

Evaluation de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) en fonction des populations de mouches blanches (*Bemisia tabaci* Genn), des maladies et de la fertilisation du sol

[Field agronomic evaluation of some cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz) against whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn), diseases African Cassava Mosaic disease in tropical humid forest ecology of Cameroon]

A. Mogo^{1,2}, E. Temgoua¹, J. Djeugap Fovo¹, Fotso⁴, J. Fomekong Nopogwo³⁻⁵, E. L. Ngonkeu Mangaptche³⁻⁵, R. Ghogomu Tamouh¹, Noé Woin⁵, M. Yemefack⁴, and M. Tene Thierry⁴

¹Université de Dschang, BP 96 Dschang, Cameroon

²Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (MINRESI), Cameroon

³Université de Yaoundé I, Cameroon

⁴International Institute of tropical Agriculture (IITA Cameroon), BP 2008, Cameroon

⁵Institut de Recherche Agricole pour le Développement, Cameroon

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Despite its tolerance to extreme environmental conditions and biotic stresses, cassava has an annual production deficit in Cameroon of more than 31 million tones. This deficit may be due to agronomic constraints, diseases and pests attacks including whitefly (*Bemisia tabaci* Genn); vector of the African cassava mosaic disease virus. The aim of this study was to determine among five cassava cultivars including three improved cultivars (TMS 92/0326, TMS 96/1414 and 8034) and two local cultivars (Ekobe and Ngon kribi) those that provide resistance to the development of *B. tabaci* in relation to soil fertilization. The impact of *B. tabaci* on these cultivars was therefore measured through the severity and incidence of the mosaic disease. The severity and incidence of cassava anthracnose disease (CAD) and cassava bacterial blight (CBB), which are also important diseases of cassava, were assessed. The study was carried out in Bityili village located in Ebolowa region, at three sites namely Mekoto, Minkon Mingon and Tyele. TMS 92/0326 and TMS 96/1414 had higher average number of adult whiteflies and nymphs, this may be due to their abundance and hairy leaf. Soil fertilization had a significant effect on nymphs. Unfertilized plots had the largest number of nymphs compared to those fertilized. Local cultivars Ekobe and Ngon kribi showed a higher severity and incidence of CMD compared to improved cultivars. All cultivars were weakly and similarly affected by bacterial blight. The fertilization had no effect on the severity of the mosaic and the bacterial blight. The severity of the anthracnose was higher on unfertilized cultivars compared to those fertilized. A strong correlation is observed between the severity of the CMD and yield performance.

KEYWORDS: Cameroon, cassava, cultivar, fertilization, whitefly, mosaic.

RÉSUMÉ: Le manioc, malgré sa tolérance aux conditions extrêmes de stress abiotique et biotique, présente un déficit de production annuelle au Cameroun de 31 millions de tonnes. Ce déficit peut être dû aux contraintes agronomiques, aux maladies et aux attaques de plusieurs ravageurs parmi lesquels la mouche blanche vecteur du virus responsable de la mosaïque africaine

du manioc (MAM). Ce travail a été conduit en vue de déterminer parmi 5 cultivars de manioc dont trois améliorés (TMS 92/0326, TMS 96/1414 et 8034) et deux locaux (Ekobele et Ngon kribi) ceux qui offrent une résistance au développement de *B. tabaci* en tenant compte de la fertilisation du sol. L'impact de la mosaïque sur ces cultivars a été mesuré à travers la sévérité et l'incidence en fonction de la fertilisation du sol. La sévérité et l'incidence de l'antracnose (CAD) et de la bactériose (CBB) qui sont également des maladies importantes du manioc ont également été évaluées. L'essai a été conduit à Bityili- dans trois sites (Mekoto, Tyele et Minkon Mingon) d'Ebolowa. TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont eu un nombre plus élevé de mouches blanches adultes et de nymphes ceci à cause de l'abondance et de la pubescence de leurs feuilles. Pour tous les cultivars, le grand nombre de nymphes a été obtenu dans les parcelles non fertilisées comparées à celles fertilisées. Les cultivars locaux Ekobele et Ngon kribi ont présenté une sévérité et une incidence élevées à la MAM comparé aux cultivars améliorés. Tous les cultivars ont été faiblement affectés par la bactériose et la fertilisation n'a eu aucun effet sur la mosaïque et la bactériose. La sévérité de l'antracnose est plus élevée sur les cultivars non fertilisés comparés à ceux fertilisés. Nous avons constaté une forte corrélation entre la sévérité de la MAM et le rendement. L'augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraîne une diminution de 26,4% du nombre de tubercules/ plant et une diminution de 43,4% de poids en tubercule frais.

MOTS-CLEFS: Cameroun, manioc, cultivar, fertilisation, mouche blanche, mosaïque.

1 INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une plante arbustive pérenne appartenant à la famille des euphorbiacées. Il est originaire de l'Amérique latine et a été introduit en Afrique par les portugais vers la fin du 16^e siècle [1]. La production mondiale annuelle de manioc est estimée à 250 millions de tonnes avec une contribution africaine d'environ 47% [2]. Le manioc constitue 40% de l'ensemble des calories consommées en Afrique. Au Cameroun, la production annuelle moyenne de manioc est d'environ 19 millions de tonnes [3]. Il représente la deuxième source de revenus dans les zones rurales après les cultures de rente telles que le café et le cacao [4]. Le manioc procure une sécurité alimentaire aux petits paysans pratiquant une agriculture de subsistance. Il est utilisé pour l'alimentation humaine (85 % de la population), animale, et dans de nombreux secteurs industriels [5]. Il est cultivé dans toutes les zones agro écologiques, couvrant neuf des dix régions avec une forte propension dans le «Grand Sud» Cameroun (comprenant les régions de l'Est, du Centre, du Sud, du Littoral, Sud-ouest, et du Nord-ouest). Une grande diversité de cultivars de manioc est rencontrée dans les zones de culture [1] et [6], ceci à cause de sa culture facile, sa disponibilité toute l'année et sa tolérance aux conditions extrêmes de stress écologiques et biotiques [7].

Malgré les avantages que procure la culture du manioc, l'offre camerounaise reste insatisfaisante car la demande annuelle se situe autour de 50 millions de tonnes, soit un déficit de production annuelle de 31 millions de tonne [8]. Ce déficit peut être attribué : aux contraintes agronomiques (baisse de fertilité du sol, usage des cultivars locaux moins productifs etc.), aux maladies et aux ravageurs [9], [10] et [11]. Parmi les ravageurs, on enregistre certains arthropodes tels que : la cochenille africaine des racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard), la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero), l'acarien vert du manioc (*Mononychellus tanajoa* Bondar). A cette liste s'ajoute la mouche blanche (*Bemisia tabaci* Genn) qui est sur le plan économique l'un des plus importants ; car responsable de la dissémination du virus de la mosaïque africaine du manioc (MAM) [12], [13]. Sa découverte remonte à 1894 par Warburg, Le virus responsable de la maladie est un *Begomovirus* de la famille des *Gemini virus*, appelé virus de la mosaïque africaine du manioc. La maladie se caractérise par une déformation des feuilles et une forte mosaïque qui s'explique par des taches jaunes ou vert clair couvrant 20 à 100% du limbe [14], [15]. Cette maladie qui est une véritable pandémie en Afrique Centrale est à l'origine de la chute du rendement de l'ordre de 40 à 90% [16]. Face aux multiples problèmes que pose la mouche blanche, plusieurs méthodes de contrôles ont été élaborées sans véritable succès [17]. C'est pourquoi des études doivent continuer pour trouver un moyen de control efficace de ce ravageur. C'est dans cette logique que nous optons pour une approche de lutte culturale avec usage des cultivars résistants [18], [19]. Après vulgarisation des cultivars améliorés aux producteurs, il est important de réévaluer leurs performances agronomiques et parasitaires dans différentes zones agro-écologiques, afin de s'assurer de la maintenance de leur pouvoir productif et de leur résistance aux maladies et aux ravageurs. Il est également important de montrer aux paysans les avantages liés à la fertilisation du sol pour la culture du manioc.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Cette investigation a été faite dans le Département de la Mvila, Arrondissement d'Ebolowa II, région du Sud Cameroun ; particulièrement dans trois quartiers du village Bityili (2°56' N, 11°11' E) à savoir Tyele, Minkon-Mingon et Mekoto. Située entre 2° et 6° de latitude Nord, la région du Sud s'étend du golfe de Guinée à l'Ouest jusqu'à la cuvette du Congo à l'Est. Elle s'ouvre à l'Océan Atlantique sur 380 km de côte et se partage le vaste domaine équatorial d'Afrique centrale avec la République Centrafricaine à l'Est, la Guinée Equatoriale, le Congo et le Gabon au Sud. Le climat qui domine dans la région du Sud est un climat équatorial type guinéen (climat chaud et humide) caractérisé par l'existence de quatre saisons dont deux saisons (grande et petite) sèches (Décembre - Mars ; Juillet – Août, respectivement) et deux saisons (petite et grande) de pluies (Avril - Juin ; Septembre – Novembre, respectivement). Les précipitations y sont abondantes avec des moyennes pluviométriques annuelles de 1500 – 2000mm [20]. La région du Sud Cameroun est caractérisée par deux types de sols à savoir les sols hydromorphes et les sols ferralitiques rouge et jaune.

