

ETUDE DE LA DISPONIBILITÉ DU PHOSPHORE ASSIMILABLE DES COMPOSTS DE DÉCHETS URBAINS DANS DEUX SOLS DIFFÉRENTS

Aziabè Etsè

Tcheguèni Sanonka

Laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets (G.T.V.D.),
Faculté des Sciences, Université de Lomé, Lomé, Togo

Sabi Kokou

Laboratoire de Chimie Atmosphérique (LCA),
Faculté Des Sciences, Université de Lomé, Lomé, Togo

Bodjona B. Magnoudéwa

Djahini Kokou

Kili A. Koffi

Tchangbedji Gado

Baba Gnon

Laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets (G.T.V.D.),
Faculté des Sciences, Université de Lomé, Lomé, Togo

Abstract

The availability of available phosphate in the compost soil depends on the mineralization of organic matter, the binding reactions of this element, the nature and quality of the compost, but also the nature of the soil and climatic conditions. The work undertaken in this study aims to study the availability of available phosphate of two organic amendments (compost household waste two (C1 and C2) and composted different under different conditions ages) in both soils (S1 and S2). The mass of 0.5 g of compost mixed with 50 g of soil 33 tonnes per hectare is incubated under controlled conditions for 90 days. The humidity is adjusted to 10% of the water holding capacity of the soil and the temperature at 28 ° C. Between the beginning and end of incubation (90 days), an increase of 30.11%, 53.85%, - 1.29% and 95.65% of the content of available phosphate is noted for the treatments S1C1 , S1C2, S2C1 and S2 C2 respectively. Furthermore, the increase of the content of available phosphate is more noticeable in the amended soils by C2 to the compost in soil amended with C1 compost and soil without addition of organic amendments. After three months of incubation, the amount of available phosphate different treatments showed the following descending

order: $S_2C_2 > S_2C_1 > S_1C_2 > S_1C_1 > S_1 > S_2$. Composts C_1 and C_2 also have an effect on pH, exchangeable cations (EC) and cation exchange capacity (CEC) of soils.

Keywords: Availability, available phosphate, organic amendments, incubation, mineralization

Resume

La disponibilité du phosphore assimilable du compost dans le sol dépend de la minéralisation de la matière organique, des réactions de fixation de cet élément, de la nature et de la qualité du compost mais aussi de la nature du sol et des conditions climatiques. Le travail entrepris dans cette étude vise l'étude de la disponibilité du phosphore assimilable de deux amendements organiques (deux composts d'ordures ménagères (C_1 et C_2) d'âges différents et compostées dans des conditions différentes) dans deux sols (S_1 et S_2). La masse de 0,5 g de compost mélangée à 50 g de sol soit 33 tonnes par hectares est incubée dans des conditions contrôlées pendant 90 jours. L'humidité est ajustée à 10% de la capacité de rétention d'eau du sol et la température à 28°C. Entre le début et la fin de l'incubation (90 jours), une augmentation de 30,11%, 53,85%, - 1,29% et 95,65% de la teneur en phosphore assimilable est notée pour les traitements S_1C_1 , S_1C_2 , S_2C_1 et S_2C_2 respectivement. Par ailleurs, l'augmentation de la teneur en phosphore assimilable est plus notable dans les sols amendés par le compost C_2 qu'à celle dans les sols amendés avec le compost C_1 et les sols sans apport d'amendement organique. Après trois mois d'incubation, les quantités de phosphore assimilable des différents traitements présentaient l'ordre décroissant suivant : $S_2C_2 > S_2C_1 > S_1C_2 > S_1C_1 > S_1 > S_2$.

Les composts C_1 et C_2 ont également un effet sur le pH, les cations échangeables (CE) et la capacité d'échange cationique (CEC) des sols.

Mots clés: Disponibilité, phosphore assimilable, amendements organiques, incubation, minéralisation

Introduction

Le Togo ne compte que 36.300 km² de terres arables dont 15.000 km² de jachères et 9100 km² de terres cultivées (PNAE PNAE, 1989). Les tendances démographiques font aujourd'hui que la pression sur les terres s'accroît considérablement. Ainsi, l'agriculture togolaise a vu l'amendement du sol par les engrais organiques faire place à l'utilisation des engrais chimiques pour améliorer non seulement les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (Aggelides SM, Londra PA, 2000), mais aussi d'apporter à ce dernier les éléments minéraux tels que le

phosphore(Mc Dowell RW, Sharpley AN, 2004), l'azote et les oligo-éléments.

