



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effets des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* et des engrais minéraux sur la croissance, le développement et le rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en zone forestière du Cameroun

Eloi Gervais BILONG^{1,2*}, Francis NGOME AJEBESONE¹,
Monique ABOSSOLO-ANGUE², BIRANG À MADONG¹,
Samuel Michel NDAKA BONGUEN¹ et Paul BILONG²

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP: 2123 Yaoundé, Cameroun.

²Université de Yaoundé 1, Faculté des Sciences,

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, BP: 812 Yaoundé, Cameroun.

*Auteur correspondant ; E-mail: bilongeloi@yahoo.fr, Tel.: (+237) 674 926 004.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le projet C2D-PAR-MANIOC de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) et du Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MINRESI) pour avoir financé l'intégralité des activités relatives à cette étude.

RESUME

L'amélioration de la productivité des sols ferrallitiques en zone forestière peut être possible grâce aux intrants locaux en complément à la fertilisation minérale. L'objectif étant d'évaluer l'effet d'un apport de biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* sur la performance du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en zone forestière du Cameroun. L'essai a été installé suivant un dispositif factoriel. Les traitements, en trois répétitions, comprenaient deux variétés (améliorée et locale) et une dose unique de biomasses *Tithonia diversifolia* (6 t_{ha}⁻¹) appliquées seules ou en combinaison à 100 kg d'engrais minéral composé 14-24-14(NPK) +5(S+) +3,5(MgO) et comparées aux témoins sans fertilisation et avec engrais minéral seul. Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation de biomasses de *Tithonia diversifolia* comme fertilisant est à recommander étant donné qu'elles favorisent le bon développement du manioc et permet d'accroître les rendements. Les plants traités à la dose de 6 t_{ha}⁻¹ de biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* combinée à 100 kg d'engrais minéraux ont eu un rendement moyen en tubercules frais de 29,58±0,42 t_{ha}⁻¹ pour la variété améliorée et 22,8±4,36 t_{ha}⁻¹ pour la variété locale, contrairement aux témoins où l'on a enregistré 17,4 ± 4,34 t_{ha}⁻¹ pour la variété améliorée et 11,8 ± t_{ha}⁻¹ pour la variété locale. Le rendement en tubercules des plants amendés par les biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* combinées aux engrais minéraux a augmenté significativement (P <0.01) avec une moyenne de 11 t_{ha}⁻¹ pour la variété locale et 12,8 t_{ha}⁻¹ pour la variété améliorée, soit environ 48 et 43% respectivement par rapport aux témoins locale et améliorée. L'étude a montré que les biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* peuvent être utilisées comme complément à la fertilisation minérale pour améliorer la productivité des sols ferrallitiques.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Biomasse verte, engrais, *Manihot esculenta* Crantz, rendement, sols ferrallitiques, zone forestière du Cameroun.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

3013-IJBACS

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.24>

Effects of *Tithonia diversifolia* green biomass and mineral fertilizer on the growth, development and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in the forest zone of Cameroon

ABSTRACT

Improving the productivity of ferralitic soils in forest areas may be possible through local inputs in addition to mineral fertilization. The aim of this study was to evaluate the effect of green biomass of *Tithonia diversifolia* on the performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in the forest zone of Cameroon. The experiment was performed with a factorial design. The treatments in three replicates included two varieties (improved and local) and a single dose of *Tithonia diversifolia* green biomass (6 t ha⁻¹) applied alone or in combination to 100 kg of 14-24-14 (NPK) mineral composite fertilizer + 5 (S +) +3.5 (MgO) and compared to controls without fertilization and with inorganic fertilizer alone. The results obtained showed that the use of *Tithonia diversifolia* green biomass as fertilizer is recommended because it favors development of cassava and increases yield. Plants treated with 6 t ha⁻¹ of *Tithonia diversifolia* green biomass combined with 100 kg of mineral fertilizer yielded 29.58 ± 0.42 t ha⁻¹ and 22.8 ± 4.36 t ha⁻¹ respectively for the improved and local variety, contrary to controls from which 17.4 ± 4.34 t ha⁻¹ and 11.8 ± 1.7 t ha⁻¹ were from improved and local variety respectively. The yield of plants treated with green biomass of *Tithonia diversifolia* combined mineral fertilizers significantly increased (P < 0.01) by 11 t ha⁻¹ for the local variety and 12.8 t ha⁻¹ for the improved variety (about 48% for the local variety and 43% for the improved variety), compared to controls. Green biomass of *Tithonia diversifolia* can therefore be used as complement to mineral fertilizer for improvement of ferralitic soils productivity.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Green biomass, fertilizer, *Manihot esculenta* Crantz, yield, ferralitic soils, forest zones, Cameroon.

