



Effets des composts à base de déchets d'agrumes et du tourteau de karité sur la disponibilité du phosphore du sol : une étude en conditions contrôlées

Sanonka TCHEGUENI^{1*}, Koffi A. KILI¹, Magnoudéwa BODJONA¹,
Moursalou KORIKO¹, Mohamed HAFIDI², Gnon BABA¹ et Gado TCHANGBEDJI¹

¹ Laboratoire GTVD (Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets), Faculté des Sciences,
Université de Lomé ; BP 1515 Lomé, Togo.

² Laboratoire d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad ;
B.P.2390 Marrakech, Maroc.

*Auteur correspondant, E-mail: tchegsani@live.fr; Tél : 00228-90 93 99 87

RESUME

Le compost, riche en matière organique, contient des éléments fertilisants tels que le phosphore, l'azote et le potassium. La biodisponibilité de ces éléments fertilisants du compost dans le sol dépend de la minéralisation de la matière organique mais aussi des réactions de fixation de ces éléments. Ce travail vise à étudier la disponibilité du phosphore de deux composts : le compost CA obtenu à base des déchets d'agrumes et le compost CK obtenu à base du tourteau de karité. Les composts sont mélangés au sol à raison de 0,5 g de compost pour 50 g de sol et sont incubés dans des conditions contrôlées pendant 180 jours. L'humidité a été ajustée à 2/3 de la capacité au champ et la température à 28 °C. Entre le début et 180 jours d'incubation, une augmentation de 33, 25 et -2% de la teneur en phosphore assimilable est notée pour les traitements sol+CA, sol+CK et le témoin respectivement et près de 85% du phosphore des composts sont disponibles. L'étude de la dynamique du phosphore montre qu'une partie du phosphore s'immobilise sous forme de phosphore lié à l'aluminium. Ceci est plus notable dans le traitement avec le compost CK.

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : disponibilité du phosphore, compost, sol, conditions contrôlées.

INTRODUCTION

Le compostage est l'un des moyens de valorisation des déchets. Outre l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques (Aggelides et al., 2000; N'Dayegamiye et al., 2005), le compost apporte aussi au sol les éléments minéraux tels que le phosphore (McDowell et Sharpley, 2004), l'azote et les oligo-éléments. Le phosphore est l'un des éléments essentiels dans la nutrition des plantes. Il représente approximativement 0,2 à 0,5% de la masse sèche des composts d'origine urbaine

(Koledzi et al., 2011). Cette teneur peut avoisiner 1,9% dans les composts avec déjection animale (ADEME, 2001). Les travaux de Takeda (2009) montrent que l'ajout de compost au sol augmente la quantité de phosphore disponible pour les plantes. La disponibilité du phosphore du compost dans le sol dépend de la minéralisation de la matière organique mais aussi des réactions de sa fixation. En milieux très acides ou très basiques, les phosphates évoluent vers des formes cristallisées insolubles et par conséquent, soustraites au cycle biologique.

© 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.39>

Ce phénomène dit de rétrogradation peut-être atténué par la matière organique du compost constituée en grande partie des substances humiques (Zaharah et Bah, 1997 ; Atiyeh et al., 2002), qui complexent les cations métalliques et libèrent ainsi les ions hydrogène-phosphates, la forme assimilée par les plantes. La stimulation de l'activité microbienne par la présence de la matière organique augmente aussi la biodisponibilité du phosphore du sol (Takeda, 2009).

Les composts de déchets agro-alimentaires sont exempts de germes pathogènes, de métaux lourds, donc sont de meilleure qualité par rapport aux composts de déchets urbains (ADEME, 2001; Koledzi et al., 2011). Les composts faisant l'objet de cette étude proviennent du compostage des déchets d'agrumes provenant de la fabrication de jus de citron, d'orange et de pamplemousse et du tourteau de karité. Le tourteau de karité est un déchet d'une huilerie, la nouvelle industrie des oléagineux du Togo.

