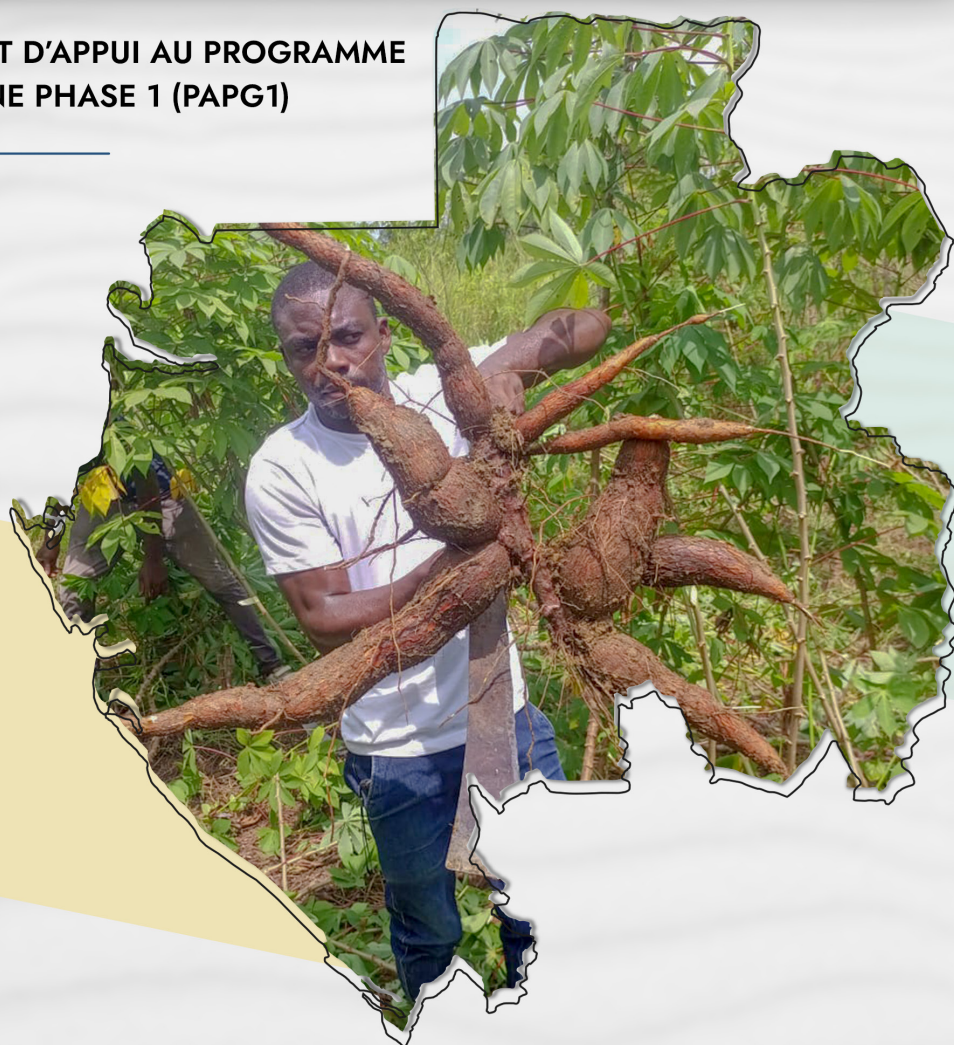


# Manioc au Gabon: vers un Système Semencier durable

Rapport de mise en place, d'évaluation des paramètres agronomiques et de  
caractérisation des nouvelles variétés de manioc introduites au Gabon

PROJET D'APPUI AU PROGRAMME  
GRAINE PHASE 1 (PAPG1)





## **Manioc au Gabon :** *Vers un Système Semencier durable*

Rapport de mise en place, d'évaluation des paramètres agronomiques et de caractérisation des nouvelles variétés de manioc introduites au Gabon

### **Les Auteurs**

Fotso K.A  
Bourobou D  
Zinga Koumba C.R  
Zozo R.  
Kombila A.  
Demikoyo K.D.  
Effa Effa, B.  
Guibingua M.S.  
Abass A.  
Nabahungu L.  
Voga Moudoubou J.D  
Fiaboe K.K.M.

### **Citation**

Fotso K.A, Bourobou D., Zinga Koumba C.R, Zozo R., Kombila A., Demikoyo K.D., Effa Effa, B., Guibingua M.S., Abass A., Nabahungu L., Voga Moudoubou J.D & Fiaboe K.K.M. (2024). Manioc au Gabon: vers un système semencier durable. 58p

## Table des matières

Résumé Exécutif.....	5
1. Contexte et justification .....	6
2. Matériel et méthodes .....	7
2.1 Génotypes du manioc .....	7
2.2 Sites des essais et caractéristiques.....	8
2.3 Mise en place et suivi de l'essai .....	8
2.3.1 Echantillonnage du sol.....	8
2.3.2 Analyse des échantillons au Laboratoire .....	9
2.3.3 Mesures de contrôle de la qualité .....	9
2.4 Échantillonnage des ravageurs et des maladies.....	10
2.5 Analyse des données .....	10
3. Résultats.....	10
3.1 Propriétés physico-chimiques du sol dans les sites expérimentaux. ....	10
3.2 Incidence de la mosaïque du manioc et de l'antracnose et population moyenne de mouche blanche sur les variétés .....	13
3.3. Rendements des variétés de manioc dans les différents sites expérimentaux .....	16
3.4 Performances des variétés pressenties pour la multiplication....	20
3.5 Implication des résultat obtenus dans la mise en place et la gestion des parcelles de multiplication pour un rendement optimale .....	21
3.5.1 Stratégies des recommandations des fertilisants.....	21
3.5.2 Exportation des éléments minéraux par le manioc.....	23
3.5.3 Recommandations .....	24

## Résumé Exécutif

L'étude menée dans 4 provinces du Gabon visait à évaluer les performances agronomiques et la réponse des génotypes de manioc nouvellement sélectionnés aux principaux ravageurs et maladies dans les zones de production du manioc. Des échantillons de sol ont été prélevés sur quatre sites expérimentaux et leurs propriétés physico-chimiques ont été analysées. Les sols se sont révélés très acides et pauvres en éléments nutritifs. Parmi les variétés améliorées, l'IITA-TMS-IBA920326 avait la plus forte incidence de Maladie de la mosaïque du manioc (CMD), soit 8,9 %. Cependant, les variétés locales avaient une incidence de plus de 60%. Malgré des populations d'aleurodes plus importantes, les variétés améliorées ont montré une résistance au CMD. Toutes les variétés, y compris les variétés améliorées et locales, ont été affectées par l'antracnose du manioc. La variété locale Nganza a eu la plus forte incidence de la CMD. La variété

IITA-TMS-IBA011797 a eu le rendement le plus élevé (48.8 T/ha) sur le site de Makokou, tandis que la variété IITA-TMS-IBA920326 a eu le plus haut rendement à Mouila (30,6 T/ha). La variété TME693 a eu le meilleur rendement à Okollo Ville (38.2T/ha). Les variétés TME419, TME693, IITA-TMS-IBA950109, et IITA-TMS-IBA961414 présélectionnées pour les parcelles de multiplication ont montré des rendements moyen allant de 16 à 22 tonnes par hectare sur l'ensemble des 4 sites, avec un rendement potentiel supérieur à 36 T/ha. La performance des variétés sur les différents sites correspond aux résultats de l'analyse du sol sites, Makokou et Okollo Ville ayant des niveaux de nutriments plus élevés. Les recommandations en matière d'engrais ont été fournies sur la base de l'analyse du sol et des calculs d'exportation des éléments nutritifs du manioc. L'objectif est d'optimiser les niveaux de potassium, de pH et de

phosphore dans le sol afin de favoriser le développement des tubercules et d'augmenter les rendements. Ces résultats fournissent des informations précieuses sur la performance des géotypes de manioc sélectionnés au Gabon et suggèrent des stratégies pour améliorer les rendements grâce à la gestion des sols et aux mesures de lutte contre les parasites et les maladies.

## 1. Contexte et justification

Le manioc est résistant aux environnements défavorables et tolère une grande variété de précipitations (EL-Sharkawy, 2003). Cependant, la production de manioc souffre de pertes de rendement dues aux ravageurs et aux maladies, notamment la maladie de la mosaïque du manioc (CMD) transmise par les aleurodes, l'antracnose du manioc et l'acarien vert du manioc (Fokunang et al., 2001 ; Legg et al., 2006). Le CMD est la maladie la plus importante, causant une perte de rendement estimée à 25-90% et affectant négativement les moyens de subsistance des populations (Legg et al., 2006 ; Sseruwagi et al., 2004). On peut s'attendre à des pertes de rendement importantes lorsque différentes souches de virus infectent simultanément la même plante. L'impact des ravageurs et des maladies est plus prononcé sur les géotypes locaux, ce qui contribue aux rendements inférieurs observés par rapport aux géotypes améliorés (Fotso et al., 2018 ; Thresh & Cooter, 2005). Un contrôle efficace des principaux ravageurs et maladies

peut être obtenu par la phytosanitation, l'utilisation de géotypes de manioc améliorés et résistants, la lutte contre les vecteurs et la mise en œuvre de pratiques culturales (Thresh, 2003, 2006). Cependant, la résistance de la plante hôte est la technologie la moins chère et la plus simple pour la gestion des ravageurs et des maladies dans les conditions des petites exploitations agricoles.

