

Effet de la dose de bois raméal fragmenté sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) sur sol argileux au Congo

Budeh Wickler Nzobadila Kindiela^{*1,3}, Irène Marie Cécile Mboukou-Kimbatsa², Alphonse Ongagna¹, Lydie Marie Makaya Makosso Yebas¹, Fidèle Mialoundama^{3,4}, Gilles Freddy Mialoundama Bakouétla^{2,4}

⁽¹⁾Institut national de Recherche Agronomique (IRA). Laboratoire des systèmes de cultures et sciences du sol. BP 2499, Brazzaville (Congo).

⁽²⁾Université Marien Ngouabi. Ecole Nationale d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF). BP 69, Brazzaville (Congo). E-mail : gmialoundama2016a@gmail.com

⁽³⁾Université Marien Ngouabi. Faculté des Sciences et Techniques (FST). BP 69, Brazzaville (Congo).

⁽⁴⁾Université Libre du Congo (ULC). Institut Supérieur de Technologie Agro-alimentaire et d'Agronomie. BP 419, Brazzaville (Congo).

Reçu le 09 février 2023, accepté le 06 mars 2023, publié en ligne le 11 mars 2023

RESUME

Description du sujet. Au regard de la faible fertilité naturelle des sols du pays conjuguée à la faible disponibilité des fertilisants, leur gestion durable est un impératif de systèmes de cultures à mettre en œuvre. Pour relever ce défi, l'enfouissement de bois raméal fragmenté (BRF) peut constituer une alternative viable à la culture itinérante sur brulis menée sur ces sols.

Objectif. Cet article évalue l'influence des différentes doses de BRF de deux espèces de légumineuses (*Leucaena leucocephala*, *Senna siamea*) sur la croissance et la production du manioc (variété Mahabama) sur sol argileux de la vallée du Niari au Congo.

Méthodes. Le dispositif expérimental était le Split Plot avec 4 répétitions. La dose de BRF constitue le facteur principal (témoign, 10 t/ha, 20 t/ha et 30 t/ha) et l'espèce enfouie, le facteur secondaire (*Leucaena leucocephala*, *Senna siamea*).

Résultats. Il ressort des résultats de cette étude que la hauteur, le diamètre et la frondaison de la tige, le poids et le nombre de tubercules par tige ainsi que la largeur de tubercules sont influencés positivement par la dose de BRF (20 t/ha et surtout 30 t/ha) enfouie au sol. Les rendements sont passés de 21,6 t/ha en l'absence d'apport de BRF à 25,8 t/ha suite à l'apport de 30 t/ha, soit un gain de 19,5 %. Ces deux espèces enfouies ont généré de rendements similaires (24,1 t/ha en moyenne).

Conclusion. Le BRF constitue un fertilisant qui améliore la croissance et la production du manioc. L'étude démontre la nécessité d'un choix rationnel de l'espèce à utiliser en BRF. Cependant, la valorisation agronomique des BRF nécessite d'être approfondie. Ainsi, l'étude de leur cinétique de décomposition, et l'identification d'autres espèces à intérêt en BRF sont nécessaires

Mots clés : Bois raméal fragmenté, dose, *Senna siamea*, *Leucaena leucocephala*, Congo

ABSTRACT

Effect of ramial fragmented wood dose on growth and production of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) on clay soil in Congo

Description of the subject. Due to the low natural fertility of the country's soils combined with the low availability of fertilizers, their sustainable management is an imperative of the cropping systems to be implemented. To meet this challenge, the burial of ramial fragmented wood (RCW) can be a viable alternative to shifting cultivation on these soils.

Objective. This paper evaluates the influence of different RCW rates of two legume species (*Leucaena leucocephala*, *Senna siamea*) on the growth and production of cassava (Mahabama variety) on clay soils in the Niari Valley of Congo.

Methods. The experimental design was the Split Plot with 4 replications. The rate of RCW was the primary factor (control, 10 t/ha, 20 t/ha and 30 t/ha) and the species buried was the secondary factor (*Leucaena leucocephala*, *Senna siamea*).

Results. The results of this study show that stem height, diameter and foliage, weight and number of tubers per stem, and tuber width were positively influenced by the rate of RCW (20 t/ha and especially 30 th/ha) plowed into the soil. Yields increased from 21.6 t/ha without RCW to 25.8 t/ha with 30 t/ha, a gain of 19.5%. These two species when ploughed in, generated similar yields (24.1 t/ha on average).

Conclusion. RCW is a fertilizer that improves the growth and production of cassava. The study demonstrates the need for a rational choice of the species to be used in RCW. So the agronomic valorization of RCW needs to be further studied: study of their decomposition kinetics, identification of other species of interest in RCW are importants.

Keywords: RCW, dose, *Senna siamea*, *Leucaena leucocephala*, Congo

1. INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est l'aliment de base au Congo et sa culture occupe plus de 6 % des espaces emblavés et concerne 70 % des actifs agricoles (Massamba et Treche, 1995). Le bilan diagnostic de la filière manioc au Congo montre de niveaux de rendement faibles de 11 t/ha. Ces faibles rendements sont dus entre autres au faible niveau de fertilité des sols, aux attaques des maladies et aux techniques culturales traditionnelles à faible intrants (Mabanza et Mahouka, 2001 ; CERAPE-SOFRECO, 2012). Il a été démontré que la croissance et la production du manioc sont fortement influencées par la fertilité du sol (El-Sharkawy, 2004; Ntawuruhunga et Dixon, 2010). Par ailleurs, les sols du Congo sont en général pauvre (pauvreté du complexe argilo-humique en cations échangeables, acidité des horizons supérieurs, etc.) et après leur mise en valeur, il s'observe une baisse graduelle de la fertilité (Mbemba-Makiza, 1984 ; Djondo, 1994), et à cela s'ajoute, une indisponibilité notoire des fertilisants.

Le brûlis, principale mode de mise en valeur des terres agricoles au Congo-Brazzaville impacte négativement le sol (Nzila, 1992 ; Giardina *et al.*, 2000) avec la destruction de la matière organique et des colloïdes du sol, la création de conditions défavorables aux organismes du sol et la modification des propriétés physiques du sol (structure, adhésivité, etc.). En effet, la présence de la matière organique et des microorganismes dans les sols agricoles est un facteur important de productivité. Toutefois, la qualité ou la nature de celle-ci (source de carbone, teneurs en nutriments, présence de métabolites secondaires et arrangement physique) est tout aussi déterminante. La dégradation des terres entraîne une diminution de la matière organique et des nutriments au niveau du sol avec comme corollaire une baisse de productivité. Dans cette perspective, l'emploi des bois raméaux fragmentés (BRF) constitue une alternative pour redresser et entretenir la fertilité des sols agricoles (Lemieux et Germain, 2001).

