

Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun

F. Kaho^{1*}, M. Yemefack¹, P. Feujio-Teguefouet¹ & J.C. Tchantchouang²

Keywords: *Tithonia diversifolia*- Acrisols- Maize- Inorganic Fertilizers- Soil fertility- Acceptability Index- Cameroon

Résumé

Une étude a été conduite pendant deux campagnes agricoles sur un sol ferrallitique du Centre Cameroun en vue d'évaluer les effets combinés des feuilles de *Tithonia diversifolia* (FTd) et des engrais inorganiques (NPK et urée) sur les propriétés du sol et les rendements de maïs. Le dispositif expérimental était le bloc complet randomisé à trois répétitions et six traitements: T0 (0FTd, 0NPK et 0 urée); T1 (0FTd, 150 kg 20-10-10 et 150 kg d'urée/ha); T2 (0FTd, 75 kg 20-10-10 et 75 kg d'urée/ha); T3 (2,5 t/ha FTd, 0NPK et 0 Urée); T4 (5 t/ha FTd, 0NPK et 0 urée); T5 (2,5 t/ha FTd, 75 kg 20-10-10 et 75 kg d'urée). Les feuilles de *Tithonia* ont été incorporées dans le sol deux semaines avant les semis du maïs. Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur des échantillons de sol et de feuilles de *Tithonia diversifolia*. Des différences hautement significatives ($p = 0,006$ et $p < 0,000$ respectivement) ont été obtenues entre les traitements en première et deuxième campagne en ce qui concerne les rendements de maïs avec des rendements variant de 1,8 à 6,4 t.ha⁻¹; les traitements T4 et T5 ayant donné les rendements les plus élevés et le traitement T0 les plus bas. La tendance générale de la productivité des parcelles était de l'ordre de: T5=T4>T1>T3>T2>T0. Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour toutes les propriétés de sol testées. Cependant, la tendance générale de l'évolution de ces propriétés était à la hausse par rapport aux valeurs initiales sauf pour la teneur en sable, le pH et le phosphore. Avec un Indice d'Acceptabilité (IA) supérieur à 2 pour les traitements T4 (2,65) et T5 (2,5); l'étude a montré que, *Tithonia diversifolia* dans les conditions de cet essai a été d'un grand potentiel pour l'amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs de sol et a pu fournir la quantité des nutriments nécessaires à la culture du maïs sans apport d'engrais inorganiques.

Summary

Combined Effect of *Tithonia diversifolia* leaves and Inorganic Fertilizers on Maize Grain Yield and Soil Properties of a Central Cameroon Acrisol

A study was conducted on an Acrisol in Centre Cameroon in order to evaluate the combined effects of *Tithonia diversifolia* (FTd) and inorganic fertilizers (NPK and Urea) on maize grain yields and soil properties. The experimental design was a randomized completed block design with three replications and six treatments: T0 (0FTd, 0NPK and 0 Urea); T1 (0FTd, 150 kg 20-10-10 and 150 kg of Urea/ha); T2 (0FTd, 75 kg 20-10-10 and 75 kg of Urea/ha); T3 (2.5 t/ha FTd, 0NPK and 0 Urea); T4 (5 t/ha FTd, 0NPK and 0 Urea); T5 (2.5 t/ha FTd, 75 kg 20-10-10 and 75 kg of Urea). Soil and *Tithonia* samples were collected and analyzed for nutrients contents. *Tithonia* leaves (FTd) were incorporated into the soil two weeks before maize sowing. Physico-chemical laboratory analyses were carried out on soil samples and *Tithonia* leaves. Highly significant differences ($p = 0.006$ and $p < 0.000$ respectively) were observed between treatments in the first and second cropping season for maize grain yields which varied between 1.8 to 6.4 t.ha⁻¹; with the highest values obtained in T4 and T5 and the lowest in T0. The general trend of productivity was ranked as: T5=T4 >T1>T3>T2>T0. No significant difference was observed for all the soil properties tested. However, in the general trend, most soil properties tended to increase at the end of the experiment, excepted sand content, pH and available phosphorus. With the acceptability index (IA) of more than 2 in T4 (2.65) and T5 (2.53), the study has shown that *Tithonia diversifolia* has a potential for improving plant nutrient availability in these soils for the cultivation of maize without chemical fertilizers.

Introduction

Au Cameroun comme dans la plupart des pays au Sud du Sahara, l'augmentation de la pression démographique a entraîné une intensification des

pratiques agricoles et une extension des surfaces cultivées qui s'est traduite par une réduction du temps de jachères. Cette situation non seulement prédispose

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Yaoundé, Cameroun.

²Consultant indépendant, Yaoundé, Cameroun.

*Adresse pour correspondance: Kaho François, Chargé de Recherche IRAD BP: 2067, Yaoundé, Cameroun.

E-mail: gicosgroupe@yahoo.fr/ kahofrancois@rocketmail.com

le sol à l'érosion, mais entraîne aussi un épuisement rapide de ses éléments nutritifs notamment l'azote et le phosphore (10, 12, 23).

