

EFFETS DE LA BIOMASSE ET DU COMPOST DE CASSIA OCCIDENTALIS L. SUR LA CROISSANCE EN HAUTEUR, LE RENDEMENT DU MAÏS (ZEA MAYS L.) ET LA TENEUR EN NPK D'UN SOL DÉGRADÉ EN STATION EXPÉRIMENTALE

Outéndé Toundou, Doctorant
Koffi Tozo, Maître de Conférences
Kokou A. A. Amouzouvi, Maître Assistant
Lankondjoa Kolani, Ingénieur Doctorant
Gado Tchangbedji, Professeur
Koffi Kili, Professeur
Baba Gnon, Professeur

Laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD),
Université de lomé, Lome, Togo

Abstract

In this study, we tested the possibility of using *C. occidentalis* L., as green manure, compost and improved fallows to regenerate degraded soil. **Methods:** In some plots of the degraded soil, we buried biomass of *Cassia occidentalis* and others were either treated with compost of *Cassia* with or without ash, or performed from improved fallow of *Cassia*. All the treated plots were then used for a maize culture (*Zea mays*, var IKENE). The experimental design was that of Fischer with 9 treatments and 4 replicates per treatment. **Results:** The study showed that the best values for plant height were scored for the plots treated with the green manure of *Cassia* and the plots treated with compost +ash. The greatest values of grain yields and mass of 1000 grains were obtained for the plots treated with green manure of *Cassia* and those treated with compost without ash. About the fertility of the treated soil after harvesting, the highest values for nitrogen content were scored for the plots treated with compost of *cassia* containing or not ash whereas highest values for phosphorus content were obtained for the plots treated with the green manure of *Cassia*. For the potassium content, the best results were scored for the plots treated with composts containing ash. **Conclusion:** these results showed that *C. Occidentalis* was a convenient

source for minerals and allowed us to think that this leguminous could be used in degraded soils restoration programs.

Keywords: *C. occidentalis* L., Compost, Green manure, maize, Togo

Résumé

Dans le présent travail, nous avons testé la possibilité d'utiliser *Cassia occidentalis* L., sous formes d'engrais vert, de composts et de jachère améliorée en vue de régénérer la fertilité d'un sol dégradé. **Methodes:** De la biomasse de *C. occidentalis* a été enfouie dans certaines parcelles du sol dégradé, tandis que d'autres parcelles ont été soit traitées par différents composts de *C. Occidentalis* avec ou sans cendre soit constituée à partir de jachères améliorées de *C. occidentalis*. Toutes les parcelles traitées sont ensuite utilisées pour la culture du maïs (*Zea mays* L.), variété IKENE. Le dispositif utilisé est celui de Fischer complètement aléatoire avec quatre répétitions par traitement. **Résultats:** L'étude a montré que la plus forte croissance en hauteur des plantes a été mesurée sur les parcelles ayant reçu l'engrais vert de Cassia et celles traitées avec le compost + cendre. Les rendements en grains et la masse de 1000 grains les plus élevés ont été obtenus les parcelles de biomasse de *Cassia* enfouie et celles traitées avec le compost sans cendre. Quant à la teneur en NPK des sols après les traitements, les valeurs les plus élevées pour l'azote ont été obtenues pour les parcelles traitées avec les compost avec ou sans cendre, les taux les plus élevés en phosphore sur les parcelles de biomasse de *Cassia* enfouie. Enfin, les parcelles les plus riches en potassium sont celles qui ont été traitées avec le compost avec cendre utilisé sous la dose de 20 t/ha. **Conclusion:** ces différents résultats montrent que *C. occidentalis* est une bonne source d'éléments minéraux et permettent d'envisager son utilisation dans les programmes de restauration des sols dégradés.

Mots clés: *C. occidentalis* L., compost, engrais vert, maïs, Togo

Introduction

La croissance rapide de la population mondiale au cours de ces dernières décennies a provoqué d'une manière ou d'une autre l'exploitation anarchique des sols ou terrains cultivés (Breton, 1997). En effet, pour répondre aux besoins de plus en plus croissants des populations en ressources alimentaires, les producteurs exploitent d'une façon anarchique les sols. Ces sols trop exploités perdent ainsi leur fertilité, induisant la baisse de rendement des cultures vivrières (Akibodé, 1986). Face à cette infertilité des sols, ces producteurs ont souvent recours aux engrais synthétiques. Or, ces engrais synthétiques sont très coûteux en particulier pour la classe