L'objectif de cette étude est de déterminer la valeur fertilisante phosphatée de ces composts à court terme dans le sol afin de prévoir la quantité de composts à apporter au sol pour assurer une nutrition optimale des plantes. L'effet des composts sur la dynamique du phosphore dans le sol fait également partie de notre préoccupation.

MATERIEL ET METHODES

Composts

Deux composts élaborés à base de déchets agro-alimentaires avec des déjections de caprins, pendant six mois ont fait l'objet de cette étude :

- CA : compost élaboré à partir des déchets d'agrumes (déchet issu de la production de jus d'agrumes) et du fumier (Tcheguèni et al., 2010).
- CK : compost élaboré à partir du tourteau de karité et du fumier (Tcheguèni, 2011).

Les caractéristiques physico-chimiques de ces composts sont dans le Tableau 1.

Sol

Le sol utilisé dans cette étude est un sol d'apport colluvionnaire dont les caractéristiques sont consignées dans le Tableau 2.

Incubation en conditions contrôlées

Un mélange de 50 g de sol et 0,5 g de compost est placé dans un flacon de 75 ml, et l'humidité a été corrigée afin d'atteindre les 2/3 de la capacité au champ. Ensuite, les flacons ont été placés dans des enceintes étanches de 500 ml. A l'intérieur de chaque enceinte, un flacon de 20 ml contenant 10 ml d'eau déminéralisée est placé, afin d'assurer la saturation en eau de l'atmosphère pour éviter que les échantillons deviennent secs (Gagnon, 2004; Javier, 2005; Som, 2006). L'ensemble est maintenu à 28 °C. Les flacons sont ouverts toutes les semaines pour l'aération du milieu. Le plan expérimental est formé de trois traitements (témoin (sol seul), sol+CA, sol+CK) et de trois répétitions de chaque traitement.

Cette dose correspond à environ 33 tonnes de compost par hectare en considérant la densité apparente du sol qui est 1,65 et un horizon 0-20 cm.

Analyses physico-chimiques

pH

La mesure du pH est effectuée sur une suspension de 10 g de sol dans 25 ml d'eau distillée. Après dix minutes d'agitation et une heure de repos, le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre à électrode Crison pH 25.

Phosphore

Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode d'Olsen (Mathieu, 2003). Cette méthode détermine le phosphore alcalino-soluble extrait par NaHCO_3 à pH = 8,5.

Le fractionnement du phosphore minéral est effectué par la méthode de Chang et Jackson (1957). Cette méthode a été légèrement modifiée pour exclure les phosphates de fer et d'aluminium d'inclusion. Sur un échantillon de sol, le phosphore soluble, le phosphore lié à l'aluminium, le

phosphore lié au fer et le phosphore lié au calcium sont successivement extraits par la solution NH_4Cl 1 M, la solution de NH_4F 0,5 M (pH=7), la solution de NaOH 0,1 M et la solution de H_2SO_4 0,25 M.

Dans tous les cas, le phosphore est dosé par la méthode du bleu de phospho-molybdate à 660 nm, en utilisant le Spectrophotomètre Genesys UV-Vis10.

Traitement statistique des données

La valeur moyenne de chaque traitement, ainsi que la variance et l'écart-type correspondant, ont été calculés en tenant compte des trois répétitions réalisées. Les données ainsi obtenues ont fait l'objet d'analyse statistique avec le logiciel Assistat Version 7.5 Bêta (2010). L'analyse des variances (ANOVA) a été réalisée. Dans les cas où des différences significatives ont été trouvées ($p < 0,05$), les moyennes ont été séparées en utilisant le test de Turkey ($p < 0,05$).

RESULTATS

La teneur en phosphore (P_2O_5) est de 1,17% pour le compost CK et de 1,98% pour CA. Ces composts ont leur teneur en phosphore supérieure à celle des composts urbains rencontrés au Togo et au Mali. Au Togo, Koledzi (2011) a trouvé pour les composts des déchets urbains de Lomé, une teneur en P_2O_5 de 0,8-1,36% de matière sèche. Au Mali, Soumaré et al. (2003) ont trouvé 0,09%.

