

Effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz var 0018) au Sud-Est du Gabon (Franceville).

Maurice Ognalaga*, Daglih Messa M'Akoué, Samson Daudet Medza Mve, Paul Ondo Ovono.

Unité de Recherche Agrobiologie, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, B.P. 941 Franceville (Gabon). Tel/Fax : (241) 01 67 13 34/35.

* Auteur correspondant. E-mail : ognalagam@live.fr

Mots clés : Fertilisants, manioc, rendement, Gabon.

Keywords: Fertilizers, cassava, yield, Gabon.

1. RÉSUMÉ

Une étude a été réalisée sur la plateforme expérimentale de l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies à Franceville en 2015 sur la réponse des plants du manioc (*Manihot esculenta* crantz var 0018) à l'apport de fertilisants organique, minéraux et de leurs combinaisons. L'urée et le NPK ont été apportés respectivement à 20 g et 4,5/2/3,7 g/m² ; tandis que la bouse de vaches (BV) à 3 ; 3,25 et 4 kg/m². Les combinaisons ont consisté à associer 3,35 kg/m² de BV à 20g d'urée ou au NPK 4,5/2/3,7 g/m². L'essai a été mené selon un dispositif de Fisher comportant 8 traitements et 3 répétitions, soit au total 26 unités expérimentales de 0,60 m² réparties dans trois blocs d'environ 8 unités expérimentales chacune. Six mois après plantation, tant le meilleur développement végétatif que le meilleur rendement moyen (27 000 kg/ha) ont été observés avec le traitement BV à la dose de 4 kg/m² ou avec les traitements associant BV (3,35 kg/m²) + Urée (20 g/m²) et celui constitué de BV (3,35 kg/m²) + NPK 15-15-15 (4,5/2/3,7 g/m²). Ces meilleurs traitements ont induit une augmentation de la croissance végétative et du rendement de l'ordre respectivement de 55% et 86 % par rapport au témoin. En ce sens, les résultats de ce travail ont permis de retenir que T5, T6 et T7 devraient bien convenir pour soutenir de la culture de *Manihot esculenta* sur ce type de sol.

Effect of cow dung, NPK 15 15 15 and urea 46% growth and the production of cassava (*Manihot esculenta* Crantz var 0018) southeast of Gabon (Franceville).

SUMMARY

A study was conducted on the experimental platform of the «Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies» in Franceville (INSAB) in 2015 on the response of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz var 0018) the contribution of organic fertilizers, minerals and combinations thereof. The urea and NPK were brought respectively to 20 g and 4.5/2/3.7 g/m² ; while the cow dung (CD) 3 ; 3.25 and 4 kg / m². Combinations have been to combine 3.35 kg / m² to 20g BV urea or NPK 4.5/2/3.7 g/m². The trial was conducted according to a Fisher device with 8 treatments and 3 repetitions, totaling 26 experimental units of 0.60 m² distributed in three blocks of about 8 experimental units each. Six months after planting, so the best vegetative development that the best yield (27 000 kg/ha) were observed with CD



treatment at a dose of 4 kg/m² or with treatments combining BV (3.35 kg/m²) + Urea (20 g/m²) and consists of one CD (3.35 kg/m²) + NPK 15-15-15 (4.5/2/3.7 g/m²). These best treatment induced an increase in the vegetative growth and yield of around 55% and 86% respectively compared to control. In this sense, the results of this work allowed to retain that T5, T6 and T7 should be well suited to support the culture of *Manihot esculenta* on this soil type.

2 INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) de la famille des *Euphorbiaceae*, est une plante à tubercules de grande importance alimentaire, économique et socioculturelle dans le monde tropical et particulièrement en Afrique Centrale. La racine tubéreuse du manioc est un aliment essentiellement énergétique riche en amidon, peu encombré de glucides non digestibles. Les racines sont consommées bouillies, frites ou même crues pour les variétés douces, après rouissage pour les variétés amères. Les produits de transformation comme les pâtes, féculs et farines sont stables et commercialisables (Raffaillac, 1997). En 2014 la production mondiale du manioc s'élevait à 250.000.000 millions de tonnes (FAO, 2014). Au Gabon, au cours de la même année, la production a été évaluée à 300.000 tonnes hissant ainsi le manioc parmi les meilleures cultures à racines et tubercules amyliacées du pays (FAO, 2014). La part la plus importante sert à l'alimentation humaine. L'intérêt porté sur la culture du manioc est manifeste tant en Amérique (Colombie, Brésil) qu'en Afrique (Cameroun, Côte-d'Ivoire, Bénin, Togo, Nigéria). Cependant, il ne donne pas toujours des rendements attendus nécessitant ainsi une fertilisation afin de maintenir ou d'améliorer la fertilité des sols par l'apport des éléments nutritifs. En ce sens, la recherche relative au rendement variétal (Bakayoko et al.,