Sur le plan agricole, les conséquences se traduisent par de faibles rendements pour les principales cultures vivrières. Par exemple, la réduction de la durée de jachère de six à moins de deux ans dans la zone de savane humide du Nigeria et du Bénin a eu pour conséquence des baisses de rendement du manioc de 11 t.ha⁻¹ à moins de 2 t.ha⁻¹ (18). Sur le plan de la qualité du sol, l'intensification des cultures entraîne toujours une baisse du niveau de fertilité du sol; les effets négatifs les plus apparents sont la diminution du taux de matière organique associée à la réduction de la quantité d'azote dans le sol et l'envahissement des terres cultivées par les mauvaises herbes (1). La fertilisation minérale conventionnelle est incompatible avec le contexte économique du paysan camerounais du fait du prix élevé des engrais minéraux. De plus, les travaux récents ont montré que la productivité des sols sous les tropiques baisse même avec l'utilisation continue des engrais chimiques seuls (1). Les engrais organiques seuls sont insuffisants pour compenser le faible niveau des éléments nutritifs dans les sols tropicaux (15, 21). Les engrais organiques de par leurs effets bénéfiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, et donc sur la croissance des plantes permettraient de rendre plus efficace l'utilisation de doses modestes d'engrais minéraux (8, 21). Cependant, le succès de cette stratégie dépendra de la qualité du matériel organique utilisé et de la quantité d'éléments nutritifs contenue

dans ce matériel (17).

La recherche sur les espèces agroforestières ayant un potentiel pour améliorer la fertilité des sols en zone forestière humide du Cameroun s'est focalisée principalement sur les légumineuses fixatrices d'azote (5, 10, 12, 13) et très peu d'attention a été accordée aux espèces non fixatrices d'azote. Il y a donc un besoin d'évaluer d'autres espèces en vue de diversifier les options disponibles et de réduire la dépendance des planteurs vis-à-vis de quelques espèces. Une étude a de ce fait été conduite pendant deux campagnes agricoles en 2005 en vue d'évaluer l'effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* (FTd) et des engrais chimiques sur les rendements de maïs et les propriétés du sol. *Tithonia diversifolia* (Hemsley A. Gray) (dénommé *Tithonia* dans le texte) est une espèce rudérale qui produit de grandes quantités de feuilles facilement décomposables et riches en éléments nutritifs (8, 16). Elle se multiplie facilement par graines et par boutures et pousse spontanément aux alentours des maisons et des routes (20).

Matériels et méthodes

Site d'étude

L'étude a été réalisée sur une parcelle de la ferme expérimentale du Centre Régional de Recherche Agricole de Nkolbisson, Yaoundé, Cameroun (3° 51' Nord et 11° 40' Est, 759 m d'altitude). La distribution annuelle des pluies est bimodale avec des pics en mai et octobre. La pluviométrie annuelle a varié entre 1134 et 2112 mm au cours des 16 dernières années (Figure 1). La température moyenne annuelle est de