L'objectif de cette activité était d'évaluer la performance agronomique et la réponse des géotypes de manioc nouvellement sélectionnés aux principaux ravageurs et maladies dans les zones de production de manioc au Gabon. Les résultats de cette étude pourraient révéler le potentiel industriel du manioc et contribuer à la politique de substitution des importations. Ils permettront également d'offrir aux utilisateurs finaux une large gamme de variétés répondant à leurs besoins. Cette activité entre dans le cadre de la mise en œuvre des activités de la convention entre l'IITA et le PAPG1.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 Géotypes du manioc

Les nouveaux géotypes améliorés de manioc sont sélectionnés pour leur rendement élevé et leur tolérance aux maladies et aux ravageurs, en particulier la maladie de la mosaïque du manioc. Les noms et les pedigrees des accessions sont répertoriés dans la base de données du manioc (Tableau 1). Ils ont été évalués par rapport aux géotypes couramment trouvés dans les champs des agriculteurs sur les sites expérimentaux.

Tableau 1 Caractéristiques des nouvelles variétés de l'essai ([www.cassavabase.org](http://www.cassavabase.org))

Nom Unique	Pedigree	Couleur
1. IITA-TMS-IBA011797	IITA-TMS-IBA950379/TMEB117	Jaune
2. IITA-TMS-IBA070593	IITA-TMS-IBA011277/IITA-TMS-IBA990067	Jaune
3. IITA-TMS-IBA920326	IITA-TMS-IBA91934/TMEB1	Blanc
4. TMS13F1343P0044	IITA-TMS-IBA970425/IITA-TMS-IBA930007	Blanc
5. TMS13F1307P0016	IITA-TMS-IBA030060/IITA-TMS-IBA010903	Blanc
6. TMS13F1343P0022	IITA-TMS-IBA970425/IITA-TMS-IBA930007	Blanc
7. TMS14F1278P0003	TMS13F1088P0008/TMS13F1106P0006	Blanc
8. TMS920057	IITA-TMS-IBA30555/TMEB1	Blanc
9. IITA-TMS-IBA961414	IITA-TMS-IBA9102319/MANGAZO	Blanc
10. IITA-TMS-IBA960023	(TMS 91934(4x) HS	Blanc
11. IITA-TMS-IBA090590	IITA-TMS-IBA972205/MCOL 1468	Blanc
12. IITA-TMS-IBA950109	IITA-TMS-IBA9102325/NA	Blanc
13. TME 419		Blanc
14. TME 693		Blanc
15. Deux variétés locales de chaque zone		Blanc

## 2.2 Sites des essais et caractéristiques



Figure 1 : Sites expérimentaux

Les essais ont été mis en place dans quatre sites: (1) Ntoundou dans la zone forestière à Okoume dans la province de l'Estuaire, (2) Ndendé dans la savane des plaines dans la province de la Ngounie; (3) Oyem dans les jachères et forêts dégradées et (4) Motoko dans la zone forestière sans Okoume, dans la province du Haut Ogooué (Figure 1). Les sites de Ndendé et Ntoundou ont été par la suite et dévastés par les animaux sauvages et les bœufs, ne laissant que deux sites pour la collecte des données. Cependant les mêmes données ont été collectées dans les parcelles de démonstrations mises en place dans les mêmes provinces avec les mêmes variétés. Les localités additionnelles sont Mouila dans la Ngounie et Makokou dans la province de l'Ogooué Ivindo.

## 2.3 Mise en place et suivi de l'essai

Les essais ont été mis en place dans un plan de bloc complètement randomisé (CRBD) avec trois répétitions pour chaque génotype. Deux plantes consécutives dans une parcelle étaient distantes de 1 m, avec 28 plantes par parcelle disposées dans une grille de 4 m x 7 m incluant les plantes de bordure.

### 2.3.1 Échantillonnage du sol

Des échantillons de sol ont été prélevés lorsque le sol était sec et avait une activité biologique minimale. Dans chaque champ, l'échantillonnage a été effectué à l'aide d'une tarière. Chaque champ a été divisé en zones qui ont le même type de sol, la couleur, la pente, l'engrais et l'historique des cultures. L'activité biologique des racines des plantes et les niveaux de nutriments se

produisent principalement dans les couches superficielles (0-30 cm), d'où la plupart des échantillons de sol sont collectés dans cette couche. La litière de surface et les résidus de récolte ont été raclés et des échantillons de la carotte entière à une profondeur de 0 à 15 cm et de 15 à 30 cm de chaque zone de sol uniforme ont été collectés, placés dans un seau et soigneusement mélangés. Au total, 500 g de terre ont été collectés à partir de cet échantillon représentatif mixte pour remplir le sac d'échantillons de sol. Chaque échantillon a été étiqueté soigneusement dans des sacs d'échantillons avec l'emplacement, le nom de la localité et la profondeur de l'échantillon.

### 2.3.2 Analyse des échantillons au Laboratoire

Les échantillons ont été analysés au laboratoire du Sol, Eau, Plantes et Engrais de l'IIITA au Cameroun. L'on a d'abord déterminé le pH du sol ainsi que la teneur en N, P et K sur la base des résultats de l'analyse, des investigations supplémentaires ont été menées sur le Ca et le Mg échangeables. Pour l'analyse à effectuer, les échantillons de sols ont été séchés à l'air et broyés pour passer à travers un tamis de 2 mm. Pour l'analyse du Carbone et de l'azote, les sols étaient broyés plus finement pour passer à travers un tamis de 0,5 mm. Le

pH du sol dans l'eau, a été déterminé dans une suspension sol:eau de 1:2,5 (p/v). Le C organique était déterminé par digestion à l'acide chromique analyse spectrophotométrique (Heanes, 1984). L'azote total a été déterminé à partir de la méthode définie par Buondonno et coll. (1995) et analysé par analyse colorimétrique (Anderson et Ingram, 1994). Le Ca, Mg, K et P échangeables ont été extraits en utilisant la procédure Mehlich3 (Mehlich, 1984), et les cations déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique de flamme. Le P échangeable a été analysé en utilisant la procédure au bleu de molybdate décrite par Murphy et Riley (1962). La taille des particules (trois fractions) a été déterminée par la méthode de l'hydromètre. P est exprimé en ppm ou µg/g ou mg/kg; C organique et N total exprimés en%, Ca, Mg, K, CEC, exprimés en cmol/kg.

### 2.3.3 Mesures de contrôle de la qualité

Les mesures de contrôle de la qualité comprenaient deux étapes: (1) Inclusion de cinq références internes échantillons dans chaque lot analysé; (2) Inclusion de quatre échantillons de référence externes provenant de sources internationales programme d'échange de sol dans chaque lot analysé.

## 2.4 Évaluation des ravageurs et des maladies

L'échantillonnage a été effectué à trois, six et neuf mois après la plantation pour compter les insectes et évaluer la sévérité des maladies. Dans chaque parcelle, l'échantillonnage a été effectué sur 10 plantes, à l'exclusion des rangées de bordures. Sur chaque plante, le nombre d'aleurodes adultes a été compté à l'extrémité de la plante. L'incidence la maladie de la mosaïque du manioc (CMD) et la sévérité ont été notées sur l'ensemble du feuillage de la plante; la sévérité de la maladie de l'antracnose du manioc (CAD) sera notée sur les tiges. La notation de la maladie a été effectuée sur une échelle de 1 (aucun symptôme observé) à 5 (symptômes graves sur les parties de la plante) (IITA, 1990). Lors de la récolte, la biomasse aérienne a été enregistrée et les racines fraîches pesées.

## 2.5 Analyse des données

Les données d'incidence ont été calculées pour la mosaïque, l'antracnose et la bactériose pour chaque parcelle en calculant le pourcentage de plantes présentant des symptômes par rapport au nombre total de plantes échantillonnées. Les moyennes des différents paramètres ont été calculés avec l'erreur standard. Les données de rendements des parcelles ont été extrapolés pour avoir une estimation des rendements à l'hectare sur

la base du nombre de plants récoltés dans la parcelle pour chaque variété et dans chaque localité.

## 3. Résultats

### 3.1 Propriétés physico-chimiques du sol dans les sites expérimentaux.

Les statistiques descriptives résumant l'état et la variabilité spatiale des propriétés des sols étudiés sont présentées dans le Tableau 2 ci-dessous. Le pH (eau) moyen pour l'ensemble des sites est de 4,55 et celui au KCl est 4,09.

