 2009. Influence des phosphates naturels sur la qualité et la bio-dégradation d’un compost de pailles de maïs. *Tropicultura*, 27, 2: pp 105-109.

Louppe D., Mille G., 2015. Memento du forestier tropical, *Edition quai*, 2015/ ISBN : 978-2-7592-2340-4.

Lenhardt A., Glennie J., Intscher N., Ali A., Morin G., 2014. Un burkina faso « plus vert » : Techniques agricoles et amélioration des moyens de subsistance. Sommaire de l’étude de cas de Development Progress. 8p.

Misra R.V., Roy R.N., Hiraoka H. 2005. Méthodes de compostage au niveau de l’exploitation. Edition Rome, FAO. Document de travail sur les terres et les eaux. 48p.

- Mbodj M. 1987.** L'utilisation des engrais et la production agricole: fertilisation des cultures au Sénégal et dans les autres pays d'Afrique de l'ouest. 28p.
- Mbonigaba J.J.M., Nzeyimana I., Bucagu C., Culot M. 2009.** Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles : contraintes à leur productivité. UNR –Journal Etudes Rwandaises– Series C: *Life Science & Natural Sciences*. 30p.
- Mouria B., Ouazzani-Touhami A., Douira A. 2010.** Valorisation agronomique de compost et de ses extraits sur culture de la tomate. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 16 :165-190.
- Morard P., Caumes E., Silvestre J. 2004.** Influence de la concentration de la solution nutritive sur la croissance et la nutrition minérale de la tomate. *Can. J. Plant Sci.* 84: pp 299–304.
- Mrabet L., Belghyti D., Loukili A., Attarassi B. 2011.** Étude de l'effet du compost des déchets ménagers sur l'amélioration du rendement de Maïs et de la Laitue. *Afrique Science* 07(2). pp 74 - 84.
- Mulaji K.C. 2011.** Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la Province de Kinshasa (Rép. Dém. du Congo). Thèse de Doctorat: Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Gembloux (Belgique). 172 p.
- Mulaji K.C., Disa-Disa P., Kibal I., Culot M. 2016.** Diagnostic de l'état agropédologique des sols acides de la province de Kinshasa en République démocratique du Congo. Article info 2015 *Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS*. 7p.
- M'seffar J. 2009.** L'érosion des sols agricoles en estrie, causes et conséquences. Essai: Centre Universitaire de Formation en Environnement, Université de Sherbrooke. 78p.
- N'Dayegamiye A., Drapeau A., Laverdière M.R. 2005.** Effets des apports de composts de résidus ménagers sur les rendements des cultures et certaines propriétés du sol. *Agrosol*, Décembre 2005, vol. 16, no 2. 10p
- Ndour T. 2001.** Dégradation des sols au Sénégal: exemple de deux communautés rurales (Kaymor et Montrolland). Thèse: Géographie, Université Cheikh Anta Diop. 313p.
- Nicolardot B., Chaussod R., Morel J.L., Guckert A., Benistant D., Catroux G., Germon J.C. 1986.** Appréciation simple de la maturité des composts urbains en relation avec leurs effets sur la production végétale. *Agronomie*, EDP Sciences, 1986, 6 (9). pp 619-827.
- Ognalaga M., Odjogui P.I.O., Lekambou J.M., Poligui R.N., 2015.** Effet des écumes de canne à sucre, de la poudre et du compost à base de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(5): pp 2507-2519.