En effet, ces matériaux, riches en lignine, sont les précurseurs d'un humus stable, garant des équilibres biologiques et chimiques des sols. L'apport de BRF

présente plusieurs atouts (Barthès *et al.*, 2010), l'amélioration de la structure, la hausse du taux d'azote et de carbone disponibles, la correction du pH vers la neutralité, la réduction des pertes de nutriments par lessivage, l'augmentation de la réserve d'eau utilisable, etc. Par ailleurs, à travers le pays, d'importantes quantités d'arbustes sont défrichés, mis en tas et brûlés lors de la préparation des champs. Cette biomasse préalablement broyée pourrait être valorisée sous forme de bois raméaux fragmentés. Malgré le fait que la technique de BRF est facile à mettre en œuvre, peu de travaux ont été menés sur les BRF sur sol ferrallitique appauvri (Tissaux, 2001 ; Barthès *et al.*, 2010 ; Ba *et al.*, 2014 ; Senga *et al.*, 2016 ; Nzobadila-Kindiela *et al.*, 2019). Quelques études antérieures ont montré que les BRF ont un impact positif sur le sol et la culture.

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'influence des différentes doses de BRF de deux espèces de légumineuses (*Leucaena leucocephala*, *Senna siamea*) sur la croissance et la production du manioc (variété Mahabama) sur sol argileux de la vallée du Niari au Congo. Les résultats obtenus peuvent contribuer à une meilleure valorisation agronomique de la biomasse ligneuse dans la perspective d'une gestion durable des sols ferrallitiques pauvres.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Présentation du site d'étude

L'étude a été conduite dans l'enceinte de la zone de recherche de Loudima (figure 1) située à près de 350 km de Brazzaville dans la partie sud du pays. La zone est soumise à un climat équatorial de transition (Samba-Kimbata, 1978), et ce climat présente un caractère bimodal avec des températures moyennes de l'ordre de 25 °C et une pluviométrie de 1200 mm par an en moyenne. La végétation est dominée par une savane herbeuse à *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf., *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv., *Cyperus rotundus* L., *Andropogon Spp.* et *Panicum maximum* Jacq. (Descoing, 1975). Celle-ci est pauvre en arbustes, les espèces les plus représentatives sont *Anonna arenaria* Thonn., *Nauclea esculenta* (Afzel. Ex Sabine) Merr., *Bridelia ferruginea* Benth.

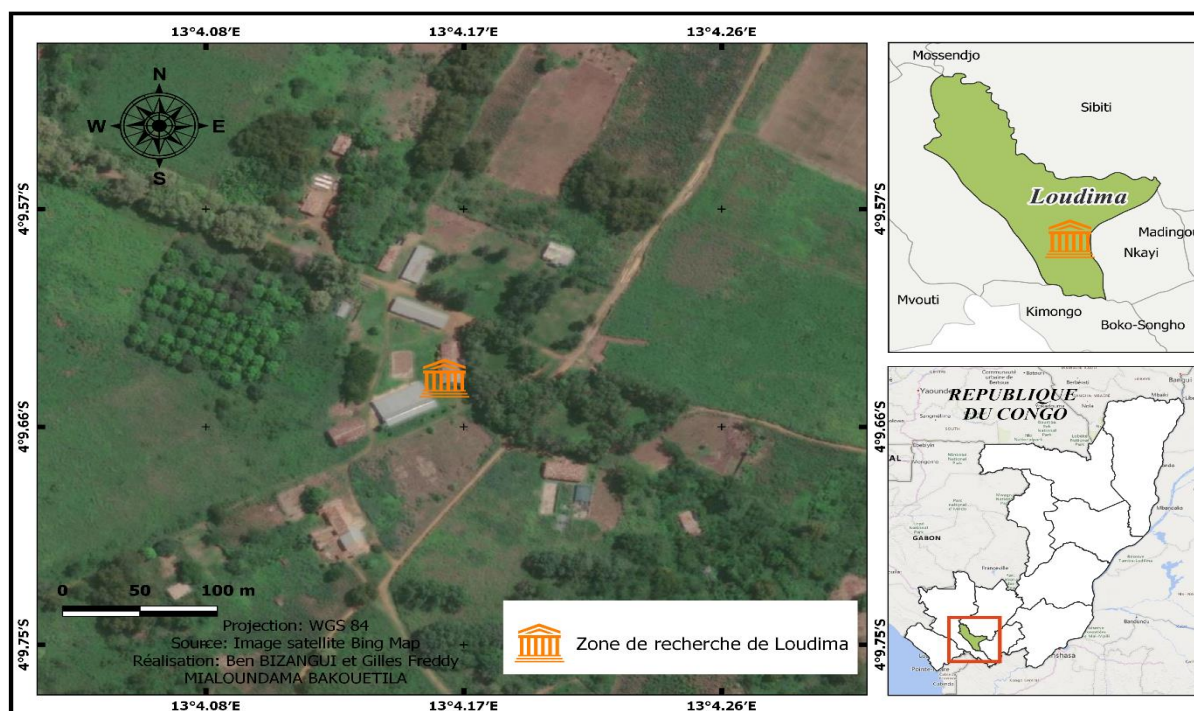


Figure 1. Localisation de la zone d'étude (Zone de recherche de l'IRA à Loudima)

Les sols de la zone sont essentiellement ferrallitiques, fortement désaturés en bases, typiques jaunes sur matériaux d'altération argileuse du schisto calcaire (Djondo, 1994). Le tableau 1 donne la composition des sols de la zone d'étude.

Tableau 1. Composition des sols de Loudima, profondeur 0-7 cm

Argile (%)	58,7	Calcium échangeable (mé/100 g)	0,36
Limon (%)	13,6	Magnésium échangeable (mé/100 g)	0,10
Sable (%)	22,0	Potassium échangeable (mé/100 g)	0,15
Carbone (‰)	31,2	Phosphore assimilable (‰)	0,49
Azote (‰)	1,71	Somme de bases échangeables (S)	0,66
pH	4,81	Capacité d'échange cationique (CEC)	10,40

Source : Djondo (1994)

2.2. Matériel végétal

Deux espèces de légumineuses introduites dans la vallée du Niari (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. et *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin et Barneby) sont mises en comparaison. Les rameaux (diamètre < 7cm) des deux espèces arbustives ont été récoltés dans l'enceinte de la Station de recherche. Les copeaux ont été obtenus après fragmentation des

branches à l'aide de machettes. Sur sol pulvérisé et nivelé, ces copeaux frais ont été incorporés superficiellement au sol durant la saison de pluies à l'aide d'une houe. La variété de manioc Mahabama répandue dans la zone et tolérante à la mosaïque a été plantée. Les boutures proviennent d'un champ semencier âgé de 12 mois, coupées sur le tiers inférieur de tiges avec 20 à 25 cm de longueur, 2 à 3 cm de diamètre et 4 à 6 nœuds.

