

## **Criblage de géotypes de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) pour la résistance à la cochenille Africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard) dans différentes zones agro-écologiques de Beni (Nord Kivu, RD Congo)**

### **[ Screening cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) genotypes for resistance to African root and tuber scale (*Stictococcus vayssierei* Richard) in different Agro-ecological zones of Beni (North Kivu, DR Congo) ]**

**Nestor Eleko Ndengo<sup>1</sup>, Albert Lema Ki – Munseki<sup>1</sup>, Rachid Hanna<sup>2</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Phytotechnie, BP117 Kinshasa XI, RD Congo

<sup>2</sup>International Institute of Tropical agricultural, BP 2008 (Messa) Yaoundé, Cameroun

<sup>3</sup>Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

---

Copyright © 2016 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:** Cassava is, economically, one of the most important root and tuber crops in Africa. However, its production is compromised by a large number of diseases and pests among which the african root and tuber scale (*Stictococcus vayssierei* Richard). This insect causes damage that can result in a low yield and non tuber formation of cassava in case of serious infestation. It is in this context that a study on screening cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) genotypes was carried out for resistance to African root and tuber scale in different agro ecological areas of Beni (North Kivu province, in East of the Democratic Republic of Congo). The objective of the study is to assess resistance to African root and tuber scale of 40 varieties of cassava supplied by the International Institute of Tropical Agriculture and the National Institut of Research Agriculture whose five local are found on the spot after survey. To reach this goal, we verified the hypothesis that stipulates that the introduction of new varieties of cassava in the country is a strategy to fight African root and tuber scale. All varieties were placed in four sites under mild altitudes (1000-1200 m) and high altitudes (1200-1400 m). The populations of African root and tuber scale in various stages of life and the tuberous root production of each variety were assessed every three months for two years in a randomized block experimental with four repetitions. The screening ANOVA findings showed significant effects, *S. vayssierei* infested the majority of tested varieties. Nevertheless, principal components analysis (PCA) and cluster analysis identified a reconciliation of tolerance vis-à-vis African root and scale in some improved varieties while released viz, Liyayi (MM96/0287), Obama (TME 419), Mvuazi (I95/528), Dinsaka (I96/0211) and while developing such as 20BI, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, 81, MM96/0105, MM96/4653, MM96/5272, MM96/5475, MM97/2206 as well as on some local varieties such as MUKAKASA, MBAYILO in different agro ecological areas of Beni Territory in view of the marketable tuberous root production at the end of screening. All the above-mentioned varieties gave a yielded ranging from 20, 3 T/ha to 74, 96 T/ha, included or over the interval acceptable by officially released varieties in DRC. The results indicated that the introduction of improved cassava varieties could be one of the alternatives for African root and tuber scale integrated management. Also, they show the importance of local varieties research for the development of cassava subsector.

**KEYWORDS:** Cassava, *Stictococcus vayssierei*, altitude, screening, tolerance

**RESUME:** Le manioc est l'une de principales plantes à racines de grande importance économique cultivées en Afrique. Cependant, sa production est compromise par de nombreuses contraintes parmi lesquelles la cochenille africaine des racines et tubercules *Stictococcus vayssierei* Richard. Cette cochenille cause des dégâts pouvant aboutir au faible rendement et au manque de la tubérisation du manioc en cas d'infestation sévère. La présente étude a été réalisée dans le Territoire de Beni, province du Nord Kivu, en République Démocratique du Congo.

Elle avait comme objectif d'évaluer la résistance à la cochenille de 40 variétés de manioc fournies par l'Institut International d'Agriculture Tropicale et l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique dont cinq locales trouvées sur place après l'enquête. Toutes les variétés ont été installées dans quatre sites sous moyennes altitudes (1000-1200 m) et hautes altitudes (1200-1400 m). Les populations des cochenilles aux différents stades de vie et les productions en racines tubéreuses commercialisables ont été évaluées tous les trois mois pendant deux ans dans un dispositif en blocs randomisés avec quatre répétitions. Les résultats de l'analyse de variance du criblage montrent que *S. vayssierei* a infesté la majorité des variétés testées avec des effets significatifs. L'analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchisée ont permis d'identifier un rapprochement de tolérance vis-à-vis de la cochenille chez certaines variétés améliorées à l'instar de Liyayi (MM96/0287), Obama (TME 419), Mvuazi (I95/528), Dinsaka (I96/0211), 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, clone 81, MM96/0105, MM96/4653, MM96/5272, MM96/5475, MM97/2206, ainsi que sur deux variétés locales MUKAKASA et MBAYILO dans différentes zones agro-écologiques du Territoire de Beni, au vu des productions en racines tubéreuses commercialisables à la fin du criblage. Toutes ces variétés susmentionnées ont donné un rendement variant entre 20,3 T/ha à 74,96T/ha, inclus ou au-delà de l'intervalle admissible par les variétés en diffusion en RDC. Les résultats montrent que l'introduction des nouvelles variétés de manioc en milieu paysan pourrait être une alternative à la lutte contre la cochenille. Aussi, ils révèlent l'importance majeure des variétés locales en amont de la filière de mise au point des variétés résistantes à *S. vayssierei* par les généticiens.