- Ozer A., Ozer P. 2005.** Désertification au sahel : crise anthropique ou climatique. *Bull. Séanc. Academy. R. Sci. Outre-Mer Meded. Zitt.K. Acad. Overzeese Wet.51 (2005-4): 395-423.* <http://hdl.handle.net/2268/16053>. 29p.
- Ouédraogo E., Mando A., Zombré N.P. 2001.** Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84, p 259–266.
- PROGERT. 2005.** Diagnostic de la problématique général de la dégradation des terres. Rapport provisoire projet de gestion et de restauration des terres dégradées dans le bassin arachidier. 66p.
- Sanchez D. 2011.** Potentiels et techniques de redressement et d’entretien de la fertilité des sols par les Bois Raméaux Fragmentés (BRF). Manuel de référence. Département des Sciences du Bois et de la Forêt, Université Laval (Québec). 19p.
- Sawadogo H., Bock., Lacroix D., Zombré N.P. 2008.** Restauration des potentialités de sols dégradés à l’aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2008 12(3), pp 279-290.
- Scheiner J.D. 2005.** Spéciation du Carbone, de l’Azote et du Phosphore de différentes boues de stations d’épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol. These: Agronomie, Institut national polytechnique de toulouse (France). 218p.
- Segda Z., Sedogo M. P., Lompo F., Hien V., Bado B.V., Bonzi M. 2001.** Compostage en tas de la paille de riz. *Fiche technique, GRN/SP/INERA. Ouagadougou, Burkina Faso.* 4p.
- Séréme A., Mey P. 2008.** Valorisation agricole des ordures menageres en zone soudano-sahelienne: cas de la ville de bobo dioulasso (burkina faso). *J. Sci.* Vol. 8, N° 2, 28 – 36.
- Sikuzani U., Ilunga G.M., Mulembo T.M., Katombe B.N., Wa Lwalaba J.L., Bin Lukangila M.A., Lubobo A.K., Longanza L.B. 2014.** Amélioration de la qualité des sols acides de Lubumbashi (Katanga, RD Congo) par l’application de différents niveaux de compost de fumiers de poules. *Journal of Applied Biosciences* 77:6523 – 6533.
- Somé D., Zombré P.N., Zombré G., Macauley H.R. 2004.** Impact de la technique du zaï sur la production du niébé et sur l’évolution des caractéristiques chimiques des sols très dégradés (zipellés) du Burkina Faso. Note de recherche Sécheresse n° 3, vol. 15p.
- Soudi B. 2001.** Compostage des déchets ménagers et valorisation du compost. Cas des petites et moyennes communes au maroc. (Actes éditions), 25 p.
- Stamatiadis S., Werner M., Buchanan M. 1999.** Field assessment of soilquality as affected by compost and fertilizer application in a broccolifield (San Benito County, California). *Applied Soil Ecology* 12:217-225.

- Thiaw B. 2012.** Rapport étude de capitalisation des expériences de gestion durable des terres. Association Sénégalaise pour la Promotion du Développement à la Base (ASPRODEB). 98p.
- Toundou O., Tozo K., Feuillade G., Pallier V., Tchegueni S., Dossou K.S.S. 2014.** Effets de composts de déchets sur les propriétés chimiques du sol et la solubilité d'éléments minéraux sous deux régimes hydriques en conditions contrôlées au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(4): 1917-1926
- Tropiculture. 2016.** Mieux réussir: les amendements magnésiens sur la culture de la tomate. bulletin mensuel technique, 234. *Edition TROPICASEM.* 8p.
- Thuriès L., Arrufat W.A., Dubois M., Martin C., Pansu M., Rémy J.C., Viel M. 2000.** Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. *Etude et Gestion des Sols*, 7, 16p.
- Wang W.J., Dalal R.C., Moody P.W., Smith C.J. 2003.** Relationships of respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. *Soil Biol. Biochem.*, 35, 273-284.
- Warman PR. 2001.** The long-term vegetable production experiment: Plant growth and soil fertility comparison between fertilizer and compost-amended soils. In: "Applying Compost – Benefits and Needs". *Scientific seminar, Brussels on 22 and 23 November 2001*, pp. 129-138.
- Wopereis M.C.S., Deofer T., Idinoba P., Diack S., Dugué M.J. 2008.** La gestion intégrée de la fertilité des sols, Curriculum APRA-GIR : Manuel technique, Référence 15. 12p.
- Yacouba H., Morel M., Hounto T. 2001.** Valorisation par compostage de la biomasse de Pistia stratiotes, issue de la station de lagunage de l'E.I.E.R. *Revue Sud sciences & technologies. Numéro 7.* 8p.
- Zinati G.M., Li Y.C., Bryan H.H. 2001.** Utilization of Compost Increase Organic Carbon And Its Humin, Humic and Fulvic Acid Fractions In Calcareous Soil. *Compost Science and Utilization* 9: pp 156-162.
- Zraibi L., Chaabane K., Berrichi A., Sbaa M., Badaoui M., Zarhloule Y., Georgiadis M. 2015.** Assessment of the agronomic value of the sludge compost for the waste water treatment plant from Nador city. *J. Mater. Environ. Sci.* 6(10) (2015) 2975-2985. ISSN: 2028-2508 CODEN: JMESC. 11p.