Cependant, malgré les effets bénéfiques du compost, son utilisation dans certains cas peut poser certains problèmes pour le système sol-plante. En effet, l'épandage des composts immatures peut parfois causer des dommages sévères à la croissance des plantes liées à la répression d'azote disponible et à la production de métabolites toxiques. Pour ces raisons, il est important d'étudier la minéralisation du compost dans le sol. L'importance de l'élément phosphore assimilable ou bio-disponible dans le système « sol-solution », capable d'atteindre la plante sous forme d'ions hydrogénophosphates nous amène à entreprendre cette étude. Il s'agit d'étudier la disponibilité du phosphore assimilable des composts dans des sols.

MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été faite en conditions contrôlées à la température de 28°C sur une période de trois mois.

Matériaux d'études

Pour cette étude, deux différents sols et deux amendements organiques sont utilisés:

- Le sol (S₁) d'apport colluvionnaire prélevé à la ferme agro-pédagogique de l'Ecole Supérieure Agronomique de l'université de Lomé.
- Sol (S₂) ferralitique prélevé à Tabligbo dans la préfecture de Yoto au sud-est du Togo.
- Compost (C₁), obtenu à partir des déchets fermentescibles issus d'un tri minutieux sur tamis, effectué à la décharge finale d'Agoè-Nyivé.
- Compost (C₂) obtenu à partir d'un tas de déchets fermentescibles ménagers.

Les caractéristiques physico-chimiques de ces matériaux d'études sont dans le Tableau 1

Incubation en conditions contrôlées

Une quantité de 50g de sol séché à l'air et tamisé à 2 mm de diamètre est mélangé avec les amendements organiques à raison de 33 tonnes de compost par hectare soit 0,5g de compost dans une enceinte de 200 mL. Le mélange a ensuite été humidifié avec 5 mL d'eau distillée. Les bocaux ainsi constitués sont maintenus dans l'obscurité, dans une enceinte fermée contenant 10 mL d'eau déminéralisée. Les échantillons des différents traitements sont incubés à 28°C. Les bocaux sont ouverts toutes les semaines pour permettre l'aération du milieu. Dans cette étude, six traitements sont comparés : deux traitements de sol sans apport d'amendement (S₁ et S₂) qui

sont les témoins et quatre traitements de sol avec apport d'amendement organique : S₁C₁, S₁C₂, S₂C₁ et S₂C₂.

Analyses physico-chimiques

pH

Le pH mesuré est celui d'une suspension d'échantillon sol avec compost dissout dans l'eau (pH-eau) soit dans la solution de chlorure de potassium (pH-KCl).

Dans 10 ml d'eau déminéralisée ou de chlorure de potassium on ajoute 4g du mélange sol compost. Après cinq minutes agitation et deux heures de repos, on mesure le pH à l'aide d'un pH-mètre de type Crison.

Phosphore

Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode d'Olsen (Mathieu C., 2003). Cette méthode détermine le phosphore alcalino-soluble extrait par NaHCO₃ à pH = 8,5. Le phosphore est dosé par la méthode du bleu de phospho-molybdate à 660 nm, par Spectrophotomètre Genesys UV-Vis 10.

Capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est la quantité totale des cations que ce sol peut adsorber sur son complexe et échanger avec la solution environnante dans des conditions de pH bien définies. Dans cette étude, la capacité d'échange cationique est déterminée par la méthode de Metson à l'acétate d'ammonium à pH = 7 (Mathieu C., 2003). Les cations échangeables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺...) sont des cations fixés à la surface du complexe adsorbant du sol. Ils peuvent s'échanger avec d'autres cations se trouvant dans la solution du sol. Ces cations échangeables (K²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, ...) ont été déterminés sur les sols amendés et non amendés aux composts après 90 jours d'incubation. Pour déterminer les cations échangeables, nous avons utilisé le filtrat récupéré lors de la saturation du sol avec la méthode à l'acétate d'ammonium pour la détermination de la capacité d'échange cationique.