INTRODUCTION

Au Cameroun comme la plupart des pays en Afrique sub-saharienne, le système d'utilisation des terres traditionnellement courant consiste en une phase de culture, suivie d'un abandon du champ dès qu'une baisse de rendement du travail se fait sentir. Cette phase de repos qui dure de nombreuses années permet une bonne reconstitution des potentialités du sol et de la biodiversité. En général, elle est mise à profit pour d'autres utilisations du milieu: pâturage de troupeaux domestiques, prélèvements de bois à usages divers (Fournier et al., 2001). Ce système, qui peut paraître archaïque, était en fait extrêmement bien adapté aux conditions de faible densité de population qui prévalaient dans ces régions jusqu'à une date récente (Todan et al., 2017). Actuellement, l'augmentation de la population, la tendance à

la sédentarisation et la sécheresse ont conduit à une forte augmentation des surfaces cultivées et à une diminution moyenne des temps de jachère (Bainville et Dufumier, 2007 ; Saidou et al. 2009 ; Mukendi et al., 2017 ; Todan et al., 2017).

Il est reconnu que dans le système traditionnel de jachère, le manioc vient généralement en fin d'association, parce qu'il peut encore donner un rendement convenable même dans les sols peu fertiles (McKey et al., 2012 ; Temegne et al., 2015). Cependant, il peut aussi produire beaucoup plus lorsqu'il est cultivé avec un supplément judicieux d'engrais. La fertilisation minérale conventionnelle est incompatible avec le contexte économique du paysan camerounais du fait du coût élevé des engrais minéraux (Kaho et al. 2011). 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 (Ahuja, 2003). Les engrais organiques seuls sont insuffisants pour compenser le faible niveau des éléments nutritifs dans les sols tropicaux (Mucheru-Muna et al., 2007 ; Uyo Ybesere et Elemo, 2000). 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 (Jama et al., 2000 ; Uyo Ybesere et Elemo, 2000). 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 (Segda et al., 2013). En dehors des espèces agroforestières fixatrices d'azote ayant un potentiel pour améliorer la fertilité des sols sous culture de manioc en Afrique subsaharienne, seuls les déchets d'élevage et les résidus de cultures sont utilisés pour la fertilisation des champs de manioc et très peu d'attention a été accordée aux espèces non fixatrices d'azote. La nécessité d'évaluer d'autres espèces en vue de diversifier les options disponibles s'impose. A cet effet, une étude a été conduite pendant une campagne agricole en 2015 en vue d'évaluer l'effet fertilisant des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* sur le manioc. *Tithonia diversifolia* Hemsley A. Gray est une espèce rudérale qui se multiplie facilement par graines et par boutures. Elle pousse spontanément aux alentours des maisons et des routes (Thorsm Smestad et al., 2002), et produit de grandes quantités de feuilles facilement décomposables et riches en éléments nutritifs (Jama et al., 2000 ; Kiye et al., 2013 ; Muliele et al., 2017). L'objectif de l'étude était d'évaluer les effets combinés des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* et des engrais minéraux sur la croissance, le développement et le rendement du manioc en zone forestière du Cameroun.

MATERIELS ET METHODES

Description du site

L'étude a été menée de juin 2015 à juillet 2016 dans le site de démonstration projet IRAD/C2D-PAR-MANIOC, dans la localité Awae IV sur l'axe routier Yaoundé-Mbalmayo, dans la région du Centre-Cameroun. Le site se situe à 3°41' latitude Nord, 11°47' longitude Est et 733 m d'altitude. Le climat de la zone est de type équatorial, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1800 mm et une température moyenne annuelle d'environ 25 °C. Les sols sont de types ferrallitiques fortement désaturés, avec des risques d'engorgements saisonniers dans les bas-fonds du fait de l'hydromorphie (Santoir et Bopda, 1995). La zone d'étude se trouve dans une forêt qui appartient au vaste ensemble que constitue la forêt dense humide semi-décidue de moyenne altitude du Cameroun. Au plan floristique, cette forêt est dominée par les Sterculiaceae et les Ulmaceae (Letouzey, 1968 ; Letouzey, 1985). Les techniques de culture sont identiques dans l'ensemble de la région. On note la prédominance de deux types de cultures dans la zone : les cultures vivrières et les cultures de rentes. La cacaoculture est la seule culture de rente. Les cultures vivrières comportent un grand nombre d'espèces différentes telles que le maïs (*Zea mays*), le manioc (*Manihot esculenta*), le macabo (*Xanthosoma mafaffa*), le bananier plantain (*Musa paradisiaca*), l'arachide (*Arachis hypogaea* L.), la patate douce (*Ipomoea batatas*) et le maraîcher. Cette production vivrière est destinée à la consommation locale, bien qu'une partie soit vendue sur le marché local.