2012) et à l'amélioration de la production fait recours aux intrants minéraux (Kouadio *et al.*, 2014 ; Lélé *et al.*, 2015 ; Ballot *et al.*, 2016), organiques (Bulaki *et al.*, 2014 ; Kouadio *et al.*, 2014 ; Akanza, 2015) et organo-minéraux (Akanza et Yao, 2011 ; Akanza, 2015 ; Ballot *et al.*, 2016). Le manioc est cultivé dans toutes les provinces du Gabon mais, les sols présentent de faibles teneurs en éléments minéraux fertilisants (Ognalaga *et al.*, 2016), limitant de ce fait la production. Ainsi, en tenant compte des acquis scientifiques et étant donné la variation des conditions pédoclimatiques d'une région à une autre d'une part, et du fait du caractère battant du sol (Makoka, 2014) issu du site d'étude de Motobo d'autre part, le présent travail a pour objet de proposer un système de fertilisation de cette culture qui soit adapté à la zone d'étude. Il consiste à apprécier le potentiel fertilisant des fumures organique (Bouse de vaches), minérale (NPK et urée) et organo-minérale (combinaisons : NPK-Bouses de vaches et Urée-Bouses de vaches) sur la croissance et la production du manioc en vases de végétation. Si ce système est concluant, il pourrait permettre de limiter la durée de jachères, favoriser une bonne production et encourager la sédentarisation des populations locales soumises à une agriculture itinérante.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 Site de l'étude : L'expérimentation a été menée dans des sacs contenant en moyenne 32 kg de sol provenant de la ferme de Motobo située à 32 km de Franceville. Cette ville est le Chef-lieu de la province du Haut-Ogooué située au sud-est du Gabon. Les prélèvements ont été faits sur l'horizon de surface (0 - 20 cm). Le sol a été transporté et l'essai s'est déroulé, en sacs, sur la

plate-forme expérimentale de l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB) dont les coordonnées géographiques sont les suivantes : 371 m d'altitude, 13°33'3" de longitude Est, 1°37'14" de latitude Sud.

3.2 Matériel végétal : Le matériel végétal utilisé est une variété de manioc de six mois

nommée var 0018. Elle a été fournie par le service agricole de la Province du Haut-Ogooué..

3.3 Fumures : Elles étaient constituées de la bouse de vaches et des engrais minéraux solubles dans l'eau (Tableau 1). La bouse de vaches provient des bovidés âgés de 3 à 4 ans. Elle a été prélevée dans l'étable de l'INSAB. Cette bouse, une fois prélevée, a subi un séchage au soleil pendant 7 jours avant son utilisation. Les engrais minéraux utilisés étaient constitués du NPK (15-15-15) et l'urée à 46% d'azote.

3.4 Dispositif expérimental : L'essai a été mené sur un dispositif en factoriel bloc constitué de deux facteurs qui sont : le sol et les différents fertilisants (bouse de vaches, NPK et l'Urée). Il comporte 8 traitements et 3 répétitions soit au total 26 unités expérimentales de 0,60 m² réparties dans trois blocs d'environ 8 unités expérimentales chacune (Figure 4A). Les traitements sont disposés de manière aléatoire dans les blocs.

3.5 Préparation des fertilisants et du matériel végétal : Les fumures organique et minérales ont fait l'objet de pesées en fonction des doses retenues dans le cadre de l'essai. Ces différentes matières fertilisantes ont été enfouies à une profondeur de 25 cm dans chaque sac ou unité expérimentale le jeudi 23 Juillet 2015. Pour le matériel végétal, après récolte, les boutures ont été conservées à l'ombre pendant 2 jours pour favoriser une légère perte de leur humidité avant d'être découpées. Ces boutures disposaient avant leur utilisation des caractéristiques suivantes : couleur grise ; 20 cm de long ; poids moyen de 50 grammes et elles possédaient 6 nœuds. Les boutures ont subi un traitement fongicide (Benlate à 0,06kg/hl) et insecticide (MEGA 400EC à 20ml/10l d'eau) dans un récipient de 16 litres d'eau pendant 5mn.

3.6 Planting et suivi de la culture : Le planting s'est fait à raison de deux boutures de manioc par sac ou unité expérimentale disposées sur le plan incliné ayant un angle de 45°. Les boutures ont été insérées dans le sol au 2/3 de leur longueur totale. L'écartement entre unité expérimentale de 0,80 m confère une densité de 8 plants/m². Le suivi de la culture a consisté à

l'extirpation des mauvaises herbes présentes dans les sacs au cours du temps.

3.7 Paramètres mesurés : Les principaux paramètres mesurés sont : le diamètre de tiges, la hauteur des plants, la surface foliaire, le nombre de feuilles et les paramètres de production.

- Le diamètre de tiges a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse digital ;

- La hauteur des plants a été prise à l'aide d'une règle graduée de 40 cm puis d'un piquet gradué de 3 m de long ;

- La surface foliaire (SF) a été mesurée en tenant compte de la méthode non destructive d'Egle (1992) qui consiste à estimer la surface foliaire de la feuille de manioc par la longueur (L) du lobe médian. En fait sur une unité expérimentale on choisit trois feuilles marquées, puis on détermine la longueur (L) de leur lobe médian (L1, L2, L3) et on applique la formule suivante :

$$SF = 0,82 \times (L_1^{1,93} + L_2^{1,93} + L_3^{1,93}).$$

- Le nombre de feuilles a été évalué tous les mois jusqu'à la fin de la période de l'essai (5 mois) ;

- Les paramètres de production ont été évalués à la fin de l'essai avec une balance automatique.

3.8 Méthodes d'analyses physico-chimiques : Les analyses du sol étudié ont été effectuées, au laboratoire des sols de l'INSAB, sur la fraction granulométrique inférieure à 2 mm selon les méthodes disponibles (Aubert, 1978 ; AFNOR, 1995). Elles concernent : la granulométrie déterminée à la pipette de Robinson-Khön (argiles et les limons fins) et tamisage (sables), le pH mesuré dans une suspension solide/solution (1/2,5), l'azote total par la méthode Kjeldahl, le carbone organique par la méthode Anne, le phosphore assimilable extrait selon la méthode Bray 2 ; tandis que l'extraction du phosphore total, tant dans le sol que dans la bouse de vaches, s'est faite selon Saunders et Williams (1955). Toutes les formes du phosphore en solution ont été dosées au spectrophotomètre UV-Visibles à 712 nm à l'aide du réactif de Murphy et Riley (1962). Le pH de la bouse de vaches a été mesuré dans le surnageant



d'une suspension d'échantillon du substrat dans l'eau distillée selon un rapport solide -solution de 1/5 (Ognalaga et Itsoma, 2014).