2.3. Dispositif expérimental

Le terrain dédié à l'essai a été labouré par un tracteur sur une profondeur d'environ 20 cm. Deux semaines plus tard, un pulvérisage croisé a été effectué sur ce terrain. Le dispositif expérimental était le split plot avec 4 répétitions comportant chacune 8 parcelles de 25 m² (5 m x 5 m). Il comporte 4 traitements principaux (doses d'apport de BRF) et 2 traitements secondaires (espèce apportée en BRF). Les quatre traitements principaux sont T₀, T₁, T₂ et T₃ ayant reçu respectivement 0, 10, 20 et 30 t/ha de BRF. Les traitements secondaires étaient constitués des espèces de *Leucaena leucocephala* (E₁) et de *Senna siamea* (E₂). Plantées manuellement à plat à raison de deux par poquet, les boutures de manioc l'ont été aux écartements de 1 m x 1 m, 52 jours après l'enfouissement des copeaux de BRF.

2.4. Entretien de la culture et collecte des données

A cause de l'abondance de l'enherbement, 4 désherbages manuels ont été effectués pendant le cycle de la culture de 18 mois environ. Le premier, 30 jours après la plantation des boutures de manioc. Les mensurations ont porté sur les pieds de manioc

de la parcelle utile ; une ligne de bordure a été observée afin de réduire les éventuelles influences extérieures au traitement. Concernant les paramètres de croissance, il a été retenu la hauteur (mesurée à l'aide d'un mètre ruban, du collet jusqu'à l'apex), le diamètre au collet (mesuré à l'aide d'un pied à coulisse) et la frondaison de la tige (mesurée à l'aide d'un mètre ruban, des points horizontaux les plus éloignés). Afin d'apprécier la production, les paramètres ci-après ont été étudiés : la biomasse des tubercules (à l'aide d'une balance), le nombre de tubercules (par comptage) et les dimensions des tubercules par pied (longueur et diamètre maximum) à l'aide d'un mètre ruban. Le rendement a été calculé à partir de la biomasse de tubercules portée par une tige ramenée à l'unité de surface. Les paramètres de croissance du manioc et le dépérissement des tiges ont été suivis à 3 mois d'intervalle, ceux de production à la récolte.

2.5. Analyse des données

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R version 3.5.1 et ont porté sur la mortalité, les paramètres de croissance et de production du manioc. Une vérification des données a été effectuée par des mises en graphiques (graphes de dispersion de type «box plot») des variables. Les valeurs aberrantes et celles suspectes ont été supprimées. Une analyse statistique descriptive a permis de calculer les moyennes et les écarts-types des variables. Dans la perspective d'identifier la

présence ou non de différences significatives entre les moyennes des traitements, les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA). Le modèle est de type bi factoriel avec pour facteur principal la dose apportée en BRF et pour facteur secondaire l'espèce utilisée en BRF. Afin de valider les résultats des analyses de la variance, la normalité a été testée par le test de Shapiro-Wilk et l'égalité des variances par le test de Bartlett. En cas de différences significatives, le test de Tukey au seuil de 5 % a été effectué pour identifier les traitements significativement différents.

3. RESULTATS

3.1. Taux de mortalité des boutures de manioc

La dose de BRF et l'espèce apportée ne semblent pas influencer le taux de mortalité des pieds de manioc (figure 3). Le taux de mortalité moyen des boutures a varié de 12,48 à 25,13 % entre 90 et 450 jours après plantation (JAP). L'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les différentes doses enfouies. Toutefois, durant tout le cycle du manioc, les taux de mortalité des boutures sont les plus élevés en absence d'apport de BRF et les plus faibles avec la dose la plus élevée (figure 2). Ainsi, à 450 JAP, on enregistre en ordre décroissant les taux suivants : 31,0 % (apport de 10 t/ha), 28,5 % (aucun apport de BRF), 21,5 % (apport de 20 t/ha de BRF) et 19,5 % (apport de 30 t/ha de BRF).

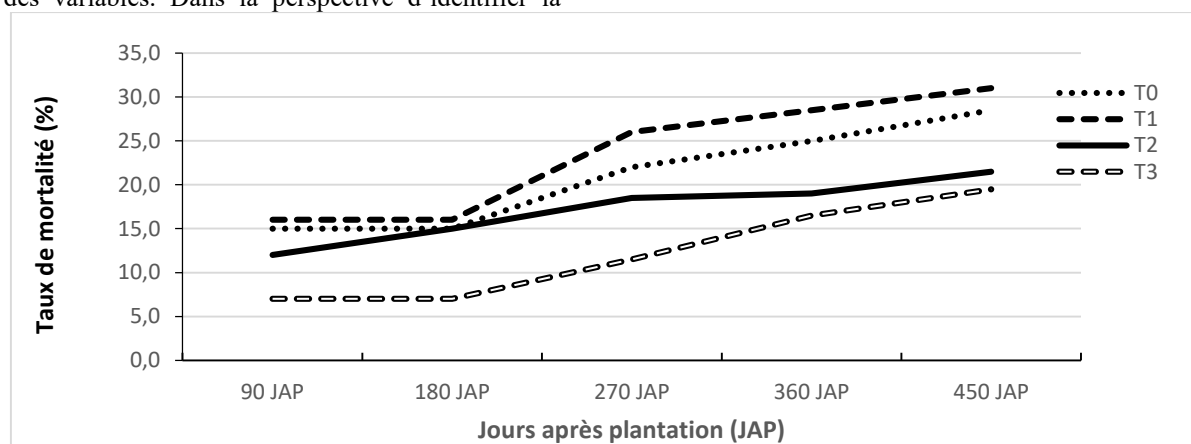


Figure 2. Evolution du taux de mortalité des tiges de manioc suivant la dose de BRF apportée

Concernant l'espèce apportée, moins de pieds de manioc ont dépéris dans les parcelles fertilisées avec *Leucaena leucocephala* (figure 3). Sans présenter de différences significatives, à 450 JAP, les taux de mortalité observés sont de 23,75 % pour les parcelles fertilisées avec *Leucaena* contre 26,5 % pour celles fertilisées avec *Senna siamea*.