2.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

L'étude a été faite sur cinq cultivars de manioc dont trois cultivars améliorés et deux cultivars locaux. Les cultivars améliorés étaient constitués de :

- TMS92/0326 ;
- TMS96/1414 ;
- 8034.

Les cultivars locaux étaient constitués de :

- « Ekobélé » ;
- « NgonKribi ».

Les boutures des cultivars améliorés ont été fournies par l'IRAD (8034) et l'IITA (TMS92/0326, TMS96/1414) ; et celles des cultivars locaux ont été obtenues par sélection des plants dans les champs paysans de la localité.

2.3 MÉTHODOLOGIE

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

La mise en place des champs a été faite pendant la deuxième saison de culture de 2016. L'essai a été conduit suivant un dispositif en blocs complètement randomisés avec 3 répétitions et 2 facteurs de traitements. Ces derniers étaient constitués des cultivars de manioc et de la fertilisation du sol. Chaque bloc (site ou quartier) était constitué de 30 unités expérimentales de 10m x10m chacune. Les unités expérimentales (parcelles) étaient séparées de 2 mètres l'une de l'autre. Les trois sites différaient par leur degré de fertilité des sols : le site Minkon Mingon fut une jachère non améliorée d'au moins 10 ans situé loin des cases d'habitation contrairement aux sites Mekoto et Tyele qui, entourés des champs paysans, avaient une jachère de 3 et 2 ans, respectivement avant leur mise sous culture de manioc à partir de Juin 2014.

2.3.2 MISE EN PLACE DES CHAMPS

Les parcelles choisies ont été manuellement défrichées, nettoyées et labourées. Les boutures de 30 cm préalablement préparées ont été semées en ligne à une densité de 1m² ; les ¾ de la bouture enfouis obliquement dans le sol. L'engrais minéral composé, de formule 10 – 10 – 20 a été appliqué à trois mois et à six mois après semis à une dose de 200kg/ha.

2.4 COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données s'est faite trois fois pendant la petite saison sèche (Juillet –Août 2016) dans chaque site à intervalle de deux semaines chacune. Les observations suivantes ont été effectuées :

2.4.1 EVALUATION DES POPULATIONS DE MOUCHES BLANCHES

L'évaluation des populations de mouches blanches a commencé 6 mois après semis. Dix plants ont été échantillonnés et marqués au hasard sur chaque unité expérimentale tout en évitant les plants de bordure. Sur chaque plant, les mouches blanches adultes ont été comptées toutes les deux semaines sur la face inférieure des cinq feuilles terminales d'un apex. Le comptage s'est fait en retournant doucement et délicatement l'apex tenu entre deux doigts par le pétiole, les mouches blanches étant situées sur la face inférieure [21], [22], [18]. Les nymphes ont été comptées à l'œil nu. Le comptage a été fait sur une feuille choisie au hasard entre la 9^e et la 14^e feuille terminale [23]. Les paramètres suivants ont été évalués:

- Nombre de mouches adultes par apex ;
- Nombre de nymphes ;

2.4.2 EVALUATION DE LA SÉVÉRITÉ ET DE L'INCIDENCE DES MALADIES

Les symptômes visibles ont permis d'identifier la présence des maladies sur chaque cultivar. A cet effet la sévérité (S= surface malade/ surface totale considérées de chaque plant x 100) a été estimée en utilisant l'échelle de cotation de sévérité de 1 à 5, [24] ainsi décrite:

- 1 : pas de symptômes ou pas de maladie ;
- 2 : sévérité située entre 1% et 25 % ;
- 3 : sévérité située entre 25 % et 50 % ;
- 4 : sévérité située entre 50 % et 75 % ;
- 5: sévérité située entre 75 % et 100%.

Par ailleurs, l'incidence a également été estimée en relevant après chaque deux semaine le nombre de plants malades et le nombre de plants total sur chaque parcelle. (I= nombre de plants malades / nombre total de plant considéré x100).

2.4.3 EVALUATION DU RENDEMENT

Pendant la récolte, les paramètres tels que le nombre de tubercule par plant, le poids de la biomasse aérienne et le rendement en tubercules frais ont été évalués sur les plants étiquetés. Le nombre de tubercules a été obtenu par comptage, le poids frais de la biomasse et le rendement en tubercules frais ont été obtenus par pesée à l'aide d'une balance.

2.4.4 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNÉES

Le logiciel Excel nous a permis de saisir et de traiter les données. Ces dernières ont été soumises à l'analyse de la variance (ANOVA) à l'aide du logiciel SAS version 9.2. Les tests de Turkey (PPDS) et Student au seuil de probabilité de 5% (P<0,05) ont été utilisés pour comparer les moyennes.

3 RESULTATS

3.1 ABONDANCE DES POPULATIONS DE MOUCHES BLANCHES

3.1.1 VARIATION DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES EN FONCTION DES CULTIVARS

La présence des adultes et des nymphes de *B. tabaci* a été identifiée sur tous les cultivars. Les analyses statistiques ont montré que les cinq cultivars présentent une différence hautement significative (p<0,0001) de l'abondance des populations de mouches blanches adultes et de nymphes (Tableau 1).

Sur chaque cultivar, le nombre de nymphes était plus élevé que le nombre de mouches blanches adultes. Pour chaque stade séparément, le nombre d'insectes observé sur les cultivars locaux était significativement plus faible comparé aux cultivars améliorés. Parmi les cultivars améliorés tels que nous indique le tableau ci-dessous il n'y avait aucune différence significative entre la TMS 92/0326 et la TMS 96/1414, mais ces derniers avaient un nombre d'insectes significativement plus élevé que le 8034.

Tableau 1. *Variation du nombre moyen de mouches blanches adultes et des nymphes en fonction des cultivars.*

Cultivars	Moyenne de mouches adultes	Moyenne de nymphes
TMS 92/0326	3,99 ±0,20a	9,22 ±0,75a
TMS 96/1414	3,81±0,15a	7,74 ±0,64a
8034	2,66 ±0,14b	4,42 ±0,49b
Ekobele	1,88 ±0,10c	2,48 ±0,18c
Ngonkribi	1,64 ±0,09c	1,72 ±0,14c
probabilité (P _{0,05})	***	***

Sur une colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

*** Significatif à P < 0.0001. (Ces valeurs sont les moyennes des trois périodes de collecte de données et des trois sites)

3.1.2 VARIATION DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

La figure 1 présente la population de mouches blanches adultes et de nymphes en fonction de la fertilisation du sol. Pour les trois périodes d’observation sur les trois sites, les 5 cultivars ont présentés le même comportement. Il y ressort que toutes les parcelles ont été infestées par les mouches blanches. Cependant pour les cinq cultivars, nous n’avons observé aucune différence statistique significative de la fertilisation du sol sur le nombre moyen de mouches blanches adultes contrairement aux nymphes (P>0,05). Par contre, une différence significative de la population des nymphes normales (P=0,03) a été observée. Les cultivars non fertilisés ont eu un nombre élevé de nymphes (5,61 ±0,36) comparés à ceux fertilisés (4,62 ± 0,27).