Matériel végétal

Deux variétés de manioc ont été utilisées pour l'étude : une variété améliorée TMS 92/0326 (VA) et une variété locale. La variété 92/0326 provient de l'IRAD, elle a un bon potentiel de production même sur sol pauvre. Elle est réputée par sa résistance aux

maladies (mosaïque africaine du manioc et bactériose) et sa tolérance aux cochenilles. Son rendement moyen est 30 t.ha⁻¹ de manioc frais avec un taux de matière sèche de 35. La variété locale (VL) a été fournie par les paysans.

Matériel fertilisant

Le matériel fertilisant comprend l'engrais minéral composé NPK+Mg (12-12-24 + 5 MgO) et la fumure organique constituée de biomasses vertes (feuilles et tiges molles) de *Tithonia diversifolia*.

Expérimentation

Au début de l'étude, les échantillons composites de sol ont été collectés dans chacune des parcelles à 0-20 cm de profondeur. Ces échantillons de sol tout comme ceux des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* ont été analysés au laboratoire des sols, plantes et eaux de l'IRAD (Institut de la Recherche Agricole pour le Développement) pour déterminer leurs teneurs en N, P, K, Mg et Ca (Tableau 1).

La préparation du terrain a concerné le défrichage, le nettoyage et le buttage. Les buttes ont été confectionnées suivant des écartements de 1 m x 1 m dans chaque parcelle. Sept (7) jours après enfouissement

des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* dans les buttes, les boutures de manioc ont été plantées. L'engrais composé NPKMg (12-12-24 + 5 MgO) a été utilisé comme fumure de fond et de couverture. L'essai a été installé suivant un dispositif factoriel. Les traitements, en trois répétitions, comprenaient deux variétés de manioc (améliorée et locale) et une dose unique de biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (6 t.ha⁻¹) appliquées seules ou en combinaison à 100 kg (demi dose de référence) d'engrais minéral composé 14-24-14 (NPK) + 5 (S) + 3,5 (MgO) et comparées aux témoins sans fertilisation et avec engrais minéral seul. Trois (03), six (06) et neuf (09) mois après semis, les observations ont porté sur la hauteur des tiges (HT), le diamètre des tiges (DT) et le nombre de feuilles des tiges (FT). A la récolte (12 mois après semis), le nombre de tubercules frais par tige (NT), le poids moyen de tubercules frais par tige (PT) et le rendement en tubercules de manioc frais ont été enregistrés (RT).

Analyse statistique

L'analyse de variance (ANOVA) et la séparation des moyennes (test de DUNCAN) ont été utilisées pour déterminer les différences entre variétés de manioc et les traitements, à l'aide du logiciel SPSS 16.0.

Tableau 1 : Caractéristiques analytiques de sol et des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia*. (cmol.kg⁻¹).

	N _{total}	P _{total}	K _{total}	Mg _{total}	Ca _{total}	pH
Sol	1,81	7,36	0,55	1,44	4,34	5,84
	g/kg	mg/kg	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	
<i>Tithonia diversifolia</i>	3,53%	0,42%	4,7%	0,45	3,52	5,8

RESULTATS

Les résultats montrent dans l'ensemble des comportements différents des deux variétés de manioc étudiées, excepté les hauteurs moyennes des tiges (Tableau 2). En effet, à l'exception du nombre de tubercules de manioc par pieds, on note des différences significatives entre variétés au niveau des hauteurs des tiges, des diamètres des tiges, du nombre de feuilles, du taux d'infestation des plants par la mosaïque africaine du manioc, du nombre de tubercule par pieds et du rendement. La variété améliorée (92/0326) montre des tiges manioc de taille plus petite que la variété locale ($P < 0,01$), bien que cette dernière à son tour présente des tiges de petit diamètre par rapport à la variété améliorée ($P < 0,05$). Le taux d'infestation par mosaïque africaine du manioc très élevé dans la variété locale ($> 74\%$) reste par contre nulle dans la variété améliorée. Bien qu'on n'observe pas de différence significative entre les variétés ($P > 0,05$), le nombre de tubercules par pieds reste plus élevé dans la variété améliorée. Toutefois, le poids de tubercules par pieds et le rendement à l'hectare montrent des différences significatives entre les variétés, avec des valeurs plus élevées dans la variété améliorée ($P < 0,01$).

Les traitements n'ont pas influencé significativement la croissance en hauteur des tiges de manioc (Tableau 3). Toutefois, *Tithonia diversifolia* associé à l'engrais minéral montre des tiges de manioc de tailles plus petites quelque soit la variété. Par contre, le diamètre des tiges a significativement été influencé par les traitements, les plus grands diamètres étant observés sur *Tithonia diversifolia* associé à l'engrais minéral (Tableau 4). Aucune différence significative n'est observée au niveau du nombre de feuilles par tige dans l'ensemble des traitements (Tableau 5). Cependant, on note une baisse important du nombre de feuilles par tige à la maturité.