RESULTATS

La teneur en phosphore (P₂O₅) est de 0,882% pour le compost C₁ et de 0,374% pour le compost C₂. Les teneurs en phosphores de ces composts sont faibles par rapport à celles des composts avec déjection animale qui est de 1,9% (ADEME, 2001).

Le pH-KCl du compost C₁ est de 9,53 tandis que celui du compost C₂ est de 9,21. Ces deux composts ont un pH basique. Les sols utilisés dans

cette étude, ont un pH-KCl = 7,08 et un pH-eau = 7,48 pour le sol S₁, puis 7,26 et 7,75 pour le sol S₂.

Effet du compost sur le pH du sol

Au cours de cette incubation, les valeurs de pH sont notées dans les Tableaux 2 et 3. L'apport du compost C₁ aux sols a relevé son pH de 0,43 unité pour S₁ et 0,58 pour S₂ alors que dans le cas du compost C₂ le pH des sols est relevé de 0,35 unité pour S₁ et 0,40 pour S₂ (figures 1, 2, 3 et 4). L'analyse de ces données montre que le pH des différents traitements sols+composts et des témoins (sol) n'ont pas significativement varié. Cependant, le traitement S₂C₁ a vu son pH légèrement augmenté entre le début et la fin de l'expérience (Tableau 3).

Effet du compost sur les cations échangeables et sur la capacité d'échange cationique du sol

Les valeurs en cations échangeables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) et en capacité d'échange cationique des traitements sols+composts déterminées après 90 jours d'incubations sont consignées dans les Tableau 4 et 5. L'apport des composts aux sols a relevé (figures 7 et 8) respectivement de plus de 80 mg/Kg, 257 mg/Kg et 37 mg/Kg la teneur en K⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺ des traitements avec le compost C₁ et plus de 43 mg/Kg, 155 mg/Kg et 14 mg/Kg ceux amendés avec le compost C₂. Cet apport organique a amélioré (figure 9) la capacité d'échange cationique des sols de plus de 99% pour les traitements avec C₁ et plus de 58% avec C₂. L'observation de ces résultats montre que les teneurs en cations échangeables des traitements sols+composts et du témoin (sol) ont significativement varié.

Effet du compost sur le phosphore assimilable.

Les teneurs en phosphore assimilable déterminées sont consignées dans le Tableau 6. Pour le témoin (sol non amendé), cette teneur ne varie pas significativement au cours de l'incubation. L'apport des composts, (50 g de sol pour 0,5 g de compost), a amélioré la teneur en phosphore assimilable dans les sols (près de 51% pour le traitement S₁C₁, 63% pour le traitement S₁C₂, 84% pour le traitement S₂C₁ et 121% pour le traitement S₂C₂). Une augmentation significative de la teneur en phosphore assimilable entre le début et la fin de l'incubation (figures 5 et 6) est notée : près de 30% pour le traitement S₁C₁, 54% % pour le traitement S₁C₂ et 96% pour le traitement S₂C₂ contre une réduction de 1,3% pour le traitement S₂C₁. On note cependant un phénomène de rétrogradation du phosphore dans le traitement S₂C₁.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des matériaux d'étude.

	pH-KCl	pH-eau	%COT	%MO	P (mg/kg)
S ₁	7,08	7,48	0,59	1,01	--
S ₂	7,26	7,75	0,74	1,27	--
C ₁	9,53	--	16,97	29,25	882,02
C ₂	9,21	--	8,42	14,51	373,847

NB :

- sol S₁ d'apport colluvionnaire de Lomé
- sol S₂ ferrallitique de Tabligbo
- amendement C₁ obtenu à partir des ordures triées à la décharge finale de Lomé
- amendement C₂, obtenu suite à un tri des ordures ménagères.

Tableau 2: Détermination du pH-eau dans les différents échantillons

Temps (jours)	pH					
	S ₁	S ₁ C ₁	S ₁ C ₂	S ₂	S ₂ C ₁	S ₂ C ₂
0	7,56±0,01	8 ±0,04	8,04±0,05	7,63±0,02	8,05±0,01	7,97±0,02
30	7,58±0,05	8,02±0,05	7,89±0,07	7,48±0,02	7,98±0,01	7,84±0,02
60	7,60±0,41	7,80±0,02	7,76±0,01	7,28±0,02	7,76±0,00	7,76±0,04
90	7,27±0,04	7,70±0,02	7,68±0,06	7,19 ±0,02	7,81±0,09	7,59±0,05

Tableau 3 : Détermination du pH-KCl dans les différents échantillons.