3.9 Analyses des résultats et traitement statistique : Les données collectées lors des

différentes observations ont été analysées à l'aide du logiciel Xlstat 2007. Elles ont ensuite été soumises à une analyse de la variance au seuil de 5 %. Le test de Newman et Keuls a servi pour la comparaison des moyennes.

Tableau 1 : Doses d'intrants apportés par unité expérimentale.

Traitements	Urée	NPK (15-15-15)	Bouse de vache	Doses/0,6m ²	Doses/m ²
T0	O	O	O	O	O
T1	O	X	O	18g	4,5/2/3,7 g*
T2	X	0	O	12g	20 g
T3	O	O	X	1,8kg	3 kg
T4	O	O	X	2kg	3,35 kg
T5	O	O	X	2,4kg	4 kg
T6	O	X	X	2kg+18g	3,35kg+4,5/2/3,7 g
T7	X	O	X	2kg+12g	3,35kg+20 g

Légende : To = témoin ; T1 = NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T2 = Urée 20 g/m² ; T3 = Bouse 3 kg/m² ; T4 = Bouse 3,35 kg/m² ; T5 = Bouse 4 kg/m² ; T6 = Bouse 3,35 kg/m²+ NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T7 = Bouse 3,35 kg/m²+ Urée 20 g/m².

4 RÉSULTATS

4.1 Caractéristiques physico-chimiques du sol : Les résultats des analyses (Tableau 2) ont montré que le sol était de texture limoneuse fine, qu'il avait une réaction acide (pH eau de 5,3) et qu'il présentait une teneur élevée en matière organique. Les teneurs en : azote total, phosphore

assimilable et en phosphore total sont correctes (Beenaert et Bitongo, 2004).

4.2 Analyse de la bouse de vaches : La bouse de vaches a un pH alcalin (Tableau 3). Ses teneurs en : phosphore total ,phosphore soluble dans l'eau et azote total sont élevées (Beenaert et Bitongo, 2004).

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon 0-20cm du sol utilisé

Caractéristiques physico-chimiques	pH _{eau}	pH _{KCl}	Phosphore assimilable	Phosphore total	Matière organique	Azote total	Argile	limons	Sables
			(mg/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
Valeurs	5,3	4,2	172	1227	32	1,6	29	667	304

Tableau 3 : Caractéristiques chimiques des cendres de la bouse de vache

Caractéristiques chimiques	Matière organique (mg/kg)	Phosphore total (mg/kg)	Phosphore soluble eau (mg/kg)	Azote total (mg/kg)	pH eau
Valeurs	193	33 546	7044	17	9,5

4.3 Influence des traitements sur le comportement des plants : La collecte des données relatives à la recherche de l'effet de la bouse de vaches, du NPK, de l'Urée et des interactions : bouse de vaches – NPK et bouse de

vaches – Urée a fait l'objet d'une analyse de la variance dont les résultats sont consignés dans le tableau 4. Les traitements ont influencé de façon hautement significative ($p < 0,0001$) tous les paramètres de croissance et de rendement

(Figures 4B ; 4C et 4D) ; tandis que leur effet est simplement significatif sur le nombre de racines tubéreuses ($p=0,007$) et la plus longue racine tubéreuse ($p=0,017$).

4.3.1 Diamètre de tiges : La comparaison des traitements deux à deux (Tableau 5) montre que T5, T6 et T7, dont les valeurs ne sont pas significativement différentes, met en évidence une croissance diamétrale moyenne de 48%, suivis des traitements T4 et T3 avec une croissance de 40%, et une croissance de 29% induite par T1 et T2 par rapport au témoin T0. T5, T7 et T6 enregistrent une croissance de 17% ; 27% respectivement de plus que T4, T3 et T1, T2 ; tandis que les traitements T3 et T4 induisent une croissance diamétrale de 15% de plus que T1 et T2. Hauteur des plants : La comparaison des traitements deux à deux au niveau de la hauteur des plants (HP) montre que les traitements T5, T6, T7, T4, T2, T3 et T1, dont les valeurs ne sont pas significativement différentes, occasionnent une croissance longitudinale moyenne plus élevée par rapport au témoin T0 de l'ordre de 46%.

4.3.2 Surface foliaire : La comparaison des traitements deux à deux (Tableau 5) montre que T7, T5, dont les valeurs ne sont pas significativement différentes, induisent une croissance foliaire plus élevée par rapport au

témoin (T0) de l'ordre de 50%, suivie du traitement T6 avec une croissance de 39%. T6, T3, T1 et T4 ne produisent pas de surface foliaire statistiquement différente de T0.

4.3.3 Nombre de feuilles : Pour le nombre de feuilles (NF), T7, T5, T6, T3, T2 dont les valeurs ne sont pas significativement différentes (Tableau 5), occasionnent une croissance plus élevée que celle du témoin de l'ordre de 72%. Le NF avec T4 et T1 se démarque de celui observé avec T0 de l'ordre respectivement de 48% et 69%. La différence entre T4 et T1 par rapport à tous les autres traitements est respectivement de 24% et 3%.