Le pH du compost à base de déchets d'agrumes CA est de 7,24 ; tandis que le compost à base de tourteau de karité CK est légèrement acide (pH = 6,52). Le sol ayant servi à cette étude est un sol sablonneux de pH=7,73. C'est un sol pauvre en matière organique dont la teneur en carbone est environ 0,6%.

Effets des composts sur le pH du sol

Les valeurs du pH mesurées au cours de l'incubation sont consignées dans le Tableau 3. L'apport du compost des déchets d'agrumes CA au sol a relevé son pH de 0,15

unité alors que dans le cas du compost du tourteau de karité CK, son pH a diminué de 0,5 unité. L'observation de ces données montre que le pH du traitement sol+CK et du témoin (sol) n'ont pas significativement varié tandis que celui du traitement sol+CA a baissé, entre le début et la fin de l'expérience.

Effet sur le phosphore assimilable

Les teneurs en phosphore assimilable, déterminées au cours de cette étude par la méthode d'Olsen, sont consignées dans le Tableau 4. Au niveau du témoin (sol sans compost), cette teneur ne varie pas significativement au cours de l'incubation. L'ajout des composts, à la dose de l'expérience (50 g de sol pour 0,5 g de compost), a amélioré sensiblement la teneur en phosphore assimilable dans le sol (près de 393% pour le traitement sol+CA et 243% pour sol+CK). Une augmentation significative de la teneur en phosphore assimilable entre le début et la fin de l'expérience a été notée : une augmentation de 33% pour le traitement sol+CA et 25% pour sol+CK contre une réduction de 2% pour le témoin. On note donc un phénomène de rétrogradation du phosphore dans le témoin.

Pour mieux comprendre l'évolution du phosphore dans le sol, nous avons procédé au fractionnement des formes minérales du phosphore des traitements en utilisant la méthode de Chang et Jackson (1957), modifiée pour ne pas tenir compte des formes protégées par les oxydes de fer et d'aluminium (phosphore d'inclusion).

Fractionnement du phosphore

Le phosphore soluble et le phosphore peu soluble (phosphore lié à l'aluminium, phosphore lié au fer et phosphore lié au calcium) sont déterminés au cours de l'étude. Le phosphore lié au fer est très faible dans tous les traitements.

La fraction soluble est extraite par la solution de chlorure d'ammonium. Elle est analogue à la quantité de phosphore disponible extraite par la méthode d'Olsen à quelques exceptions près : elle est plus

importante dans le traitement sol+CA et moins dans le traitement sol+CK.

Les formes insolubles du phosphore sont des formes cristallisées : le phosphore lié au fer (P-Fe), à l'aluminium (P-Al) et au calcium (P-Ca). Le P-Fe et le P-Al sont plus importants dans le traitement sol+CK que dans le traitement sol+CA (Figures 2 et 3).

Quant au phosphore lié au calcium, il est plus important dans le traitement sol+CA. La teneur en (P-Ca) dans le sol a augmenté de près de 1% après six mois d'incubation. Une réduction de 2,3% et 3,5% de la teneur en (P-Ca) est notée dans le traitement sol+CA et dans le traitement sol+CK respectivement (Figure 4).

Tableau 1: Composition chimique des deux composts (moyenne par rapport à la masse sèche±écart-type).

	CA	CK
pH	7,24±0,05	6,52±0,10
MO (%)	59,50±0,40	75,50±1,64
N (%)	3,78±0,26	4,20±0,15
C/N	8,37	9,18
P ₂ O ₅ (%)	1,98±0,14	1,17±0,07
K ₂ O (%)	2,87±0,44	2,02±0,17
CaO (%)	2,82±0,18	1,99±0,31
MgO (%)	1,04±0,11	0,50±0,09

MO : matière organique

Tableau 2: Caractéristiques physico-chimiques du sol (moyenne par rapport à la masse sèche ± écart-type).

pH _{eau}	7,73±0,24	Granulométrie (%)	
COT (%)	0,595±0,066	Sable grossier	60,45
P _{olsen} (mg/kg)	13,016±0,572	Sable fin	25,15
K _{éch.} (mg/kg)	35,200±2,406	Limon grossier	2,75
Ca _{éch.} (mg/kg)	336,245±16,172	Limon fin	3
Mg _{éch.} (mg/kg)	27,200±5,503	Argile	7
CEC (cmol ⁺ /kg)	1,80±0,09		

COT : carbone organique total

CEC : capacité d'échange cationique

Tableau 3: pH des différents traitements en fonction de la durée de l'incubation.