Temps (jours)	pH					
	S ₁	S ₁ C ₁	S ₁ C ₂	S ₂	S ₂ C ₁	S ₂ C ₂
0	7,07±0,02	7,71±0,02	7,64±0,02	6,96±0,00	7,46±0,01	7,35±0,02
30	7,19±0,18	7,86±0,01	7,72±0,07	6,98±0,00	7,55±0,01	7,35±0,02
60	7,02±0,22	7,61±0,01	7,59±0,07	6,97±0,00	7,48±0,01	7,32±0,05
90	7,14±0,04	7,61±0,01	7,49±0,01	6,9 ±0,03	7,48±0,01	7,30±0,01

Tableau 4 : Teneur, en mg/kg, des cations échangeables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) des différents échantillons, après 90 jours

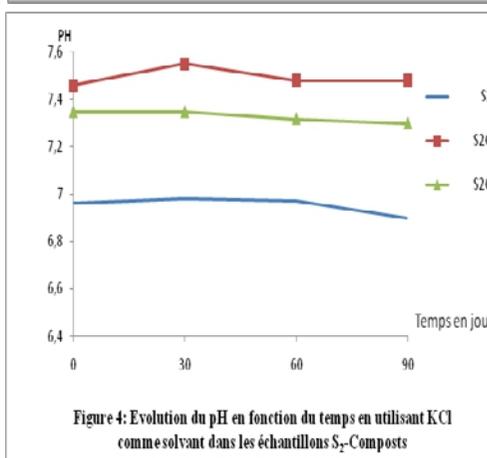
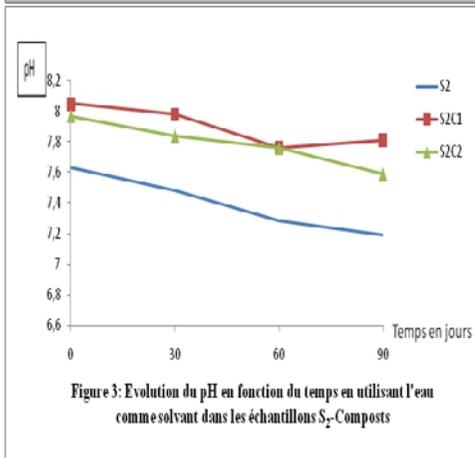
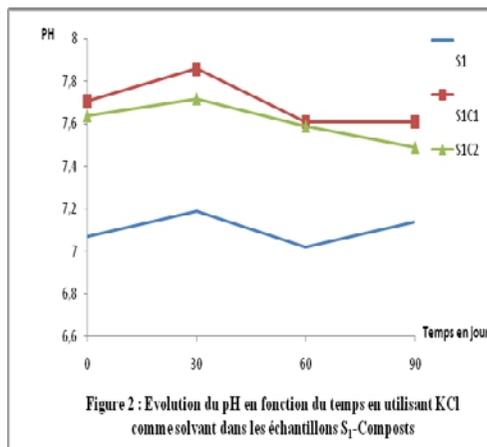
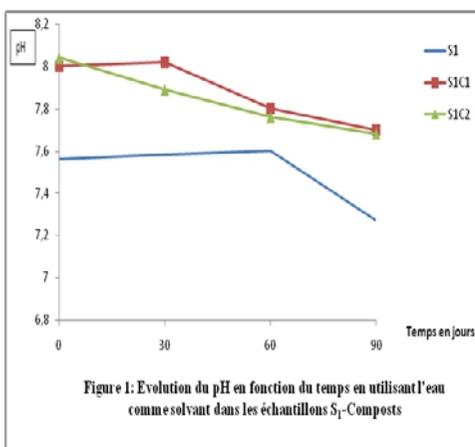
	S ₁	S ₁ C ₁	S ₁ C ₂	S ₂	S ₂ C ₁	S ₂ C ₂
K ⁺	12,156	117,121	61,601	50,589	134,533	94,044
Ca ²⁺	687	944,116	862,827	1012,392	1273,748	1168,058
Mg ²⁺	48,148	75,955	62,971	213,106	282,191	252,648

Tableau 5 : Teneurs, en mé/100g, en capacité d'échange cationique (CEC) dans les sols et mélanges sol-composts après 90 jours d'incubation.