4.3.4 Effet des traitements sur le nombre de racines tubéreuses : Il ressort de cette figure (Figure 1) que le nombre de racines tubéreuses (NRT) augmente en fonction des différents traitements. Les traitements ayant reçu les fertilisants ont un NRT plus ou moins supérieur au témoin (T0). Le NRT le plus élevé est obtenu avec les traitements T7, T3, T4 et T5, soit respectivement 48% (T7), 31% (T3), 19% (T4) et 17% (T5) de plus par rapport à T0. L'effet de ces traitements est suivi de celui de T1 et T2 avec respectivement 11% et 4% par rapport à T0, soient des valeurs moyennes du NRT respectives de 8 et 9.

Tableau 4 : P-value sur les paramètres de croissance et les paramètres de production au 5^e mois après plantation.

Traitements	DDL	SC	MC	F	Pr>F
DT	7	341,496	48,785	11,989	< 0,0001
HP	7	17187,333	2455,333	8,462	< 0,0001
SF	7	58191,48	8313,069	6,565	< 0,0001
NF	7	94900,667	13557,238	32,873	< 0,0001
NRT	7	144,667	20,667	4,313	0,007
RTL	7	375,833	53,690	3,569	0,017
RDT	7	1,6x 10 ⁹	2,2 x10 ⁸	20,562	< 0,0001

Légende : DDL : Degré de liberté ; SC : Sommes des carrés ; MC : Moyennes des carrés ; F : Facteur de probabilité ; P : Probabilité calculée ; DT : Diamètre de tiges ; HP : Hauteur des plants ; SF : Surface foliaire ; NF : Nombre de feuilles ; NRT : Nombre de racines tubéreuses ; RTL : Plus longue racine tubéreuse ; RDT : Rendement du manioc.

Tableau 1: Effet des traitements sur la croissance du manioc au 5^e mois après plantation.

Traitements	Diamètre de tiges (mm)	Hauteur des plants (cm)	Surface foliaire (cm ²)	Nombre de feuilles
T0	12±0,44a	75±5a	150±14,23a	66±0,58a
T1	16±0,74b	117±22,52b	187±27,07ab	166±11,02c
T2	17±1,24b	131±18,15b	212±30,70ab	255±35,57d
T3	20±0,26bc	138±17,10b	234±12,20abc	229±27,30d
T4	20±0,97bc	115±19,47b	202±44,49ab	128±2,52b
T5	24±3,34c	159±22,72b	297±35,39c	204±16d
T6	23±2,63c	155,6±14,01b	247±18,5bc	254±12,10d
T7	24±3,35c	157±8,72b	303±67,31c	233±27,54d

Légende : T0 = témoin ; T1 = NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T2 = Urée 20 g/m² ; T3 = Bouse 3 kg/m² ; T4 = Bouse 3,35 kg/m² ; T5 = Bouse 4 kg/m² ; T6 = Bouse 3,35 kg/m²+ NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T7 = Bouse 3,35 kg/m²+ Urée 20 g/m².

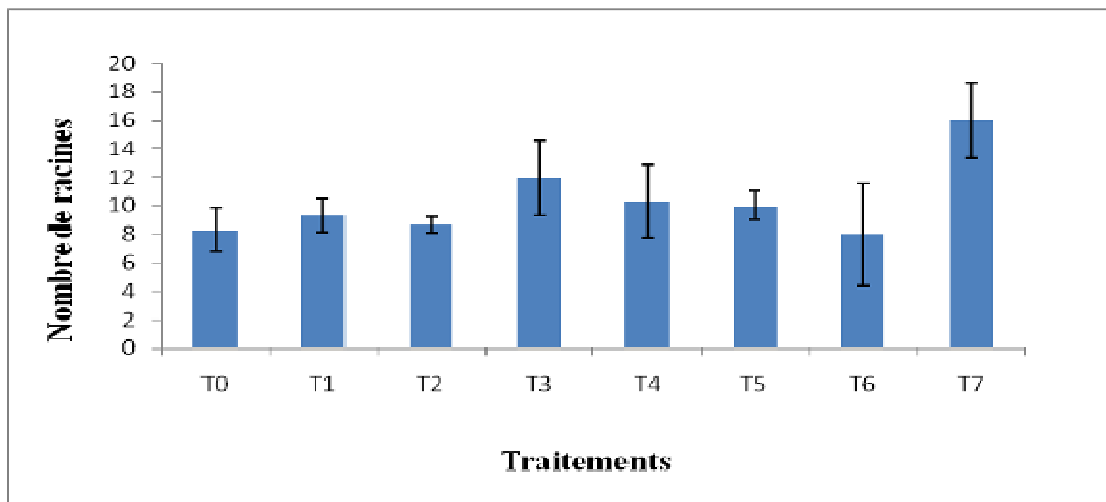


Figure 1 : Effet des traitements sur le nombre de racines tubéreuses

Légende : T0 = témoin ; T1 = NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T2 = Urée 20 g/m² ; T3 = Bouse 3 kg/m² ; T4 = Bouse 3,35 kg/m² ; T5 = Bouse 4 kg/m² ; T6 = Bouse 3,35 kg/m²+ NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T7 = Bouse 3,35 kg/m²+ Urée 20 g/m².