paysanne (coût aggravé par la dévaluation du franc CFA; Sokpoh, 1997) qui n'est plus alors capable de maintenir un bon niveau de production des cultures vivrières. De plus, ces engrais synthétiques n'apportent au sol que certains éléments minéraux. Gnandi (2006), rappelait que les engrais synthétiques généralement utilisés en grande quantité polluent les nappes phréatiques. Il devient donc évident que pour améliorer la fertilité des sols, la recherche d'autres moyens de fertilisation à moindre coût pouvant aboutir à l'amélioration des rendements agricoles devient une nécessité absolue. Ces solutions alternatives peuvent être des fumiers ou d'autres sources organiques (Layess *et al.*, 2002 ; Alvarez, 2005 et Nyinareza *et al.*, 2009) ou encore l'introduction des plantes de couverture dans les systèmes agraires. En effet, l'intégration des légumineuses fixatrices d'azote dans les systèmes culturaux a fait l'objet de nombreuses études. Les travaux de Carsky (Carsky *et al.*, 1998), ont montré que la jachère de *M. pruriens* permet d'améliorer la fertilité du sol; ceux de Eaglesham, (Eaglesham *et al.*, 1982) ont montré que les associations culturales maïs-niébé et *S. rostrata* (dolie) améliorent la disponibilité d'azote dans le sol. Au Togo, les travaux réalisés à ce jour dans le domaine de la fertilisation des sols ont essentiellement porté sur l'utilisation des plantes de couverture comme *C. cajan* et *V. unguiculata* (INS, 1988; Sogbedji *et al.* 2006). Ces travaux ont révélé que *C. cajan* et *V. unguiculata* permettent la restructuration du sol et l'augmentation du rendement du maïs. D'après ces mêmes travaux (Sogbedji *et al.* 2006), il a été démontré que l'utilisation de *M. pruriens* comme plante de couverture augmente de façon significative les taux d'azote et de phosphore dans le sol. Les travaux d'Ayéva (1993) ont montré l'efficacité de l'utilisation de *Crotalaria* sp. dans la réhabilitation des terres dégradées dans la région des savanes. En dehors de l'utilisation des plantes de couverture, certains travaux ont porté sur l'élaboration d'engrais organiques. C'est ainsi que le laboratoire de Gestion, Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD) de l'Université de Lomé s'intéresse depuis quelques années à l'élaboration des composts de déchets organiques comme les graines de coton et cendres d'industrie oléagineuse. Les différents composts élaborés ont servi à fertiliser les sols, utilisés ensuite pour la culture de maïs (Kolani, 2007; Tcheguëni, 2007). Toutefois, les composts élaborés par l'équipe GTVD ne sont pas suffisamment riches en éléments minéraux et surtout en azote.

La présente étude vise à améliorer la teneur en azote (N), phosphore (P) et en potassium ((K) des composts du laboratoire GTVD par addition de *C. Occidentalis*, une légumineuse spontanée de la flore togolaise, comme matériau de compostage. L'étude vise également à étudier le rôle fertilisant de la plante utilisée comme engrais vert (biomasse enfouie) sur un sol dégradé grâce à travers des tests agronomiques réalisés avec le maïs (*Zea mays* L. variété IKENE), la céréale la plus cultivée au Togo.

1. Matériel et méthodes

1.1. Établissement des engrais verts, mise en place des jachères améliorées et fabrication des composts.

Les engrais verts sont obtenus par enfouissement de feuilles de *C. occidentalis* récoltées dans le sol des parcelles correspondantes selon le plan de semis (Figure 1). Pour obtenir les jachères améliorées, des plantes de *C. occidentalis* issues de la germination sont maintenues sur les parcelles pendant 4 ou 6 mois. A la fin de ces périodes, la biomasse aérienne est récoltée, séchée, pesée puis broyée. Les morceaux fins obtenus sont enfouis dans les parcelles concernées. Le tableau 3 présente les quantités de biomasse enfouie en fonction de la durée de la jachère.

Tableau 1: Quantités de biomasse enfouies en fonction de la durée de la jachère (P= Parcelle ; T7 et T8 sont les traitements concernés).

Parcelles	Jachères de 4 mois (Kg/parcelle ; T7)		Jachères de 6 mois (Kg/parcelle; T8)	
	Feuilles (Kg)	Tiges et fruit	Feuilles	Tiges et fruits
P1	10,500	57,250	2,000	13,500
P2	10,750	63,250	4,250	17,000
P3	6,500	32,750	5,000	23,750
P4	8,250	30,750	2,000	9,000

1.2. Compostage

La méthode utilisée est celle intermédiaire entre la méthode Indore aérobie et celle de Bangalore (dans notre cas, les cuves sont cimentées). Chaque tas de compost est constitué de 3 couches. Chacune des 3 couches est ensuite composée de bas en haut de 12 kg de coques de graines de coton, 12 kg de biomasse de *C. occidentalis*, 10 kg de fumier et 2 kg de phosphate naturel. Le compost avec cendre est réalisé par addition de 8 kg de cendre d'industrie d'huilerie, 1 mois après le lancement du processus.

1.3. Facteurs étudiés et dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est en blocs de Fischer comprenant 9 traitements organisés en 4 répétitions, soit 36 parcelles élémentaires organisées en 4 blocs comme l'indique le plan de semis (Figure 1). Les blocs sont séparés entre eux par une allée de 0,5 mètre de largeur. Chaque parcelle élémentaire occupe une superficie de 4 m² soit 2m x 2m. Tout autour de l'essai est aménagée une bordure qui constitue la parcelle de protection. La répartition des traitements s'est faite d'une façon aléatoire. Les traitements sont les suivants: (T0) Culture sans fertilisant (Témoin absolu); (T1) Engrais vert de *C. occidentalis* à 10t/ha; (T2) Engrais vert de *C. occidentalis* à 20 t/ha ;(T3) Compost à base de *C. occidentalis* avec cendre à la dose de 10t/ha; (T4) Compost à base de *C. occidentalis* avec cendre à la dose de 20t/ha; (T5) Compost à base de *Cassia occidentalis* sans cendre à 10 t/ha; (T6) Compost

à base de *C. occidentalis* sans cendre à 20 t /ha; (T7) Jachère améliorée de *C. occidentalis* de 4 mois; (T8) Jachère améliorée de *C. occidentalis* de 6 mois. La figure 1 ci-dessous décrit le plan de semis. Le Semis est réalisé une semaine après la préparation du site avec un espacement de 80 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets. 4 grains sont semés par poquet mais seules 2 plantes ont été gardées au bout de 2 semaines après semis. Les différentes mesures agromorphologiques et les analyses chimiques effectuées sur 10 plantes par parcelle sur la surface utile ont porté sur la hauteur, les temps de floraison et d'épiaison, les rendements en paille et en grains, la teneur en azote, phosphore et potassium dans les grains et le sol après la récolte.