	S ₁	S ₁ C ₁	S ₁ C ₂	S ₂	S ₂ C ₁	S ₂ C ₂
CEC	0,984	1,96	1,56	2,90	8,34	4,64

Tableau N°6: Teneur, en mg/kg, du phosphore assimilable en fonction du temps dans les différents échantillons.

Temps (jours)	P (mg/kg)					
	S ₁	S ₁ C ₁	S ₁ C ₂	S ₂	S ₂ C ₁	S ₂ C ₂
0	35,95	46,73	42,49	35,82	74,17	45,10
30	45,59	62,41	68,29	44,42	85,95	56,86
60	55,22	76,96	88,23	65,68	93,30	95,42
90	40,18	60,80	65,37	39,87	73,21	88,24



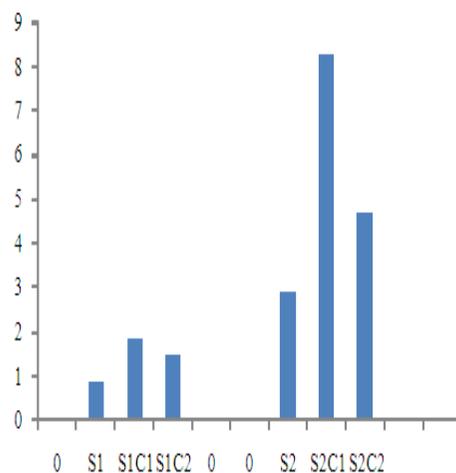
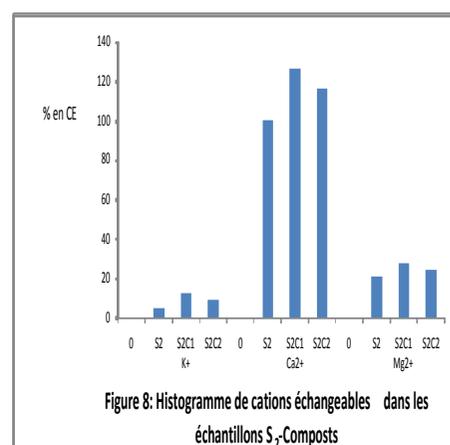
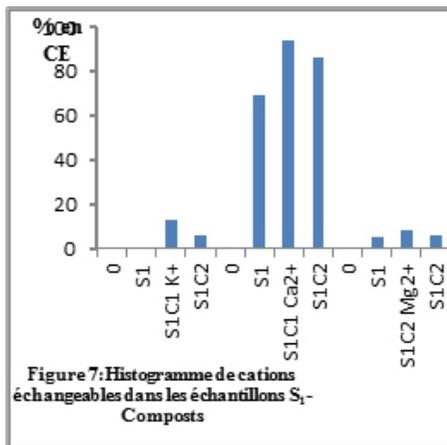
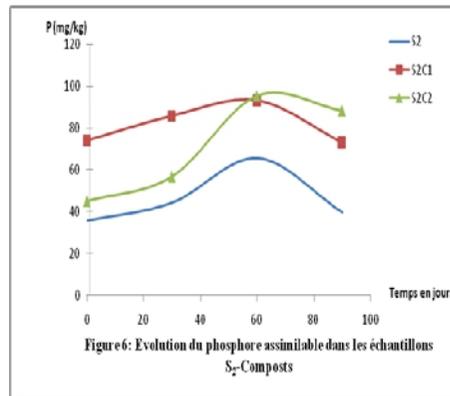
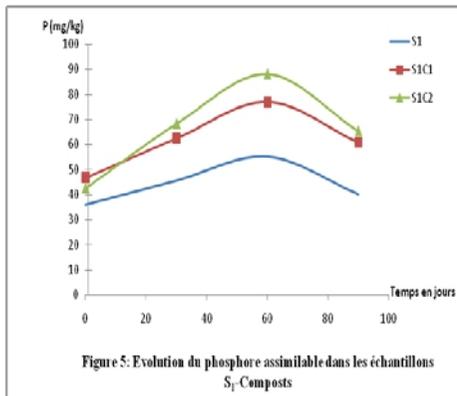


Figure 9: Histogramme de la capacité d'échange cationique (CEC)

DISCUSSION

Les amendements organiques apportés aux sols affectent la variation du pH de ces sols (figures N°1, N°2, N°3 et N°4). Ces résultats sont en accords avec les travaux de Noble (Noble A.D., Zenneck I. et Randall P.J., 1996) et Bougnoum (Bougnoum. B. P., Mair J., Etoa F. X. et Insam H., 2009). Cependant, la diminution du pH des différents traitements sauf dans le cas du pH-KCl du traitement S₂C₁ à la fin de l'incubation pourrait être due à la minéralisation de la matière organique avec accumulation du CO₂ dans le bocal servant du dispositif expérimental.