Bien que le nombre de tubercules par pieds soit sensiblement similaire quelle que soit la variété, *Tithonia diversifolia* associé à l'engrais minéral montre le plus grand nombre de tubercules par pieds de manioc. Le poids de tubercules par pieds et le rendement à l'hectare sont significativement élevés (2,28 à 2,95 kg et 22,8 à 29,58 tonnes respectivement) dans le traitement *Tithonia diversifolia* associé à l'engrais minéral, soit un accroissement de l'ordre 41 à 50% par rapport au control sans amendement (Tableau 6).

Tableau 2 : Influence de la variété sur le comportement du manioc.

Paramètres	Variétés		P	CV
	VL	VA		
Hauteur de plantes 9 mois (cm)	255,6±33,2 ^a	223,3±20,5 ^b	0,009	1003
Diamètre de plantes 9 mois (cm)	1,9±0,3 ^b	2,2±0,3 ^a	0,020	0,12
Nombre de feuilles à 9 mois	15,0±8,3 ^b	43,7±31,2 ^a	0,005	713,9
Taux de mosaïque africaine (%)	74,6±23,8 ^a	0,0 ^b	0,000	1725
Nombre de tubercules par pieds	4,37±1,4 ^a	4,9±1,6 ^a	0,384	2,23
Poids de tubercules/pieds (kg)	1,78±0,5 ^b	2,43±0,5 ^a	0,006	0,37
Rendement (t.ha ⁻¹)	17,8±5,2 ^b	24,3±5,2 ^a	0,006	37,2

VL: Variété locale; VA: Variété améliorée; P: probabilité; CV: coefficient de variation. Moyennes ± écart-type. Les différentes lettres indiquent les différences significatives au test de Duncan.

Tableau 3 : Effets des doses de biomasses de *Tithonia diversifolia*, des engrais minéraux et de leur combinaison sur la hauteur des tiges de manioc.

Doses fertilisants/ha	Hauteur de plantes 3		Hauteur de plantes 6		Hauteur de plantes 9	
	MAS (cm)		MAS (cm)		MAS (cm)	
	VL	VA	VL	VA	VL	VA
Control	133,7±14,5 ^a	138,3±6,8 ^a	244,3±2,2 ^a	225,0±2,3 ^a	273±32,4 ^a	236±15,6 ^a
100 kg NPK+S+MgO	132,3±9,2 ^a	135,7±5,7 ^a	241,7±1,9 ^a	208,7±4,7 ^a	261,6±30,1 ^a	214,3±21,3 ^a
<i>Tithonia diversifolia</i>	131±21,3 ^a	125,3±14,0 ^a	239,3±2,1 ^a	210,0±3,8 ^a	269,3±2,51 ^a	236,3±4,0 ^a
<i>Tithonia</i> + 100 kg NPK + S + MgO	125±19,3 ^a	111±25,5 ^a	213,0±2,2 ^a	206,3±3,6 ^a	218,6±35,6 ^a	206,6±24,0 ^a

VL: Variété locale; VA: Variété améliorée; MAS: mois après semis. Moyennes ± écart-type. Les différentes lettres indiquent les différences significatives au test de Duncan.

Tableau 4 : Effets des doses des biomasses de *Tithonia diversifolia*, des engrais minéraux et de leur combinaison sur le diamètre des tiges de manioc.

Doses fertilisants/ha	Diamètre de plantes 3		Diamètre de plantes 6		Diamètre de plantes 9	
	MAS (cm)		MAS (cm)		MAS (cm)	
	VL	VA	VL	VA	VL	VA
Control	1,3±0,2 ^a	1,4±0,1 ^c	1,5±0,6 ^c	1,8±0,8 ^c	1,6±0,1 ^b	2,0±0,3 ^b
100 kg NPK+S+MgO	1,5±0,2 ^{ab}	1,5±0,1 ^{bc}	1,7±0,1 ^{bc}	2,1±0,2 ^{ab}	1,9±0,15 ^{ab}	2,3±0,2 ^{ab}
<i>Tithonia diversifolia</i>	1,5±0,1 ^{ab}	1,7±0,1 ^{ab}	1,8±0,05 ^{ab}	2,0±0,3 ^{abc}	1,9±0,2 ^{ab}	2,1±0,3 ^{ab}
<i>Tithonia</i> + 100 kg NPK + S + MgO	1,7±0,1 ^b	1,8±0,3 ^a	2,1±0,06 ^a	2,3±0,3 ^a	2,2±0,3 ^a	2,4±0,3 ^a

VL: Variété locale; VA: Variété améliorée; MAS: mois après semis. Moyennes ± écart-type. Les différentes lettres indiquent les différences significatives au test de Duncan.