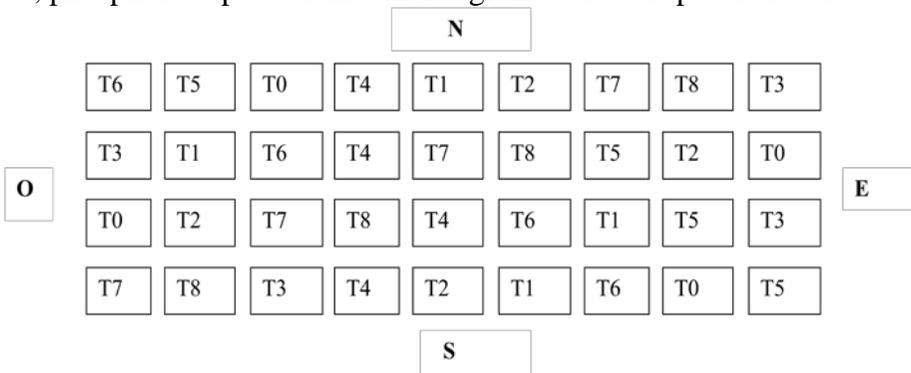


Figure 1: Plan du semis. N: nord, S: sud, E: est, O: ouest.

1.4. Collecte des données sur le terrain et analyses chimiques

1.4.1. Collecte des données

La mesure de la hauteur, les observations sur la floraison et l'épiaison ont été réalisées sur 10 plants par parcelle. Les rendements en paille et en grains ont été évalués à la récolte. Les prélèvements des échantillons de sol ont été effectués sur les 20 premiers centimètres du sol avant et après la culture.

1.4.2. Analyses chimiques

Elles ont été réalisées aux laboratoires de GTVD et de l'École Supérieure d'Agronomie (ESA) de l'Université de Lomé. L'azote a été dosé selon la méthode de Kjeldhal (Bremner et Mulvaney, 1982), le phosphore d'après Murphy et Riley (1962) et le potassium d'après Gueguen et Rombauts (1961).

1.5. Traitement des résultats

Les résultats ont été analysés au moyen du logiciel MSTATC. Le test F est utilisé pour évaluer les différences entre les moyennes des traitements au seuil de probabilité inférieur ou égal à 5%. Le test de Duncan a été ensuite utilisé pour classer les traitements par groupes homogènes.

2. Résultats

2.1. Teneur du sol expérimental, des composts et de la biomasse de *C. occidentalis* en NPK avant le test agronomique.

Tableau 2: Teneur en NPK du sol, de *C. occidentalis* et des composts élaborés. Valeurs moyennes de 3 répétitions.

Eléments minéraux	N (%)	K (%)	P (%)
Sol avant amendement	0,126 ±0.05	0,121±0.04	0,09±0.03
Compost témoin (sans <i>Cassia</i>)	1,47±0.08	3,69±0.75	0,38±0.08
<i>C. occidentalis</i> (feuilles+tiges)	3,472±0.5	3,208±0.8	0,559±0.02
Compost+ <i>Cassia</i>	1,932±0.09	1,014±0.06	1,567±0.4
Compost+ <i>Cassia</i> . +cendre	1,817±0.08	4,948±1.2	2,468±0.9

Les analyses ont révélé que l'apport de *C. occidentalis* a amélioré de façon significative la teneur des composts élaborés en azote et en phosphore (tableau 2). L'utilisation de la plante n'a en revanche eu aucun effet sur la teneur en potassium des composts élaborés. Quant à la cendre, elle a amélioré de façon significative la teneur des composts en potassium et en phosphore.

2.2. Hauteur moyenne des plants en fonction du temps.

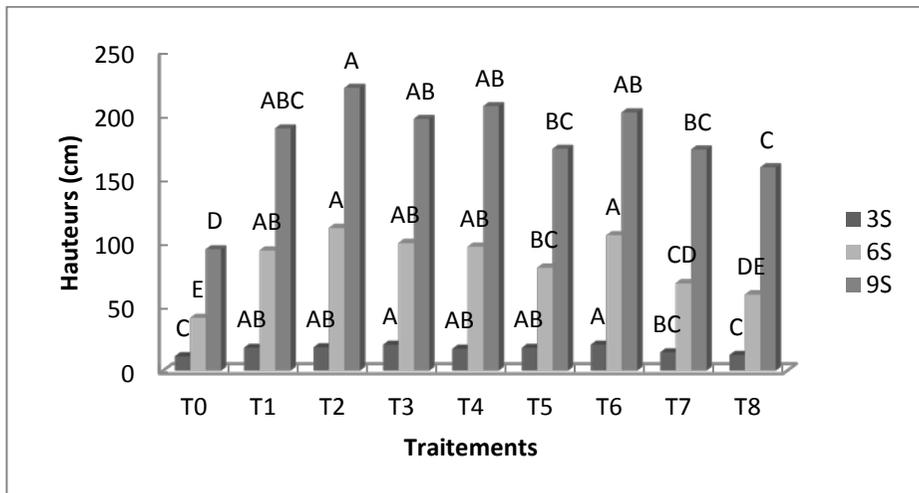


Figure 2: hauteur des plantes à 3 semaines (PPDS= 3,90), 6 semaines (PPDS= 18,810) et 9 semaines (PPDS= 33,6).