Tableau 2. Statistiques descriptives des propriétés des sols étudiés

Paramètres	Moyenne	Dev Std	Min	Max	CV	Gamme	Variance
pH eau	4,55	0,30	3,91	4,94	6,49	1,03	0,10
pH KCl	4,09	0,16	3,76	4,47	3,85	0,71	0,03
Total (N %)	1,30	0,98	0,16	3,19	75,07	0,11	0,00
Bray P (µg)	0,40	0,27	0,04	0,92	67,68	25,77	101,58
K (me/100g)	0,17	0,10	0,04	0,39	60,27	0,29	0,01
Mg (me/100g)	1,80	1,92	0,04	5,73	106,72	0,84	0,07
Ca (me/100g)	2,42	3,07	0,29	10,74	127,15	2,97	0,98
Zn (µg)	66,63	134,85	1,44	422,00	202,38	5,64	4,43
Cu (µg)	166,63	55,60	93,00	272,82	33,37	10,45	11,95
Mn (µg)	1,94	0,68	0,89	3,66	34,96	21,78	43,77
Fe (µg)	1,96	3,79	0,10	10,62	193,72	166,82	2456,12
Org C %	10,47	5,51	1,00	17,73	52,58	2,67	0,54
C/N	1,05	0,82	0,09	2,33	77,55	7,48	4,37
Acidité échan. (me/100g)	9,30	8,86	0,77	26,54	95,27	1,98	0,50
Sable (%)	50,77	11,79	35,18	71,39	23,23	34,00	118,33
Argile (%)	41,10	11,96	17,26	59,26	29,11	42,00	152,80
Limon (%)	8,14	4,96	1,64	19,35	60,91	15,71	24,47

Le résultat de l'analyse de corrélation entre les propriétés du sol est présenté dans le Tableau 3 Une corrélation positive significative a été observée entre certaines propriétés du sol, bien que la force de la corrélation varie fortement entre les propriétés du sol.

Le pH( eau) du sol varie de 3.96 (Oyem) à 4.76 (Makokou) (Tableau 3). Tous les ces sites ont un pH < 5,3 et sont considérés comme étant très acide, non calcaire. Le site de Makokou se démarque des autres sites par sa teneur en différents éléments bien que ceci reste inférieur au seuil critique.

Tableau 3. Eléments disponibles dans le sol dans les différents sites

Paramètres	Oyem 1	Okollo	Makokou	Mouila
Ph Eau	3,96	4,41	4,76	4,70
pH KCl	3,84	4,05	4,31	4,06
Total (N %)	0,10	0,10	0,16	0,15
Bray P (µg)	0,93	6,38	23,10	3,20
K (me/100g)	0,08	0,26	0,27	0,14
Mg (me/100g)	0,09	0,25	0,65	0,54
Ca (me/100g)	0,23	0,62	2,70	1,32
Zn (µg)	0,12	0,46	5,11	1,28
Cu (µg)	0,29	0,69	7,44	1,89
Mn (µg)	1,67	28	11,90	16,34
Fe (µg)	166,21	123	248,93	138,36
Org C %	1,39	1,27	2,14	1,97
C/N	13,39	12,43	13,13	13,33
Acidité Ech. (me/100g)	2,25	1,28	0,50	1,32
Sable (%)	35,21	69,39	45,85	51,51
Argile (%)	59,26	27,97	49,26	39,79
Limon (%)	5,53	2,64	4,89	8,69

### 3.2 Incidence de la mosaïque du manioc et de l'antracnose et population moyenne de mouche blanche sur les variétés

Les huit variétés locales de manioc utilisées dans l'expérience ont montré une incidence de la maladie de la mosaïque du manioc supérieure à 60% et une sévérité moyenne de  $2,98 \pm 0,1$  (Figure 2). Parmi les quatre variétés améliorées, l'incidence la plus élevée de la mosaïque (8,9 %) a été enregistrée sur la variété IITA-TMS-IBA920326. Les résultats de notre étude révèlent que le nombre moyen de mouches blanches par plant varie entre 2,45 (avec un écart-type de 0,48) pour les variétés IITA-TMS-IBA950109 et 12,43 (avec un écart-type de 1,4) pour la variété IITA-TMS-IBA 960023. Il est intéressant de noter que les mouches blanches sont plus abondantes sur les variétés améliorées que sur les variétés locales (Tableau 4). Cependant, malgré cette présence accrue de mouches blanches, il n'y a pas d'incidence significative sur l'incidence de la maladie de la mosaïque du manioc. Cela indique que les variétés améliorées sont

résistantes à cette maladie, ce qui justifie leur performance malgré une infestation plus élevée de mouches blanches. Les mouches blanches sont des insectes nuisibles courants qui se nourrissent de la sève des plantes, entraînant des dégâts sur les feuilles et favorisant la transmission de certains virus, tels que le virus de la mosaïque du manioc. Cependant, les variétés améliorées ont développé une résistance spécifique à ce virus, ce qui leur permet de maintenir une productivité élevée malgré la présence des mouches blanches. Ces résultats soulignent l'importance de la sélection et du développement de variétés résistantes aux maladies pour assurer la durabilité des cultures et la sécurité alimentaire. En continuant à étudier et à promouvoir ces variétés résistantes, nous pouvons contribuer à réduire les pertes de rendement causées par la maladie de la mosaïque du manioc et garantir une production plus stable pour les agriculteurs.

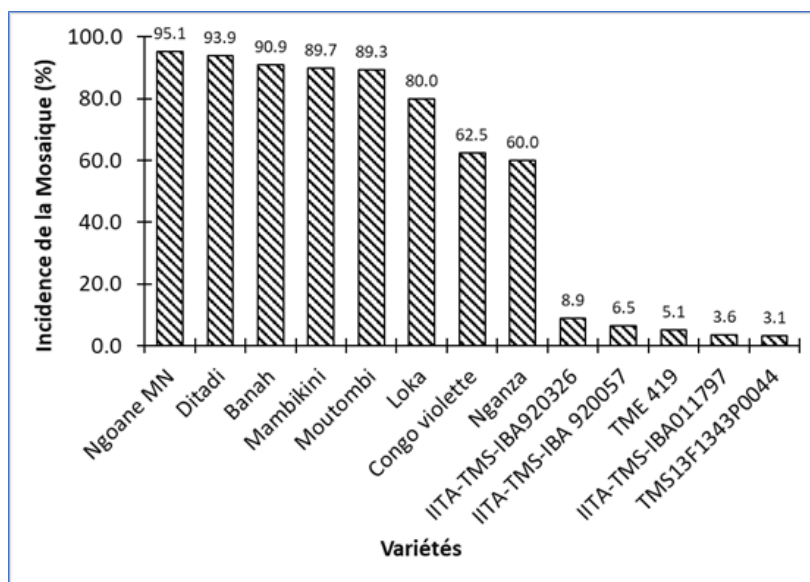


Figure 2: Incidence de la mosaïque du manioc sur les variétés de manioc

Tableau 4: Nombre moyens de mouches blanches et de nymphes

Variétés	Mouches blanches (SE)	Nymphes (SE)
Banah	7,41 (1,26)	1,77 (0,39)
Congo violette	6,75 (1,60)	0,75 (0,41)
Ditadi	7,12 (1,22)	2,82 (1,48)
IITA-TMS-IBA 920057	8,84 (0,92)	1,77 (0,73)
IITA-TMS-IBA 960023	12,43 (1,46)	5,10 (1,81)
IITA-TMS-IBA011797	2,79 (0,48)	0,68 (0,26)
IITA-TMS-IBA070593	3,13 (0,51)	1,13 (0,30)
IITA-TMS-IBA090590	2,45 (0,48)	0,20 (0,12)
IITA-TMS-IBA920326	10,40 (1,17)	1,62 (0,38)
IITA-TMS-IBA950109	7,07 (1,34)	2,33 (0,61)
IITA-TMS-IBA961414	10,33 (1,35)	2,80 (1,24)
Loka	5,05 (0,88)	2,45 (1,22)
Mambikini	8,23 (0,94)	1,77 (0,61)
Moutombi	3,96 (0,61)	1,07 (0,61)
Nganza	6,30 (0,59)	3,20 (1,21)

Ngoane MN	4,20 (0,70)	0,90 (0,35)
TME 419	10,47 (0,78)	5,78 (1,05)
TME 693	3,53 (0,42)	0,63 (0,20)
TMS13F1160P0022	4,83 (0,63)	1,80 (0,38)
TMS13F1307P0016	7,13 (1,28)	2,83 (0,56)
TMS13F1343P0044	5,25 (0,65)	2,06 (0,64)
TMS14F1278P0003	7,19 (1,41)	2,26 (0,83)

Les résultats de notre étude révèlent trois variétés améliorées et trois variétés locales ont été affectées par l'antracnose du manioc sur les tiges. L'incidence la plus élevée de cette maladie a été observée sur la variété locale Nganza à Okollo Ville (Figure 3).