Durée	Sol	Sol + CA	Sol + CK
0 j	7,73 a	7,88 a	7,33 a
30 j	7,88 a	7,72 ab	7,61 a
90 j	7,73 a	7,39 b	7,32 a
180 j	7,71 a	7,48 b	7,32 a
SMD	0,37	0,37	0,38

SMD = plus petite différence significative. Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement entre elles selon le test de Turkey à p<0,05.

Tableau 4: Teneur en phosphore assimilable (selon la méthode d'Olsen) des différents traitements en fonction de la durée d'incubation (mg/kg MS).

Durée	Sol	Sol+CA	Sol+CK
0 j	13,016 a	64,116 c	44,627 c
30 j	15,079 a	70,309 c	47,905 bc
90 j	13,492 a	77,778 b	55,373 ab
180 j	12,698 a	85,246 a	55,920 a
SMD	4,098	7,110	7,773

SMD = plus petite différence significative. Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement entre elles selon le test de Turkey à $p < 0,05$.

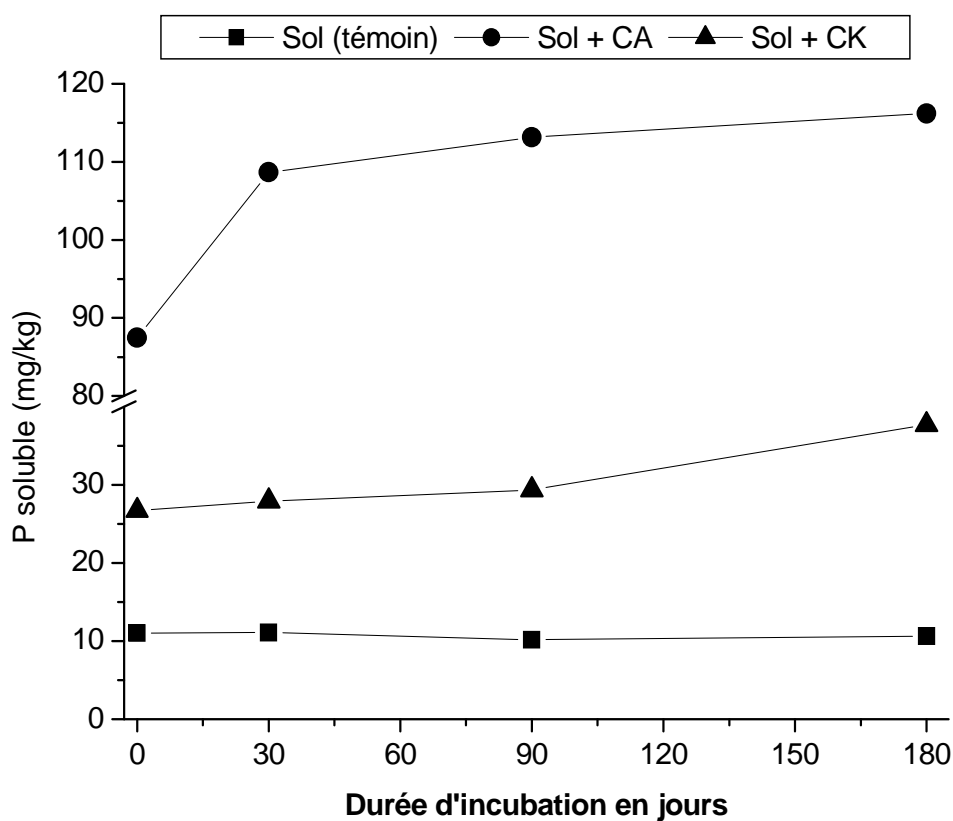


Figure 1 : Evolution du phosphore soluble des différents traitements.