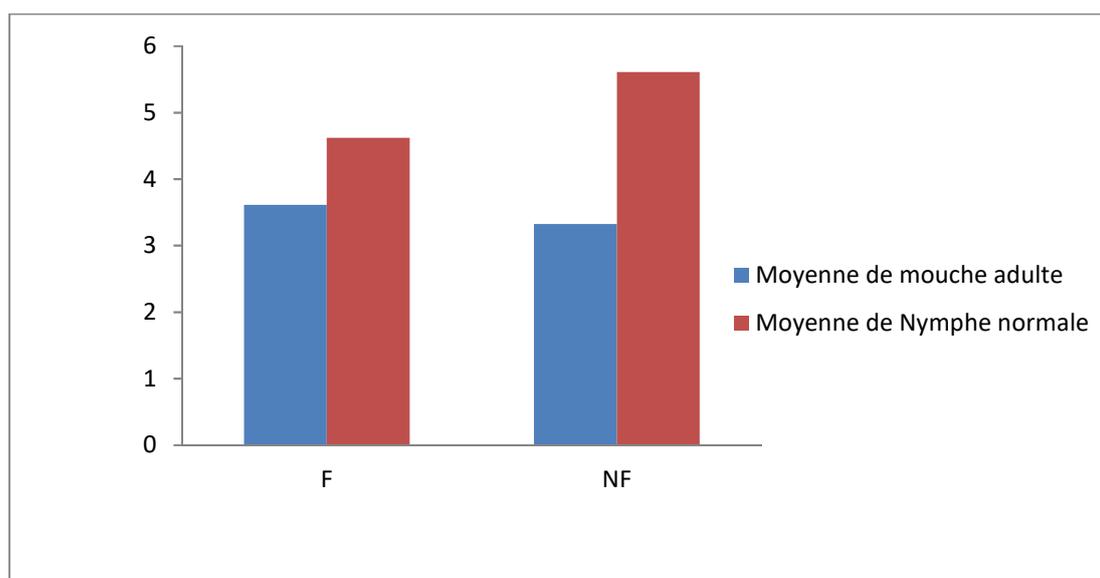


Fig. 1. *Variation du nombre moyen de mouches blanches adultes et de nymphes en fonction de la fertilisation du sol*

F : fertilisé ; NF : non fertilisé

3.1.3 VARIATION DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES AU NIVEAU DE CHAQUE SITE

La présence des populations de mouches blanches a été observée sur chaque site. Les analyses ont présenté une différence statistiquement significative des mouches blanches entre les différents sites. Le nombre moyen de mouches adultes et de nymphes normales était significativement plus élevé à Minkon-Mingon qu’à Tyele et Mekoto (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre moyen de mouches blanches adultes et de nymphes normales sur chaque site

Population de mouches blanches	Sites			TraitSign. (P _{0.05})
	MinkonMingon	Mekoto	Tyele	
moyenne de mouches adultes	3,72±0,15a	2,35±0,12b	2,33±0,08b	***
moyenne de nymphes normales	7,44± 0,41a	2,64±0,51c	5,26±0,39b	***

Sur une ligne, les moyennes suivies par la même lettre sont ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. Les moyennes ont été comparées par la méthode de la plus petite différence significative (PPDS).

*** Significatif à $P < 0.0001$. Trait Sign. : Trait significatif. Les valeurs pour chaque site correspondent aux moyennes des 5 cultivars et des deux systèmes de fertilisation

3.2 SÉVÉRITÉ DES MALADIES EN FONCTION DES CULTIVARS

Tous les cultivars ont présenté les symptômes de la mosaïque, de l'antracnose et de la bactériose. Les cultivars TMS92/0326 et TMS96/1414 présentaient juste des traces de la mosaïque sur quelques feuilles.

3.2.1 SÉVÉRITÉ DE LA MOSAÏQUE AFRICAINE DU MANIOC

L'interaction entre les sites et les cultivars étant hautement positive ($p < 0,0001$), la sévérité de la mosaïque africaine du manioc (MAM) sur les cultivars varie en fonction des sites. Par conséquent, les données sur la sévérité ont été présentées séparément par site. Au niveau de chaque site, on constate des différences significatives ($p < 0,0001$) entre les cultivars. De façon générale, les parcelles de TMS 92/0326 et de TMS 96/1414 ont une sévérité de la (MAM) en trace contrairement aux parcelles des cultivars locaux dont plus de 50% des plants montrent une sévérité de plus de 75%. Nous observons également la sévérité de la MAM plus élevée à Tyele et Minkon Mingon et faible à Mekoto (Tableau 5).

3.2.2 SÉVÉRITÉ DE L'ANTHRACNOSE DU MANIOC

Tout comme la mosaïque, l'interaction entre les sites et les cultivars pour la sévérité de l'antracnose est hautement positive ($p < 0,0001$). Par conséquent, les données ont été présentées séparément par site (Tableau 6). Les résultats montrent que globalement, les parcelles des cultivars locaux ont une sévérité élevée (50%) comparée à celle des cultivars améliorés (25%). La sévérité de la maladie est plus élevée à Mekoto et plus faible à Tyele et Minkon Mingon (Tableau 3).

3.2.3 SÉVÉRITÉ DE LA BACTÉRIOSE DU MANIOC

Tous les cultivars ont présentés les symptômes de la bactériose. Aucun cas de forte sévérité n'a été enregistré ni sur les cultivars améliorés ni sur les cultivars locaux quel que soit le site. Par ailleurs, les cultivars locaux ont présenté une sévérité élevée comparée aux cultivars améliorés même si cette sévérité n'était pas statistiquement significative. Le Tableau 3 nous présente les pourcentages des plants en fonction de leurs degrés de sévérité.

Tableau 3. Pourcentage moyen d'infection des maladies sur chaque cultivars en fonction du degré de sévérité sur chaque site

Cultivar	Cotation	Sites								
		Mekoto			Minkon Mingon			Tyele		
		MAM	CAD	CBB	MAM	CAD	CBB	MAM	CAD	CBB
8034	1	47,78	6,67	0	57,78	4,44	0	59,94	9,99	4,44
	2	12,22	71,11	97,78	18,89	83,33	87,78	23,31	62,16	94,35
	3	28,89	18,89	2,22	15,56	12,22	12,22	13,32	23,31	1,11
	4	8,89	3,33	0	7,78	0	0	3,33	4,44	0
	5	2,22	0	0	0	0	0	0	0	0
TMS 92/0326	1	90	32,22	1,11	87,78	12,22	1,11	91,02	28,86	1,11
	2	10	52,22	88,89	11,11	76,67	85,56	8,88	62,16	88,8
	3	0	11,11	10	1,11	11,11	13,33	0	7,77	9,99
	4	0	3,33	0	0	0	0	0	1,11	0
	5	0	1,11	0	0	0	0	0	0	0
TMS 96/1414	1	80	0	0	87,78	18,89	2,22	79,92	23,31	4,44
	2	13,33	16,67	0	8,89	76,67	96,67	8,88	68,82	94,35
	3	6,66	60	91,10	3,33	4,44	1,11	4,44	6,66	1,11
	4	0	20	7,78	0	0	0	4,44	1,11	0
	5	0	3,33	1,11	0	0	0	2,22	0	0
Ekobebe	1	1,11	2,22	1,11	0	0	0	0	6,66	0
	2	3,33	43,33	62,22	12,2	44,44	66,67	0	49,95	87,69
	3	4,44	31,11	33,33	42,22	47,78	33,33	15,54	33,3	12,21
	4	41,11	20	3,33	45,56	7,78	0	32,19	8,88	0
	5	50	3,33		0	0	0	52,17	1,11	0
Ngonkribi	1	10	5,55	0	2,22	1,11	0	1,11	9,99	0
	2	6,67	43,33	74,44	1,11	51,11	66,66	7,77	48,84	94,35
	3	15,56	34,44	24,44	11,11	39,99	33,33	5,55	34,41	5,55
	4	26,67	15,55	1,11	41,11	6,67	0	32,19	4,44	0
	5	41,11	1,11	0	44,44	1,11	0	53,28	2,22	0

MAM: mosaïque africaine du manioc ; CAD: anthracnose du manioc ; CBB: bactériose du manioc. Cotation : 1 pas de symptôme de la maladie ; 2 symptômes inférieures à 25% ; 3 symptômes inférieure à 50% ; 4 symptômes inférieure à 75% et 5 plus de 75% de symptômes de la maladie. Les symptômes ont été évalués sur 5 plants entiers de chaque parcelle.

3.3 SÉVÉRITÉ DES MALADIES EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

Les cultivars fertilisés ont la sévérité de la mosaïque légèrement supérieure à celle de ceux non fertilisés même si cette différence n'est pas statistiquement significative. La fertilisation du sol a affecté significativement ($p < 0,05$) l'anthracnose et la bactériose. L'anthracnose a été plus sévère sur les cultivars non fertilisés comparé à ceux fertilisés. Par ailleurs, nous avons une interaction positive ($p < 0,05$) sites-fertilisation pour ce qui est de l'anthracnose indiquant un niveau de sévérité variant d'un site à l'autre. A Mekoto et à Tyele, les parcelles fertilisées ont montré une sévérité à l'anthracnose significativement plus élevée que celle non-fertilisées contrairement à Minkon Mingon (Figure 2). Les cultivars fertilisés ont une sévérité de la bactériose légèrement supérieure à celle de ceux non fertilisés.