Les amendements organiques utilisés dans cette étude ont apporté du phosphore total au sol. Cet apport a amélioré la teneur en phosphore assimilable du sol. La minéralisation de la forme organique du phosphore et les effets de la matière organique sur le phosphore du sol ont contribué à l'augmentation de la forme disponible du phosphore au cours de l'incubation. En effet, la stimulation de l'activité microbienne par la présence de la matière organique augmente la bio-disponibilité du phosphore des sols (Takeda M, Nakamoto T, Miyazawa K, Murayama T, Okada H, 2009).

L'examen de ces résultats révèle une augmentation en teneur du phosphore assimilable dans le temps (0 à 60 jours), puis une légère baisse (entre 60 et 90 jours). Les figures 5 et 6, illustrent ces résultats. L'augmentation en teneur du phosphore assimilable est en accord avec les travaux de TCHEGUENI (Tchéguéni S., 2011). Cette légère baisse représente la cinétique de fixation des ions phosphates par les microorganismes (Ouola Traoré, 1998). Elle peut être due non seulement, par le fait que dans le sol les phosphates entrent en réaction chimique avec les sesquioxides, les carbonates de calcium et de magnésium et se transforment en phosphates moins assimilables ou non assimilables mais aussi aux phénomènes d'absorption chimique et de rétrogradation. Nous attribuons également ce phénomène à la complexation des cations métalliques Al³⁺, Fe²⁺ et Ca²⁺ par les substances humiques du compost, augmentant ainsi sa disponibilité aux plantes. La nature alcaline de ces composts (pH > 9) aurait joué un rôle primordial dans la solubilité des substances humiques facilitant ainsi la complexation des cations. Cependant, la disponibilité du phosphore assimilable, exprimée en mg.kg⁻¹, après deux mois d'incubation se présente dans l'ordre décroissant suivant :

S₂C₂ (95,42) > S₂C₁(93,3) > S₁C₂(88,23) > S₁C₁ (76, 96) > S₂ (65, 68) > S₁ (55, 22).

Par contre à la fin de l'incubation, les quantités de phosphore assimilable des différents traitements se présentent dans l'ordre décroissant suivant :

$S_2C_2 > S_1C_1 > S_1C_2 > S_1C_1 > S_1C_2 > S_1 > S_2$. La comparaison des quantités moyennes de phosphore assimilable des différents traitements révèle qu'au cours de l'incubation, seuls les traitements avec les amendements C_2 et C_1 présentent des différences significatives entre eux et les traitements sans amendement organique tandis que les témoins (les sols S_1 et S_2) ne présentent pas de différence significative. C'est après 2 mois d'incubation que les quantités de phosphore sont plus importantes. L'apport des amendements organiques au sol entraîne généralement soit une minéralisation soit une immobilisation de phosphore par les micro-organismes. Cependant, nous constatons que ce soit pour le traitement avec le compost C_1 ou C_2 , les quantités moyennes de phosphore assimilable sont significativement différentes et sont légèrement supérieures à celle de trois mois d'incubation. Cette différence est plus remarquée pour le traitement avec le compost C_2 . La disponibilité de phosphore des traitements avec les composts C_1 et C_2 présente deux phases, une phase de minéralisation intense après un mois d'incubation qui correspond au flux de la minéralisation, puis une phase d'organisation de phosphore assimilable lors du 2^{ème} et 3^{ème} mois d'incubation.

Par ailleurs, l'analyse de nos résultats révèle que la minéralisation de phosphore des amendements dépend du type et de la qualité de l'amendement (JEDIDI N., HASSEN A., VAN CLEEMPUT O et M'HIRI A. 1995). Ainsi la plus grande et rapide minéralisation du phosphore des composts C_1 et C_2 a pour conséquence fondamentale et agronomique, la contribution régulière à la fertilisation phosphatée des plantes durant leur cycle végétatif.