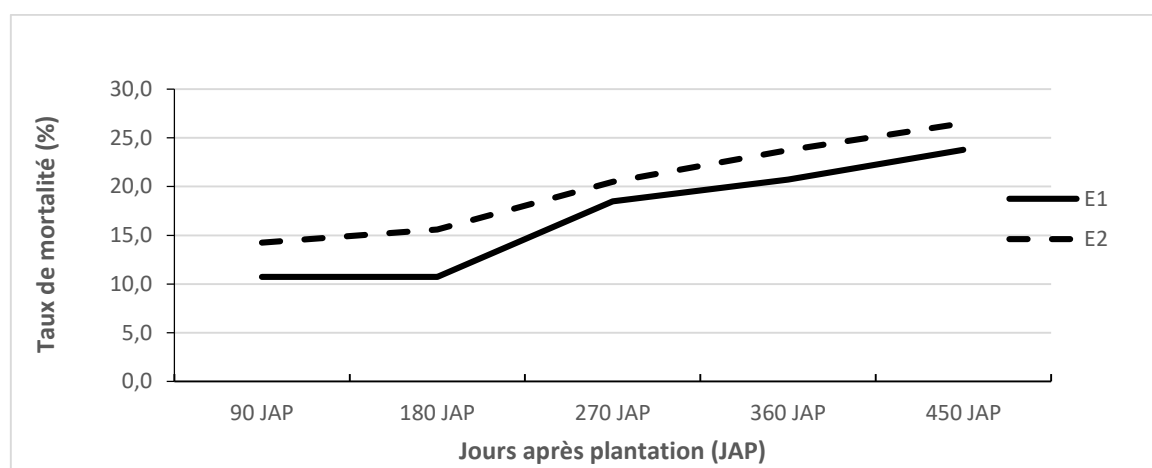


Figure 3. Evolution du taux de mortalité des tiges de manioc suivant l'espèce apportée en BRF

3.2. Croissance des tiges de manioc

Il ressort du tableau 2 que la hauteur de la tige de manioc évolue en fonction du temps et de la dose de BRF enfouie au sol. Cependant, l'espèce enfouie au sol n'influence pas cette variable. De 90 à 450 JAP, les plants de manioc étaient plus grands dans les parcelles où des copeaux de BRF ont été enfouis à la dose de 30 t/ha. Puis, suivent ceux croissant dans les parcelles ayant reçu 20 t/ha et 10 t/ha de copeaux de BRF. Ceux n'ayant reçu aucun apport de BRF sont les plus courts. Les différences observées sont faibles, elles ne sont significatives qu'au-delà de 360 JAP. A 450 JAP, la hauteur des plants de manioc ayant reçu 30 t/ha (T_3) était de 2,03 m, contre 1,99 m

pour ceux ayant reçu 20 t/ha et 1,92 m pour ceux ayant reçu 10 t/ha et 1,87 m pour ceux n'ayant reçu aucun apport de BRF (T_0). Le test de comparaison des moyennes ne montre aucune différence significative entre les différents traitements (T_3 , T_2 , T_1). Cependant, il montre des différences très significatives avec le témoin, à l'exception du T_1 . Concernant l'espèce apportée en BRF, les plants de manioc fertilisés avec *Leucaena leucocephala* sont plus grands que ceux fertilisés avec *Senna siamea*. Cette tendance observée jusqu'à 270 JAP s'inverse par la suite sans pourtant présenter de différences significatives ($P < 0,05$).

Tableau 2. Evolution de la hauteur moyenne (cm) des plants de manioc suivant la dose et l'espèce enfouies au sol

Facteur	Modalité	Nombre de jours après plantation (JAP)				
		90	180	270	360	450
Dose	T0 (témoin)	51,2±17,40	76,39±26,07	100,08±38,04	166,16±48,48	185,17±45,56 a
	T1 (10 t/ha)	52,81±20,78	78,76±31,10	102,96±42,19	170,83±55,66	192,8±50,54 ab
	T2 (20 t/ha)	53,31±19,44	79,46±29,17	105,85±40,14	170,41±52,77	199,87±48,23 b
	T3 (30 t/ha)	55,64±20,71	82,99±31,06	112,22±45,08	172,43±57,11	203,53±50,3 b
Espèce	E1 (<i>Leucaena leucocephala</i>)	54,58±20,54	81,41±30,76	107,31±44,08	169,69±56,15	194,69±51,66 a
	E2 (<i>Senna siamea</i>)	52,02±18,66	77,54±27,99	103,66±30	170,39±50,9	196,78±46,36 a

Les moyennes suivies d'au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes

Le tableau 3 révèle que contrairement à l'espèce apportée, la dose apportée et la durée écoulée influencent le diamètre de la tige de manioc. Jusqu'à 450 JAP, les diamètres des tiges de manioc sont plus élevés dans les parcelles fertilisées à la dose de 30 t/ha de BRF. Les plants fertilisés à la dose de 10 t/ha sont les moins gros. Enfin, ceux fertilisés à la dose de 20 t/ha et ceux non fertilisés sont en position intermédiaire. Les différences observées entre les doses d'apport ne sont significatives qu'à 450 JAP ; seuls les plants de manioc fertilisés à la dose de 30

t/ha présentent des diamètres significativement supérieurs aux autres ($P < 0,05$). Les moyennes des diamètres des plants de manioc à cette date varient de 1,74 cm pour les plants non fertilisés à 1,92 cm pour les plants fertilisés à la plus grande dose. Des deux espèces apportées en BRF, les plants les plus gros sont rencontrés dans les parcelles où les copeaux de *Leucaena leucocephala* ont été enfouis. Durant tout le cycle du manioc, les différences observées ne sont pas significatives.