L'antracnose du manioc est une maladie fongique qui affecte les parties aériennes de la plante, en particulier les tiges. Elle provoque des lésions brunes ou noires, des nécroses et une dégradation de la structure des tiges, ce qui peut entraîner un affaiblissement de la plante et une réduction du rendement.

En ce qui concerne la bactériose du manioc, toutes les variétés de manioc évaluées ont présenté des symptômes légers de cette maladie. La bactériose du manioc est causée par des bactéries pathogènes qui peuvent provoquer des nécroses foliaires, des lésions sur les tiges et une réduction de la croissance globale de la plante.

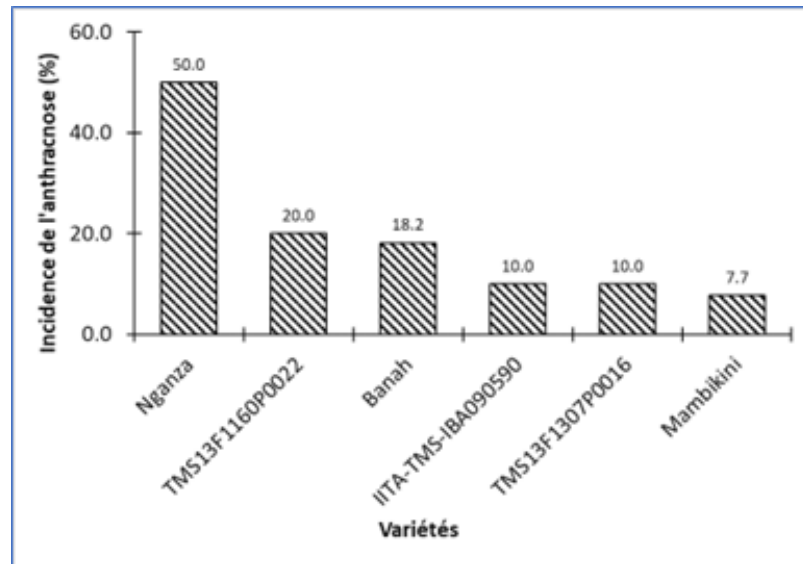


Figure 3 : Incidence de l'antracnose sur les variétés de manioc

### 3.3. Rendements des variétés de manioc dans les différents sites expérimentaux

Les données présentées mettent en évidence la performance des différentes variétés en termes de rendement moyen dans les différentes régions. La variété IITA-TMS-IBA011797 a eu le rendement moyen le plus élevé à Makokou, tandis que la variété IITA-TMS-IBA920326 a montré des résultats prometteurs à Mouila. À Okollo Ville, la variété TME693 s'est distinguée par son rendement moyen élevé (Figure, 4,5,6).

Il est intéressant de noter que même dans des conditions difficiles caractérisées par un sol acide et pauvre en nutriments à Oyem, la variété locale Mambikini a réussi à atteindre un rendement remarquable de 20 tonnes par hectare (Figure 7). Cela suggère que les variations régionales des conditions du sol ont influencé l'adaptabilité des différentes variétés à leurs environnements locaux respectifs. Dans chaque localité, les variétés améliorées ont été plus productives que les variétés locales à l'exception de Oyem (Figure 8)

En outre, il convient de noter que les analyses de sol effectuées permettent d'expliquer les résultats obtenus dans chaque zone. Makokou et Okollo Ville ont présenté des niveaux plus élevés de phosphore, de potassium et de magnésium, ce qui aurait pu influencer positivement la performance des variétés dans ces régions contrairement à Oyem qui a montré des niveaux plus faibles de ces nutriments, ce qui expliquerait la faible performance des variétés. En effet le potassium, du pH et le phosphore jouent un rôle crucial dans la tubérisation du manioc. Chacun de ces éléments contribue à différents aspects du développement des tubercules, ce qui impacte directement le rendement final de la culture.

Le potassium est essentiel pour la croissance et la formation des tubercules. Il favorise la translocation des sucres et des nutriments vers les parties souterraines de la plante, ce qui stimule la tubérisation. Une carence en potassium peut entraîner une tubérisation réduite et un rendement inférieur.

Le pH du sol est également important. Le manioc préfère un pH légèrement acide à neutre, généralement compris entre 5,5 et 6,5. Un pH trop élevé ou trop bas peut entraver l'absorption des nutriments essentiels, y compris le potassium et le phosphore, ce qui peut réduire la tubérisation.

En ce qui concerne le phosphore, il joue un rôle clé dans la formation des tubercules. Le phosphore est impliqué dans la synthèse de l'ATP, une molécule énergétique essentielle pour le développement des tubercules. Une carence en phosphore peut entraîner une tubérisation réduite et un rendement plus faible.

Il est donc crucial d'optimiser les niveaux de potassium, de pH et de phosphore dans le sol pour favoriser la tubérisation du manioc. Des

analyses régulières du sol et des ajustements appropriés en termes de fertilisation peuvent aider à maintenir des conditions optimales pour la croissance et le développement des tubercules, ce qui se traduit par des rendements plus élevés.