4.3.5 Effet des traitements sur la plus longue racine tubéreuse de manioc : La plus longue racine tubéreuse (RTL) varie et augmente en fonction des différents traitements (Figure 2). Les traitements ayant reçu les fertilisants ont une RTL supérieure à celle du témoin T0. Par ordre décroissant et selon les traitements, les meilleures RTL sont enregistrées ainsi qu'il suit : T7>T5>T3>T2>T6. Leurs différences par

rapport au témoin sont de l'ordre respectif de 48% (T7), 41% (T5), 41% (T3), 40% (T2) et 31% (T6), soient des valeurs respectives de 28±1,53 cm, 25±5,57 cm, 25±5,03 cm, 24±6,66 cm et 21±3,21 cm ; suivis des traitements T1 et T4 dont la RTL est plus élevée qu'avec T0 respectivement de l'ordre de 28% et 24%, soient des valeurs de 20±1,53 cm et 19±0,58 cm.

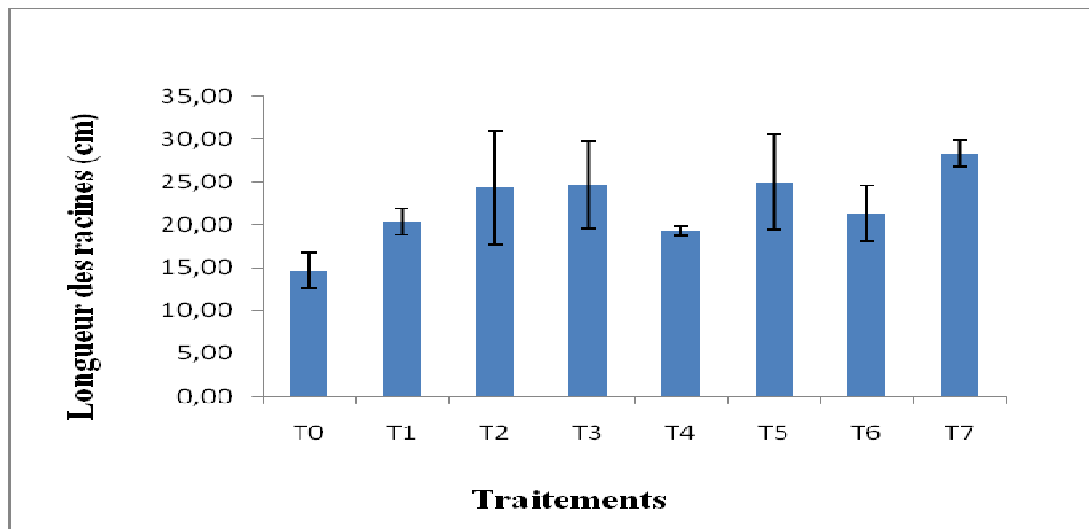


Figure 2 : Effet des traitements sur la plus longue racine tubéreuse.

Légende : T0 = témoin ; T1 = NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T2 = Urée 20 g/m² ; T3 = Bouse 3 kg/m² ; T4 = Bouse 3,35 kg/m² ; T5 = Bouse 4 kg/m² ; T6 = Bouse 3,35 kg/m²+ NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T7 = Bouse 3,35 kg/m²+ Urée 20 g/m².

4.3.6 Effet des traitements sur le rendement du manioc : Le rendement (RDT) du manioc augmente et varie en fonction des traitements (Figure 3 ; Figure 4D). Les traitements avec fertilisants ont des RDT plus élevés par rapport au témoin (T0). La comparaison des traitements deux à deux montre que T7 occasionne une augmentation du RDT de 88% par rapport à T0,

suivi du traitement T5 avec une augmentation de (84,46%) ; Soient des valeurs en RDT de 33 633 kg/ha (T7), 26 200 kg/ha (T5) et 4033 kg/ha (T0). Les traitements T6, T3 et T4, T2 et T1 dont les valeurs ne sont pas significativement différentes occasionnent une augmentation de 77% par rapport à T0, soit un RDT moyen de 17 507 kg/ha.

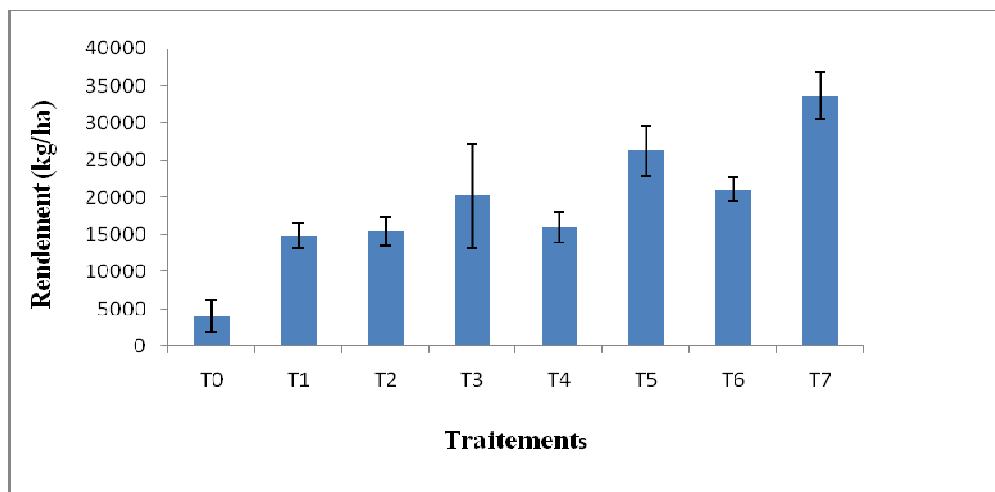


Figure 3 : Effet des traitements sur le rendement du manioc.