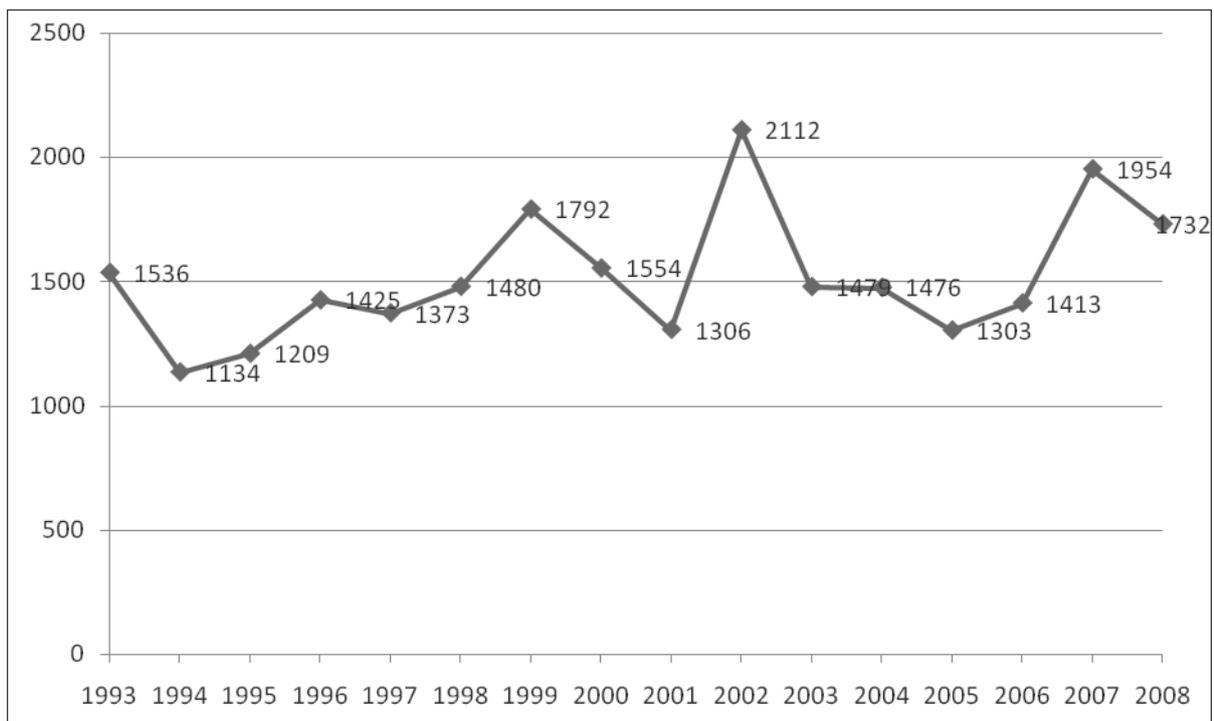


Figure 1: Pluviométrie (mm) des 16 dernières années à Yaoundé.

Source: Station Météorologique de Yaoundé Ville (2009).

24,7 °C. L'humidité relative varie entre 50-80% en saison sèche et 70-90% en saison de pluie.

Les sols sont acides et appartiennent au groupe des Acrisols d'après la base référentielle mondiale de la classification des sols (6). Le site a servi auparavant à l'élevage des petits ruminants pendant 5 ans et abandonné en jachère naturelle pendant deux ans. Cette jachère était dominée par les espèces suivantes: *Chromoleana o.*, *Commelina e.*, *Sida c.*, *Synedrella n.*, *Oxalis b.* et *Ipomea a.*

Dispositif expérimental et pratiques culturales

Le dispositif expérimental était un bloc complètement randomisé à six traitements et trois répétitions. Les traitements étaient les suivants: TO (sans engrais minéral, sans FTd), T1 (sans FTd, 1 dose d'engrais minéral), T2 (sans FTd, 1/2 dose engrais minéral), T3 (1/2 dose de FTd, sans engrais minéral), T4 (1 dose de FTd, sans engrais minéral), et T5 (1/2 dose de FTd, 1/2 dose engrais minéral). La dose recommandée de *Tithonia* est de 5 t/ha FTd alors celle recommandée pour les engrais minéraux est de 150 kg 20-10-10 plus 150 kg d'urée.ha⁻¹.

Au début de la campagne de mars 2005, la parcelle de jeune jachère a été défrichée à la machette et les résidus de végétation incorporés au sol pendant le labour manuel à la houe. Les feuilles fraîches de *Tithonia*, collectées aux alentours de la ferme, ont été manuellement incorporées au sol deux semaines avant le semis du maïs. L'engrais NPK (20-10-10) a été appliqué au semis alors que l'urée a été appliqué 4 semaines après le semis. Le maïs, de variété CMS 8704, a été semé avec une densité de 53 333 plantes.ha⁻¹. Deux sarclages manuels ont été effectués à 4 et 7 semaines après les semis. A maturité, les quatre lignes du milieu de chaque traitement ont été récoltées et le rendement grain ajusté à 15% d'humidité. Les parcelles ont subi les mêmes traitements en deuxième campagne.

Echantillonnage et analyse du sol et des feuilles de *Tithonia*

Au début de l'étude, dix échantillons composites de sol ont été collectés sur toute la parcelle à 0-15 cm de profondeur. En décembre 2005, les échantillons de sol ont également été collectés à la même profondeur dans chacune des 18 parcelles expérimentales. Ces échantillons de sol ont été analysés pour déterminer les caractéristiques suivantes: la texture (sable, limon, argile), le pH, le carbone organique, l'azote total, les bases échangeables (Ca, Mg, K) et le phosphore disponible. Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Nkolbisson, Yaoundé, selon les méthodes décrites par Anderson et Ingram (2), et Buondonno *et al.* (3). Deux échantillons de FTd, de 500 g chacun, ont également été analysés dans le même laboratoire pour déterminer leurs

concentrations en azote, potassium, phosphore, calcium et magnésium.

Analyses statistiques des données

L'analyse de variance (ANOVA) et la séparation des moyennes (test de Newman -Keuls) ont été utilisées pour déterminer les différences entre les traitements, à l'aide du logiciel SAS (19). Les changements sur les caractéristiques de sol entre le début et la fin de l'étude ont été calculés à l'aide de la formule:

$$X\% = 100 \cdot (X_2 - X_1) / X_1$$

où: X_1 = valeur du paramètre considéré en début de l'essai et X_2 = valeur du paramètre considéré à la fin.