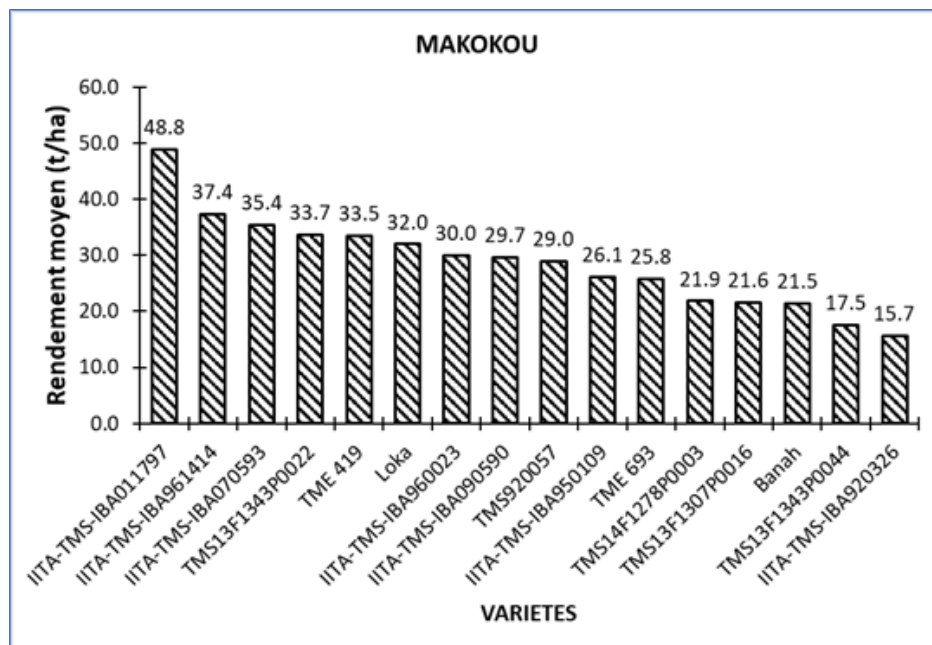


Figure 4: Rendements des variétés de manioc à Makokou

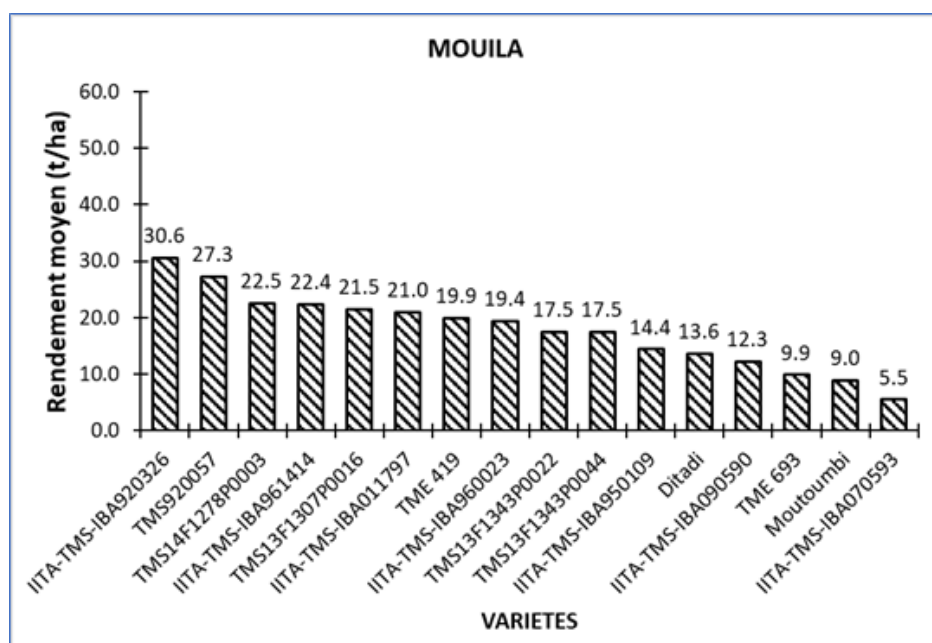


Figure 5: Rendements des variétés de manioc à Mouila

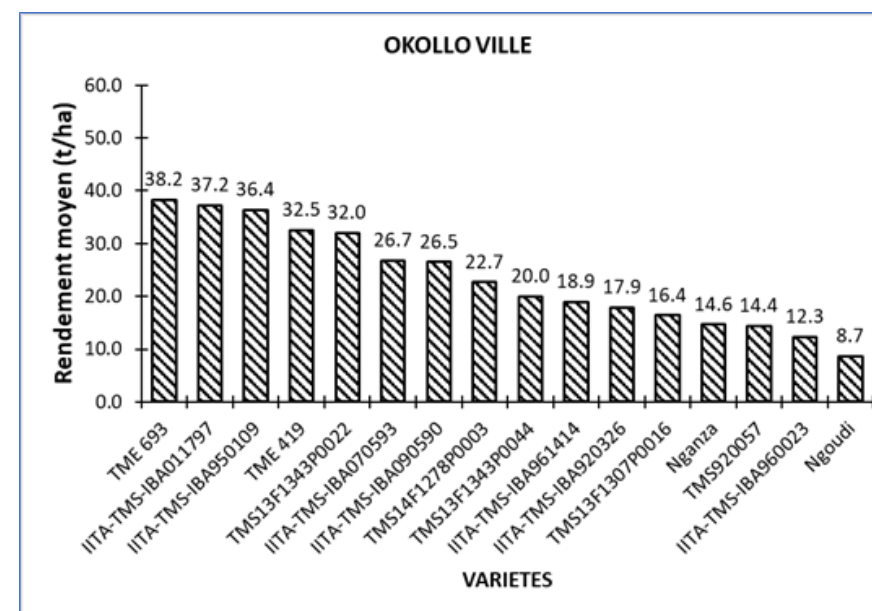


Figure 6: Rendements des variétés de manioc à Okollo Ville

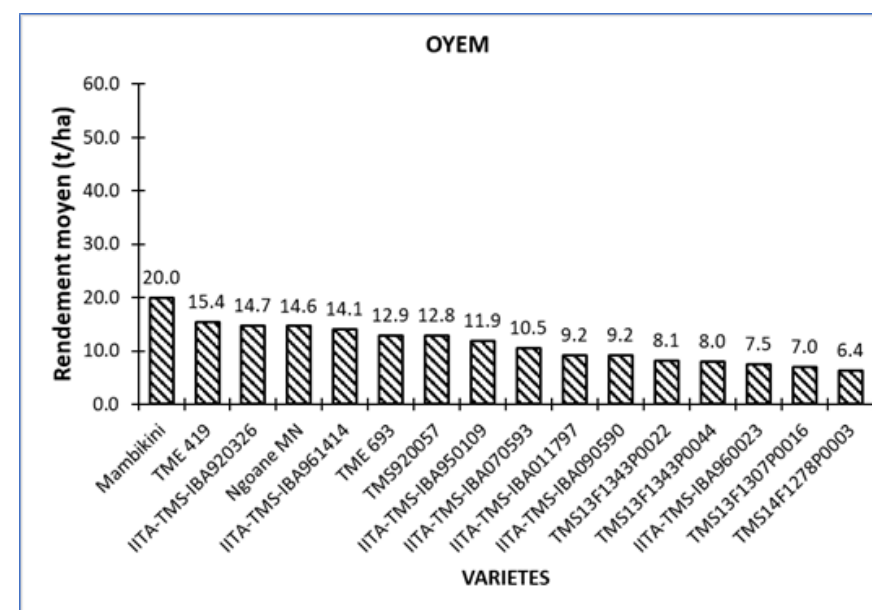


Figure 7: Rendements des variétés de manioc à Oyem

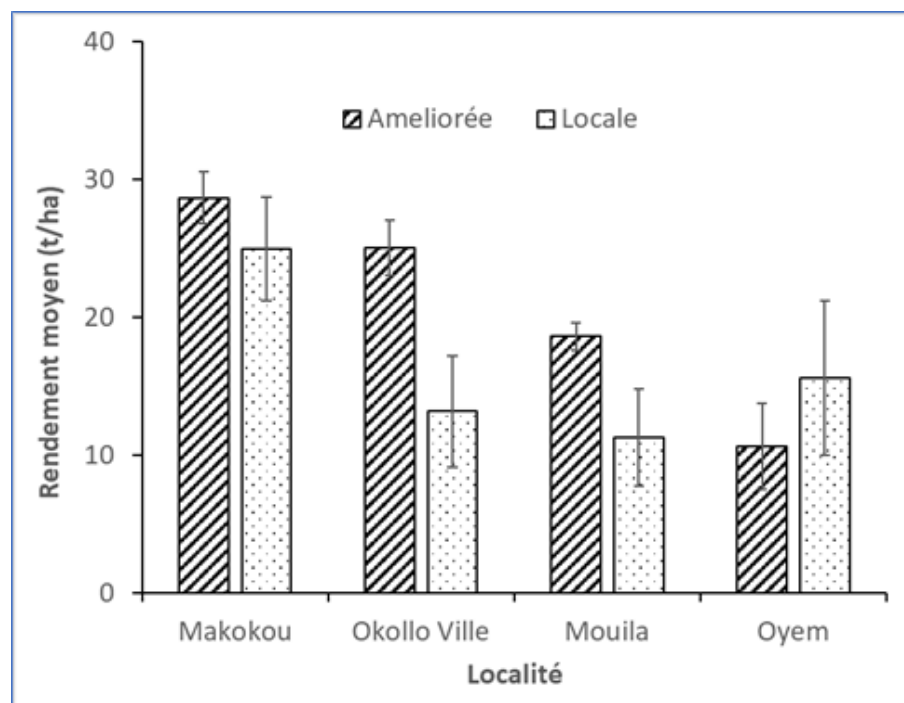


Figure 8: Rendements moyens des variétés améliorées et locales.

### 3.4 Performances des variétés pressenties pour la multiplication

Quatre variétés d'intérêt en occurrence TME419, TME693, IITA-TMS-IBA950109 et IITA-TMS-IBA941414 ont montré un rendement moyen compris entre 16 et 22 tonnes par hectare sur l'ensemble des quatre sites (Tableau 5). Ce rendement est supérieur à celui des variétés locales, même si chaque variété locale a été testée dans une seule localité. Cela démontre que malgré les différences observées dans la gestion des parcelles sur les différents sites et malgré le niveau de fertilité des sols, le rendement de ces variétés reste acceptable. Le rendement potentiel indique que ces variétés pourraient atteindre des rendements optimaux de 36 à 58 tonnes par hectare. De plus, seule la variété TME 419 a présenté des symptômes de la mosaïque, avec une incidence de 5,1 %. Cependant, cette incidence reste très faible par rapport aux variétés locales.

Tableau 5: Rendement moyen des 4 variétés d'intérêt sur l'ensemble des sites

Variétés	Rendement (T/ha)	Minimum	Maximum
IITA-TMS-IBA950109	15.6 (3.2)	5.4	27.3
IITA-TMS-IBA961414	20.7 (3.2)	7.1	48
TME 419	21.6 (3.3)	6.8	36
TME 693	19.3 (4.4)	6.4	58.3
Mambikini	20.0 (2.0)	16.8	23.8
Moutoumbi	9.0 (0.4)	8.6	9.3
Nganza	14.6 (7.7)	6.3	30
Ngoane MN	14.6(3.2)	8.8	25.5

### 3.5 Implication des résultats obtenus dans la mise en place et la gestion des parcelles de multiplication pour un rendement optimale

#### 3.5.1 Stratégies des recommandations des fertilisants

La quantité de chaux nécessaire pour traiter l'acidité du sol dépend de plusieurs facteurs tels que le pH actuel du sol, le pH souhaité ou cible, la texture du sol et la qualité de la chaux. L'objectif est d'élever le pH de la couche arable à 6. L'équation suivante donne une idée des besoins en chaux :

$$\text{Quantité requise (t/ha)} = (\text{pH cible} - \text{pH actuel}) \times \text{facteur de la texture du sol}$$

Facteur de la texture du sol = Limoneux à argilo limoneux : 4. Limoneux sableux : 3, sableux : 2.

Par exemple pour augmenter un sol limoneux sableux de pH 4,8 (CaCl2) à pH 5.5 (CaCl2) il faudrait  $(5.5 - 4.8) \times 3 = 2.1$  tonnes de chaux par hectare. (soil-lime-notepad.pdf (environment.sa.gov.au) (Merry, 2000).