Par rapport au témoin absolu T0, tous les traitements ont permis d'améliorer la hauteur moyenne des plantes (Figure 2). Toutefois, les meilleurs résultats sont obtenus au bout de 9 semaines avec les traitements T2 (biomasse de *Cassia* enfouie à 20t/ha) et T4 (compost avec cendre 20 t/ha). Par ailleurs, les résultats révèlent que l'apport de la cendre au compost à base de *Cassia* n'améliore pas de façon très significative la hauteur moyenne des plantes

2.2. Rendements en grains, en pailles et masse de 1000 grains.

- En fonction du rendement en grains (figure 3) l'efficacité des traitements se présente dans l'ordre décroissant suivant: T6-T4-T2; T3; T1-T7; T8. Le T0 ayant engendré le plus faible rendement.

- En fonction du rendement en pailles (figure 4) le classement est le suivant dans l'ordre décroissant: T6-T4; T2-T3; T1-T5; T8 et enfin T0.

- Quant à la masse de 1000 grains, T6 s'est révélé comme étant le meilleur traitement suivi des traitements T2-T3-T4; T1-T5-T7-T8 et enfin T0 (figure 5).

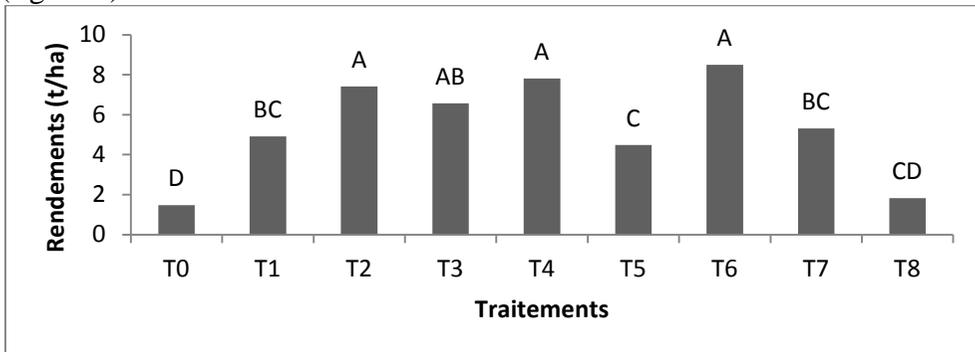


Figure 3: Rendement grains (PPDS = 2,4)

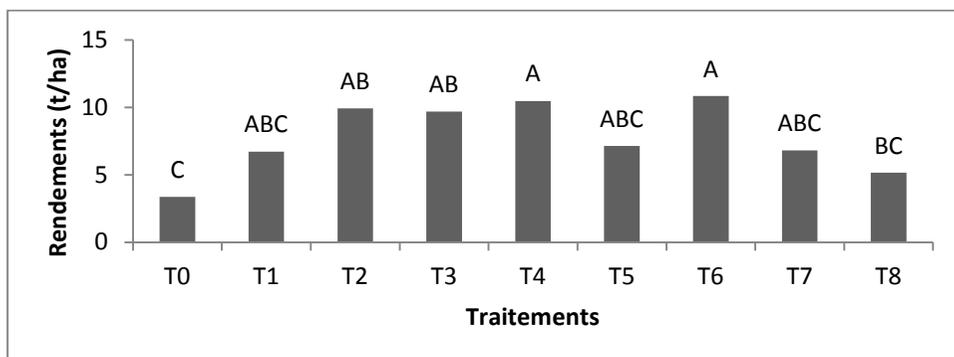


Figure 4: Rendement en pailles (PPDS=4,270)

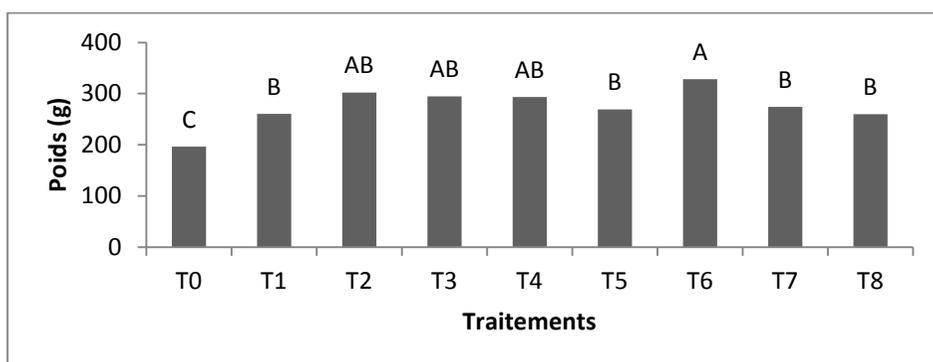


Figure 5: Masse de 1000 grains (PPDS= 48,61)

2.3. Temps de floraison, d'épiaison DE chaque traitement.

Les plantes des traitements à composts et surtout celles de T4 (compost avec cendre à 20 t/ha) sont caractérisées par les temps de floraison et d'épiaison les plus courts comparativement aux autres traitements (tableau 5). Le temps le plus long est obtenu avec les traitements T1 et T8.

Tableau 3: Temps de floraison et d'épiaison (en semaines) des plantes des différents traitements. Tr : Traitements.