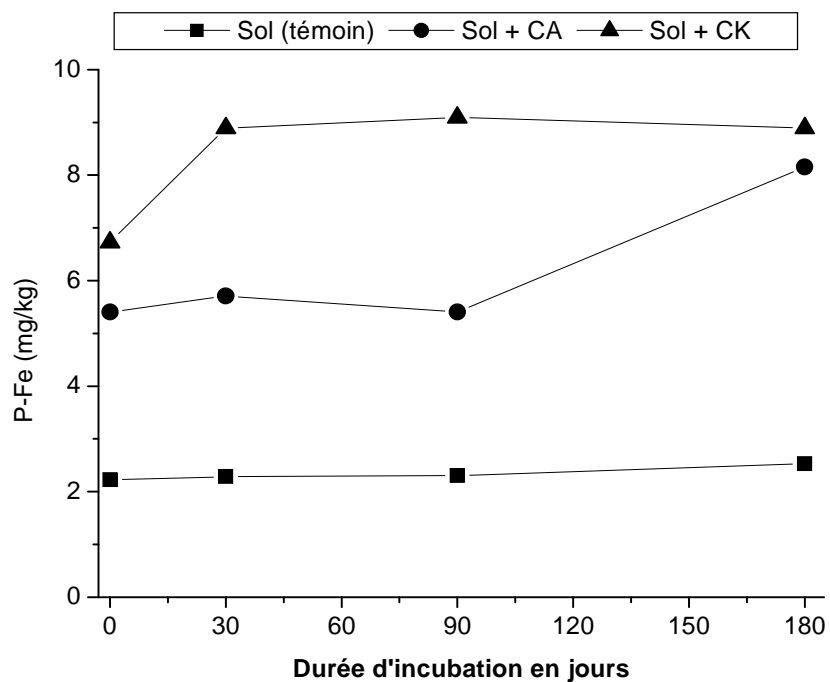


Figure 2 : Evolution du phosphore lié au fer des différents traitements.

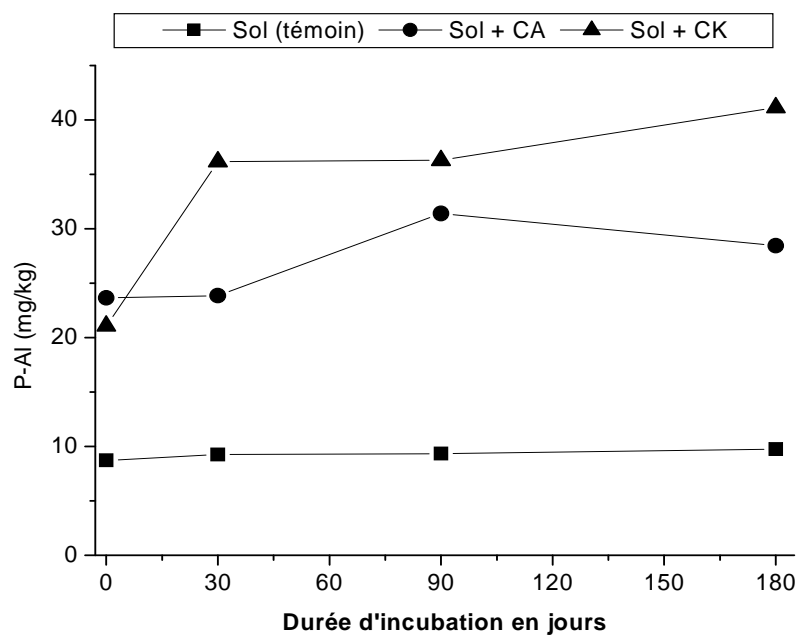


Figure 3 : Evolution du phosphore lié à l'aluminium des différents traitements.