Analyse économique des traitements

Un indice d'acceptabilité (IA) a été calculé pour identifier le meilleur traitement facilement adoptable par les cultivateurs. Cet indice compare la rentabilité des nouveaux traitements au traitement de référence bien connu par les paysans. C'est donc le rapport des bénéfices des deux traitements: IA = Bénéfice du traitement / Bénéfice du témoin. Ainsi, une technologie ne peut être facilement adoptée que si la valeur de l'IA est égale ou supérieure à 2. L'adoption se fait avec réticence si cette valeur est entre 1,5 et 2; et en dessous de 1,5 il y a rejet.

Pour l'évaluation des bénéfices, les charges suivantes ont été prises en considération: l'achat des engrais chimiques, la collecte des feuilles de *Tithonia*, le transport et l'incorporation dans le sol. Le coût des engrais chimiques est celui observé sur le marché local (18.000 FCFA/50 kg). Le coût de la main-d'œuvre pour collecter, transporter et incorporer les feuilles de *Tithonia* dans le sol est celui calculé par Nziguleba *et al.* (22) et dont le coût moyen est d'environ 1.200 FCFA/100 kg (2,5 US\$) soit 12 FCFA/kg. Le prix moyen du kg du maïs dans les marchés de Yaoundé est d'environ 300 FCFA.

Résultats et discussion

Composition chimique de la biomasse de *Tithonia diversifolia*

Le tableau 1 montre que les feuilles de *Tithonia* renferment des teneurs en azote comparables à la plupart des espèces utilisées en agroforesterie pour améliorer la fertilité du sol. Quant aux teneurs en P et K, elles sont nettement supérieures à celles contenues dans d'autres espèces. L'aptitude d'une espèce agroforestière à améliorer la productivité d'un sol dépend, en effet, de son rendement en biomasse, de la qualité de cette biomasse et de sa vitesse de décomposition (4, 17). Les analyses montrent que les feuilles de *Tithonia* sont très riches en éléments nutritifs. De plus, *Tithonia* est une espèce rudérale qui pousse spontanément aux alentours des cases et des routes et produit une biomasse abondante

Tableau 1
Comparaison de la composition chimique des feuilles de *Tithonia* à celle de quelques espèces agroforestières

Espèces	Concentration					Source
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	
<i>Tithonia diversifolia</i>	3,53	0,42	4,7	3,52	0,45	<i>Cette étude</i>
<i>Desmodium intortum</i>	1,79	0,30	0,58	1,70	0,28	<i>Kaho et al. 2009</i>
<i>Pueraria phaseoloides</i>	2,17	0,37	0,59	2,75	0,32	<i>Kaho et al. 2009</i>
<i>Calliandra calothyrsus</i>	3,4	0,15	1,1	nd	nd	<i>Jama et al. 2000</i>
<i>Crotalaria grahamiana</i>	3,2	0,15	nd	nd	nd	<i>Jama et al. 2000</i>
<i>Lantana camara</i>	2,8	0,25	2,1	nd	nd	<i>Jama et al. 2000</i>
<i>Leucaena leucocephala</i>	3,8	0,20	1,9	nd	nd	<i>Jama et al. 2000</i>
<i>Sesbania sesban</i>	3,7	0,23	1,7	nd	nd	<i>Jama et al. 2000</i>
<i>Tephrosia vogelii</i>	3,0	0,19	1,0	nd	nd	<i>Jama et al. 2000</i>

Légende: n.d.= non déterminé

et facilement décomposable. Par conséquent, cette espèce présente d'énormes potentialités par rapport aux espèces classiques couramment utilisées en agroforesterie pour améliorer la fertilité du sol et qui nécessitent des coûts importants pour leur mise en place et leur gestion.

Caractéristiques initiales du sol

Le tableau 2 montre que le sol du site d'étude est acide, avec une texture argilo-sableuse. Le ratio limon/argile est de 0,23; indiquant que ce sol est relativement jeune. Il a été démontré par Van Wanbeke (22) que dans les vieux sols ou les sols hautement lessivés, le ratio limon/argile est inférieur à 0,15. Le phosphore disponible (18,80 ppm) et le calcium échangeable (6,93 cmol.kg⁻¹) semblent plus élevés par rapport aux valeurs de référence trouvées par d'autres auteurs dans la zone forestière humide du Cameroun (7, 23). Les analyses de sol de trois blocs

(Yaoundé, Mbalmayo et Ebolowa) du site de recherche de référence de la zone forestière ont montré que le P disponible est compris entre 2,5 et 4,2 ppm; alors que les valeurs de Ca échangeable varient de 1,4 à 3,2 cmol.kg⁻¹ dans les 15 centimètres du sol (7). Les valeurs élevées trouvées pour ces paramètres dans le site de la présente étude pourraient provenir du fait qu'il a servi pour l'élevage de caprins pendant plus de cinq ans avant la réalisation de l'expérimentation. Ceci voudrait dire que la jachère de 2 ans qui a suivi l'abandon de la parcelle par les animaux n'a pas pu éliminer l'effet des excréments de ceux-ci sur le sol.