Tableau 5 : Effets des doses des biomasses de *Tithonia diversifolia*, engrais minéraux et de leur combinaison sur le nombre de feuilles des tiges de manioc.

Doses fertilisants/ha	Nombre de feuilles 3		Nombre de feuilles 6		Nombre de feuilles 9	
	MAS (cm)		MAS (cm)		MAS (cm)	
	VL	VA	VL	VA	VL	VA
Control	43,6±6,8 ^a	29,7±11,1 ^a	33,6±3,8 ^a	103,7±24,4 ^a	9,0±7,9 ^a	40,7±35 ^a
100 kg NPK+S+MgO	38,0±4,4 ^a	43,3±5,5 ^a	52,7±8,2 ^a	82,0±35,4 ^a	16,0±7,2 ^a	33,7±25,6 ^a
<i>Tithonia diversifolia</i>	46,0±19,9 ^a	47,3±3,8 ^a	40,3±2,5 ^a	86,7±29,4 ^a	20,3±6,8 ^a	39,0±15,1 ^a
<i>Tithonia</i> + 100 kg NPK + S + MgO	58,3±7,2 ^a	50,7±9,0 ^a	66,7±13,6 ^a	108,7±42,1 ^a	14,7±11 ^a	61,7±50,6 ^a

VL: Variété locale; VA: Variété améliorée; MAS: mois après semis. Moyennes ± écart-type. Les différentes lettres indiquent les différences significatives au test de Duncan.

Tableau 6 : Effets des doses des biomasses de *Tithonia diversifolia*, engrais minéraux et de leur combinaison sur les paramètres de rendement du manioc.

Doses fertilisants /ha	Nombre de tubercules par tige		Poids de tubercules par tige (kg)		Rendement en tubercules frais (t.ha ⁻¹)	
	VL	VA	VL	VA	VL	VA
Control	4,28±2,27 ^a	4,44±0,96 ^{ab}	1,18±0,17 ^b	1,74±0,43 ^b	11,8±1,7 ^b	17,4±4,34 ^b
100 kg NPK+S+ MgO	4,32±1,32 ^a	3,94±1,78 ^b	1,72±0,36 ^{ab}	2,48±0,37 ^{ab}	17,2±3,6 ^{ab}	24,83±3,77 ^{ab}
<i>Tithonia diversifolia</i>	3,89±1,62 ^a	4,33±0,6 ^{ab}	1,93±0,49 ^{ab}	2,53±0,17 ^{ab}	19,3±4,9 ^{ab}	25,3±1,73 ^{ab}
Tithonia + 100 kg NPK +S + MgO	5,0±0,5 ^a	6,94±1,11 ^a	2,28±0,43 ^a	2,95±0,04 ^a	22,8±4,36 ^a	29,58±0,42 ^a

V: Variété locale; VA: Variété améliorée; MAS: mois après semis. Moyennes±écart-type. Les différentes lettres indiquent les différences significatives au test de Duncan.

DISCUSSION

L'étude montre un taux d'infestation des plants par la mosaïque africaine du manioc très élevé chez la variété locale, contrairement à la variété améliorée où il est sensiblement nul. La non-occurrence de la mosaïque africaine chez la variété améliorée se traduit son caractère génétique résistant à cette maladie. Ces résultats corroborent ceux de Sarr et al. (2013) à l'Est Cameroun sur les interactions entre les variétés et les caractéristiques des sols. Par contre le fort taux d'infestation de la variété locale pourrait s'expliquer par les boutures provenant des plants infestés dans les champs paysans. Ce fort taux d'infestation de la variété locale pourrait également se justifier par la possible non résistance de la variété locale à la mosaïque africaine du manioc. Les travaux de Muengula-Manyi et al. (2013) et Zinga et al. (2016) en R.D. Congo ont attesté le caractère sensible des variétés locales de manioc à la mosaïque par rapport aux variétés améliorées plus résistants. Quant à la hauteur des tiges, celle-ci est moins élevée chez la variété améliorée que chez la variété locale. Cette faible croissance en hauteur de la variété améliorée peut s'expliquer par son caractère génétique (Temegne et al., 2015) peu croissant par rapport à la variété locale. Le type de traitement effectué semble ne pas avoir eu d'effet significatif sur la hauteur des tiges, bien que les plus forts taux de croissance aient été enregistrés sur le