Tableau 3. Evolution du diamètre moyen (cm) des plants de manioc suivant la dose et l'espèce enfouies au sol

Facteur	Modalité	Nombre de jours après plantation (JAP)				
		90	180	270	360	450
Dose	T0 (témoin)	0,59±0,23	0,92±0,41	0,99±0,39	1,38±0,56	1,74±0,36 a
	T1 (10 t/ha)	0,57±0,21	0,89±0,37	0,99±0,39	1,4±0,55	1,77±0,37 a
	T2 (20 t/ha)	0,59±0,22	0,93±0,39	1,04±0,38	1,41±0,47	1,84±0,36 ab
	T3 (30 t/ha)	0,64±0,28	1,01±0,48	1,06±0,45	1,49±0,6	1,92±0,41 b
Espèce	E1 (<i>Leucaena leucocephala</i>)	0,62±0,25	0,98±0,44	1,04±0,42	1,42±0,54	1,81±0,41 a
	E2 (<i>Senna siamea</i>)	0,57±0,22	0,9±0,39	1±0,39	1,42±0,55	1,82±0,36 a

Les moyennes suivies d'au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes

En ce qui concerne la frondaison des tiges de manioc, le tableau 4 montre que contrairement au facteur « espèce enfouie », le facteur « dose enfouie » et le temps impactent cette variable. L'apport de copeaux de BRF aux doses les plus élevées (20 et 30 t/ha) a favorisé le meilleur développement de la surface foliaire des plants. Ainsi, à 450 JAP, la frondaison des pieds fertilisés à la dose de 30 t/ha est de 2,07 m, celle des pieds fertilisés avec 20 t/ha est de 2,02 m contre 1,93 m pour ceux

fertilisés à la dose de 10 t/ha, 1,88 m pour ceux non fertilisés. Il n'a été observé des différences significatives entre les différentes doses de BRF apportées qu'à 450 JAP. Le facteur espèce apportée au sol ne présente pas de différences significatives sur la frondaison des plants de manioc fertilisés. Néanmoins, en général, les plants de plus grande frondaison croissent dans les parcelles fertilisées avec les copeaux de *Leucaena*.

Tableau 4. Evolution de la frondaison (cm) des plants de manioc suivant la dose et l'espèce enfouies au sol

Facteur	Modalité	Nombre de jours après plantation (JAP)				
		90	180	270	360	450
Dose	T0 (témoin)	45,11±17,55	85,66±33,65	107,48±53,49	170,11±76,76	193,48±47,26 ab
	T1 (10 t/ha)	43,95±16,95	83,5±32,61	103,75±51,90	153,22±66,39	188,96±47,78 a
	T2 (20 t/ha)	45,85±17,70	87,24±37,89	107,23±52,81	162,38±69,35	202,78±48,86 ab
	T3 (30 t/ha)	45,19±18,48	85,94±35,52	103,7±55,75	161,63±72,64	207,24±51,43 b
Espèce	E1 (<i>Leucaena leucocephala</i>)	45,56±18,74	86,66±35,97	108,14±56,53	165,32±70,39	197,88±51,62 a
	E2 (<i>Senna siamea</i>)	44,53±17,60	84,61±34,04	102,84±50,07	158,38±72,53	199,3±4,98 a

Les moyennes suivies d'au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes

3.3. Production des tubercules de manioc

Les résultats de la figure 4 montrent que la dose de BRF enfouie dans le sol a une influence sur toutes les variables de la production (poids et nombre de tubercules par tige, dimensions des tubercules). À l'opposé ces variables ne sont pas influencées par l'espèce enfouie dans le sol. Le rendement moyen du manioc était de 24,08 t/ha, il est significativement différent suivant les doses de BRF enfouies dans le sol. Le meilleur traitement est l'enfouissement des copeaux de BRF à la dose de 30 t/ha, soit 25,8 t/ha de manioc. En absence de fertilisation, les plants ont produit les tubercules les plus légers, 21,6 t/ha. En comparaison aux plants fertilisés avec du BRF de *Leucaena leucocephala*, ceux fertilisés avec des BRF de *Senna siamea* ont produit légèrement plus (figure 5).

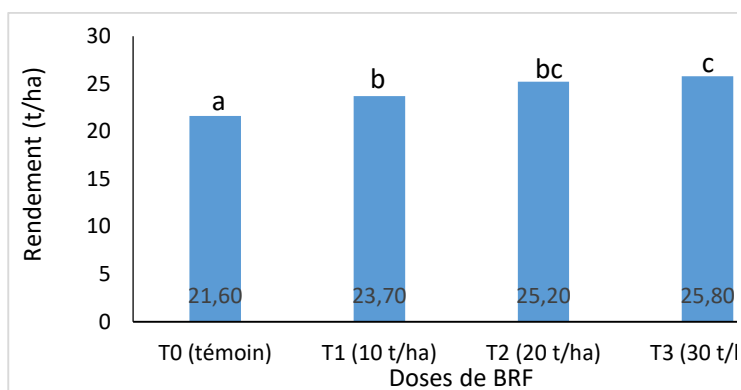


Figure 4. Rendement en tubercules de manioc suivant la dose de BRF apportée

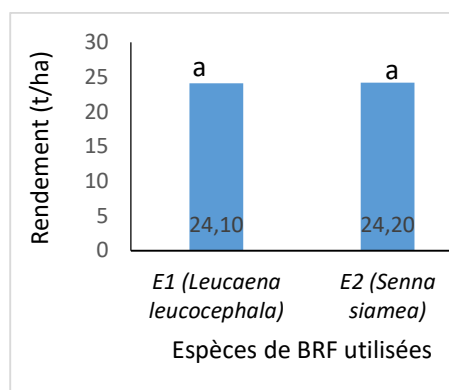


Figure 5. Rendement en tubercules de manioc suivant l'espèce apportée

Les différences entre les doses de BRF apportées au sol sont significatives ($P < 0,05$) pour le nombre de tubercules portés par une tige de manioc. Ce nombre est significativement plus élevé (5,41 et 5,52) dans les parcelles fertilisées aux doses de 20 t/ha (T_2) et 30 t/ha (T_3) respectivement. Ce nombre est plus faible (4,67 et 4,71) dans les parcelles non fertilisées (T_0) et celles avec 10 t/ha (T_1). De manière significative, l'absence d'enfouissement des copeaux de BRF a induit la croissance en longueur des tubercules la plus élevée (39,08 cm). L'enfouissement des copeaux de BRF a plutôt retardé la croissance des tubercules formés. Les tubercules les plus courts (31,81 cm) se rencontrent chez les plants traités avec la dose maximale 30 t/ha. Par contre, les longueurs mesurées des tubercules suite à l'apport des deux espèces sont similaires (32,5 cm en moyenne). La dose de copeaux enfouie au sol a influencé significativement la croissance en circonférence des tubercules formés (tableau 5). Les tubercules les plus grosses ont été observés dans les parcelles fertilisées avec les plus grandes doses de BRF (20 t/ha et 30 t/ha), soit respectivement 25,5 cm et 26,2 cm. Sans présenter de différences significatives, les circonférences de tubercules suivant l'espèce enfouie au sol se classent comme suit : BRF de *Senna* (24,1 cm) et BRF de *Leucaena* (23,9 cm).