Effet des différents traitements sur les propriétés du sol

Les propriétés physiques et chimiques du sol ont été analysées au début et à la fin de l'étude en vue de déterminer l'effet des différents traitements sur le sol. Un échantillon représentatif a été analysé au début de

Tableau 2
Propriétés de sol (0-15 cm) avant et à la fin de l'essai en 2005

	Sable %	Argile %	Limon %	pH eau	C %	N %	P ppm	K Ca Mg		
								cmol/kg		
Initial	41,6	47,32	11,08	5,46	1,56	0,133	18,8	0,09	6,93	0,55
à la fin										
T0	36,91	51,6	11,39	5,42	1,82	0,16	11,89	0,12	10,73	1,07
T1	39,37	50,6	11,02	5,35	2,05	0,18	11,4	0,11	10,04	0,81
T2	37,58	51,93	10,48	4,97	1,89	0,16	10,82	0,13	8,92	0,69
T3	40,04	49,6	10,36	5,16	2,15	0,19	12,38	0,17	9,66	1,08
T4	38,01	51,26	10,72	5,06	1,87	0,19	10,31	0,17	8,01	0,7
T5	37,58	50,26	12,14	4,97	2,08	0,16	10,22	0,15	8,42	0,86

Légende: T0: sans engrais minéral, sans *Tithonia*; T1 (OFTd, 150 kg 20.10.10 et 150 kg urée); T2 (OFTd, 75 kg 20.10.10 et 75 kg urée); T3 (2,5 t/ha de FTd); T4 (5 t/ha de FTd); T5 (2,5 t/ha de FTd, 75 kg 20-10-10 et 75 kg d'urée). Prob.= probabilité.

Tableau 3

Pourcentage de changement des propriétés du sol dans les différentes parcelles après deux campagnes de culture en 2005

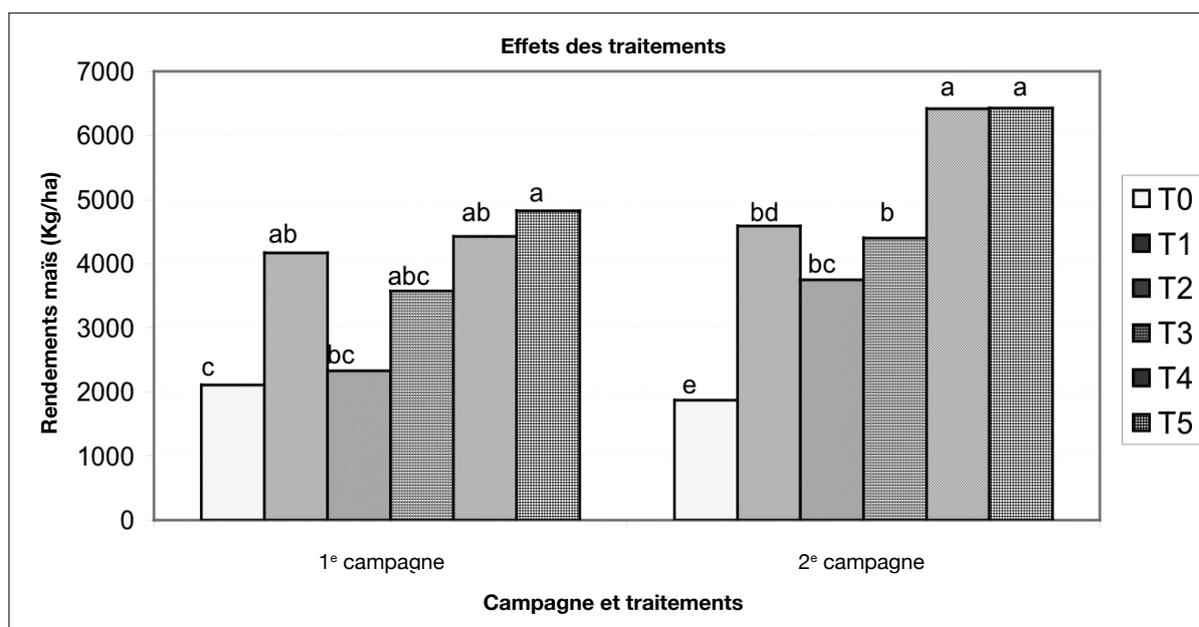
	Sable	Argile	Limon	pH	C	N	P	K	Ca	Mg
T0	-11	9	3	-1	17	20	-37	33	55	95
T1	-5	7	-1	-2	31	35	-39	22	45	47
T2	-10	10	-5	-9	21	20	-42	44	29	25
T3	-4	5	-6	-5	38	43	-34	89	39	96
T4	-9	8	-3	-7	20	43	-45	89	16	27
T5	-10	6	10	-9	33	20	-46	67	22	56

Légende: T0: sans engrais minéral, sans *Tithonia*; T1 (OFTd , 150 kg 20.10.10 et 150 kg urée); T2 (OFTd , 75 kg 20.10.10 et 75 kg urée); T3 (2,5 t/ha de FTd); T4 (5 t/ha de FTd); T5 (2,5 t/ha de FTd, 75 kg 20-10-10 et 75 kg d'urée). Prob.= probabilité.