Site web :

<http://www.unt.unice.fr/la> dégradation des sols. Consulté le 20/03/2015

[http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches techniques _maraichage/fiche-ferti-maraich.pdf](http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches%20techniques%20_maraichage/fiche-ferti-maraich.pdf). Consulté le 28/03/2016

<http://www.lequotidien.sn/> Dégradation des sols au Sénégal : Près d'un million d'hectares affectés. Consulté le 22/03/2015

<http://www.nottodiobass.com/> l'agriculture dans la commune de Notto Diobass. Consulté 06/05/2016

Annexe

Annexe I :

Questionnaire

A. Présentation du ménage

1. Nom du site/ de la zone :

S01Q01	Région :	
--------	----------	--

S01Q02	Département :	
S01Q03	Arrondissement/ commune :	
S01Q04	Village	

2. Identification de l'enquêté :

S01Q01	Nom et prénom de l'exploitant :	
S01Q02	Sexe : 1.Masculin 2.Féminin	
S01Q03	Age : 1. Moins de 18ans ; 2. De 18 à 35ans ; 3. De 35 à 60ans ; 4. Plus de 60ans	
S01Q04	Niveau d'instruction : 1. <i>Aucun</i> ; 2. <i>Primaire</i> ; 3. <i>Secondaire 1^{er} cycle</i> ; 4. <i>Secondaire 2nd cycle</i> ; 5. <i>Supérieur</i> ; 6. <i>Ecole coranique</i> ; 8. <i>Autre (préciser)</i>	
S01Q05	Situation matrimoniale : 1. <i>Marié(e)</i> ; 2. <i>Célibataire</i> ; 3. <i>Divorcé(e)</i> ; 4. <i>Veuf(ve)</i>	
S01Q06	Sources de revenus : 1=Vente de la production agricole ; 2=Vente des produits animaux ; 3=Vente des produits halieutiques ; 4= Vente de produits forestiers ; 5= transformation des produits locaux ; 6= Activités extra agricoles (à préciser)	
S01Q07	Nationalité :	
S01Q08	Activité principale : 1=Agriculture ; 2=Pisciculture ; 3=Pêche ; 4=Artisanat ; 5=Elevage ; 6=Commerce ; 7=Salarie ; 8=Arboriculture/Exploitant forestier ; 9=Aucune ; 10=Autre (préciser)	
S01Q09	Activité secondaire : 1=Agriculture ; 2=Pisciculture ; 3=Pêche ; 4=Artisanat ; 5=Elevage ; 6=Commerce ; 7=Salarie ; 8=Arboriculture/Exploitant forestier ; 9=Aucune ; 10=Autre	

	(préciser)	
--	------------	--

3. Identification du ménage

3.1. Capital humain

S01Q01. Combien de personnes constituent le ménage ?

Homme(s)	Femme(s)	Enfant(s)	Jeune(s)	Troisième âge	Saisonnier(s)

3.2. Capital foncier :

S01Q01 : Combien de parcelles possédez-vous ?