Légende : T0 = témoin ; T1 = NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T2 = Urée 20 g/m² ; T3 = Bouse 3 kg/m² ; T4 = Bouse 3,35 kg/m² ; T5 = Bouse 4 kg/m² ; T6 = Bouse 3,35 kg/m²+ NPK 4,5/2/3,7 g/m² ; T7 = Bouse 3,35 kg/m²+ Urée 20 g/m².

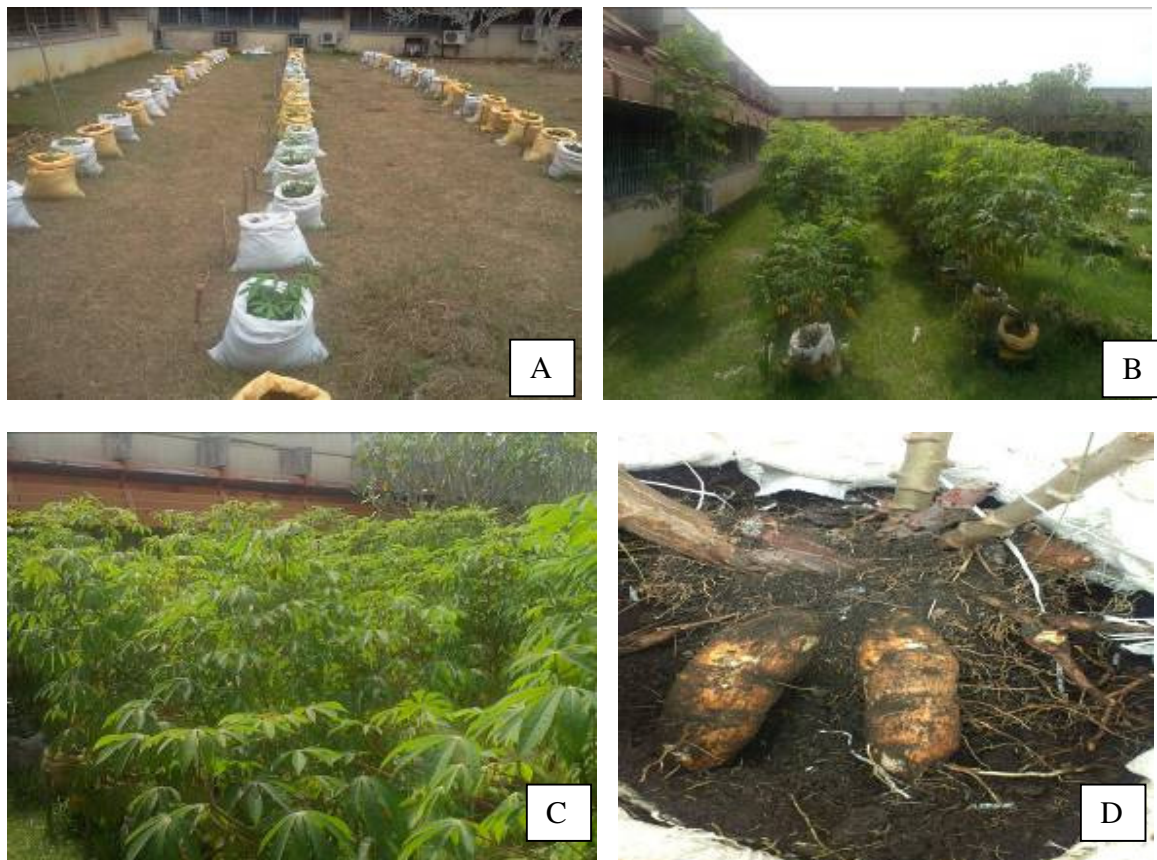


Figure 4 : Vues de l'essai : au début (A), 4 mois après plantation avec témoin au premier plan (B), à 5 mois (C) et degré de tubérisation (D).

5 DISCUSSION

L'essai conduit en vue d'évaluer l'effet des traitements sur la croissance et le rendement du manioc a montré une réaction positive hautement significative ($p < 0,0001$) de cette culture en présence des fertilisants organiques, minéraux et leurs combinaisons.

5.1 Influence des fertilisants sur la fertilité du sol : Les résultats obtenus montrent qu'en dehors du paramètre surface foliaire (SF), il a suffi de fertiliser pour observer une croissance du manioc plus importante par rapport au témoin (T0). Tel est le cas pour le paramètre hauteur de tiges pour lequel, tous les traitements avec fertilisant (T7, T5, T6, T4, T3, T2 et T1) présentent des plants ayant un meilleur développement par rapport au témoin T0. Cependant, les analyses de sols ont indiqué que les teneurs en matière organique, azote et phosphore étaient correctes. En fait

chimiquement le sol paraît riche, mais les éléments fertilisants qu'il renferme sont peu disponibles pour la culture en place. Les sols ferrallitiques renferment les oxyhydroxydes de fer et d'aluminium qui contractent des liaisons avec la matière organique et le phosphore, limitant ainsi la disponibilité de ces éléments pour les microorganismes et les plantes. Selon Schafer (1999), un développement foliaire rapide et élevé est une condition nécessaire à l'obtention de rendements élevés en tubercules. En effet, la fumure entraîne l'augmentation significative de la hauteur des plants, signe pour un développement végétatif plus important. L'influence positive de la fumure sur la tubérisation est à mettre en relation avec un développement foliaire rapide qui permettrait d'exploiter au mieux les niveaux de radiations lumineuses de la phase active d'élaboration de photosynthétats.