l'essai; alors qu'à la fin de l'étude les analyses ont été faites pour chaque parcelle expérimentale. Le tableau 2 présente les résultats de ces analyses et les taux de changements de chaque élément survenus dans ce sol pendant l'étude sont présentés dans le tableau 3. Après les deux campagnes de culture, bien qu'aucune différence statistiquement significative n'ait été mise en évidence entre les traitements pour toutes les propriétés de sol testées (Tableau 2), des taux de variation considérables sont observés pour les différents paramètres analysés après deux campagnes de culture (Tableau 3). Par rapport aux valeurs initiales reprises dans le tableau 2, la tendance générale (Tableau 3) montre une augmentation pour la majorité des paramètres mesurés, exceptés le pH, le phosphore et la teneur en sable qui ont connu des baisses pour tous les traitements (taux de variation négatifs). La baisse du pH dans les parcelles ayant reçu des engrais chimiques corrobore les résultats de travaux antérieurs qui ont révélé l'effet acidifiant des engrais chimiques sur les Alfisols et Ultisols au

Ghana et au Nigeria (11, 21). Le fait que les parcelles traitées au *Tithonia* aient aussi connu une baisse de pH nous amène à penser que les feuilles de *Tithonia* pourraient aussi contenir les constituants acidifiants. Aux Philippines, Mac Dicken (14) a également observé une baisse du pH sous une canopée de *Leucaena leucocephala* et l'a attribué à l'effet des composés acidifiants contenus dans les feuilles de *Leucaena*. Des études biochimiques approfondies permettraient d'identifier les composés responsables de l'acidification des sols enrichis en feuilles de *Tithonia*.

Il est cependant important de noter que cette baisse de pH et du P disponible ne semble pas affecter le rendement du maïs dans ce contexte. L'amélioration générale des autres propriétés du sol est associée à une augmentation générale des rendements en maïs grains, jusqu'à près de 20% en deuxième campagne, dans tous les traitements comparés excepté dans les parcelles T0 qui ont connu une baisse de production de 2%.

Figure 2: Effet des différents traitements sur les rendements de maïs 1^{ère} et 2^{ème} campagne 2005 (kg.ha⁻¹).

Légende: T0 (OF, OTd): sans engrais minéral, sans *Tithonia*; T1 (OTd , 150 kg 20.10.10 et 150 kg urée); T2 (OTd , 75 kg 20.10.10 et 75 kg urée); T3 (2,5 t/ha de FTd); T4 (5 t/ha de FTd); T5 (2,5 t/ha de FTd , 75 kg 20-10-10 et 75 kg d'urée).

Par campagne, les barres avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au sein de probabilité $p < 0,05$.

Effet des différents traitements sur le rendement du maïs

L'effet des différents traitements sur le rendement en grains du maïs au cours des deux campagnes est présenté dans la figure 2. Des différences hautement significatives ont été observées lors de la première et de la deuxième campagne ($p=0,006$ et $p<0,000$ respectivement). Les rendements les plus élevés sont obtenus avec les traitements T4 et T5 et les plus bas avec le traitement T0. A la fin de l'étude, le classement des traitements selon leur influence positive sur le rendement est le suivant: $T_5=T_4>T_1>T_3>T_2>T_0$. Même le traitement T3 qui n'a reçu que les feuilles de *Tithonia* à la 1/2 dose recommandée a produit un rendement comparable au traitement T1 (fertilisation minérale complète). Bien que le rendement T3 soit légèrement inférieur au rendement T1, la différence n'est pas statistiquement significative. En faisant la comparaison des ratios rendements/coûts de production, le traitement T3 (0,132) est nettement au-dessus de T1 (0,041). Cela nous amène à conclure que le *Tithonia*, qui est abondamment présent dans les villages du site d'étude, pourrait constituer une bonne alternative aux engrais minéraux qui ne sont d'ailleurs pas à la portée des paysans de la région. Cependant, sur le plan environnemental, la promotion de cette technologie devrait dépendre de la maîtrise de l'effet acidifiant de cette plante.

Par ailleurs, le traitement sous *Tithonia* seul à la dose recommandée (T4) a donné des résultats similaires à ceux obtenus avec la 1/2 dose de FTd et 1/2 dose d'engrais minéraux (T5). Cela semble suggérer que la synchronisation de la libération des éléments nutritifs par les feuilles pendant leur décomposition et leur assimilation par la plante test était bonne. En effet, Cobo *et al.* (4) et Palm (17) ont montré que le taux de décomposition de la matière organique et l'augmentation des rendements était étroitement lié à la synchronisation entre la libération des nutriments et leur assimilation par la plante. Les feuilles de *Tithonia* incorporées dans le sol semblent donc avoir un taux de décomposition convenable qui a permis à la plante d'assimiler une grande proportion des nutriments libérés