Tr	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Floraison	8	7	6	6	5-6	6	6	7	7
Epiaison	10	8	7-8	8	7	8	8	8-9	9

2.4. Teneur en azote, phosphore et potassium des grains de *Zea mays* en fonction des traitements.

- Les grains du traitement T4 (compost avec cendre) présentent en moyenne la plus forte teneur en azote, 1,96% suivis de ceux du traitement T2 1,75% (tableau 5).

- Pour la teneur en phosphore (tableau 5), la meilleure performance est obtenue avec le traitement T6 (compost de *Cassia* sans cendre) suivi de T3, T4 et T5. Le traitement T1 est caractérisé par la plus faible teneur en phosphore au niveau des grains.

- Quant à la teneur en potassium, la plus forte valeur est obtenue avec les grains du traitement T4, suivis par ceux des traitements T3-T5 puis de T6-T7-T8. Il est important de noter que la teneur en potassium des grains du traitement T2 est inférieure à celle des grains du témoin absolu T0 et de T1.

Tableau 4: Teneurs en azote, phosphore et potassium des grains après récolte (T= Teneurs; Cl= Classe; Tr=Traitement; les lettres A, B, C, D, E, F, G, H et I représentent les différentes classes homogènes ; PPDS= Plus Petite Différence Significative).

Azote (%) (PPDS:0,032)			Phosphore (%) (PPDS: 0,502)			Potassium(%) (PPDS: 0,054)		
Tr	T	Cl	Tr	T	Cl	Tr	T	Cl
T4	1,961	A	T6	0,2810	A	T4	0,4110	A
T2	1,750	B	T5	0,2710	AB	T5	0,3930	AB
T6	1,626	C	T4	0,2710	AB	T3	0,3923	AB
T1	1,602	C	T3	0,2693	AB	T6	0,3720	ABC
T3	1,555	D	T2	0,2350	BC	T7	0,3690	ABC
T7	1,439	E	T7	0,2230	CD	T8	0,3510	ABC
T5	1,392	F	T8	0,1860	DE	T1	0,3470	BC
T8	1,382	F	T1	0,1550	EF	T0	0,3440	BC
T0	1,133	G	T0	0,1210	F	T2	0,3210	C

2.5. Teneurs en azote, phosphore et potassium des sols des différents traitements après récolte.

- Les sols des traitements T4 et T6 sont les plus riches en azote après récolte (tableau 6), suivis de ceux des traitements T3-T5-T8-T7. Les plus faibles teneurs sont obtenues avec les sols des traitements T1-T0.

- La teneur en phosphore du sol du traitement T2 est la plus élevée, 9,52t/ha après récolte (tableau 6) tandis que les plus faibles teneurs sont obtenues respectivement avec T8 (1.88t/ha et T0 (1,43t/ha)

- Quant à la teneur en potassium des sols après la récolte, c'est celle du sol du traitement T4 qui s'est révélé la plus élevée (3,9t/ha) Les sols les moins riches en potassium sont ceux des traitements T5, T8 et T7(tableau 6).

Tableau 5: Teneurs en azote, phosphore et potassium du sol après récolte (T=teneurs; Cl= Classe ; les lettres A, B, C, D, E, F, G, H et I représentent les différentes classes homogènes)

Azote (%): (PPDS: 0,077)			Phosphore (%). (PPDS:0,054)			Potassium (%). (PPDS: 0,077)		
Tr	T	Cl	Tr	T	Cl	Tr	T	Cl
T4	0,1798	A	T2	0,425	A	T4	0,174	A
T6	0,1680	A	T4	0,202	B	T3	0,143	B
T3	0,1510	AB	T3	0,181	C	T2	0,121	C
T5	0,1400	AB	T5	0,107	D	T6	0,047	D
T8	0,1400	AB	T6	0,106	E	T1	0,034	E
T2	0,1400	AB	T7	0,099	F	T0	0,033	F
T7	0,1230	AB	T1	0,085	G	T5	0,026	G
T1	0,0610	B	T8	0,084	H	T8	0,015	H
T0	0,0610	B	T0	0,064	I	T7	0,008	I

3. Discussion

3.1. Etude de l'effet fertilisant de *C. occidentalis* sur la croissance, le rendement en grain et paille des plants de maïs (*Zea mays L.*).

3.1.1. Hauteur moyenne

Trois semaines après la germination, la différence de croissance entre les plantes n'est pas statistiquement très significative, révélée par une PPDS faible. Cependant, les plantes du traitement T6 (compost de *C. occidentalis* sans cendre 20t/ha) croissent mieux que les autres du fait de la disponibilité des éléments minéraux en quantité suffisante apportés par le compost dans le sol contrairement au traitement T2 composé uniquement de la biomasse enfouie de *C. occidentalis* qui doit subir d'abord une minéralisation. Cette minéralisation s'accroît à partir de la 9^{ème} semaine, permettant au traitement à engrais vert T2 (20 t/ha) d'aboutir aux mêmes résultats que ceux des traitements à base de compost avec cendre T4 et sans cendre T6. Ces résultats sont le fait de l'apport d'azote par *Cassia*. En effet, des travaux ont montré que la croissance en hauteur des plantes est largement liée à la disponibilité du sol en azote. Ainsi Yin *et al.*, (2012) ont montré qu'il existe une relation linéaire entre les hauteurs des plants de maïs et la disponibilité du sol en azote. Diallo *et al.*, 2008 ont aussi montré que la litière foliaire de

A. indica très riche en azote permet d'avoir les hauteurs les plus élevées pour les plantes de mil et de maïs. Le potassium et le phosphore apportés par *Cassia* interviennent aussi dans les mécanismes de croissance. En effet, plusieurs travaux ont montré que le potassium intervient dans la stimulation de la croissance via l'élongation foliaire (Rama Rao, 1986 ; Xi *et al.*, 1989 ; Zhao *et al.*, 2001 ; Pitman, 1972 ; Geiger et Conti, 1983 ; Veerkamp et Cuiper, 1982 ; Hopkins et Evrard, 2003 ; Mollier, 1999). En conséquence, une faible teneur en phosphore et en potassium pourrait ralentir la croissance par réduction de la surface foliaire conformément aux travaux de Jordan-Meille et Pellerin (2008).