5.2 Effet isolé des engrais minéraux et de la bouse de vaches sur la croissance : Les engrais minéraux solubles (urée et NPK) apportés de façon isolée et la matière organique à faible dose ont produit une faible croissance par comparaison avec les autres traitements. Les éléments minéraux libérés par les engrais minéraux solubles et la matière organique, du fait de l'activité microbienne, ne suffisent pas pour satisfaire les besoins de la culture (manioc). Ces résultats ne corroborent pas avec ceux obtenus par Mulaji (2011) qui à faible dose de NPK a observé de bons rendements sur arachide, oseille et soja.

5.3 Effet de l'engrais organique sur la croissance et la production du manioc : La bouse de vaches, apportée à 4 kg/m² (T5) ou associée au NPK (T6) et surtout à l'urée (T7), a produit la meilleure croissance observée sur les paramètres : diamètre de tiges (DT), surface foliaire (SF) et nombre de feuilles (NF), favorisé une bonne production et induit des rendements importants. Les doses élevées de l'amendement organique et les interactions fumure organique-engrais minéral favoriseraient un enrichissement du sol en éléments minéraux. Les plants de manioc tirent profit de la bio-disponibilité de ces éléments. Plusieurs explications peuvent soutenir ces résultats. Cette bouse de vaches présente un pH alcalin qui a pu améliorer celui du sol (Mulaji, 2011 ; Andriamananjara, 2011 ; Ognalaga et Itsoma, 2014). Cela peut avoir comme effet bénéfique de favoriser l'assimilabilité, par les plants de manioc, des éléments minéraux libérés dans la solution du sol (Andriamananjara, 2011 ; Ognalaga et Itsoma, 2014). Par ailleurs, la bonne réaction de la culture test peut être liée à la richesse chimique de la fumure organique apportée. Selon Adjanohoun (2006), un bon accroissement des rendements du manioc passerait par la détermination des doses d'azote, de phosphore et de potassium. Les échantillons de fumures de bovins, analysées et utilisées au cours de cette étude, ont montré des teneurs en azote et phosphore très élevées, par rapport aux autres types de fumures notamment l'urée et le NPK (15-15-15). Ceci peut expliquer le fait que le rendement avec la bouse de vaches uniquement

ou combinée soit plus élevé que les autres traitements. Tant au niveau de la surface foliaire que du nombre de feuilles, il apparaît que les meilleurs résultats sont obtenus avec les traitements T5, T7 et T6 qui enrichiraient le sol en nutriments. Ces résultats concordent avec ceux de Lélé *et al.* (2015), Ballot *et al.* (2016) qui ont montré l'augmentation des rendements du manioc suite à l'apport des fertilisants minéraux. En dehors de l'aspect chimique, cette matière organique a dû aussi améliorer la structure du sol. Bakayoko *et al.* (2007) ont obtenu des résultats similaires en démontrant l'influence de la fumure organique sur la productivité du manioc en Côte d'Ivoire à une dose de 10t/ha. Kouadio *et al.* (2014) évoquent l'importance de la fertilisation minérale et organique sur la production du manioc. Selon Akanza (2015) la fiente de volaille et les engrais minéraux (NPK + urée+ dolomie) agissent favorablement sur les rendements du manioc. Les traitements T5, T7 et T6 seraient par conséquent les traitements les mieux indiqués pour l'amélioration de la surface foliaire et du nombre de feuilles des plants au seuil de probabilité de 5%.

5.4 Effet des combinaisons de traitements sur la croissance et la production du manioc : La croissance, la production et le rendement de la variété de manioc utilisée, ont été améliorés de façon hautement significative par les combinaisons entre la fumure organique et engrais minéral. Il semblerait que cette association met plus facilement les éléments minéraux à la disposition de la plante, favorisant ainsi sa croissance et le bon développement de ses organes végétatifs. Ces résultats sont similaires à ceux d'Akanza et Yao (2011) qui ont montré l'efficacité de la combinaison entre la fumure organique (fiente de volaille) et les engrais minéraux (NPK + urée+ dolomie) sur les rendements du manioc. Le rendement moyen de 27t/ha obtenu au bout du 6^{ième} mois avec les traitements T7, T6 et T5, au cours de notre étude, n'est pas significativement différent de ceux obtenus par les auteurs cités ci-avant. Les traitements T7 (35t/ ha de bouse + 200kg/ha d'urée) ; T6 (35t/ ha de bouse + 300kg/ha de NPK 15-15-15) et T5 (40t/ha de bouse) donnent



les meilleures moyennes et par conséquent les meilleurs diamètres de tiges, au seuil de probabilité de 5%. Ainsi, l'apport combiné de deux types d'engrais (organique et minéral) accroîtrait le stock d'éléments nutritifs, corrigerait les carences du sol et améliorerait le rendement du manioc. Ces résultats concordent plus ou

moins avec ceux d'Engonga (2007) qui a montré l'efficacité de la combinaison fiente de poules - urée sur le diamètre de tiges de la morelle noire et ceux de Giller *et al.* (2002) qui ont signalé que la fumure organique associée à l'engrais minéral constitue un fertilisant pouvant assurer l'équilibre entre les apports et les besoins de la plantes.