Tableau 5. Caractéristiques de la production du manioc suivant la dose et l'espèce enfouies au sol

Facteur	Modalité	Masse des tubercules	Nombre de tubercules	Circonférence tubercule médian	Longueur tubercule médian
Dose	T0 (témoin)	2,16±0,45 a	4,67±1,11 a	21,55±5,09 a	39,08±8,96 b
	T1 (10 t/ha)	2,37±0,6 b	4,71±1,10 a	22,36±5,72 a	33,27±8,01 a
	T2 (20 t/ha)	2,52±0,57 bc	5,41±1,46 b	25,53±6,07 b	32,79±6,97 a
	T3 (30 t/ha)	2,58±0,64 c	5,52±1,5 b	26,2±6,57 b	31,81±6,89 a
Espèce	E1 (<i>Leucaena leucocephala</i>)	2,41±0,61 a	5,13±1,41 a	23,94±6,54 a	34,22±8,44 a
	E2 (<i>Senna siamea</i>)	2,42±0,57 a	5,09±1,34 a	24,07±5,91 a	34,05±7,93 a

Les moyennes suivies d'au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes

4. DISCUSSION

4.1. Effet BRF apporté au sol

Les résultats ont montré l'impact positif des BRF sur la croissance et la production du manioc. En effet, les valeurs des variables de croissance et de production sont plus élevées consécutivement à l'apport de copeaux de bois raméal fragmenté (BRF) qu'en absence d'apport. De manière générale, les BRF entraînent après décomposition une amélioration de la fertilité du sol. Cette biomasse constitue un apport conséquent de macroéléments et des oligoéléments favorables aux cultures. Elle

apporte des bases telles Ca, Mg, K entraînant l'augmentation de la capacité d'échange cationique au niveau des complexes argilo-humiques. Il s'est observé une élévation du pH, d'où une réduction des effets des cations toxiques potentiels tels Mn ou Al. De plus, l'enfouissement de cette biomasse induit une prolifération des micro-organismes du sol, ce qui contribue à l'amélioration des propriétés telles que la porosité, la stabilité structurale, l'infiltration. L'application de BRF, à court terme, améliore significativement le contenu en eau du sol (Lemieux et Germain, 2001 ; Barthès *et al.*, 2010). L'humus résultant de l'évolution dans le sol de ces copeaux

peut avoir sensiblement amélioré la disponibilité de l'eau du sol pour les plants de manioc.

L'apport de BRF a permis d'enrichir le sol ferrallitique pauvre et par conséquent a contribué à améliorer la croissance et la production du manioc. Cette amélioration a été rapportée dans de nombreuses études en apportant de quantités variables de BRF, sur de sols plantés de diverses cultures. Nzobadila *et al.*, (2019) ont mis en évidence l'impact de bois raméal fragmenté de *Bridelia ferruginea* Benth et *Acacia mangium* Willd. sur la croissance et la production du manioc sur sol ferrallitique congolais. Faisant l'inventaire des pratiques d'amendement par les BRF au Burkina-Faso, Zongo (2009) a enregistré également des rendements positifs du sorgho qui sont passés de 0,5 t/ha pour les sites sans BRF contre 1,8 t/ha pour les sites avec BRF. Au Sénégal, l'apport de BRF de *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. et de *Pilostigma reticulatum* (DC.) Hochst. à la dose de 4 et 6 t/ha a permis d'améliorer la production du mil (Ba *et al.*, 2014).

La présente étude a montré que la fertilisation organique par l'apport de BRF de *Leucaena leucocephala* et *Senna siamea* a permis une amélioration de la fertilité chimique du sol et par conséquent l'augmentation des rendements de la culture du manioc dès 15 mois après leur enfouissement au sol. Néanmoins, cet effet BRF apporté au sol est observé plus tôt par rapport à d'autres travaux mentionnant une augmentation significative de rendement de cultures suite à l'apport de BRF.

La plupart des travaux rapportent cet effet BRF sur le sol et la culture plantée 2 à 4 ans après l'incorporation au sol de BRF (Barthès *et al.*, 2010). Il convient de signaler qu'en majorité, ces travaux ont été menés en zone tempérée. Un facteur pouvant expliquer cette situation est le fait que la zone d'étude se trouve en zone équatoriale donc soumise à de fortes précipitations, ce qui entraînerait une décomposition accélérée des copeaux de BRF. En effet, dans les conditions de température et humidité élevées, les processus de minéralisation de la matière organique sont intenses en raison d'une plus grande activité des organismes du sol (Fierer *et al.*, 2005). Par ailleurs, au cours de travaux menés en conditions tropicales, il a été observé une augmentation des rendements des cultures telles le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), le maïs (*Zea mays* L.), les légumes, dès la première année de l'enfouissement des copeaux de BRF (Malele-Mbala, 2003 ; Ba *et al.*, 2014 ; Nzobadila *et al.*, 2019).

4.2. Effet dose de BRF apportée au sol

Contrairement au taux de mortalité et à la longueur des tubercules, la hauteur, le diamètre et la

frondaison de la tige, le poids, le nombre de tubercules par tige et la circonférence des tubercules sont influencés favorablement par le facteur dose de BRF enfouie au sol. On observe que les plants de manioc sont plus grands et plus gros dans les parcelles où des copeaux de BRF ont été enfouis à la dose de 30 t/ha. Les plants de manioc n'ayant reçu aucun apport de BRF sont les plus courts. Les plus gros tubercules croissent dans les parcelles fertilisées avec les plus grandes doses 20 t/ha et 30 t/ha. En effet, après décomposition, les copeaux de BRF enfouis au sol libèrent des éléments nutritifs indispensables pour les cultures et ce, d'autant plus que les doses sont élevées. Ces éléments tels que le Ca et Mg influent sur le pH par la neutralisation de l'aluminium, réduisant ainsi l'acidité du sol (Lemieux et Germain, 2001 ; Barthès *et al.*, 2010).

Les résultats de cette étude sont en accord avec certains travaux antérieurs. Par exemple, pour la remise en valeur des terres dégradées de la zone périurbaine de Kinshasa en RDC, Malele-Mbala (2003) trouve que les quantités de maïs produites sont proportionnelles aux doses d'engrais vert de *Leucaena* enfouies. Les doses de 60 t/ha et 30 t/ha ont permis une hausse du rendement respectivement de 9,1 et 5,6 par rapport au témoin. De plus, l'étude sur l'impact de BRF sur la culture du maïs en Côte-d'Ivoire menée par Aman (1996), a montré que le rendement en grain du maïs sur sol argileux est significativement plus élevé avec apport de 16 à 26 t de MS/ha de BRF que le témoin non fertilisé.