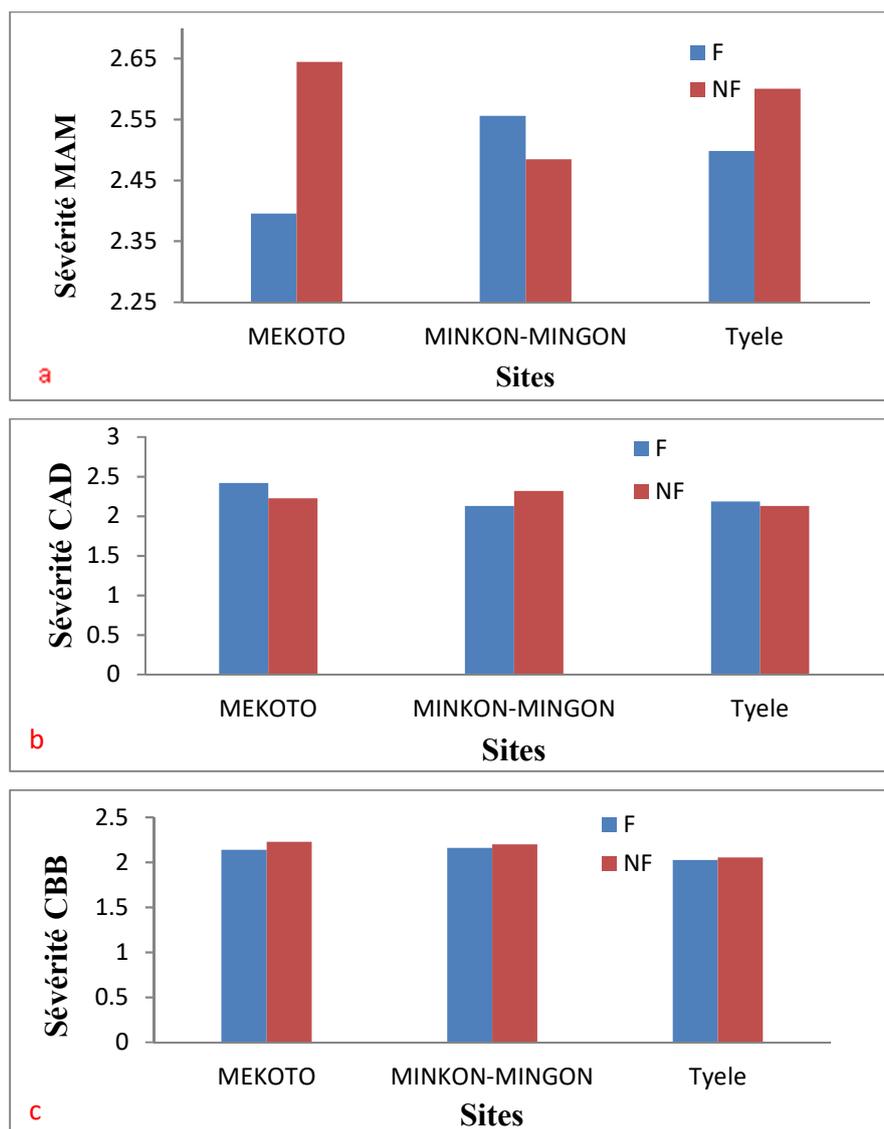


Fig. 2. Variation de la sévérité de la mosaïque (MAM) (a), de l'antracnose (CAD) (b) et de la bactériose (CBB) (c) en fonction de la fertilisation sur chaque des sites

F : fertilisé ; NF : non fertilisé

3.4 INCIDENCE DE LA MOSAÏQUE, DE L'ANTHRACNOSE ET DE LA BACTÉRIOSE

3.4.1 VARIATION DE L'INCIDENCE ENTRE LES DIFFÉRENTS CULTIVARS

D'après l'analyse de la variance, il existe une différence hautement significative ($p < 0,0001$) de l'incidence de la mosaïque et de l'antracnose entre les cultivars (Figure 3). Les traces de la mosaïque ont été notées sur quelques plants des cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414. Par contre, presque tous les plants des cultivars Ekobebe et Ngon kribi ont présenté les symptômes de la mosaïque. Le cultivar amélioré 8034 a présenté une incidence intermédiaire plus ou moins élevée. L'incidence de l'antracnose a été plus ou moins équilibrée entre les cultivars, avec TMS 92/0326 et TMS 96/1414 montrant les plus faibles pourcentages. Il n'existe aucune différence statistique de l'incidence de la CBB entre les différents cultivars.

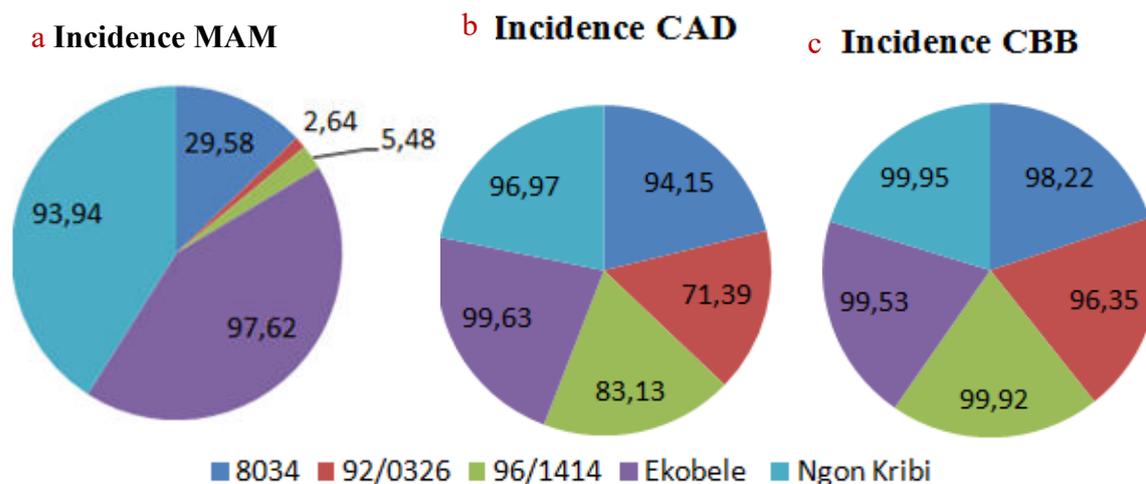


Fig. 3. Incidence de la MAM (a), de la CAD (b), et de la CBB (c) entre les cultivars

3.4.2 VARIATION DE L'INCIDENCE DE LA MALADIE AU NIVEAU DES DIFFÉRENTS SITES

Une interaction positive ($p < 0,05$) entre les sites et les cultivars a été constatée pour la mosaïque et l'antracnose. Les analyses n'ont présenté aucune différence de l'incidence de la bactériose entre les cultivars au niveau des sites (Tableau 4).

Tableau 4. Incidence de la MAM, CAD et CBB sur chaque cultivar en fonction des sites

Cultivars	Mekoto		MinkonMingon		Tyele		Total
	MAM (%)	CAD (%)	MAM (%)	CAD (%)	MAM (%)	CAD (%)	
Ekobebe	94,47a	99,82a	99,84a	99,78a	99,35a	95,94a	100a
Ngonkribi	87,42a	93,11ab	95,08a	99,56a	96,01a	93,60a	99,92ab
8034	29,13b	91,16ab	32,60b	98,09a	27,00b	93,21a	95,90b
TMS96/1414	2,19c	84,31bc	11,94c	89,08b	2,65c	73,80b	99,54ab
TMS92/0326	1,67c	75,72	8,19c	84,87b	0,0001c	61,25c	98,68ab
Trait Sign.	***	*	***	*	***	*	ns

Sur une colonne, les moyennes suivies par la même lettre sont ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. *Significatif à $P < 0,05$, *** Significatif à $P < 0,0001$. ns : non significatif. Trait Sign : trait significatif

3.4.3 VARIATION DE L'INCIDENCE EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

L'incidence de l'antracnose et de la bactériose n'a pas été affectée par l'application de l'engrais, contrairement à la mosaïque qui a présenté un effet positif ($p < 0,05$). Par contre, pour cette maladie, l'interaction entre les sites et la fertilisation a été positive ($p < 0,05$); témoignant une nature différente de l'incidence en fonction des sites sous l'effet de la fertilisation (Figure 4). L'analyse a montré que l'interaction entre les cultivars et la fertilisation n'est pas significative. La fertilisation du sol n'a aucun effet sur cette maladie à Mekoto et Tyele contrairement à Minkon Mingon. Pour ce dernier site, Les parcelles fertilisées ont une incidence élevée de la MAM (52,71%) contrairement à celle non fertilisées (46,34%).