3.1.2. Rendement en grains, pailles et masse de 1000 grains

Les meilleurs rendements en grains sont obtenus avec les traitements à base de *Cassia*, le compost de *Cassia* sans cendre 20t/ha (T6) donnant le rendement le plus élevé mais non significativement différent de celui obtenu avec le compost avec cendre. Ces résultats s'expliquent par l'apport dans le sol, de l'azote, du phosphore et du potassium par *Cassia*. Ainsi, l'utilisation de *Cassia* en agriculture améliore significativement le rendement en grains de maïs par rapport au témoin absolu au même titre que *Tithonia*, *Calliandra* et *Leucaena* (Gashengo *et al.*, 1999 ; Shisanya *et al.*, 2009). Quant à la performance du traitement T7 (jachère de 4 mois) par rapport au traitement T8 (jachère de 6 mois), elle est liée à la quantité de biomasse de *C. occidentalis* enfouie dans les parcelles durant les jachères (Tableau 1). Cette biomasse est plus abondante pour T7 que pour T8 car les plantes de *C. occidentalis* de T8 étant restées plus longtemps sur les parcelles que celles de T7, une bonne partie des feuilles a été enlevée par le vent. D'une façon générale ces résultats sont proches de ceux obtenus pour les jachères de *M. pruriens* et de *C. cajan* (Sogbedji *et al.*, 2006 ; Adden, 2007).

L'influence des traitements sur le rendement en paille est identique à celle sur le rendement en grains, montrant l'apport positif de *C. occidentalis* utilisée sous forme compostée, de biomasse enfouie et de jachère améliorée. Les meilleurs résultats sont obtenus avec T6 et T7, les plus faibles résultats obtenus avec T8 et T0. Ces résultats suggèrent que l'effet positif de *C. occidentalis* est au moins en partie dû à sa teneur en azote, car il existe chez le maïs une relation linéaire entre la biomasse produite et la quantité d'azote appliquée au sol (Walburg *et al.*, 1982 ; Ziadi *et al.*, 2009 ; Yin *et al.*, 2012).

Le poids de 1000 grains permet d'avoir une idée sur la quantité de composés organiques synthétisés pour 1000 grains par traitement et par conséquent sur la photosynthèse globale au champ. Nos résultats, 328,3 g/1000grains pour le meilleur traitement T6, sont proches de ceux de Lamboni (2000) et de Sogbedji *et al.*, (2006) confirmant l'efficacité de l'association de *C. occidentalis* dans les traitements.

3.1.3. Temps de floraison et d'épiaison

La floraison et la fructification en plus du déterminisme génétique sont liées à la disponibilité en éléments minéraux. Nos résultats indiquent que les plantes des traitements à composts ont des temps de floraison et de fructification d'une semaine plus courts que ceux des autres traitements confirmant ainsi l'effet des éléments minéraux sur la phénologie du maïs. Les composts avec cendre en particulier étant plus riches en potassium et en phosphore, peuvent entraîner une précocité de la floraison en raison de l'effet du phosphore sur la réduction de la période végétative au profit de l'apparition des organes reproducteurs (Hopkins et Evrard, 2003; Lerot, 2006). Dans ce sens, nos résultats sont en adéquation avec ceux obtenus par Apedo (2004). Toutefois, il est important de souligner que la phénologie d'une plante est influencée par des facteurs multiples : climat, sol, température, pluviométrie, fréquence des cultures etc. (Soumare *et al.*, 2002 ; Maire, 2005 ; Sogbedji *et al.*, 2006 ; Shisanya *et al.*, 2012)

3.1.4. Teneur en azote, phosphore et potassium des grains.

Les teneurs en azote et en potassium des grains des plantes des traitements T4 (compost de *C. occidentalis* avec cendre 20t/ha) sont les plus élevées tandis que celle en phosphore est la plus élevée pour le traitement T6 (compost de *C. occidentalis* sans cendre 20t/ha). Ces résultats reflètent l'apport de la légumineuse en azote au sol sous formes d'engrais vert et compostée. Quant à la teneur élevée en potassium dans les grains du traitement T4, elle révèle l'apport non moins important de *C. occidentalis* en potassium (tableau 2). Le traitement T6 (compost sans cendre) présente des grains plus riches en phosphore comparé aux composts avec cendre. Ces résultats s'expliquent par le fait que l'addition de la cendre aux substrats de base pendant le compostage étant source d'alcalinisation des composts et la disponibilité du phosphore étant favorisée par les pH acides (Giroux et Tran, 1994; Mkhabella et Warman, 2005 ; Bennai et Benabbas, 2007), il est normal que les grains de T6 et T5 présentent les teneurs les plus élevées en phosphore.