En réalité, aucun effet dépressif de la dose apportée en BRF sur la culture de manioc n'a été observé. Il semblerait que la dose maximale apportée (30 t/ha) ne soit pas excessive voire que cette culture ne soit pas sensible à cette éventuelle phytotoxicité. En effet, plusieurs travaux rapportent l'apparition de facteur limitant la minéralisation du carbone en cas d'apport de fortes doses. Ce facteur est constitué par la présence et les teneurs élevées de composés biochimiques (lignines, celluloses, hémicelluloses et les composés phénoliques) ayant de propriétés antibiotiques donc impactant les décomposeurs (Beauchemin *et al.*, 1992).

4.3. Effet espèce utilisée en BRF

L'espèce apportée ne semble pas influencer significativement le taux de mortalité des pieds de manioc, ni leur croissance et leur production. Néanmoins, on observe dans les parcelles fertilisées avec *Leucaena leucocephala* moins de pieds de manioc ont dépéris, de pieds légèrement plus grands, plus gros et plus productifs que ceux fertilisés avec *Senna siamea*. Ces différences mesurées sur la croissance et la production des tiges de manioc entre celles fertilisées avec les copeaux issus des deux espèces serait attribuables à la différence dans la nature chimique de ces deux espèces, notamment la composition et l'arrangement des tissus (Ba *et al.*,

2014 ; Senga *et al.*, 2016). Il a été montré que cette différence détermine la vitesse de décomposition et, par conséquent, le taux de libération des nutriments au cours de la minéralisation. En effet, certains constituants du bois comme les fibres et surtout la lignine et le rapport C/N élevé retardent la décomposition des BRF. De poids moléculaire élevé, la lignine est résistante aux attaques enzymatiques et constitue une protection physique des constituants cellulaires (Tissaux, 2001 ; Weedon *et al.*, 2009). Des travaux antérieurs ont montré que le taux de levée des boutures de manioc plantées est fortement influencé par l'environnement de croissance, notamment le type de plantation, l'humidité du sol et la matière organique apportée au sol (El-Sharkawy, 2004 ; Moundzeo *et al.*, 2014).

L'impact sur les performances de croissance et de production varie suivant l'espèce utilisée en BRF. Ces résultats confirment les observations faites par plusieurs auteurs (Weedon *et al.*, 2009 ; Barthès *et al.*, 2010 ; Ba *et al.*, 2014 ; Senga *et al.*, 2016) qui ont rapporté que la décomposition des résidus ligneux ajoutés au sol et l'activité des microorganismes dépendent largement de la quantité et de la qualité de ces résidus. Ainsi, Ba *et al.* (2014) ont trouvé que *Guiera senegalensis* a un effet stimulant sur la culture du mil contrairement à *Pilostigma reticulatum* qui a un effet dépressif. Sur sol ferrallitique congolais, Nzobadila *et al.* (2019) ont montré que comparés aux copeaux d'*Acacia mangium*, ceux de *Bridelia ferruginea* ont entraîné des meilleures performances de croissance et de production du manioc.

Cependant, l'effet espèce apportée au sol en BRF ne semble pas très net, il est faible à cause probablement de la faible quantité de précipitations tombées au cours du cycle végétatif de la culture du manioc. En effet, Fierer *et al.* (2005) ont indiqué que les précipitations jouent un rôle majeur dans la décomposition des substrats organiques enfouis dans le sol.

4.4. Production faible de manioc

Le rendement moyen du manioc obtenu était de 24,08 t/ha. Ces relatives faibles productions peuvent être imputées à la faible intensité des précipitations tombées durant toute la période d'étude. Bien que le manioc soit assez tolérant à la sécheresse, les périodes de sécheresse prolongées qui provoquent des arrêts de croissance et des pertes de feuilles sont préjudiciables aux rendements (El-Sharkawy, 2004). Moundzeo *et al.* (2014) ont montré que le déficit hydrique est l'une des contraintes majeures qui affectent les rendements agricoles dans la Vallée du Niari. C'est une des zones les moins arrosées du pays, sa pluviométrie moyenne est de 1200 mm/an. Une autre explication des rendements obtenus serait les caractéristiques chimiques médiocres du sol de Loudima, notamment le faible taux de matière

organique, la moyenne capacité de rétention en nutriments et en eau (Mbemba-Makiza, 1984 ; Djondo, 1994). Cette culture affectionne un sol riche en humus, meuble, de pH proche de la neutralité et bien pourvu en humidité (El-Sharkawy, 2004). Les rendements obtenus sont en accord avec ceux trouvés antérieurement sur la culture du manioc sur sols congolais (Moundzeo *et al.*, 2014 ; Nzobadila *et al.*, 2019).

5. CONCLUSION

La présente étude a montré que l'utilisation des copeaux de *Senna siamea* et surtout de *Leucaena leucocephala* comme fertilisant organique améliore la croissance et la production du manioc. A la portée des paysans, le système de culture innovant de type apport de bois raméal fragmenté (BRF) constitue une voie à privilégier dans la restauration de la fertilité des sols dégradés ; d'autant plus que les prix des fertilisants agricoles (engrais et amendements) sont élevés pour les producteurs agricoles.

Dans les conditions pédoclimatiques de la zone d'étude, la dose enfouie au sol semble être plus déterminante que l'espèce utilisée. En général, la croissance et la production sont plus élevées dans les parcelles où les copeaux de BRF ont été enfouis à la dose de 30 t/ha. Cependant, des deux espèces enfouies, *Leucaena* a permis de croissance et rendement du manioc légèrement supérieur ; ce constat montre la nécessité d'un choix rationnel de l'espèce à utiliser en BRF. L'efficacité ces fertilisants organiques est liée au fait qu'ils améliorent les propriétés du sol, la disponibilité des éléments nutritifs par minéralisation, le stockage de l'eau et constituent un milieu de culture pour les micro-organismes du sol. Il est primordial de sensibiliser les producteurs aux bonnes pratiques agricoles, le cas échéant sur la nécessité de ne plus brûler les arbustes lors de la préparation des terres mais plutôt les récolter et les utiliser en BRF. En parallèle, les persuader à mettre en place de vergers d'espèces à croissance rapide ayant une valeur en BRF. Cela permettra une autonomie des agriculteurs pour la disponibilité du matériel végétal et ainsi, lutter contre la dégradation du couvert végétal existant. La valorisation agronomique des copeaux de BRF nécessite d'être approfondie, par l'étude de l'effet de l'apport de BRF sur le sol et la culture pendant une période de temps plus longue (plus de 5 ans), afin de permettre une décomposition plus complète des BRF et aussi connaître la durée de l'amélioration du sol consécutive à cet apport. En parallèle, une analyse du sol pour suivre son évolution (caractéristiques physique, chimiques et biologique) est souhaitée. De plus, dans la perspective d'identifier d'autres espèces locales à intérêt en BRF, il faut tester et analyser la composition des espèces arbustives abondantes dans les savanes du Congo. Enfin, il s'avère intéressant de

tester les BRF sur d'autres cultures très appréciées par les populations, telles le maïs (*Zea mays* L.), l'arachide (*Arachis hypogaea* L.), etc.,