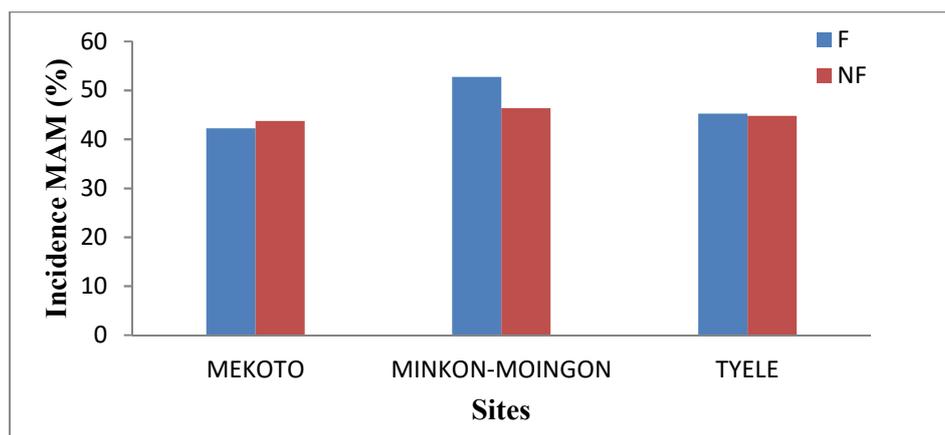


Fig. 4. Incidence de la MAM en fonction de la fertilisation du sol

F : fertilisé ; NF : non fertilisé

3.5 EVALUATION DU RENDEMENT

3.5.1 RENDEMENT EN FONCTION DES CULTIVARS

Comme nous indiquent les moyennes dans le Tableau 5, les cultivars ont présenté une différence statistique significative pour ce qui est du nombre de tubercules par plant ($P < 0,001$), de la biomasse aérienne par plant ($P=0,004$) et du poids de tubercules frais à l'hectare ($P < 0,001$). Ces cultivars n'ont présenté aucune différence pour ce qui est des paramètres ci-dessus au niveau des trois sites.

Tableau 5. Rendement en tubercules et biomasse aérienne de chaque cultivar

Cultivars	Nombre de tubercule /Plant	masse de Biomasse Kg/Plant	Poids de tubercule t/ha
8034	3,02 ab	3,38 a	12,96 c
92/0326	3,19 a	2,6 b	14,9 a
96/1414	3,79 a	2,62 b	15,35 a
Ekobebe	2 b	1,97 bc	12,43 c
NgonKribi	2,65 b	1,95 bc	13,08 b
Trait Sign.	*	*	*

Sur une colonne, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. *Significatif à $P < 0.05$. Trait Sign : trait significatif

3.5.2 EVALUATION DU RENDEMENT EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

Nous observons une influence de fertilisation du sol uniquement au niveau de la biomasse aérienne ou l'interaction a été positive. Les plants fertilisés ont eu un développement végétatif plus important et, un nombre de tubercules et de poids frais plus élevé que ceux non fertilisés, même si cette dernière n'est pas statistiquement significative (tableau 6).

Tableau 6. Rendement en fonction de la fertilisation du sol

Cultivars	Nombre de tubercule /Plant		masse de Biomasse Kg/Plant		Poids de tubercule t/ha	
	F	N F	F	N F	F	N F
8034	3,08	2,95	4,05 a	2,71 b	12,88	13,04
92/0326	3,07	3,30	3,04 a	2,16 b	14,90	14,89
96/1414	3,79	3,79	3,54 a	1,69 b	15,54	15,14
Ekobebe	2,06	1,93	2,42 a	1,50 b	13,10	11,74
Ngon Kribi	3,06	2,24	2,67 a	1,22 b	13,60	12,55
Trait Sign.			*			

F : Fertilisé; NF: Non fertilisé. Sur une ligne, pour chaque paramètre, les moyennes suivies par la même lettre t ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. *Significatif à $P < 0.05$. Trait Sign : trait significatif. Les valeurs correspondent aux moyennes des 3 sites

3.5.3 EFFET DE LA MAM SUR LE RENDEMENT

Les analyses nous ont présentées une relation linéaire entre la sévérité de la MAM et le nombre de tubercules par plant, entre cette même sévérité et le rendement en tubercules, et ceci quel que soit le cultivar, le site ou le système de fertilisation. La figure 5 nous présente la sévérité de la mosaïque africaine du manioc, le nombre moyen de tubercules par plant et le rendement moyen en tubercules frais. Nous avons une relation négative très puissante entre la sévérité de la MAM et le nombre de tubercules par plant. En effet le nombre de tubercules par plant diminue avec l'augmentation de la sévérité de la MAM. Précisément, d'après l'équation de régression $y = -0,264x + 3,598$, le nombre de tubercules par plant diminue de 26,4% lorsque la sévérité augmente de 1 à 25%.

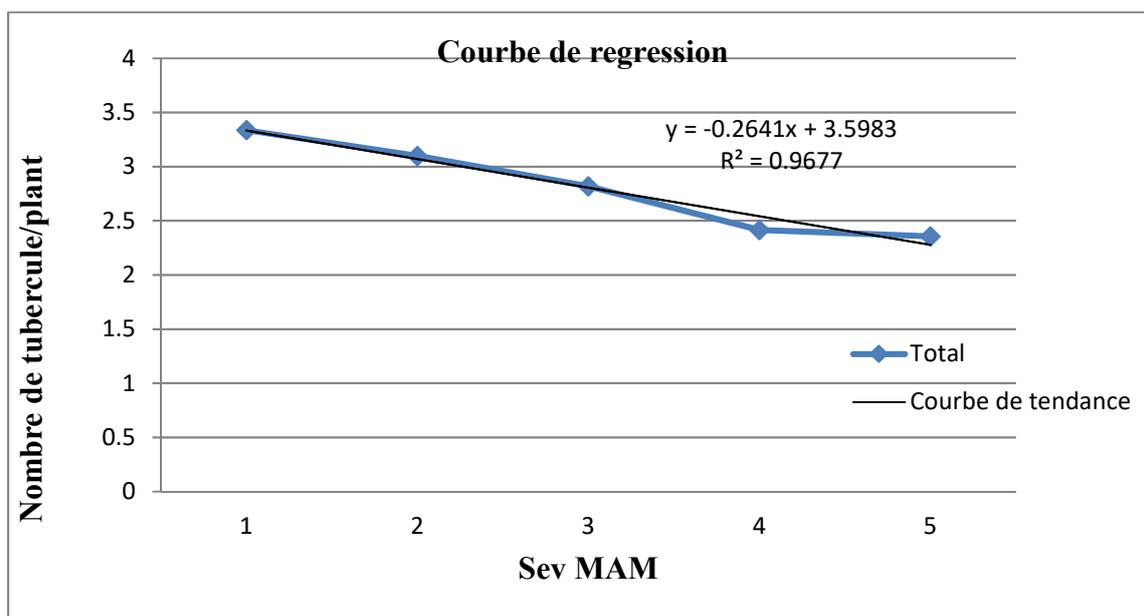


Fig. 5. Courbe de régression entre le nombre de plant/tubercules et la sévérité de la MAM

3.5.4 SÉVÉRITÉ DE LA MAM ET LE RENDEMENT EN TUBERCULES FRAIS

La Figure 6 nous présente l'évolution du rendement en tubercules frais en fonction de la sévérité de la mosaïque africaine du manioc. D'après cette dernière et son équation de régression, nous avons également une relation négative forte entre la sévérité de la MAM et le poids en tubercules frais. Nous pouvons dire que l'augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraîne une diminution de 43,4% du poids en tubercules frais.