traitement témoin (control). Ces résultats s'apparentent à ceux obtenus dans d'autres régions d'Afrique subsaharienne, notamment par Chukwuka et al. (2014) sur les effets fertilisants des biomasses de *Tithonia diversifolia* sur le manioc et Odedina et al. (2015) sur les effets fertilisants du fumier de volaille sur la même culture au Nigéria, montrant que la tendance générale de l'évolution de la croissance des tiges est à la baisse dans les parcelles amendées par rapport au traitement témoin. Le diamètre des tiges, plus élevé chez la variété améliorée que chez la variété locale, reste également plus élevé sur les parcelles traitées au *Tithonia diversifolia* combiné aux engrais minéraux et celles traitées au *Tithonia diversifolia* seul ou aux engrais minéraux seuls. Ceci serait dû à la grande disponibilité d'éléments minéraux et à l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol du fait de la combinaison de la fumure organique et de la fumure minérale. Ces résultats corroborent à ceux de Kaho et al. (2011) et Ngosong et al. (2016) au Cameroun qui ont montré que la combinaison ou non des biomasses de *Tithonia diversifolia* aux engrais inorganiques améliorait la fertilité du sol et la production du maïs et de la tomate. La variété améliorée est plus feuillue que la variété locale. Ce caractère feuillu de la variété améliorée par rapport à la variété locale peut se justifier par son caractère génétique résistant à la mosaïque. L'une des conséquences de la mosaïque du manioc est le

rabougrissement des feuilles et le ralentissement de la croissance végétative du manioc (Thresh et Corter, 2005 ; Onzo et al. 2012). Le ralentissement de la croissance végétative du fait de la présence de la mosaïque semble justifier caractère moins feuillue de la variété locale. Quant au rendement, cette étude a démontré la capacité des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* combinées aux engrais minéraux ou non, à améliorer la production du manioc sur un sol ferrallitique. Le nombre de tubercules par tige est plus élevé chez la variété améliorée que chez la variété locale. Ce nombre de tubercules par tige reste plus élevé sur les parcelles traitées au *Tithonia diversifolia* combiné aux engrais minéraux que sur les autres parcelles. Egalement, le poids de tubercules par tige et le rendement en tubercules frais sont plus élevés chez la variété améliorée que chez la variété locale et quelque soit le traitement effectué. Les travaux d'Ambang et al. (2009) sur résistance à la mosaïque virale de *Manihot glaziovii* par greffage sur *M. esculenta* ont montré une baisse de rendement en tubercules de l'ordre de 40% chez les plants à forte sévérité d'attaque par la mosaïque virale, ce qui pourrait justifier les rendements relativement bas de la variété locale. Les meilleurs rendements sont obtenus sur les parcelles traitées au *Tithonia diversifolia* combiné aux engrais minéraux suivies de celles traitées au *Tithonia diversifolia* seul ou aux engrais minéraux seuls. Ces résultats confirment ceux obtenus par Ballot et al. (2016) dont les travaux en Centrafrique ont montré un accroissement du rendement de manioc de plus de 50% du fait de la fertilisation. Les meilleurs rendements obtenus dans les parcelles traitées avec *Tithonia diversifolia* combiné aux engrais minéraux sont le résultat de la grande disponibilité en éléments minéraux et de l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol du fait de la combinaison de la fumure organique et de la fumure minéral. Ces résultats s'apparentent à ceux obtenus sur la fertilisation organique et/ou inorganique du manioc dans d'autres régions d'Afrique subsaharienne, notamment

par Acquah (2009) sur le manioc au Ghana et Kolawole et al. (2014) sur la même culture au Nigéria, montrant que la tendance générale de l'évolution des propriétés de sol testées et du rendement était à la hausse par rapport au traitement témoin. Des résultats similaires obtenus par Kasongo et al. (2013) en R.D. Congo sur le soja et le maïs, Shokalu et al. (2010) sur *Celosia argentea* au Nigéria ont montré que les parcelles ayant reçu les biomasses de *Tithonia diversifolia* (avec ou sans engrais chimiques) ont donné des rendements plus élevés comparées au témoin.

Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que les biomasses fraîches de *Tithonia diversifolia* combinées ou pas aux fertilisants inorganiques, améliorent de façon significative le développement et les rendements du manioc. Dans les conditions de cet essai, *Tithonia* présente un grand potentiel pour l'amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs du sol et peut fournir les quantités des nutriments nécessaires à la culture du manioc avec peu ou sans apport d'engrais inorganiques. En outre, les plants de manioc des parcelles traitées aux biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* seules ou combinées aux engrais minéraux sont montrant un meilleur développement par rapport au témoin. Egalement, les rendements obtenus avec les biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* se rapprochent de ceux obtenus avec les engrais minéraux, mais sont de loin supérieurs au témoin. Cependant, les meilleurs rendements sont enregistrés sur les parcelles avec biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* combinées à de faibles quantités d'engrais minéraux, ce qui est capital pour les petits agriculteurs de la zone d'étude, vu le coût élevé des engrais minéraux disponible sur le marché.

CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

EGB a participé à la mise en place des essais et la collecte et analyse des données. FNA a participé à l'élaboration du protocole, la revue de l'article et la traduction du résumé en anglais. MAA a participé à la revue de l'article et la collecte des données. BAM a contribué à l'élaboration du protocole et la mise en place des essais. SMNB a contribué à l'élaboration du protocole et la collecte des données. PB a participé aux analyses des données et la revue de l'article.

REFERENCES

- Acquaah M. 2009. Effect of *Gliricidia sepium* and *Senna siamea* prunings on the growth and root yield of cassava. Thesis in agroforestry, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi.
- Ahuja LR. 2003. Quantifying agricultural management effects on soil properties and processes. *Geoderma*, **116**: 1-2. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00090-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00090-9)
- Ambang Z, Amougou A, Ndongo B, Nantia J, Chewachong GM. 2009. Résistance à la mosaïque virale de *Manihot glaziovii* par greffage sur *M. esculenta*. *Tropicicultura*, **27**(1): 8-14.
- Ballot CSA, Semballa S, Atakpama W, Yangakola TM, Bo-Mbi AD, Blavet D, Zinga I, Kpérkouma W, Batawila K, Koffi A. 2016. Effet de fumures minérales sur le rendement et la qualité organoleptique du manioc (*Manihot Esculenta* Crantz) dans la zone de savane au Centre-Sud de Centrafrique. *European Scientific Journal*, **12**(6): 185-206. DOI: 10.19044/esj.2016.v12n6p185
- Chukwuka KS, Obiakara MC, Ogunsumi IA. 2014. Effects of aqueous extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, *Vernonia amygdalina* Del. and inorganic fertilizer on the growth and development of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Afr. J. Root Tuber Crops*, **11**(1): 10-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.2298/JAS1403243C>
- McKey D, Elias M, Pujol B, Duputié A, Delêtre M, Renard D. 2012. « Maintien du potentiel adaptatif chez les plantes domestiquées à propagation clonale », *Revue d'Ethnoécologie*. DOI : 10.4000/ethnoecologie.741, <http://ethnoecologie.revues.org/741>
- Floret C, Pontanier R, Serpentié G. 1993. *La Jachère en Afrique Tropicale*. UNESCO: Dakar.
- Fournier A, Floret C, Gnahoua GM. 2001. Végétation des jachères et succession postculturale en Afrique tropicale. In *La Jachère en Afrique Tropicale 2 ; De la Jachère Naturelle à la Jachère Améliorée : Le Point des Connaissances*, Floret C, Pontanier R (eds). John Libbey Eurotext: Paris ; 123-168.
- Jama B, Palm CA, Buresh RJ, Niang AI, Gachengo C, Nziguheba G. 2000. *Tithonia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. *Agroforestry Systems*, **49**: 201-221. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1006339025728>
- Kaho F, Yemefack M, Feujio-Teguefouet P, Tchanchaouang JC. 2011. 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. *Tropicicultura*, **29**(1): 39-45. <http://www.tropicicultura.org/text/v29n1/39.pdf>.
- Kasongo LME, Mwamba MT, Tshipoya MP, Mukalay MJ, Useni SY, Mazinga KM, Nyembo KL. 2013. Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *J.*