Les grains du traitement T4 sont plus riches en potassium par rapport aux grains des autres traitements. Le potassium étant disponible dans le sol sous la forme monovalente (K^+), son absorption par la plante serait plus influencée par sa concentration dans le substrat de culture. Le traitement T4 étant à compost avec cendre plus riche en potassium (tableau 2), il est logique que les plantes de ce traitement accumulent cet élément dans leurs grains.

3.1.5. Teneur en azote, phosphore et potassium des sols traités après récolte.

D'après nos résultats, le traitement T4 (compost de *Cassia* avec cendre) s'est soldé après récolte par un taux d'azote plus élevé que les autres traitements et le témoin absolu, mais non significativement différent du taux obtenu avec le traitement T6 (compost de *Cassia* sans cendre). Quant à la teneur des sols en phosphore, elle est la plus élevée pour le traitement T2 (engrais vert de *Cassia*) et la plus faible pour le témoin absolu. Pour le potassium, sa teneur dans le sol pour tous les traitements est plus élevée que pour le témoin absolu à l'exception des traitements T5, T8 et T7. En comparant les teneurs initiales en NPK du sol (tableau 2) avec les résultats du tableau 5, il apparaît une augmentation des teneurs en NPK du sol (38% pour l'azote et 43% pour le potassium avec le traitement T4, et 372% pour le phosphore avec le traitement T2). Ainsi nos résultats diffèrent de ceux de Kang (1993), Schroth et al., (1995), Mugendi et al.,(1999) et Shisanya et al., (2009) qui ont montré que les taux d'azote, de phosphore et de potassium diminuent au contraire dans les sols amendés avec des engrais organiques et soumis à une culture continue. Une exploitation ultérieure des parcelles nous fournira donc des données sur l'évolution de ce taux d'azote sur un plus long temps. Toutefois, nos résultats confirment partiellement les travaux de Shisanya et al., (2009) qui ont montré que l'azote augmente légèrement dans les sols traités par l'engrais vert de *Crotolaria*.

Conclusion

A la fin de ces travaux, il ressort que *Cassia occidentalis* L. utilisée sous forme d'engrais vert ou de compost permet d'améliorer significativement le rendement du maïs. Les différents traitements ont également contribué à l'amélioration de la fertilité des sols traités. Ainsi, il ressort que le traitement T4 (compost avec cendre 20t/ha) relève le potentiel fertile du sol par augmentation des teneurs d'azote et du potassium. Les engrais verts ont également contribué à l'amélioration du potentiel nutritif du sol. Les jachères sont certes efficaces mais moins efficaces que les composts et des engrais verts. Ces résultats obtenus sur des parcelles expérimentales s'ils étaient confirmés en milieu paysan feront de *Cassia occidentalis* une légumineuse à vil prix mais à valeur agronomique élevée.

References:

Adden A. K., 2007. Effets de trois systèmes culturaux sur la durabilité de la Production de maïs (*Zea mays* L.) sur sol ferrallitique au Togo Méridional. Mémoire de DEA en Sciences des agroressources et Génie de l'environnement, Université de Lomé (Togo), [P10-40].

- Akibode A.K., 1986. Cultures vivrières : Rendements, revenus et problèmes de production dans les zones rurales du Nord-Togo. Étude de deux exploitations traditionnelles. Ann. Univ. Bénin Série Droit-Economie 10(2):1-43.
- Alvarez R., 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. Soil Use Manage. 21:38-52
- Apedo D.K., 2004. Effet des jachères améliorées de courte durée avec ou sans engrais minéraux sur la fertilité du sol et le rendement du maïs, Mémoire d'ingénieur agronome, Université de Lomé (Togo), 101 p.
- Bennai M., Benabbas B., 2007. L'amélioration des rendements des céréales par une fertilisation adaptée aux conditions pédoclimatiques algériennes. Constantine. Ed. PROFERT, 33p.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties, [P595-624].
- Breton F., 1997. La dégradation des sols, France-culture (la science et les Hommes), 17p.
- Carsky, R.J., Tarawali, S.A., Becker, M., Chikoye, D., Tian, G., Sanginga, N., 1998. Mucuna-herbaceous legume with potential for multiple uses. Resour. Manage. Res., Monograph No. 25. IITA, Ibadan, 52 p.
- Diallo, M., Chotte, J, Guissé, A., Sall, S.N., 2008. Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.). Sécheresse 19 (3) :207-210.
- Eaglesham A. R. J., Ayanaba A., Rao V.R., Eskey D. L., 1982. Mineral N effects in Cowpea and soybean crops on an Nigeria soil. II. Amounts of fixed and accrued to the soil. Plant soil 68:183-192.
- Gachengo C.N., Palm C.A., Jama B., Otieno C., 1999. *Tithonia* and *Senna* green manures and inorganic fertilizers as phosphorus sources for maize in western Kenya. Agroforest. Syst. 44:21-26
- Geiger D. R., Conti T. R., 1983. Relation in increased potassium nutrition to photosynthesis and translocation of carbon. Plant Physiol. 71: 141-144.
- Giroux M. et Tran T.S., 1994. Étude des facteurs affectant l'évolution des teneurs en P et K des sols agricoles. Agrosol 7 (2) : 23-30.
- Gnandi K., 2006. Rapport national sur l'environnement marin et côtier. Document du GEM-CG/ ONUDI, 64 p.
- Gueguen L., Rombauts P., 1961. Dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excréta. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 1: 80-77.
- Hopkins W.G., Evrard C.M., 2003. Physiologie Végétale. De Boeck Supérieur, Bruxelles, Belgium, 532 p.