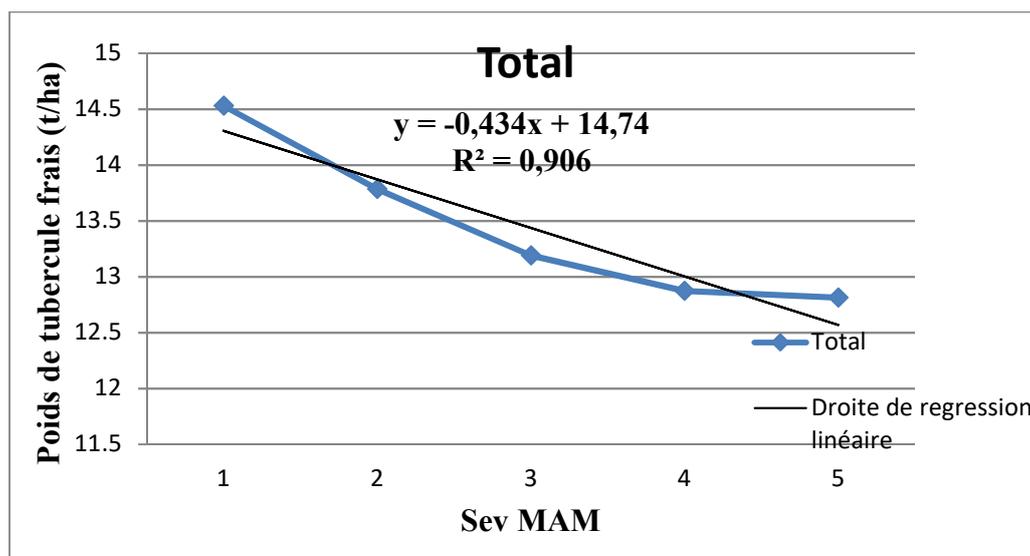


Fig. 6. régression entre le rendement à l'hectare et la sévérité de la MAM

4 DISCUSSION

4.1 ABONDANCE DE LA POPULATION DE MOUCHES BLANCHES ADULTES ET DE NYMPHES

L'infestation des champs de manioc par *B. tabaci*, responsable de la mosaïque africaine du manioc au cours de ce travail a permis d'apprécier en conditions naturelles le développement de cet insecte sur les cultivars de manioc. Dans nos parcelles expérimentales, nous avons observé en général une faible pullulation des populations de mouches blanches (adultes et nymphes), pourtant les observations ont été faites en saison sèche et d'après les travaux de [25] au Kenya, les populations de mouches blanches sont plus abondantes en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Cette faible population peut se justifier par l'âge des plants qui étaient à 6 mois durant les observations. D'après les travaux de [26], on enregistre un nombre maximal de mouches blanches sur les plants de manioc de 3 à 4 mois après semis (MAS), puis ce nombre diminue très rapidement entre 5 à 8 MAS. L'âge du manioc a donc une importance déterminante: les populations de *B. tabaci* diminuent après trois MAS et leur activité est modifiée. Il est possible que se produisent alors des mouvements de type migratoire [27]. Les cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont enregistré un nombre élevé de mouches blanches ; Ceci peut se justifier par la présence de petits poils observés en champ au niveau de leur apex. Ce résultat corrobore avec celui de [28], [29] et [30] qui ont trouvé que les mouches blanches préfèrent des cultivars à feuilles pubescentes au niveau de l'apex. Ces poils conservent une humidité relative favorable au développement des mouches [21]. La pilosité des jeunes feuilles a donc joué non seulement un rôle dans la phase d'attraction mais surtout dans la phase de multiplication (le microclimat favorable pour les nymphes). Cette différence de population de mouches pourrait également se justifier par le niveau de floraison et l'abondance de biomasse de chaque cultivar. Après évaluation du niveau de floraison, la majorité des plants des cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 était sans fleurs contrairement aux cultivars 8034, Ekobele et Ngon kribi qui en plus des fleurs portaient également des fruits. Il est démontré que la pullulation des mouches diminue avec l'apparition des fleurs, probablement à cause de la diminution des substances nutritives nécessaires au développement de cet insecte [31] d'où la faible infestation des cultivars locaux et 8034. Il existe une forte corrélation entre le nombre de feuilles et le nombre de mouches blanches [21] car le TMS 92/0326 a été baptisé de « abui-pkwem » (bon pkwem) à cause de la présence massive des feuilles. De plus, d'après les travaux de [31], ce même cultivar, à feuilles touffues abritait le plus grand nombre de mouches blanches adultes et de nymphes en champ.

Le site Minkon Mingon a eu un nombre moyen élevé de mouches blanches comparé aux autres sites. Cette différence statistique de mouches blanches (adultes et de nymphes) entre les trois sites peut se justifier d'abord par la forte teneur du sol du site Minkon Mingon en éléments nutritifs particulièrement en azote soluble comme indiqué par [22] dans ses travaux en Côte d'Ivoire. Egalement, la localisation géographique de ce site par rapport aux cases d'habitation et aux champs paysans peut expliquer dans une moindre mesure ce résultat. Le site Minkon Mingon est une jachère d'au moins dix ans située en pleine forêt ayant à ces périphéries uniquement quelques champs de cacao. Cette jachère hébergerait donc les plantes hôtes. De plus, étant le seul champ de manioc du site, il réunit un nombre élevé de *B. tabaci*. D'ailleurs, [32] a fait des mêmes observations pour les mouches blanches adultes sur le manioc en zone de forêt. D'après les travaux de cet auteur, le nombre

de mouches blanches est toujours plus élevé dans le site le plus contaminé par la mosaïque. Les sites Tyele et Mekoto sont situés chacun entre plusieurs champs paysans ayant pour la majorité la culture de manioc ; ce qui réduit la concentration de mouches blanches sur une parcelle.

La fertilisation du sol n'a aucun effet sur les mouches adultes mais plutôt sur les nymphes. Le manioc âgé d'environ 4 à 5 mois réduit considérablement la quantité des ressources qu'il réserve à sa croissance aérienne pour le processus de tubérisation [33], [34]. Il est donc normale qu'on ne récite pas l'effet de la fertilisation du sol sur les feuilles ou sur les mouches blanches des plants de 8 mois d'âge. Les cultivars non fertilisés ont un nombre élevé de nymphes contrairement à ceux fertilisés. Donc cette faible population de nymphes sur les parcelles fertilisées pourrait être une conséquence des dégâts des ennemis naturels particulièrement le parasitoïde *Erectmocerus sp.* Cette différence se justifierait également par le fait que la fertilisation du sol renforce sûrement les capacités de la plante, et la rend résistante au développement des nymphes.

4.2 SÉVÉRITÉ ET INCIDENCE DES MALADIES

4.2.1 LA MOSAÏQUE

Tous les cultivars ont présenté les symptômes de la mosaïque. Les cultivars améliorés particulièrement la TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont présenté un nombre élevé de mouches blanches mais ont montré une faible sévérité et incidence à la mosaïque ; ce qui atteste le caractère de résistance conféré à ces cultivars, comme le disent [35] tout dépend du degré de résistance ou de tolérance de chaque cultivar, de plus d'après les travaux antérieurs, ces cultivars présentaient des rendements élevés en tubercules. Ainsi comme le dit [36] et [37] dans leurs récents travaux au Kenya, la densité des mouches blanches sur le manioc ne peut en aucun cas être considéré comme un indicateur de l'incidence de la mosaïque africaine du manioc [30] et [38]. La susceptibilité des cultivars locaux à la mosaïque peut être soit un phénomène génétique ou sanitaire ; c'est-à-dire soit les boutures d'origine étaient infestées [15], [24] et [39]. Notons tout de même que le matériel sélectionné peut être certes sain, mais sa capacité de résistance à l'infection demeure identique à celle du plant dont il est issu [40]. Généralement, lorsque l'infection est due aux boutures, ce sont les premières feuilles qui présentent de forte sévérité de la mosaïque [41]. Donc cette infection sur les plants de 6 MAS est probablement causée par les populations de mouches blanches observées et non à la qualité des boutures. L'absence d'un effet positif de la fertilisation du sol sur la sévérité de la mosaïque peut se justifier par le retard accusé par le premier épandage des engrais (trois mois après semis). Le manioc est plus susceptible ou sensible à la mosaïque dans les quatre premiers mois. L'incidence et la sévérité de la maladie sur les plants et dans le champ est d'autant plus sévère lorsqu'il s'agit des cultivars susceptibles comme Ekobele et Ngon kribi.

La forte sévérité de la mosaïque observée à Minkon Mingon peut être attribuée au fait que c'est l'unique parcelle de manioc de cette localité. Les résultats des travaux de [32] ont montré que les parcelles de manioc plantées, la même année, sont plus contaminées en forêt qu'en savane. Egalement, Comme le dit [40] les chances d'avoir une forte sévérité de la mosaïque sont d'autant plus grandes que la zone cultivée est plus petite, puisque la réinfection dépend en partie de la proximité des plants de manioc contaminés.

4.2.2 L'ANTHRACNOSE

Hors mis la punaise *Pseudothraupis devastans*, le champignon *Colletotrichum gloeosporioides* est facilement transporté par la pluie et le vent et ainsi, se dissémine rapidement d'un plant à l'autre ou d'une parcelle à l'autre; ce qui justifie la présence de l'anthracnose sur tous les cultivars [42]. La forte sévérité et incidence de cette maladie sur les cultivars locaux pourrait être dû à l'origine des boutures; car ces dernières provenaient des champs paysans qui n'avaient aucun suivi.

Une forte sévérité de l'anthracnose a été observée à Minkon Mingon et Mekoto sur les parcelles non fertilisées contrairement à celles fertilisées. Nous pouvons donc dire que la fertilisation du sol renforce la capacité de résistance des plants à l'anthracnose. [43] a obtenu les mêmes résultats et a conclu d'après ses recherches que les symptômes de l'anthracnose apparaissent généralement sur les plants de 6 mois d'âge et que la sévérité de cette maladie est d'autant plus élevée lorsqu'on a une forte humidité relative (plus de 54%) comme c'est le cas à Bityili. La rareté des pluies pendant les mois de Juillet et Août, et la dureté du sol observée à Tyele pourraient justifier l'absence de l'effet de la fertilisation du sol sur la sévérité et l'incidence observée dans ce site.