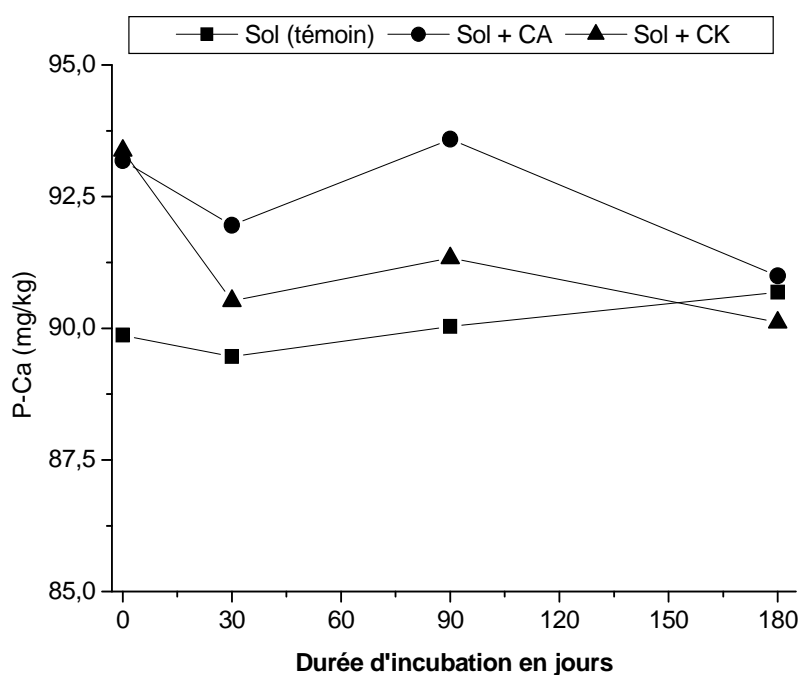


Figure 4 : Evolution du phosphore lié au calcium des différents traitements.

DISCUSSION

Le compost apporté au sol affecte la variation du pH de ce dernier. Ainsi le caractère acide du compost CK a contribué à abaisser le pH du sol de 0,5 unité. La diminution du pH à la fin de l'incubation du traitement sol+CA serait due à la minéralisation de la matière organique avec accumulation du CO₂ dans le bocal expérimental.

Les composts ont apporté du phosphore total au sol car ils en contiennent à plus de 1% de leur masse sèche. 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 du sol (Takeda, 2009). La complexation des cations

métalliques du sol par les substances humiques du compost réduit la fixation du phosphore sur les cations Al³⁺, Fe²⁺ et Ca²⁺, augmentant donc sa disponibilité aux plantes (Zaharah et Bah, 1997 ; Atiyeh et al., 2002). Dans le sol sans compost, le phénomène de rétrogradation du phosphore peut être dû au manque de matière organique. L'évolution du phosphore lié au calcium (Figure 4) explique ce phénomène : le phosphore disponible se lie aux Ca²⁺ pour former le phosphate tricalcique. La teneur en P-Ca (Figure 4) augmente dans le sol sans compost et diminue dans les traitements sol+compost. Cette baisse au niveau des traitements sol+compost peut-être attribuée à la complexation des ions Ca²⁺ par les substances humiques contenues dans le compost ; ce qui contribue à la solubilisation des phosphates apatitiques du sol par formation de chélates des ions métalliques des apatites (Thien et Myers, 1992). La fraction du phosphore lié au fer ou celle liée à l'aluminium est plus notable dans le

traitement sol+CK. Le caractère acide du compost CK peut contribuer à l'immobilisation du phosphore sous ces formes car dans les milieux acides et riches en oxyhydroxydes, le phosphore se fixe sur les oxydes d'aluminium et l'oxyhydroxyde de fer (Mathieu, 2003) et se précipite.