Nombre de champs	Types de sols	Mode d'acquisition	Superficie	Superficie exploitée	Formes d'utilisations (à préciser)

1=sable, 2=argile, sablo-argileux

1= héritage, 2=don, 3=achat, 4=location,

4=gravillons

5=emprunt, 6=gage, 7=autres

S01Q02	L'accès à la terre est elle : 1. facile ; 2. Difficile ; 3. Très difficile	
S01Q03	Pourquoi ?	
S01Q04	Existe-t-il des zones de pâturages aux alentours de l'espace cultural ?	

	1. oui 2.non	
S01Q05	Relations entre éleveurs/ agriculteurs sont elles : 1. convergente 2.divergente 3.risques de conflits	

3.3. Capital animal :

S01Q01 : Quelles sont les animaux de traits possédées/ nombre :

Espèce (s)	Nombre (s)

S01Q02 : Quel est le mode d'élevage pratiqué :

1. transhumance ; 2. Embouche ; 3. Volaille ; 4. Autres (à préciser)

B. Les activités du ménage :

S02Q01 : Quelles sont les activités pratiquées par le ménage ?

Activités (à préciser)	Nombre de personne (s)	Revenus

S02Q02 : si oui l'agriculture est pratiquée, est ce sous pluie ou de contre saison ?

S02Q03 : quelles sont les pratiques mises en œuvre pour fertiliser les sols ?

Fertilisants	Utilisation	Si oui à quelle dose	Si non pourquoi	Prix	Subvention
	1. oui 2. non				1. oui ; 2. non

Urée					
Biogen					
Compost					
Fumier					
phosphogypse					
NPK					
Litière brute					
Autres (à préciser)					

C. Compostage :

S03Q01 : Si le compostage est pratiqué, de quel type s'agit il et quels sont les intrants utilisés?

Type de compostage	Intrants utilisés
1. Bio digesteur ; 2. En Dalle ; 3. En Fosse ; 4. En Tas	

S03Q02 : Quelle est la technique utilisée ?

.....

.....

.....

.....

S03Q03 : l'utilisation du compost est elle raisonnée ou non ? Si oui à quelle dose ?

Utilisation raisonnée	Dose appliquée à l'hectare
1. Oui ; 2. Non	

S03Q04 : Le compost a-t-il de l'effet sur le rendement de vos cultures :

1. oui ; 2. Non

Effets significatifs	Effets négatifs	Autres effets (à préciser)

S03Q05 : Quel est l'effet du compost sur la qualité de vos cultures :

.....

.....

.....

.....

S03Q06 : Quelle perception avez-vous du compostage ?

.....

.....

.....

.....

S03Q07	Avez-vous été formé de façon spécifique dans les domaines de la production et de l'utilisation du compost ?	
--------	---	--

	1. Oui ; 2. Non	
S03Q08	Quelles sont les techniques sur lesquelles vous avez été formées ?	
S03Q09	Appliquez-vous ces techniques ? Si non pourquoi ?	

S03Q10 : quels sont les principaux problèmes de production de compost ? Liés à quels types d'utilisation des sols et en quels endroits ?

Problèmes	Types d'utilisation des sols	En quels endroits

S03Q11 : Quels sont vos perspectives pour le compostage ?

.....

.....

.....

D. Production agricole et utilisation :

S04Q01 : quelles sont les plantes les plus communes de la zone ?

Plantes cultivées	Arbustes	Arbres

S04Q02 : quelles sont les plantes les plus importantes ?

Plantes cultivées	Arbustes	Arbres

<p>S04Q03 : Quel est le niveau des rendements pour les plantes cultivées ?</p> <p>1. Faible ; 2. Moyenne ; 3. Bonne ; 4. Très bonne</p>	
---	--

<p>S04Q03 : Quel est le mode d'utilisation des produits agricoles ?</p> <p>1. Autoconsommation ; 2. Vente ; 3. Transformation</p>	
---	--

S04Q04	<p>Quel est le mode d'utilisations des sous produits de cultures :</p> <p>1. alimentation du bétail ; 2.vente ; 3.construction d'enclos ; 4.fertilisants ; 5.autres (à préciser)</p>	
S04Q05	<p>Quelle quantité est utilisée pour la fertilisation?</p> <p>1. Faible; 2. Moyenne ; 3. élevée ; 4. Très élevées</p>	

Les contraintes de productions :

S10Q01 : vos cultures font elles l'objet de certaines maladies ?