4.2.3 LA BACTÉRIOSE

[47] ont rapporté que la CBB présente un maximum d'intensité en saison des pluies, puis entre en phase de dormance en saison sèche pour reprendre avec l'arrivée de la nouvelle saison de pluies. Ceci justifie la faible sévérité de la CBB observée dans toutes les parcelles. [44] ont rapporté une forte sévérité de la CBB sur des plants de manioc de 6 mois d'âge dans la zone de Pouma au Cameroun ceci sans doute parce que les observations ont été faites en pleine saison de pluie. Notons que nous n'avons presque pas connues de pluies aux mois de Juillet et d'Août dans la localité. Cette faible sévérité confirme les travaux de [45] Fabres (1994) qui a trouvé que les population de *Xanthomonas campestris* étaient élevés pendant la saisons des pluies et faibles pendant la saison sèche, et que ceci est parallèle avec les symptômes de la bactériose sur les feuilles de manioc. Donc en saison sèche la bactériose est réduite et demeure constante car le temps est défavorable pour la dispersion de la bactérie responsable de la maladie. La différence de sévérité et de l'incidence de la CBB observée entre les cultivars peut se justifier par un problème d'ordre génétique ou sanitaire des cultivars locaux.

4.3 EVALUATION DU RENDEMENT

4.3.1 RENDEMENT EN FONCTION DES CULTIVARS

Les cultivars améliorés ont présenté un rendement statistiquement supérieur à celui des cultivars locaux. Ceci se justifie par le fait que les cultivars améliorés ont été sélectionnés au laboratoire pour certaines caractéristiques telles que le rendement élevé et la résistance aux maladies. Pourtant les cultivars locaux avec le temps ont perdu leur résistances et sont devenus sensibles aux maladies particulièrement à la mosaïque africaine du manioc qui impacte hautement sur le rendement. Donc, les cultivars améliorés résistants aux maladies et ravageurs ont un rendement en tubercules plus élevé comparé aux cultivars locaux [46].

4.3.2 RENDEMENT EN FONCTION DE LA FERTILISATION DU SOL

Une différence a été observée uniquement au niveau de la biomasse aérienne ; les plants fertilisés ont présenté un développement végétatif plus important que ceux non fertilisés. Ceci atteste le caractère des matières fertilisantes particulièrement la présence d'azote responsable de la croissance végétative. Le non effet des engrais sur le nombre et poids de tubercules peut être dû à l'absence des éléments tels que le phosphore et le potassium pendant la fructification. Ces derniers étaient soit en dose insuffisante, soit étaient déjà lessivés avant la tubérisation pour ce qui est du premier épandage. Notons également que le deuxième épandage s'est fait début de petite saison sèche, l'insuffisance d'eau pourrait être à l'origine de la non dissolution des engrais à ce moment si déterminant, car d'après les investigations de la [4], on obtient des rendements plus élevés avec un apport d'eau beaucoup plus important. Ce non effet des engrais peut aussi se justifier par l'épuisement du sol dû aux campagnes précédentes ; un constat similaire a d'ailleurs été fait par [28]. Ces derniers ont conclu que lorsque le rendement est élevé et que les résidus de récolte ne sont pas enfouis, de grandes quantités de potassium et d'azote sont prélevées à chaque récolte.

4.3.3 EFFET DE LA MAM SUR LE RENDEMENT

L'évolution du rendement était inversement proportionnelle à l'augmentation du degré de sévérité de la mosaïque. Une augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraîne une diminution de 43,4% de masse en tubercules frais. [32] suite aux différentes investigations a affirmé qu'en fonction de l'augmentation de la sévérité, les pertes peuvent aller de 24 à 78%. Et aussi affirme-t-il qu'un manioc obtenu à partir des boutures contaminées perd beaucoup plus de production qu'un plant contaminé par la mouche blanche, d'où la faible production des cultivars locaux obtenus à partir des champs paysans. La maladie réduit ainsi le pouvoir de développement des potentielles caractéristiques intrinsèques de la plante, à l'instar de sa production en tubercule [47].

5 CONCLUSION

Cette étude, traitait de la résistance de cinq cultivars de manioc par rapport aux mouches blanches en tenant compte de la fertilisation du sol, puis la sévérité et l'incidence de la mosaïque africaine du manioc, de l'antracnose et de la bactériose. Des expériences ont été menées en champ dans trois sites différents, et il en ressort les observations suivantes:

Les cultivars améliorés TMS 92/0326 et TMS 96/1414 ont enregistré un nombre élevé de mouches blanches adultes et de nymphes or l'effet contraire est observé sur les cultivars locaux Ekobele et Ngon kribi. La fertilisation du sol n'a aucun effet sur les populations de mouches blanches adultes mais plutôt sur les nymphes. La sévérité et l'incidence de la mosaïque sont très faibles sur les cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 comparés aux cultivars locaux Ekobele et Ngonkribi. La sévérité et l'incidence de l'antracnose sont plus élevées sur les cultivars locaux comparés aux cultivars améliorés. Aucun cas de forte sévérité de la bactériose n'a été relevé. La sévérité de l'antracnose a été plus élevée sur les cultivars non fertilisés comparés à ceux fertilisés. Les cultivars améliorés ont présenté un rendement en tubercules élevé comparé aux cultivars locaux. Le nombre de tubercule par plant diminue de 26,4% avec une augmentation de sévérité de 1 à 25%. L'augmentation de sévérité de la MAM de 1 à 25% entraîne une diminution de 43,4% de masse en tubercules frais.

Ces résultats constituent un atout dans la recherche des stratégies de lutte contre la mouche blanche et la mosaïque. L'abondance des mouches blanches sur le manioc ne traduit pas toujours une forte sévérité de la mosaïque mais tout dépend du degré de résistance ou de susceptibilité du cultivar. Nous pouvons recommander les cultivars TMS 92/0326 et TMS 96/1414 pour promouvoir la culture du manioc au Cameroun et dans le Sud particulièrement du fait de leur pouvoir de résistance à la MAM plus élevé que les autres cultivars mais aussi des rendements plus importants.

REFERENCES

- [1] Maroya N. G., 1997. Caractérisation morphologique des clones de manioc cultivés en Afrique de l'ouest et du centre (Bénin, Cameroun, Ghana et Nigéria), 23p.
- [2] Tolly L. E., 2013. Amélioration de la commercialisation et de transformation du manioc au Cameroun: contraintes et perspectives de la chaîne de valeur, Dans : Reconstruire le potentiel alimentaire de l'Afrique de l'Ouest, A. Elbehri (ed.), FAO/FIDA. PP 1-38.
- [3] Faostat., 2015. Web site: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- [4] Faostat., 2013. Web site: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- [5] Sanni L., Alenkhe B., Edosio R., Patino M. & Dixon A. 2007. Technology transfer in developing countries: Capitalizing on Equipment Development. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 5(2): pp88-91.
- [6] Alex Abaca, Robert Kawuki1, Phenihis Tukamuhabwa, Yona Baguma, Anthony Pariyo, Titus Alicai, C. Christopher Omongo.A, Phillips Abidrabo, Kasifa Katono & Anton Bua., 2013. Genetic Relationships of Cassava Genotypes That are Susceptible or Tolerant to Cassava Brown Streak Disease in Uganda. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 5, No. 7; 2013
- [7] Fagbemissi R. C., Coulibaly O., Hanna R. & Endamana D., 2002. Adoption de variétés de manioc et efficacité durable de la lutte biologique contre l'acarien vert du manioc au Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. Numéro 38, pp 1-17
- [8] Faostat., 2016. Web site: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- [9] Lozano J. & Terry C., 1976. Cassava diseases and their control. In: *Proceedings of the 4th symposium of ISTRC*.
- [10] Kabeya M., 2004. La culture du manioc en tropique et culture de tropique. CAVTK, Kinshasa, DRC, PP4-7.
- [11] Legg, J.P., Lava Kumar, P., Makesh Kumar, T., Tripathi, L., Ferguson, M., Kanju, E., Ntawuruhunga, P., Cuellar, W., 2015. Cassava virus diseases: biology, epidemiology, and management. In Loebenstein, Gad, Katis, Nikolaos I. (Eds.), *Advances in Virus Research*, vol. 91. Academic Press, Burlington, pp 85-42.
- [12] Hillocks, R. J. (2000). Integrated crop management for smallholder farmers in Africa with special reference to coffee in Malawi. *Pest Management Science*, 56, 963-968.
- [13] Ambang Z., Akoa A., Bekolo N., Nantia J., Nyobe L and Ongono B.S.Y. 2007. Tolerance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and wild species (*Manihot glaziovii*) to African viral mosaic and cassava *Cercospora*. *Tropicultura*, 25 (3): 140-145.
- [14] Fargette Denis., 1987. Epidémiologie de la mosaïque africaine du manioc en Côte d'Ivoire. Thèses soutenue le 10/12/85 à Montpellier, à l'Université des Sciences et Techniques du Langue doc. 20p.
- [15] Silla Semballa, Yandia Simplicie, Zinga Innocent, Kosh Komba Ephrem, Dethoua Mariette, Longué Dimitri Régis, Moïta Nassy Marielle, Ballot Christian, Tocko Marabena brice, Valam Zango Adonise., 2007. Etude de l'état phytosanitaire du manioc en république centrafricaine et de la variabilité des souches virales en circulation. *Laboratoire des Sciences Biologiques et Agronomiques pour le Développement (LASBAD)*. 22p.
- [16] Legg J., Aggarwal V., Andrade M., Cherry A., Coulibaly O., Coyne D., Dixon A., Gockowski J., Hanna R., Hell K., James B., Kasele I., Khizzah B., Mahungu N., & Whyte J., 2002. Integrated Management of Cassava Pests and Diseases. P 33
- [17] Lenli C. O., 2003. Biology and control strategies for whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) populations in Burkina Faso (West Africa). McGill University, Montréal, Québec ; p 19
- [18] Njukwe E., Nguenkam A., Mbairanodji A., Ngue-Bissa T. & Hanna R., 2012. Improving food security and income and enhancing farmers' livelihoods in Cameroon through the introduction and promotion of improved cassava germplasm.