- INS, 1988. Rapport annuel d'activités scientifiques de l'Institut National des Sols. Programme cultures associées *Cajanus cajan* et le maïs fumés aux phosphates naturels de Kpémé. [P60–72].
- Jordan-Meille L., Pellerin S., 2004. Leaf area establishment of a maize (*Zea Mays* L.) field crop under potassium deficiency. *Plant Soil* 265: 75–92.
- Kang B. T., 1993. Alley cropping: past achievements and future directions. *Agroforest. Syst.* 23: 141-155.
- Kolani L., 2007. effets des différents types de compost élaborés à base de coques de graines de coton sur le rendement en grain de maïs, mémoire d'ingénieur agronome [P16-34], 91p.
- Lamboni D., 2000. Effet de l'amélioration par le mucuna sur l'efficacité des engrais azotés et phosphatés sur le rendement en grain du maïs : cas de l'association maïs-mucuna dans la région Maritime. Mémoire d'ingénieur Agronome, Université du Bénin, Ecole Supérieure d'Agronomie, 106p.
- Layesse M.F., Clapp C.E., Allmaras R.R., Linden R., Copeland S.M., Molina J.A.E., Dowdy R.H., 2002. Current and relic carbon using natural abundance carbon. *J. of Soil Sci.* 167:315-326.
- Maire V., 2005. Evaluation expérimentale d'un modèle de prélèvement du phosphore par une culture du maïs irriguée sur un sol sableux landais. Mémoire de Master 2, "Systèmes écologiques" Bordeaux I, 43p.
- Mkhabella M. S., Warman P. R., 2005. The influence of municipal solid wastecompost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agr. Ecosyst. Environ.* 106: 57-67.
- Mollier A., 1999. Croissance racinaire du maïs (*Zea mays* L.) sous déficience en phosphore. Etudes expérimentales, modélisation. Université Paris sud (France), Unité d'agronomie, INRA-Bordeaux, Thèse de doctorat, 200p.
- Mugendi D.N., Nair P.K.R., Mugwe J.N., O' Neill M. K. and Woome P.L., 1999. Calliandra and Leucaena alley cropped with maize Part I. Soil fertility changes and maize production in the sub humid highlands of Kenya. *Agroforest. Syst.* 46: 39-50.
- Murphy, J., Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27: 31–36.
- Nyinareza J.M., Chantigny M.Y., N'dayegamiye A., Laverdière M.R., 2009. Dairy cattle manure improves soil productivity in low residue rotation systems. *Agron. J.* 101: 207-214.
- Pitman M., 1972. Uptake and transport of ions in barley seedlings .III. Correlation between transport to the shoot and the relative growth rate. *Aus. J. Biol. Sci.* 25: 905-919.
- Rama Rao N., 1986. Potassium requirements for growth and its related processes determined by plant analysis in wheat. *Plant Soil* 96: 125-131.

- Schroth G., Poidy N., Morshäuser T., Zech W., 1995. Effects of different methods of soil tillage and biomass application on crop yields and soil properties in agroforestry with high tree competition. *Agr. Ecosyst. Environ.* 52 (2–3) : 129–140
- Shisanya A.C., Mucheru M.W., Mugendi D.N., Kung'u J.B., 2009. Effect of organic and inorganic nutrient sources on soil mineral nitrogen and maize yields in central highlands of Kenya. *Soil and Tillage Res.* 103 (2): 239–246.
- Sogbedji J.M., Van Es' H.M., Agbeko K.L., 2006. Cover cropping and Nutrient Management Strategies for Maize Production in Africa. *Agron. J.* 98: 883–889.
- Sokpoh G., 1997 : Impact de la dévaluation du franc CFA sur l'utilisation des engrais minéraux et nouvelles stratégies de fertilisation des sols au Togo, Mémoire d'Ingénieur Agronome, UB-ESA, Lomé, 93 p.
- Soumaré M., Tack F.M.G, Verloo M.G, 2002. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technol.* 86 (1): 15–20.
- Tchegueni S., 2007. Valorisation des graines de coton en compost, évaluation quantitative des nutriments, mémoire DEA chimie, Université de Lomé (Togo), 50p.
- Veerkamp M.J., Kuiper P.J.C., 1982. The effect of potassium on growth of *Carex* sps. From swamp habitats varying from aligotrophic to autotrophic and comparison of physiological reactions of *Carex* sps to P stress and K stress. *Physiol. Plant.* 55: 242-246.
- Walburg G., Bauer M.E., Daughtry C. S. T., Housley T. L. , 1982. Effects of Nitrogen Nutrition on the Growth, Yield, and Reflectance Characteristics of Corn Canopies. *Am. Society of Agric.* 74 (4): 677-683.
- Xi S., Lihua R., Yongsong Z., Qizhao Y., Caixian T., Lianxiang Q., 1989. Effect of potassium fertilizer application on physiological parameters and yield of cotton grown on a potassium deficient. *Soil. Z. Pflanzenernähr Bodenk.* 152: 269–272.
- Yin X., Hayes M., McClure M.A., Savoy H.J., 2012. Assessment of plant biomass and nitrogen nutrition with plant height in early-to mid-season corn. *Sci. of Food and Agric.* 92 (13): 2611–2617.
- Zhao D. L., Oosterhuis D.M., Bednarz C.W., 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. *Photosynthetica*, 39: 103–109.
- Ziadi N., Bélanger G., Gastal F., Claessens A., Lemaire G., Tremblay N., 2009. Leaf nitrogen concentration as an indicator of corn nitrogen status. *Am. Society of Agric.* 101 (4): 947-957