1. Oui ; 2. Non

Si oui préciser lesquelles ?

.....

.....

.....

S10Q02 : En cas de maladies à quelles mesures faites vous recourt ?

Maladies	Méthodes utilisées

S10Q03: avez-vous d'autres contraintes ? Si oui à préciser ?

1. Oui ; 2. Non ;

.....
.....

Annexe II :

▪ **Matériel utilisé**

Matériels agricoles	Fertilisants	Outils
---------------------	--------------	--------

Paille	Phosphogypse	Thermomètre à sonde pH-mètre,
Tige de mil		2 brouettes, 3 fourches, 6 arrosoirs, 3 pelles, 3 râtaux,
Fumier (fiente de volaille, fumier de cheval, bouse de vache)		2 paires de gants, sachets plastiques
Semences de tomate et de navet ;		peson, pied à coulisse, décamètre

Annexe III

▪ Analyse de variance

❖ DC : diamètre au collet en mm

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOCS	2	0,913	0,456	1,551 0,28649
TR	3	14,176	4,725	16,059 0,00285 **
Residuals	6	1,765	0,294	

\$means

	DC	std
T1	11,54023	0,6753994 b
T2	14,23545	0,7737528 a
T3	12,31288	0,3360359 b
T4	11,61745	0,4138293 b

❖ calibre en mm

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
----	--------	---------	---------	--------

BLOCS	2	13,842	6,921	33,163	0,000571 ***
TR	3	3,574	1,191	5,708	0,034278 *
Residuals	6	1,252	0,209		

\$means

calibrestd

T1	32,37708	1,9294661 b
T2	31,95695	1,3063275b
T3	33,43163	1,1171908a
T4	32,36706	0,9325224b

❖ **Largeur des feuilles** en cm

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOCS	2	0,2999	0,1500	1,379 0,3215
TR	3	1,6256	0,5419	4,984 0,0455 *
Residuals	6	0,6523	0,1087	

\$means

Largeur des feuilles std

T1	7,878148	0,3939580b
T2	8,456667	0,4105462ab
T3	8,727037	0,3437221 a
T4	7,883889	0,1849983b

❖ **Rendement t/ha**

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOCS	2	366,6	183,29	32,305 0,000614 ***
TR	3	163,7	54,57	9,619 0,010410 *

Residuals	6	34,0	5,67
-----------	---	------	------

\$means

rendTHastd r

T1	48,83333	9,372477 b
T2	52,90000	7,014984 b
T3	59,20000	6,444377 a
T4	53,53333	4,660830 b

❖ Poids en kg

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOCS	2	0,0028457	0,0014229	26,338 0,00107 **
TR	3	0,0012567	0,0004189	7,754 0,01734 *
Residuals	6	0,0003241	0,0000540	

\$means

poidsstd

T1	0,1831818	0,01549960a
T2	0,1644697	0,01805114b
T3	0,1841667	0,01585108a
T4	0,1621059	0,02770541b

❖ Nombre Feuilles total/plant

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOCS	2	1,400	0,7002	2,101 0,203
TR	3	1,807	0,6024	1,808 0,246

Residuals 6 1,999 0,3332

❖ **Nombre de Feuilles Attaquées**

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
BLOCS	2	1,741	0,8706	1,037	0,410
TR	3	4,040	1,3465	1,604	0,284
Residuals	6	5,037	0,8395		

❖ **Longueur des feuilles**

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
BLOCS	2	1,962	0,9809	1,477	0,301
TR	3	6,481	2,1604	3,254	0,102
Residuals	6	3,983	0,6639		