lors de la décomposition de la matière organique. Des résultats similaires obtenus au Kenya par Muna-Mucheru *et al.* (15) ont montré que les parcelles ayant reçu la biomasse de *Tithonia* (avec ou sans engrais chimiques) ont donné des rendements de maïs les plus élevés (5,5 et 5,4 t.ha⁻¹ respectivement). De même, Jama *et al.* (8) ont rapporté que les rendements en grain de maïs étaient supérieurs sur les parcelles de *Tithonia* seul comparés aux parcelles ayant reçu seulement les engrais chimiques. Il est aussi établi dans la littérature que les sols déficients en azote sont susceptibles de répondre mieux à l'application des engrais organiques (18). Les bons rendements obtenus avec T5 (1/2 dose de *Tithonia* et 1/2 dose d'engrais minéral) suggèrent que l'engrais chimique apporté dans ce traitement pourrait accélérer le processus de minéralisation et de libération des nutriments contenus dans les feuilles de *Tithonia*.

L'augmentation significative des rendements de maïs constatée en deuxième campagne pour tous les traitements impliquant l'apport du *Tithonia* suggère un effet résiduel cumulatif de l'ajout des feuilles de *Tithonia* au cours du temps. Ce qui est d'ailleurs confirmé par les autres auteurs comme Thorsm-Smestad *et al.* (20) qui ont rapporté que *Tithonia* appliqué à la dose de 5 t.ha⁻¹ a triplé les rendements de maïs la saison suivante après son incorporation au sol dans l'ouest du Kenya. Une étude de longue durée permettrait de mieux appréhender l'ampleur de cet effet résiduel cumulatif sur plusieurs saisons en culture continue.

Analyse économique des différents traitements

Les résultats d'Indice d'Acceptabilité présentés dans le tableau 4 montrent que les traitements T1 (IA= 2,02), T4 (IA= 2,65) et T5 (IA= 2,53) peuvent être proposés aux paysans avec plus de chance d'adoption. Mais lorsqu'on connaît le faible pouvoir d'achat de la plupart des paysans de la zone d'étude, l'option T4 (5 t.ha⁻¹ de *Tithonia*) qui a le plus grand IA est la plus recommandable. Les études similaires faites au Kenya par Muna-Mucheru *et al.* (15) et Jama *et al.* (8) ont également montré que l'option T4 (5t.ha⁻¹ de FTd) procurait les marges bénéficiaires les plus élevées.

Tableau 4
Analyse économique des différents traitements

Traitements	Coût des engrais chimiques (FCFA/ha)	Coût feuilles <i>Tithonia</i> (FCFA/ha)	Coûts variables totaux (FCFA/ha)	Rendement maïs (deux campagnes) (kg/ha)	Revenu brut (FCFA/ha)	Bénéfice brut (FCFA/ha)	Indice d'acceptabilité (IA)
T0	0	0	0	2000	600 000	600 000	/
T1	108 000	0	108 000	4400	1 320 000	1 212 000	2,02
T2	54 000	0	54 000	3000	900 000	846 000	1,41
T3	0	30 000	37 500	3950	1 185 000	1 155 000	1,93
T4	0	60 000	75 000	5500	1 650 000	1 590 000	2,65
T5	54 000	30 000	91 500	5600	1 600 000	1 516 000	2,53

Légende: T0: sans engrais minéral, sans *Tithonia*; T1 (OFTd, 150 kg 20.10.10 et 150 kg urée); T2 (OFTd, 75 kg 20.10.10 et 75 kg urée); T3 (2,5 t/ha de FTd); T4 (5 t/ha de FTd); T5 (2,5 t/ha de FTd, 75 kg 20-10-10 et 75 kg d'urée). Prob. = probabilité.

Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré qu'en dehors des espèces fixatrices d'azote couramment utilisées en agroforesterie, d'autres espèces (non fixatrices d'azote) parmi lesquelles *Tithonia diversifolia*, peuvent améliorer la fertilité du sol et augmenter de façon significative les rendements de culture d'une campagne à l'autre. Dans les conditions de cet essai, *Tithonia* présente un grand potentiel pour l'amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs de sol et peut fournir les quantités des nutriments nécessaires à la

culture du maïs sans apport d'engrais inorganiques; ce qui est capital pour les petits agriculteurs de la zone d'étude. D'autres études sont cependant, nécessaires pour quantifier la durabilité de cet effet.

Remerciements

Nous remercions la Banque Africaine de Développement qui a financé les analyses de sol et des plantes.