- Proceedings of the 11th Triennial Symposium of the ISTRC-AB, Kinshasa, DRC, 4-8 October 2010. Okechukwu R. U. and Ntawuruhunga P. (Ed.).pp289-292.
- [19] Araki S. and Saito H.2013. Monitoring soil erosion and water run-off by different soil conservation methods: Results of Andom experiments between 2010–2012. *In Progress report 2012, Forest-Savanna Sustainability Project Cameroon*
- [20] FOSAS, 2011. International symposium of forest – Savana – Sustainability, made in Cameoon by JICA and Ministry of Scientific research and Innovation
- [21] Halder Van L. & Van Helden M., 1986. Mécanismes de résistance du manioc à *Bemisiatabaci*(Gennadius) vecteur de la Mosaïque Africaine du Manioc, 55p.
- [22] Fargette D., 1985. Epidémiologie de la mosaïque africaine du manioc en Côte d'Ivoire. Thèses soutenue le 10/12/85 à Montpellier, à l'Université des Sciences et Techniques du Langue doc. 20p.
- [23] Mound L.A., 1973. Thrips and Whitefly, pp. 229-242. In *Viruses and Invertebrates*, Ed. A.J. GIBBS. Elsevier, Amsterdam. 26 P
- [24] Sarr p. S., Shigeru, A. & Njukw E. E., 2013: Interactions between cassava varieties and soil characteristics in crop production in eastern Cameroon, *African Study Monographs*, 34 (4): pp187–202
- [25] Sing'ombe G, Ateka E, Miano D, Githiri S, Munga T et Mwaura S, 2015. Assessment of the responses the responses of cassava (*Manihot esculenta*) breeder's germplasm to cassava mosaic virus (CMD) infection in Kenya. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. Vol. 6(4): 120-129.
- [26] Seruwagi P., Otim-Nape G.W., Osiru D.S.O. & Thresh J.M., 2003. Influence of NPK fertilisar on populations of the whitefly vectors and incidence of cassava mosaic virus disease. *African crop science Journal*. 11(3) : pp. 171 – 179
- [27] Fargette Denis, 1994. Les maladies virales des plantes transmises par aleurodes en Afrique de l'ouest. *Projet CEE (TS2A-01374)*. P 44
- [28] Akanza P.K. & Yao-Kouamé A., 2011 Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihotesculenta*Crantz) et diagnostic des carences du sol ; *Journal of Applied Biosciences* 46: pp 3163– 3172
- [29] B.P. Bulakali, J. Aloni, J.C. Palata & G. Mergeai., 2014. Performances de trois variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées en association avec *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz dans les conditions du plateau des Batéké (ville-province de Kinshasa, RDC). *TROPICULTURA*, 2014, 32, 4, 158-167
- [30] A. Mogo, M. W. C. Tagong, E. L. Ngonkeu Mangaptche, J. N. Fomekong, Fotso and N. Woin, 2018. Assessment of Tolerance Potential of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Genotypes to Whiteflies (*Bemisia tabaci*) in East Cameroon. *Annual Research & Review in Biology* 25(4): 1-12, 2018.
- [31] Tene T. M., 2014. Evaluation des performances de développement de la mouche blanche *Bemisiatabaci* (Homoptera : Aleyrodidea) sur quelques génotypes de manioc (*Manihotesculenta*Crantz). Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. 41 p.
- [32] Fauquet C., Fargette D. & Thouvenel J.C., 1998. Épidémiologie de la mosaïque africaine du manioc a l'échelle régionale en Côte d'Ivoire. *Laboratoire de Phytovirologie, ORS'IOM, BP V 5 1, 4P*
- [33] Silvestre P. & Arraudeau M., 1983. Le Manioc. *Techniques agricoles et Productions Tropicales* 23. Editions Maisonneuve + Larose, 262p.
- [34] Fishpool, L.D.C., Van Helden, Van Halder L, Fauquet C. & Fargette D. 1983. Contrôle des populations de bemisiatabaci sur le manioc : comptages en champ et captures par pièges. *Phytovirologie, ORSTOM, BP V 5 1. Pp 59 – 70*
- [35] Thresh JM, Cooter JJ., 2005. Strategies for controlling cassava mosaic disease in Africa. *Plant Pathology*. 10:685-701.
- [36] Alicai T, Baguma M, Bua A, Colvin J, Hillocks RJ, Kawuki R., 2007. Re-émergence of cassava brown streak disease in Uganda. *Plant Disease*. 91:1-24.
- [37] Njoroge Moffat K, DC Kilalo, DW Miano and DL Mutisya, 2017. Whiteflies species distribution and abundance on cassava crop in different agro ecological zones of Kenya. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2016; 4(3): 258-262
- [38] Maruthi, M. N., Hillocks, R. J., Mtunda, K., Raya, M. D., Muhanna, M., Kiozia, H., Thresh, J. M. (2005). Transmission of Cassava brown streak virus by *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Journal of Phytopathology*, 153, 307–312.
- [39] Manga G. A., Yemefack M., Sarr P. S., Omoko M., & Shiegeru A., 2013. Sustainable cassava production in forest zone of Cameroon. *Progress report (FOSAS 3013)* pp117 - 123
- [40] Guthrie John, 1996. Contrôler la mosaïque africaine du manioc. *Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale*, 23p
- [41] Bigirimana S. & Legg J. P., 2007. La menace de la pandémie de la mosaïque du manioc sur la production et ses conséquences au Burundi. *Proceedings of the 13th ISTRC Symposium*, 2007 pp. 359 – 364
- [42] Begoude B.D.A., Sarr P. S., Mpon Y.T.L., Owona D.A., Kapeua N.M. and Araki S. 2016. Composition of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars as influenced by chemical fertilization and tillage in Cameroon. *Journal of Applied Biosciences*, 98:9270–9283.

- [43] Makambila C., 1994. Interaction entre une punaise *Pseudotheraptus devastrans* Dist et un champignon *Colletotrichum gloesporioides* Penz. Sur l'installation de l'antracnose sur les tiges de manioc. *Tropicultura* 12 (3) pp104-108
- [44] Fabres G., Boher B., Bonato O., Calatayud P., Fargette D., Le Gall P., Le Rü B., Savary S. & Verdier V., 1994. Vers une gestion intégrée de la biocénose parasitaire du manioc en Afrique. *C.R. Acad. Agrlc. Fr.*, 80 (8). pp37-54.
- [45] Mwangi M., Bandyopadhyay R., Nolte C., 2004. The status of cassava mosaic disease, bacterial blight and anthracnose as constraints to cassava production in the Pouma region of South Cameroon. 9th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - Africa Branch. 11p
- [46] FAO, 2010. Rapport Mondiale de la production vivrière. 60p
- [47] Afoakwa E.O., Asiedu C., Budu A. S., Chiwona-Karltun L. and Nyirendah D.B., 2012. Chemical composition and cyanogenic potential of traditional and high yielding CMD resistant cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *International Food Research Journal* 19(1): 175-181.