Les quantités d'éléments nutritifs à ajouter aux sols sont obtenues à l'aide des différentes formules. Pour arriver à donner une recommandation en termes de quantité et qualité des fertilisants pour chaque culture et dans chaque site spécifique, nous faisons plusieurs calculs basés sur les résultats d'analyses des sols, des exportations des cultures en éléments minéraux et de l'efficacité d'utilisation des nutriments par les cultures. Le laboratoire indique certains éléments nutritifs en pourcentage tel que le N et le C ; le Ca, Mg, P, K, S, Fe, Mn, Zn, Cu, etc. en mg/kg. En général, les résultats sont convertis du pourcentage en mg/kg (Calculateur de conversion de pourcentage (%) en ppm | conversion de nombres (rapidtables.org). Cette valeur est ensuite convertie en kg/ha en tenant compte du fait que pour le N total du sol, seulement 2 % représentent le N disponible pour les plantes. L'équation de conversion des ppm (mg/kg) en kg/ha est la suivante :

$$\text{Kg/ha} = (\text{ppm ou mg/kg} \times \text{LD} \times \text{BD}) / 10 \text{ Où } \text{LD} = \text{profondeur de couche en cm et } \text{BD} = \text{masse volumique apparente en tonnes/m}^3 \text{ (Sela, 2021) (Tableau 6).}$$

Les valeurs des paramètres du sol ont été converties en kg/ha pour les sols limon argilo-sableux à l'aide de la formule ci-dessous :

$$\text{Kg/ha} = \text{mg d'élément/ kg sol} \times 1 \text{ kg/ } 106 \text{ mg} \times 1500 \text{ kg sol/ m}^3 \times 2000 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

Tableau 6. Valeurs typiques de la densité apparente pour les classes de texture du sol

Texture du sol	Densité apparente (kg/m <sup>3</sup> )
Sable	1650
Sable loameux	1600
Loam sableux	1550
Loam sablo-argileux	1500
Loam limono-argileux	1500
Loam limoneux	1500
Loam argileux	1450
Argile limoneuse	1450
Argile sableuse	1400
Argile	1350
(Marcelo Zeri, 2018)	

L'équation suivante a été utilisée pour donner une indication sur les besoins en engrais : **Besoins en engrais = (100 x dose recommandée d'engrais) / Teneur en éléments nutritifs (%)**.

L'efficacité d'utilisation des nutriments étant connue, la quantité d'éléments exportée par les récoltes de chaque plante et celle d'éléments disponible dans le sol étant connues en kg/ha, la formule suivante nous a permis d'avoir le besoin de la plante en N, P & K :

$$\text{Besoin en N} = ((\text{Exportation totale de la plante} - \text{Quantité éléments disponible du sol}) \times 100) / 50$$

$$\text{Besoin en P} = ((\text{Exportation totale de la plante} - \text{Quantité éléments disponible du sol}) \times 100) / 30$$

$$\text{Besoin en K} = ((\text{Exportation totale de la plante} - \text{Quantité éléments disponible du sol}) \times 100) / 70$$

Il faut noter que l'efficacité agronomique pour N est de 50%, le phosphore 30% et le potassium 70%. L'efficacité de l'utilisation des nutriments peut être définie comme la proportion des nutriments appliqués (à partir de toutes les sources) qui est absorbée par la culture (IFA, 2016).

Enfin, l'équation suivante a été utilisée pour donner une recommandation des fertilisants (NPK, DAP, TSP, MOP) en fonction des besoins en engrais (N, P & K) pour chaque type de plante cible dans les zones de gestion:

$$\text{Besoin en engrais} = (\text{Dose d'engrais recommandée} \times 100) / (\text{Teneur en éléments nutritifs} (\%)) \text{ (Kang, 1997).}$$

### 3.5.2 Exportation des éléments minéraux par le manioc

Les exportations de nutriments pour une production de 20 tonnes de racines fraîches sont respectivement de 134 kg d'azote, 15 kg de phosphore, 98 kg de potassium, 55 kg de calcium et 17 kg de magnésium, 0,297 kg/ha B, 0,103 kg/ha Cu, 2,27kg/ha Mn, 0,46 kg/ha Zn, 7,92 kg/ha Fe. (Philippe Vernier, 2018). Une autre étude montre que le manioc exporte pour un rendement de 25t/ha de manioc frais ; 161kg/ha N, 17kg/ha P, 113kg/ha K, 44kg/ha Ca, 16kg/ha Mg (FAO et al., 2003). Selon (Hauser, 2014), la quantité de nutriments (kg) pour des cultures produisant 16 tonnes de racines fraîches par hectare est de 160 kg/ha N, 14,4kg/ P et 110,4kg/ha.

### 3.5.3 Recommandations

#### Quantités d'engrais

Bien que la taille de l'échantillons soit faible par rapport à la superficie à couvrir, les recommandations ci-après peuvent servir de base pour la fertilisation à base de NPK (17-17-17), Urée (45%), Triple superphosphate (TSP) (45%) et du Chlorure de potassium (MOP), à appliquer dans les sites échantillonnés pour la production du manioc (Tableaux 7, 8, 9)

**Tableau 7. Fertilisation du manioc dans les différents sites**

Eléments	Site de Oyem	
	Quantité (N, P & K) disponible dans le sol	Quantité d'engrais à apporter au sol (kg/ha)
		Manioc
N (kg/ha)	60,0	148,0
P2O5 (kg/ha)	3,1	46,9
K2O (kg/ha)	0,1	139,9
NPK17-17-17 (kg/ha)		632
Urée 45% (kg/ha)		0
TSP 45% (kg/ha)		0
MOP (kg/ha)		33
Eléments	Site de Ndende	
	Quantité (N, P & K) disponible dans le sol	Quantité d'engrais à apporter au sol (kg/ha)
		Manioc
N (kg/ha)	114,0	40,0
P2O5 (kg/ha)	4,3	45,7
K2O (kg/ha)	0,1	139,9
NPK17-17-17 (kg/ha)		235
Urée 45% (kg/ha)		0

TSP 45% (kg/ha)		144
MOP (kg/ha)		213
Eléments	Site de Ntoun	
	Quantité (N, P & K) disponible dans le sol	Quantité d'engrais à apporter au sol (kg/ha)
		Manioc
N (kg/ha)	60,0	148,0
P2O5 (kg/ha)	4,1	45,9
K2O (kg/ha)	0,1	139,9
NPK17-17-17 (kg/ha)		619
Urée 45% (kg/ha)		95
TSP 45% (kg/ha)		0
MOP (kg/ha)		104
Eléments	Site de Makokou	
	Quantité (N, P & K) disponible dans le sol	Quantité d'engrais à apporter au sol (kg/ha)
		Manioc
N (kg/ha)	96,0	76,0
P2O5 (kg/ha)	76,2	-26,2
K2O (kg/ha)	0,3	139,7
NPK17-17-17 (kg/ha)		447
Urée 45% (kg/ha)		0
TSP 45% (kg/ha)		0
MOP (kg/ha)		153
Eléments	Site de Mouila	
	Quantité (N, P & K) disponible dans le sol	Quantité d'engrais à apporter au sol (kg/ha)
		Manioc
N (kg/ha)	90,0	88,0
P2O5 (kg/ha)	10,6	39,4

K2O (kg/ha)	0,2	139,8
NPK17-17-17 (kg/ha)		518
Urée 45% (kg/ha)		0
TSP 45% (kg/ha)		5
MOP (kg/ha)		133
Eléments	Site de Okollo Ville	
	Quantité (N, P & K) disponible dans le sol	Quantité d'engrais à apporter au sol (kg/ha)
		Manioc
N (kg/ha)	90,0	88,0
P2O5 (kg/ha)	23,2	26,8
K2O (kg/ha)	0,3	139,7
NPK17-17-17 (kg/ha)		361
Urée 45% (kg/ha)		59
TSP 45% (kg/ha)		0
MOP (kg/ha)		177

**Tableau 8. Quantité de chaux dans les différents sites**

Sites	pH du sol	Quantité de chaux à appliquer au sol (t/ha)
pH cible (pH recommandé pour la culture)		5,5
Site de Oyem	3,96	3,08
Site de Ndende	4,94	1,12
Site de Ntoun	4,46	4,16
Site de Makokou	4,76	1,48
Site de Mouila	4,7	1,6
Site de Okollo Ville	4,37	2,26

Récapitulatif des fertilisants pour la culture du manioc dans les sites

**Tableau 9. Synthèse des recommandations de la fertilisation en NPK (17-17-17), Urée (45%), TSP (45%) et en CaCO3 à appliquer dans les sites échantillonnés pour la production du manioc**

Sites de fertilisation pour le manioc	Recommandations d'engrais (kg/ha)				Chaux (t/ha)
	NPK 17-17-17	UREE (45%)	TSP (45%)	KCL (60%)	CaCO3
Site de Oyem	632	0	0	33	3,08
Site de Ndende	235	0	144	213	1,12
Site de Ntoun	619	95	0	104	4,16
Site de Makokou	447	0	0	153	1,48
Site de Mouila	518	0	0	133	1,6
Site de Okollo Ville	361	59	0	177	2,26
Moyenne de fertilisation du manioc dans les sites	468,7	25,7	24,0	135,5	2,3

En faisant une comparaison des micronutriments en (mg/kg) disponibles dans différents sites étudiés précédemment; les quantités des micro-éléments disponibles dans les sols sont plus élevés pour la plus part par rapport au seuil de leur carence. Cela veut dire que dans nombreux sites, aucune application des micronutriments n'est recommandée sauf dans le site de Oyem où le Cu est de 0,29 ug/g inférieur à 0,6 mg/kg et Zn a des valeurs inférieures à 2,8 mg/kg dans le site de Oyem (0,12 ug/g), sites de Ndende (1,77); site de Ntoun (0,38), site de Mouila (1,28) et le site Okollo Ville 0,8. Le Mn a une valeur inférieure à 12 mg/kg dans le site de Oyem (1,67) et dans les sites Ndende (4,29) et de Ntoun (5,06) (Tableau 10).