Références bibliographiques

- Ahuja L.R., 2003, Quantifying agricultural management effects on soil properties and processes, *Geoderma*, 116, 1-2.
- Anderson J.M. & Ingram J.S., 1993, Tropical soil biology and fertility: handbook of methods. 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK.
- Buondonno H.O., Rashad A.A. & Coppola E., 1995, Comparing tests for soil fertility: the hydrogen peroxide/sulphuric acid treatment as an alternative to the cropper/selenium catalysed digestion process for routine determination of soil nitrogen-kjeldahl, *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 26, 1607-1619.
- Cobo J.G., Barrios E., Kaas D.C.L & Thomas R.J., 2002, Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil, biology and fertility of soils, 36, 87- 92.
- Duguma B. & Mollet M., 1997, Provenance evaluation of *Calliandra calothyrsus* Meissner in the humid lowland of Cameroon, *Agroforestry Systems*, 37, 45-57.
- FAO-ISRIC, 2006. World reference base for soil resources. FAO, Rome.
- International Institute of Tropical Agriculture-Humid Forest Ecoregional Centre (IITA-HFEC), 1999, The Forest Margin Benchmark area in Southern Cameroon. IITA, Yaoundé.
- Jama B., Palm C.A., Buresh R.J., Niang A.I., Gachengo C. & Nziguheba G., 2000, *Tithonia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. *Agroforestry Systems*, 49, 201-221.
- Kaho F., Nyambi Na-ah G., Yemefack M., Yongue-Fouateu R., Amang-Abang J., Bilong P. & Tonyé J., 2009, Screening of seven plant species for short term improved fallow in the humid forest zone of Cameroon, *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 40, 1-10.
- Kaho F., Yemefack M., Yongue-Fouateu R., Kanmegne J. & Bilong P., 2007, Potentials of *Calliandra calothyrsus* Meissner for improving soil fertility and crop performance in the Forest Savannah-Transition Zone of Cameroon, *Nigerian Journal of Soil and Environmental Research*, 7, 33-44.
- Kaho F., Yemefack M. & Quashie-Sam J., 2002, Soil fertility changes under *Leucaena leucocephala* woodlot and their consequences on the succeeding crop in the humid forest zone of Ghana, *Nigerian Journal of Soil Research*, 3, 39-44.
- Kaho F., Yemefack M., Nguimgo B.A.K. & Zonkeng C.G., 2004, The effect of short rotation *Desmodium distortum* planted fallow on the productivity of Ultisols in Centre Cameroon, *Tropicultura*, 22, 1, 49-55.
- Kanmegne J., Duguma B., Henrot J. & Isirimah N.O., 1999, Soil fertility enhancement by planted tree fallow in the humid lowland of Cameroon, *Agroforestry Systems*, 46, 239-249.
- Mac Dicken K.G., 1991, Impacts of *Leucaena leucocephala* as a fallow improvement in shifting cultivation. pp. 185-192, *in: Agroforestry: principles and practices*. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- Muna-Mucheru M., Mugendi D., Kung'u J., Mugwe J. & Bationo A., 2007, Effects of organic manure and mineral fertilizer inputs on maize yield and soil chemical properties in a maize cropping system in Meru South District, Kenya, *Agroforestry Systems*, 69, 189-197.
- Nyasimi M.A., Amadalo B. & Obonyo E., 1997, Using the Wild Sunflower *Tithonia* in Kenya for soil fertility and crop yield improvement. ICRAF – KARI – KEFRI.
- Palm C.A., 1995, Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants, *Agroforestry Systems*, 30, 105-124.
- Sanginga N.B., Ibewiro P., Hounnandan B., Vanlauwe J.A., Okogun I.O., Akobundu & Verster, 1990, Evaluation of symbiotic properties and nitrogen contribution of *Mucuna* growth in the derived Savanna of West Africa, *Plant and soil*, 179, 119-129.
- SAS Institute INC, 2003, SAS/STAT Software release: changes and enhancements through 6.12. SAS Institute INC, Cary, USA.
- Thorsm Smestad B., Tiessen H. & Buresh K.J., 2002, Short fallows of *Tithonia diversifolia* and *Crotalaria grahamiana* for soil fertility improvement in Western Kenya, *Agroforestry Systems*, 55, 181-194.
- UyoYbesere E.O. & Elemo K.A., 2000, Effect of inorganic fertilizer and foliage of *Azadirachta* and *Parkia* species on the productivity of early maize, *Nigerian Journal of Soil Research*, 1, 17-22.
- Van Wambeke A., 1981, Criteria for classifying tropical soils by age, *J. Soil Sc.*, 13, 124-132.
- Yemefack M., Jetten V.G. & Rossiter D.G., 2006, Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics under shifting cultivation systems, *Soil & Tillage Research*, 86, 84-98.

F. Kaho, Camerounais, Ingénieur Agronome, Master of Science en Agroforesterie, Doctorant Université de Yaoundé I, Chargé de Recherches, Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Yaoundé, Cameroun.

M. Yemefack, Camerounais, Ph.D. en Sciences du Sol, Maître de Recherches, Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Yaoundé, Cameroun.

P. Feujio Teguefouet, Camerounais, Ingénieur Agronome, Master of Science en Phytopathologie, Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Yaoundé, Cameroun.

J.C. Tchanchauang, Camerounais, D.E.S.S en Agroforesterie, Consultant Indépendant, Yaoundé, Cameroun.