Les composts apportés aux sols, ont augmenté la capacité d'échange cationique (CEC) et amélioré la teneur en cations échangeables des sols. Le compost C_1 a augmenté la CEC des sols de plus de 99% contre 58% pour le compost C_2 (Figure 9). A l'image de la CEC, la somme des trois cations dosés est plus élevée dans les sols traités aux composts par rapport aux sols sans apport d'amendement organique. Le compost C_1 a plus contribué dans les deux sols au calcium, potassium et magnésium que le compost C_2 (Figure 7 et 8). Cette différence peut être due à la teneur en matière organique et de la nature des deux composts

CONCLUSION

Les composts C_1 et C_2 ont un effet sur le pH et sur la capacité d'échange cationique (CEC) des sols. Cet effet est plus notable sur la disponibilité du phosphore et sur les cations échangeables (CE) des sols. Les paramètres (pH, CEC et CE) des sols amendés sont plus améliorés par les traitements avec le compost C_1 que ceux traités avec le compost C_2 et les sols sans apport organique. Le compost C_1 a amélioré, à la dose

expérimentale la teneur en phosphore assimilable de S₁ de 51,32% contre 83,62% pour S₂ tandis que le compost C₂ a amélioré de 62,69% cette teneur dans S₁ contre 121,32% dans S₂. Au bout des trois mois d'incubations en conditions contrôlées, la teneur en phosphore disponible est augmentée de 30,11% pour S₁C₁, 53,85% pour S₁C₂ et 95,65% pour S₂ C₂ contre – 1,29% pour S₂C₁. Cependant, La disponibilité du phosphore des traitements avec les composts présente une phase de minéralisation intense après un mois d'incubation qui correspond au flux de la minéralisation, puis une phase d'organisation de phosphore du deuxième jusqu'au troisième mois d'incubation. La minéralisation de phosphore des amendements ne dépend que de la nature et la qualité de l'amendement mais aussi de la nature du sol, du type de culture et des conditions climatiques. Cette étude réalisée au laboratoire dans des conditions contrôlées, ne permet de formuler que des hypothèses sur la possibilité d'une meilleure prévision de la disponibilité du phosphore assimilable des composts dans des sols. Des essais au champ permettront d'évaluer l'efficacité des différents composts à court et long terme.

References:

- ADEME. 2001. Approche de la qualité des composts de déchets en France. Résultat d'une enquête en 1998
- Aggelides SM, Londra PA. 2000. Effects of compost produced from town wastes end sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*, 71: 253-259.
- Bougnom. B. P., Mair J., Etoa F. X. et Insam H., 2009. Compost with wood ash addition : a risk or a chance for ameliorating acid tropical soils?, *Geoderma* 153: 402 – 407.
- JEDIDI N., HASSEN A., VAN CLEEMPUT O et M'HIRI A. 1995. Quantification des processus de minéralisation et d'organisation de l'azote dans un sol en présence d'amendements organiques. *Can. J. of soil. Sci.*, 75: 85- 91
- Mathieu C. 2003. Analyse chimique des sols, Méthodes choisies, TEC&DOC.
- Mc Dowell RW, Sharpley AN, 2004. Variation of phosphorus leached from Pennsylvanian soils amended with manures, composts or inorganic fertilizer. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(1): 17-27.
- Noble A.D., Zenneck I. et Randall P.J., 1996. Leaf litter ash alkalinity and neutralization of soil acidity, *plant soil* 79: 293 – 302.
- Ouola Traoré, 1998. Etude de la valeur fertilisante phosphate des composts. Thèse de Doctorat. Ecole polytechnique fédérale de Zurich.
- PNAE PNAE : Plan National d'Action pour l'Environnement 1989

Takeda M, Nakamoto T, Miyazawa K, Murayama T, Okada H, 2009. Phosphorus availability and soil biological activity in an Andosol under compost application and winter cover cropping. *Applied Soil Ecology*, 42(2): 86-95.

Tchéguéni S., 2011. Contribution à la valorisation des déchets agro-alimentaires en compost : caractérisation physico – chimique des composts et étude de leur minéralisation dans deux sols agricoles du Togo. Thèse de Doctorat de chimie, Université de Lomé.