Tableau 10. Dose normale pour l'application des microéléments

Eléments Tableau	Application (mg/kg) si < à	Recommandations kg/ha à appliquer au sol	Produit commercial et Dose (kg/ha)
Mo	0,2	0,25-0,5	1,1-2,2kg/ha
Bo	1,1	1	Borax 11%: 11kg
Cu	0,6	10-20	Sulfate de cuivre 25%: 40-80kg
Mn	12	1-2	Sulfate de manganèse 28%: 3,6-7,2kg/ha
Zn	2,8	2-3 kg en bande ou 4-8 kg à la volée	Sulfate de zinc 27,9%: 7-11kg/ha en bande 14 à 28kg/ha à la volée
Fe	-	13	Chélate de fer

Source: (Well, 2009)





Annexe 2 : Caractéristiques morphologiques des racines

Variétés	Paramètres	Valeur	Proportion (1=100% )
Ditadi	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Rose	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.5
		Marron foncé	0.5
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	1.0
	Forme de la racine	Cylindrique	1.0
	Pourriture racinaire	Non	0.8
		Oui	0.3
	Saveur de la racine	Sucré	1.0
	Taille de la racine	Moyen	0.5
		Petit	0.3
		Petit et Grand	0.3
Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.5	
	Rugueuse	0.5	

IITA-TMS-IBA011797	Constriction racinaire	Certains	0.1
		Peu ou pas du tout	0.9
	Couleur de la pulpe	Crème	0.9
		Jaune	0.1
	Couleur du cortex	Rose	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.5
		Marron foncé	0.5
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Mixte	0.4
		Sessiles	0.6
	Forme de la racine	Conique	0.1
		Cylindrique	0.6
		Mixte	0.3
	Pourriture racinaire	Non	0.6
		Oui	0.4
	Saveur de la racine	Sucré	1.0
	Taille de la racine	Grand	0.3
		Moyen	0.5
		Petit	0.1
		Petit et Grand	0.1
Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.1	
	Rugueuse	0.9	

IITA-TMS-IBA070593	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Crème	0.3
		Jaune	0.7
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	0.4
		Jaune	0.6
	Couleur externe	Marron clair	0.6
		Marron foncé	0.4
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	0.3
		Sessiles	0.7
	Forme de la racine	Conique	0.1
		Cylindrique	0.9
	Pourriture racinaire	Non	1.0
	Saveur de la racine	Amer	0.2
		Intermédiaire	0.7
		Sucré	0.1
	Taille de la racine	Grand	0.1
		Moyen	0.4
		Petit	0.5
	Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.3
	Rugueuse	0.7	

IITA-TMS-IBA090590	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	0.1
		Rose	0.6
		Violet	0.3
	Couleur externe	Marron clair	0.6
		Marron foncé	0.4
	Epluchage	Difficile	0.3
		Facile	0.7
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	0.6
		Sessiles	0.4
	Forme de la racine	Cylindrique	0.4
		Mixte	0.6
	Pourriture racinaire	Non	0.6
		Oui	0.4
	Saveur de la racine	Sucré	1.0
	Taille de la racine	Grand	0.1
		Moyen	0.6
		Petit	0.3
	Texture de l'épiderme	Rugueuse	1.0

IITA-TMS-IBA920326	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	0.5
		Crème	0.5
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.0
		Marron foncé	1.0
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Sessiles	1.0
	Forme de la racine	Conique	0.1
		Cylindrique	0.1
		Mixte	0.8
	Pourriture racinaire	Non	0.6
		Oui	0.4
	Saveur de la racine	Intermédiaire	0.0
		Sucré	1.0
	Taille de la racine	Moyen	0.6
		Moyen et Grand	0.3
		Petit	0.2
	Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.0
		Rugueuse	1.0

IITA-TMS-IBA950109	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	0.7
		Crème	0.3
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.3
		Marron foncé	0.7
	Epluchage	Difficile	0.2
		Facile	0.8
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	0.3
		Sessiles	0.7
	Forme de la racine	Conique	0.3
		Cylindrique	0.3
		Mixte	0.4
	Pourriture racinaire	Non	0.8
		Oui	0.2
	Saveur de la racine	Amer	0.1
		Sucré	0.9
	Taille de la racine	Moyen	0.7
	Petit	0.3	
Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.1	
	Rugueuse	0.9	

IITA-TMS-IBA960023	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	0.7
		Crème	0.3
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.7
		Marron foncé	0.3
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Mixte	0.3
		Pédonculé	0.3
		Sessiles	0.5
	Forme de la racine	Conique	0.4
		Cylindrique	0.0
		Mixte	0.6
	Pourriture racinaire	Non	0.9
		Oui	0.1
	Saveur de la racine	Amer	0.3
		Intermédiaire	0.6
		Sucré	0.1
Taille de la racine	Grand	0.1	
	Moyen	0.5	
	Petit	0.4	
Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.7	
	Rugueuse	0.3	

IITA-TMS-IBA961414	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	0.8
		Jaune	0.2
	Couleur externe	Marron clair	0.2
		Marron foncé	0.8
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	0.7
		Sessiles	0.3
	Forme de la racine	Conique	0.1
		Cylindrique	0.9
	Pourriture racinaire	Non	0.7
		Oui	0.3
	Saveur de la racine	Sucré	1.0
	Taille de la racine	Grand	0.5
		Moyen	0.1
		Petit	0.2
		Petit et Moyen	0.1
	Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.2
	Rugueuse	0.8	
Loka	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Violet	1.0
	Couleur externe	Marron clair	1.0
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Sessiles	1.0
	Forme de la racine	Cylindrique	1.0
	Pourriture racinaire	Non	1.0
	Saveur de la racine	Intermédiaire	1.0
Taille de la racine	Moyen	1.0	
Texture de l'épiderme	Rugueuse	1.0	

Mambikini	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	1.0
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	0.3
		Sessiles	0.7
	Forme de la racine	Conique	1.0
	Pourriture racinaire	Non	1.0
	Saveur de la racine	Amer	1.0
	Taille de la racine	Grand	0.6
		Moyen	0.4
	Texture de l'épiderme	Rugueuse	1.0
	Moutoumbi	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout
Couleur de la pulpe		Crème	1.0
Couleur du cortex		Blanc ou crème	1.0
Couleur externe		Marron foncé	1.0
Epluchage		Facile	1.0
Etendu du pédoncule		Mixte	1.0
Forme de la racine		Conique	1.0
Pourriture racinaire		Non	1.0
Saveur de la racine		Sucré	1.0
Taille de la racine		Petit	1.0
Texture de l'épiderme	Rugueuse	1.0	
Nganza	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron foncé	1.0
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Sessiles	1.0
	Forme de la racine	Mixte	1.0
	Pourriture racinaire	Non	0.5
		Oui	0.5
	Saveur de la racine	Intermédiaire	1.0
	Taille de la racine	Moyen	1.0
	Texture de l'épiderme	Rugueuse	1.0

Ngoane MN	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	0.6
		Crème	0.4
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	0.4
		Rose	0.6
	Couleur externe	Marron clair	0.6
		Marron foncé	0.4
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	1.0
	Forme de la racine	Conique	0.2
		Mixte	0.2
	Pourriture racinaire	Non	0.6
		Oui	0.4
	Saveur de la racine	Amer	0.4
		Sucré	0.6
	Taille de la racine	Grand	0.4
		Moyen	0.6
	Texture de l'épiderme	Rugueuse	1.0
Ngoudi	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron foncé	1.0
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Sessiles	1.0
	Forme de la racine	Cylindrique	1.0
	Pourriture racinaire	Oui	1.0
	Saveur de la racine	Sucré	1.0
	Taille de la racine	Grand	1.0
	Texture de l'épiderme	Rugueuse	1.0

TME 419	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	1.0
	Epluchage	Difficile	0.2
		Facile	0.8
	Etendu du pédoncule	Mixte	0.3
		Pédonculé	0.4
		Sessiles	0.3
	Forme de la racine	Conique	0.2
		Cylindrique	0.4
		Mixte	0.4
	Pourriture racinaire	Non	0.8
		Oui	0.2
	Saveur de la racine	Intermédiaire	0.1
		Sucré	0.9
	Taille de la racine	Grand	0.3
		Moyen	0.6
		Petit	0.1
	Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.6
		Lisse	0.1
	Rugueuse	0.3	