Remerciements

Les auteurs remercient le Pôle Régional de Recherche Appliquée au développement des Systèmes Agricoles d'Afrique Centrale (PRASAC) pour le soutien financier apporté pour la réalisation de cette étude.

Références

Aman S.A., 1996. *Effects of chopped twig wood on maize growth and yields in the forest-savanna transition zone of Cote d'Ivoire*. Québec, Université de Laval, Groupe de coordination sur les bois rameaux, 31p.

Ba M.F., Samba S.A.N. & Bassène E., 2014. Influence des bois rameaux fragmentés (BRF) de *Guiera senegalensis* J, F et de *Piliostiga reticulatum* (DC) Hochst sur la productivité du mil, *Pennisetum glaucum* (L). *International Journal of Biological and Chemistry Sciences*, 8, 1039-1048.

Barthès B.G., Manlay R.J. & Porte O., 2010. Effets de l'apport de bois raméal sur la plante et le sol : une revue des résultats expérimentaux. *Cahiers Agricultures*, 19(4), 280 - 287.

Beauchemin S., N'Dayegamiye A. & Laverdière M., 1992. Phytotoxicité des matériaux ligneux frais et compostés utilisés comme amendements organiques des sols. *Canadian Journal of Soil Science*, 72, 177-181.

CERAPE-SOFRECO, 2012. *Etude du Secteur Agricole, République du Congo*. Plan de développement du Secteur Agricole – PDSA National. Brazzaville, Congo, 135 p.

Descoing B., 1975. *Esquisse phytogéographique du Congo*. Atlas du Congo. O.R.S.T.O.M, Paris, 89 p.

Djondo M.Y., 1994. *Propriétés d'échange ionique des sols ferralitiques argileux de la Vallée du Niari et sableux du plateau de Mbé-Baté au Congo : application à la correction de leur acidité*. Thèse de Doctorat, Université Paris XII- Val de Marne, 258 p.

El-Sharkawy M.A., 2004. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology*, 56: 481-501.

Fierer N., Craine J.M., McLaughlan K., Schimel J.P., 2005. Litter quality and the temperature sensitivity of decomposition. *Ecology*, 86(2), 320–326.

Giardina C.P., Sanford R.L., Dockersmith I.C. & Jaramillo V.J., 2000. The effects of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. *Plant Soil* 220, 247–260.

Lemieux G. & Germain D., 2001. *Le bois raméal fragmenté : la clé de la fertilité durable du sol*. Groupe de coordination sur les bois rameaux, 2ème éd., Université Laval, Québec, 26 p.

Mabanza J. & Mahouka J., 2001. Production de cultivars assainis de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en compétition avec l'enherbement. *Cahiers Agricultures*, 10 (1), 41-53.

Malele-Mbala S., 2003. Contribution à la remise en valeur des terres forestières dégradées de la zone périurbaine de Kinshasa (République Démocratique du Congo). In *XIIIe congrès forestier mondial (FAO)*, Québec City, Canada, 15 p.

Massamba J. & Treche S., 1995. La consommation du manioc au Congo. In : *Transformation Alimentaire du Manioc*. T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd), éditions ORSTOM, pp. 85-92.

Mbemba-Makiza A., 1984. *Contribution à l'évaluation de la matière organique dans les différents écosystèmes du Congo*. Thèse de doctorat ingénieur, Institut national polytechnique de Lorraine (INPL), Nancy, France, 182 p.

Moundzeo L., Bani G., Nganga D. & Itoua A., 2014. Effets de la contrainte hydrique sur la productivité des variétés de manioc dans la vallée du Niari (Congo-Brazzaville). *African Crop Science Journal*, 20(2), 603 - 612.

Ntawuruhunga P. & Dixon A.G.O., 2010. Quantitative variation and interrelationship between factors influencing cassava yield. *Journal of Applied Biosciences*, 26 : 1594-1602.

Nzila J.D., 1992. *Etude des transformations structurales et physico-chimiques d'un sol ferralitique acide de la vallée du Niari (Congo) soumis à la pratique de l'écobuage*. Thèse de Doctorat. Université Paris XII-Val de Marne, 192 p.

Nzobadila-Kindiela B.W., Mialoundama-Bakouétilla G.F., Yebas L.M.F, Makosso S., Bitu A.M. & Attibayeba, 2019. Impact de bois raméal fragmenté de *Bridelia ferruginea* et *Acacia mangium* sur la croissance et la production du manioc sur sol ferralitique au Congo. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 40(2), 6636-6647.

Samba-Kimbata M.J., 1978. *Le climat Bas-Congolais*. Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université de Dijon, 280 p.

Senga PM., Prado M., Khasa D. & Stevanovic T.J., 2016. Contribution to Chemical Study of Stem and Branches of *Trema orientalis* L. (Blum) and *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. *Natural Products Chemistry & Research*, 4(6), 1-6.

Tissaux J.C., 2001. *Caractérisation de bois rameaux fragmentés et indices de décomposition*. Mémoire de Maitrise, Université de Laval, Québec, 136 p.

Weedon J.T., Cornwell W. K., Cornelissen J.H.C., Zanne A.E., Wirth C. & Coomes D.A., 2009. Global meta-analysis of wood decomposition rates: a role for trait variation among tree species? *Ecology Letters*, 12, 45-56.

Zongo E., 2009. *Inventaire des pratiques d'amendement par les Bois Rameaux fragmentés au Burkina-Faso : caractérisation et impacts sur les rendements agricoles et les ressources naturelles*. Mémoire Professionnelle en Génie de l'Environnement Université de Ouagadougou, Burkina -Faso, 72 p.