Le phosphore des composts est très disponible dans le sol. Déterminée en tenant compte de la contribution des composts en phosphore total et en phosphore assimilable du sol, au bout de six mois, cette disponibilité est de 84% pour le compost CA et 85% pour le compost CK. Ceci sans compter le phosphore immobilisé par les microorganismes du sol, qui sera disponible après la mort des microorganismes et la minéralisation de leur matière organique. Cette disponibilité est meilleure comparée à celle trouvée par Mustin (1987) au cours de ses travaux. En effet, il a trouvé que 50 à 60% du phosphore des composts sont disponibles au cours de la première année d'épandage. La disponibilité du phosphore des composts dans le sol dépend donc de la composition chimique des composts, des caractéristiques physico-chimiques du sol. Aussi, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour déterminer le phosphore assimilable. Nous avons utilisé la méthode d'Olsen dans notre cas tandis que les méthodes comme la méthode de Dyer, de Bray et de Méhlich peuvent être utilisées.

Conclusion

Les composts à base de déchets d'agrumes (CA) et du tourteau de karité (CK) ont un effet notable sur la disponibilité du phosphore du sol. Le compost CA a un potentiel fertilisant phosphaté plus élevé que le compost CK. Le compost CA a amélioré, à la dose expérimentale, la teneur en phosphore assimilable de 393% tandis que le compost CK de 243%. L'augmentation de la teneur en phosphore disponible au bout de six mois dans les conditions contrôlées est de 33% pour le traitement sol+CA, 25% pour sol+CK et -2% pour le témoin. Le coefficient de disponibilité du phosphore au bout de six mois des composts est voisin de 85%. La disponibilité

du phosphore des composts dans le sol dépend de la nature du sol, du type de culture et des conditions climatiques. Ce travail, réalisé au laboratoire dans les conditions contrôlées, ne permet de formuler que des hypothèses sur la possibilité d'une meilleure prévision du comportement des différents composts dans le sol. Des essais au champ avec de divers types cultures 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 and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*, **71**: 253-259.
- Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ, Metzger JD. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, **84**: 7-14.
- Chang SC, Jackson ML. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science*, **84**: 133-144.
- Gagnon B. 2004. Détermination en condition contrôlée de la disponibilité des éléments nutritifs des composts produits à la ferme. *Agrosol*, **15**(1): 10-17.
- Javier DS. 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. Thèse de Doctorat, INP-Toulouse, France.
- Koledzi KE, Baba G, Tchabedji G, Agbeko K, Matejka G, Feuillade G, Bowen J. 2011. Experimental study of urban waste composting and evaluation of its agricultural valorization in Lomé (Togo). *Asian Journal of Applied Sciences*, **4**(4): 378-391.
- Mathieu C. 2003. *Analyse Chimique des Sols, Méthodes Choisies*. TEC&DOC.
- McDowell 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.
- Mustin M. 1987. *Le Compost : Gestion de la Matière Organique*. Ed. François Dubusc: Paris.
- N'Dayegamiye A, Turcot M, Laverdière MR. 2005. Effets d'apports de composts de résidus verts urbains sur les rendements et la nutrition azotée du maïs-grain et sur certaines propriétés du loam argileux de la série Providence. *Agrosol*, **16**(1): 91-99.
- Som M-P. 2006. Etude moléculaire des composés organiques de compost: formation, transformation dans les sols et action sur les propriétés des sols. Thèse de Doctorat Université de Poitiers, France.
- Soumaré M, Tack FMG, Verloo MG. 2003. Effect of municipal solid waste compost and minéral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, **86**: 15-20.
- 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.
- Tcheguèni 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, Université de Lomé, Togo.
- Tcheguèni S, Kili K, Bodjona M, Tchangbedji G, Baba G, Hafidi M. 2010. Valorisation par compostage des déchets d'agrumes issus des préparations de jus: Caractérisation physico-chimique. *Bulletin d'Information de la SOACHIM*, **007**: 61-69.
- Thien SJ, Myers R. 1992. Determination of bioavailable phosphorus in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **56**: 814-818.
- Zaharah AR, Bah AR. 1997. Effect of green manures on P solubilization and uptake from phosphate rocks. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **48**: 247-255.