TME 693	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Rose	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.7
		Marron foncé	0.3
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Mixte	0.5
		Pédonculé	0.4
		Sessiles	0.1
	Forme de la racine	Conique	0.2
		Cylindrique	0.4
		Mixte	0.4
	Pourriture racinaire	Non	0.9
		Oui	0.1
	Saveur de la racine	Sucré	1.0
	Taille de la racine	Grand	0.2
		Moyen	0.4
		Petit	0.5
Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.1	
	Rugueuse	0.9	

TMS13F1307P0016	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
		Crème	0.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.3
		Marron foncé	0.7
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Sessiles	1.0
	Forme de la racine	Conique	0.2
		Cylindrique	0.5
		Mixte	0.3
	Pourriture racinaire	Non	0.7
		Oui	0.3
	Saveur de la racine	Intermédiaire	0.0
		Sucré	1.0
	Taille de la racine	Grand	0.2
		Moyen	0.4
		Petit	0.4
Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.3	
	Rugueuse	0.7	

TMS13F1343P0022	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.3
		Marron foncé	0.7
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Mixte	0.3
		Pédonculé	0.3
		Sessiles	0.5
	Forme de la racine	Cylindrique	1.0
	Pourriture racinaire	Non	0.6
		Oui	0.4
	Saveur de la racine	Sucré	1.0
	Taille de la racine	Moyen	0.8
		Petit	0.2
	Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.3
	Rugueuse	0.7	
TMS13F1343P0044	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron foncé	1.0
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Mixte	0.5
		Sessiles	0.5
	Forme de la racine	Cylindrique	1.0
	Pourriture racinaire	Non	0.9
		Oui	0.1
	Saveur de la racine	Amer	0.2
		Sucré	0.8
	Taille de la racine	Grand	0.3
		Moyen	0.5
		Petit	0.2
	Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.2
	Rugueuse	0.8	

TMS14F1278P0003	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	0.5
		Crème	0.5
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	1.0
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Mixte	0.3
		Sessiles	0.7
	Forme de la racine	Cylindrique	1.0
	Pourriture racinaire	Non	1.0
	Saveur de la racine	Amer	0.2
		Intermédiaire	0.0
		Sucré	0.8
	Taille de la racine	Grand	0.1
		Moyen	0.2
		Petit	0.8
Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.8	
	Rugueuse	0.2	

TMS920057	Constriction racinaire	Peu ou pas du tout	1.0
	Couleur de la pulpe	Blanc	1.0
	Couleur du cortex	Blanc ou crème	1.0
	Couleur externe	Marron clair	0.1
		Marron foncé	0.9
	Epluchage	Facile	1.0
	Etendu du pédoncule	Pédonculé	0.3
		Sessiles	0.7
	Forme de la racine	Cylindrique	0.9
		Mixte	0.1
	Pourriture racinaire	Non	0.8
		Oui	0.2
	Saveur de la racine	Amer	0.2
		Sucré	0.8
	Taille de la racine	Grand	0.4
		Moyen	0.5
		Petit	0.0
	Texture de l'épiderme	Intermédiaire	0.1
	Lisse	0.1	
	Rugueuse	0.7	

## Références

Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1993). Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods, Second edition. In J. M. Anderson & J. S. I. Ingram (Eds.), Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods, Second edition (Second). CAB International.

Buondonno, A., Rashad, A. A., & Coppola, E. (1995). Comparing tests for soil fertility.11. the hydrogen peroxide/sulfuric acid treatment as an alternative to the copper/selenium catalyzed digestion process for routine determination of soil nitrogen-kjeldahl. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26(9–10), 1607–1619. <https://doi.org/10.1080/00103629509369394>

Ceballos, H., Davrieux, F., Talsma, E. F., Belalcazar, J., Chavarriaga, P., & Andersson, M. . (2017). Carotenoids in Cassava Roots. In R. G. Cvetkovic & S. N. oli. Goran (Eds.), *Carotenoids* (pp. 189–221). INTECH. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68279>

Crossa, J. (1990). *Statistical Analyses of Multilocation Trials* (pp. 55–85). [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60818-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60818-4)

EL-Sharkawy, M. A. (2003). Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology*, 53(5), 621–641. <https://doi.org/10.1023/B:PLAN.0000019109.01740.c6>

Fokunang, C. N., Dixon, A. G. O., Ikotun, T., Tembe, E. A., Akem, C. N., & Asiedu, R. (2001). Anthracnose: An Economic Disease of Cassava in Africa. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(7), 920–925. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2001.920.925>

Fotso, A. K., Hanna, R., Kulakow, P., Parkes, E., Iluebbey, P., Ngome, F. A., Suh, C., Massussi, J., Choutnji, I., & Wirnkar, V. L. (2018). AMMI analysis of cassava response to contrasting environments: case study of genotype by environment effect on pests and diseases, root yield, and carotenoids content in Cameroon. *Euphytica*, 214(9), 155. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2234-z>

Heanes, D. L. (1984). Determination of total organic-c in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(10), 1191–1213. <https://doi.org/10.1080/00103628409367551>

IITA. (1990). *Cassava in tropical Africa: a reference manual*.

Jalata, Z. (2011). GGE-biplot Analysis of Multi-environment Yield Trials of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes in Southeastern Ethiopia Highlands. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 5(1), 59–75. <https://doi.org/10.3923/ijpbg.2011.59.75>

Kulakow, P. A., Parkes, E. Y., Friedrich, S. K., Schweigert, F., Alamu, E., Maroya, N. G., & Maziya-Dixon, B. (2015). Linearity, Reproducibility and Comparison of iCheck™ CAROTENE with Spectrophotometer and HPLC for Evaluation of Total Carotenoids in Cassava Roots. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 136(8), 57881. <https://doi.org/10.13140/2.1.4534.4007>

Legg, J. P., Owor, B., Sseruwagi, P., & Ndunguru, J. (2006). Cassava mosaic virus disease in East and Central Africa: Epidemiology and management of a regional pandemic. In *Advances in virus research* (Vol. 67, pp. 355–418). [https://doi.org/10.1016/S0065-3527\(06\)67010-3](https://doi.org/10.1016/S0065-3527(06)67010-3)

Maroya, N. G., Kulakow, P., Dixon, A. ., & Maziya-Dixon, B. (2012). Genotype × Environment Interaction of Mosaic Disease, Root Yields and Total Carotene Concentration of Yellow-Fleshed Cassava in Nigeria. *International Journal of Agronomy*, 2012, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/434675>

Mehlich, A. (1984). Mehlich 3 Soil Test Extractant: A Modification of Mehlich 2 Extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(12), 1409–1416. <https://doi.org/10.1080/00103628409367568>

Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27(C), 31–36. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)

Pacheco, Á., Vargas, M., Alvarado, G., Rodríguez, F., Crossa, J., & Burgueño, J. (2015). GEAR (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Version 3.0 - CIMMYT Research Software Dataverse - CIMMYT Dataverse Network (No. V3). International Maize and Wheat Improvement Center . <http://data.cimmyt.org/dvn/dv/cimmytswdvn/faces/study/StudyPage.xhtml;jsessionid=8205aeac75051b9e06e0241a540b?studyId=122&versionNumber=14>

Sseruwagi, P., Rey, M. E. C., Brown, J. K., & Legg, J. P. (2004). The cassava mosaic geminiviruses occurring in Uganda following the 1990s epidemic of severe cassava mosaic disease. *Annals of Applied Biology*, 145(1), 113–121. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00366.x>

Thresh, J. M. (2003). Impact of Plant virus disease in developing countries. In L. G & T. G (Eds.), *Virus and virus-like diseases of major crops in developing countries* (pp. 1–30). Springer.

Thresh, J. M. (2006). Plant Virus Epidemiology: The Concept of Host Genetic Vulnerability. *Advances in Virus Research*, 67, 89–125. [https://doi.org/10.1016/S0065-3527\(06\)67003-6](https://doi.org/10.1016/S0065-3527(06)67003-6)

Thresh, J. M., & Cooter, R. J. (2005). Strategies for controlling cassava mosaic virus disease in Africa. *Plant Pathology*, 54(5), 587–614. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01282.x>

Yan, W., & Kang, M. S. (2003). GGE biplot analysis : a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press.

Yan, W., & Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(3), 623–645. <https://doi.org/10.4141/P05-169>

Galerie Photos









 [https://twitter.com/Taat\\_Africa](https://twitter.com/Taat_Africa)

 <https://web.facebook.com/taatafrica>

 [https://www.instagram.com/taat\\_africa/](https://www.instagram.com/taat_africa/)

 <https://www.linkedin.com/company/taat-africa/>

---

**For more information, please contact :**

TAAT Programme Management Unit, IITA HQ, Ibadan - Nigeria

TAAT Clearinghouse, IITA Benin, Cotonou - Benin

Dr Chrys Akem – TAAT Program Coordinator; +234 8169020531

Dr Solomon Gizaw – Head, TAAT Clearinghouse; +251900461992

Email: [taat-africa@cgiar.org](mailto:taat-africa@cgiar.org)