- Appl. Biosci.*, **63**: 4727-4735.
www.m.elewa.org
- Kiye N, Ayingwe L, Luyindula L et Babelangi A. 2013. Amendement des sols : Influence des fertilisants pour l'amélioration de la culture de Vigna unguiculata (L) Walp. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(5): 2029-2039. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.20>
- Kolawole OK, Awodun MA, Ojeniyi SO. 2014. Soil fertility improvement by *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray and its effect on cassava performance and yield. *I.J.E.S.*, **3**(8): 36-43. www.theijes.com
- Letouzey R. 1968. *Etude Phytogéographique du Cameroun*. Paul Lechevallier: Paris.
- Letouzey R. 1985. *Notice de la Carte Phytogéographique du Cameroun au 1:500.000*, (vol 5). Institut de la carte Internationale de la Végétation: Toulouse.
- Mucheru-Muna 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-006-9027-4>
- Muliele TM, Nsombo BM, Kapalay OM, Mafuka PM. 2017. Amendements organiques et dynamique de l'azote minéral dans le sol sableux de Kinshasa (RD Congo). *Journal of Animal and Plant Sciences*, **32**(2): 5156-5167. <http://www.m.elewa.org/JAPS>
- Muengula-Manyi M, Mukwa L, Kabwe KN, Tshilenge-Djim P, Winter S, Bragard C, Kalonji-Mbuyi A. 2013. Assessing reactions of genetically improved and local cassava varieties to cassava mosaic disease (CMD) infection in a savannah region of the DR-Congo. *Am. J. Plant Sci.*, **4**: 824-837. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.44101>
- Mukendi RT, Mutamba BT, Kabongo DM, Longanza LB, Munyuli TM. 2017. Amélioration du sol dégradé par l'apport d'engrais inorganique, organiques et évaluation de rendement du maïs (*Zea mays* L.) dans la province de Lomami, République Démocratique du Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(2): 816-827. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Ngosong C, Mfombep PM, Njume CA, Tening AS. 2016. Comparative advantage of *Mucuna* and *Tithonia* residue mulches for improving tropical soil fertility and tomato productivity. *Int. J. Plant Soil Sci.*, **12**(3): 1-13. DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/IJPSS/2016/28093>
- Nyasimi MA, Amadalo B, Obonyo E. 1997. Using the Wild Sunflower *Tithonia* in Kenya for soil fertility and crop yield improvement. ICRAF/KARI/KEFRI.
- Odedina J, Ojeniyi S, Odedina S, Fabunmi T, Olowe V. 2015. Growth and yield responses of cassava to poultry manure and time of harvest in rainforest agro-ecological zone of Nigeria. *Int. J. Agric. Sci. Nat. Resources*, **2**(3): 67-72. <http://www.aascit.org/journal/ijasnr>
- Onzo A, Zannou ID, Adjibade OAJD, Broutani S, Hanna R. 2012. Potentialités de l'acararien prédateur *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) dans la lutte biologique contre la mouche blanche *Bemisia tabaci* (Genn.), vecteur de la mosaïque du manioc en Afrique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(6): 5085-5102. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Palm CA. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutriment requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems*, **30**: 105-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00708916>

- Saidou A, Kossou D, Azontonde A, Hougni JM. 2009. Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens : cas du système 'jachère' manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(3): 587-597. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Santoir C, Bopda A. 1995. *Atlas du Cameroun*. ORSTOM: Paris.
- Sarr PS, Araki S, Njukwe E. 2013. Interactions between cassava varieties and soil characteristics in crop production in eastern Cameroon. *African Study Monographs*, **34**(4): 187-202. http://jambo.africa.kyoto-u.ac.jp/kiroku/asm_normal/abstracts/pdf/34-4/papa5.pdf
- Segda Z, Yaméogo LP, Gnankambary Z, Papaoba SM, 2013. Effets induits du type de fumure sur les paramètres chimiques du sol et sur le rendement paddy dans la plaine rizicole de Bagré au Burkina Faso. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, **036** : 35-46. <http://www.soachim.org>
- Shokalu AO, Ojo AO, Ezekiel-Adewoyin DT, Akintoye HA, Azeez, Jamiu O. 2010. Comparing the use of *Tithonia diversifolia* and compost as soil amendments for growth and yield of *Celosia argentea*. *New York Sci. J.*, **3**(6):133-138. http://www.sciencepub.net/newyork/ny0306/20_2680_ny0306_133_138.pdf
- Temegne NC, Ngome AF, Fotso KA. 2015. Influence de la composition chimique du sol sur la teneur en éléments nutritifs et le rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) dans deux zones agroécologiques du Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(6): 2776-2788. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.21>
- Thresh JM, Corter RJ. 2005. Strategies for controlling cassava mosaic virus disease in Africa. *Plant Pathology*, **54**, 587-614. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2005.01282.x
- Thorsm Smestad B, Tiessen H, Buresh KJ. 2002. Short fallows of *Tithonia diversifolia* and *Crotalaria grahamiana* for soil fertility improvement in Western Kenya. *Agroforestry Systems*, **55**: 181-194.
- Todan ABE, Tente BAH, Yabi I. 2017. Pression agrofôncière et mutations agraires sur le plateau Adja au Sud Ouest du Bénin. *European Scientific Journal*, **13**(8): 177-199. DOI: 10.19044/esj.2017.v13n8p177
- Uyo Ybesere EO, Elemo KA. 2000. Effect of inorganic fertilizer and foliage of *Azadirachta* and *Parkia* species on the productivity of early maize. *Nigerian J. Soil Res.*, **1**: 17-22.
- Zinga I, Chiroleu F, Valam ZA, Ballot CSA, Harimalala M, Kosh KE, Yandia PS, Silla S, Reynaud B, Lefeuvre P, Lett JM, Dintinger J. 2016. Evaluation of cassava cultivars for resistance to cassava mosaic disease and yield potential in Central African Republic. *J. Phytopathol.*, **164**(11-12): 913-923. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jph.12511>.