6 CONCLUSION

Au terme de cette étude qui portait sur l'effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta crantz var 0018*), il ressort que l'apport d'engrais (organique et minéral) a significativement ($p < 0,05$) amélioré la croissance végétative et la production en racines tubéreuses fraîches du manioc par rapport au témoin. Ainsi, l'apport combiné de deux types d'engrais

(organique et minéral) accroîtrait le stock d'éléments nutritifs, corrigerait les carences du sol et améliorerait le rendement du manioc. Cette étude confirme la nécessité de fertiliser, le sol utilisé, et l'effet bénéfique de la bouse de vaches appliquée seule, à forte dose, ou en association avec les engrais minéraux tels le NPK ou l'urée principalement.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjanohoun A: 2006. Détermination des doses d'azote, de phosphore et de potassium pour l'accroissement des rendements et la rentabilité du manioc au Sud du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin 51: 37-45.
- AFNOR : 1995. Norme Française. AFNOR NF X31-415. Qualité des sols. Extraction des éléments en traces soluble dans l'eau régale. AFNOR 455-463.
- Akanza KP : 2015. Effets des fumures sur la ferrallite, les composantes de rendement et diagnostic des carences du sol sous culture de manioc sur les ferralsols en Côte d'Ivoire. Science de la vie, de la terre et agronomie. Rev. CAMES NUM.01.2015*ISSN 2424-7235.
- Akanza KP. et Yao-Kouamé A : 2011. Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta Crantz*) et diagnostic des carences du sol. Journal of Applied Biosciences 46 : 3163-3172.
- Andriamananjara A : Système de culture à rotation Voandzou – Riz pluvial (*Oryza sativa*) sur les hautes terres de Madagascar. Rôle du Voandzou (*Vigna subterranea*) sur la biodisponibilité du phosphore dans les ferralsols. Thèse Université d'Antananarivo, École Supérieure des Sciences Agronomiques. 185PP.
- Aubert G : 1978. Méthodes d'analyses de sols. Centre de Documentation Pédagogique de Marseille. CNDRP-CRDP, Marseille, France. 191PP.
- Bakayoko S, Kouadio KKH, Soro D, Tschannen A, Nindjin C, Dao D. et Girardin O : 2012. Rendements en tubercules frais et teneurs en matière sèche de soixante-dix nouvelles variétés de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) cultivées dans le centre de la Côte d'Ivoire. Journal of Animal and Plant Sciences 14 (2) : 1961-1977.
- Ballot CSA, Semballa S, Atakpama W, Yangakola TM, Doubro Bo-Mbi A, Blavet D, Zinga I, Wala K., Batawila K. et Akpagana K : 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) :185-211.
- Beenaert F. et Bitongo D : 2004. Simple end practical methods to evaluate analytical data of soil profiles. Soil science Departement. Belgian Cooperation-



- Centre Universitaire de Dschang, Cameroun. 66PP.
- Bulakali BP, Aloni J, Palata JC. et Mergeai G : 2014. Performances de trois variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées en association avec *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swart dans les conditions du plateau des Batéké (ville-province de Kinshasa, RDC. *Tropicultura* 32(4) :158-187.
- Egle K : 1992. Étude de la variabilité des composantes du rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Var 312.524) en fonction de la fertilité du sol. Mémoire de fin de cycle Ingénieur agronome UNIVERSITE du BENIN, École Supérieure d'Agronomie Lomé – TOGO. 122PP.
- Engonga MN : 2007. Effets des différentes doses d'azote sur les rendements et la teneur en nitrates de feuilles de la morelle noire (*Solanum scabrum*), sur un sol peu évolué d'érosion d'un bas fond (Aquent), de la région de Dschang (Ouest Cameroun). Mémoire fin de cycle Ingénieur Agronome, INSAB-USTM, Gabon. 75PP.
- FAO: 2014. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Giller KE, Cadisch G. and Palm MC : 2002. The North- South divide: Organic wastes or resources of nutrient management. *Agronomy* 22: 703 -709.
- Kjeldahl HD : 1975. Diagnostic criteria for plants and soils. University Of California 75-78.
- Kouadio KKH, Bakayoko S, Soro D, Ettien DJB. et Yoboue KE : 2014. Étude de la durabilité économique et environnementale de la production de manioc sur ferralsols. *Journal of Applied Biosciences* 78 : 6894-6704.
- Lélé BN, Kachaka SC. et Lejoly J : 2015. Effet de la fertilisation minérale, de l'étêtage du manioc et des légumineuses à graines sur le rendement du manioc en culture associée et sur les propriétés d'un Aréno ferralsols à Kinshasa /RDC. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo* 4: 46-57.
- Makoka Madoukou L : 2014. Étude de la fertilité physico-chimique des sols et de l'influence du manganèse sur les végétaux de Motobo. Mémoire fin de cycle Ingénieur agronome, USTM-INSAB, Gabon. 87PP.
- Mulaji Kyela C : 2011. Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Thèse Université de Liège, Belgique, 191PP.
- Murphy J. and Riley IP : 1962. A modification single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27 : 6-31.
- Ognalaga M. et Itsoma E : 2014. Effet de *Chromolaena odorata* et de *Leucaena leucocephala* sur la croissance et la production de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Agronomie Africaine* 26:1-88.
- Ognalaga M, Moupéla C, Mourendé GA. et Oyanadigui Odjogui PI : 2016. Effets comparés des cendres de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob et d'un engrais minéral soluble dans l'eau (NPK 15 15 15) sur la croissance et le rendement de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Tropicultura* 34(3) : 242-252.
- Raffaillac JP : 1997. Le manioc : quelles priorités de recherche pour améliorer la production en relation avec la commercialisation ? *Les Cahiers de la Recherche Développement* 43: 7-19.
- Saunders WMH. and Williams EG : 1955. Observations on the determination of organic phosphorus in soil. *Journal of Soil Sciences* 6 : 254-267.
- Schafer JL : 1999. Amélioration du système de culture du Macabo, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, en pays Bamiléké (Ouest-Cameroun). *Cahiers Agricultures* 8(1) : 9-20.