**MOTS-CLEFS:** Manioc, *S. vayssierei*, altitude, criblage, tolérance.

## 1 INTRODUCTION

Le potentiel productif du manioc en Afrique est gravement compromis par la cochenille africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard). En effet, en République Démocratique du Congo (RDC) le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est la principale culture vivrière et occupe 50% des superficies de toutes les étendues sous cultures vivrières [1].

Les cochenilles extraient la sève des plantes, endommagent les tissus végétaux et injectent des toxines ou des virus chez nombreuses plantes d'importance économique [2]. De plus, les trous laissés sur les tissus végétaux constituent une porte d'entrée pour de nombreux pathogènes. C'est le cas de *Stictococcus vayssierei* Richard [3], [4], [5] ou la cochenille africaine de racines et tubercules (CART). Sa présence a été signalée pour la première fois en RDC dans le District du Bas-Fleuve, province du Bas-Congo au cours des années 1970 [6].

C'est vers la fin de l'année 1980 que cette cochenille est devenue un ravageur nuisible majeur dans les champs de manioc dans certains pays tel que le Cameroun [7]. Le statut de ravageur de cette cochenille serait tributaire de l'intensification de la culture du manioc qui a entraîné le changement dans les pratiques culturales du milieu [8] [9]. La CART infeste les parties souterraines du manioc sur lesquelles elle se nourrit pendant tout son cycle de vie [10]. Les dégâts de cette cochenille sur le manioc entraînent le manque de la tubérisation ou le faible rendement en cas d'infestation sévère [11]. À cause de l'importance alimentaire et économique du manioc, il nous semble plus raisonnable de penser à augmenter le rendement tout en réduisant les pertes par des moyens qui n'entraînent que peu ou pas d'effets indésirables sur l'environnement.

Face à la résistance des cochenilles aux produits chimiques [12] et à la dégradation de l'environnement par ces derniers, la lutte intégrée passe actuellement comme la meilleure alternative. Cette lutte nécessite entre autre la maîtrise de l'écologie du ravageur et du potentiel génétique du matériel végétal, notamment la résistance aux maladies et ravageurs dans les agrosystèmes [13]. La rareté des données se référant à la résistance de variétés de manioc aux infestations de la cochenille *S. vayssierei* mérite une attention particulière. Au stade actuel aucune recherche n'a été menée à l'Est de la RDC, particulièrement dans le Territoire de Beni où des infestations énormes des cochenilles radicales sont observées même en haute altitude non forestière alors que selon [3], les cochenilles ont été décrites comme étant endémiques dans les zones forestières humides de basses altitudes. Le choix de ce sujet se justifie par le fait que le manioc en Afrique joue deux rôles majeurs pour les populations : celui de culture de sécurité et celui de production de base pour le développement économique des régions pauvres [14]. Ses racines tubéreuses sont des matières premières des industries d'amidonneries et ses feuilles sont riches en vitamines et sels minéraux et constituent le principal légume et même le principal complément alimentaire de base de nombreux Congolais [15]. L'examen de la relation causale entre les effets dévastateurs de la

cochenille africaine de racines et tubercules et la productivité du manioc nous a inspiré deux idées fortes en guise d'hypothèses :

- Dans le germoplasme actuellement disponible en RDC, il y a des variétés de manioc résistantes à la CART.
- Le test du germoplasme constitué de plusieurs géotypes permet l'identification des sources de résistance de manioc à la cochenille africaine de racines et tubercules.

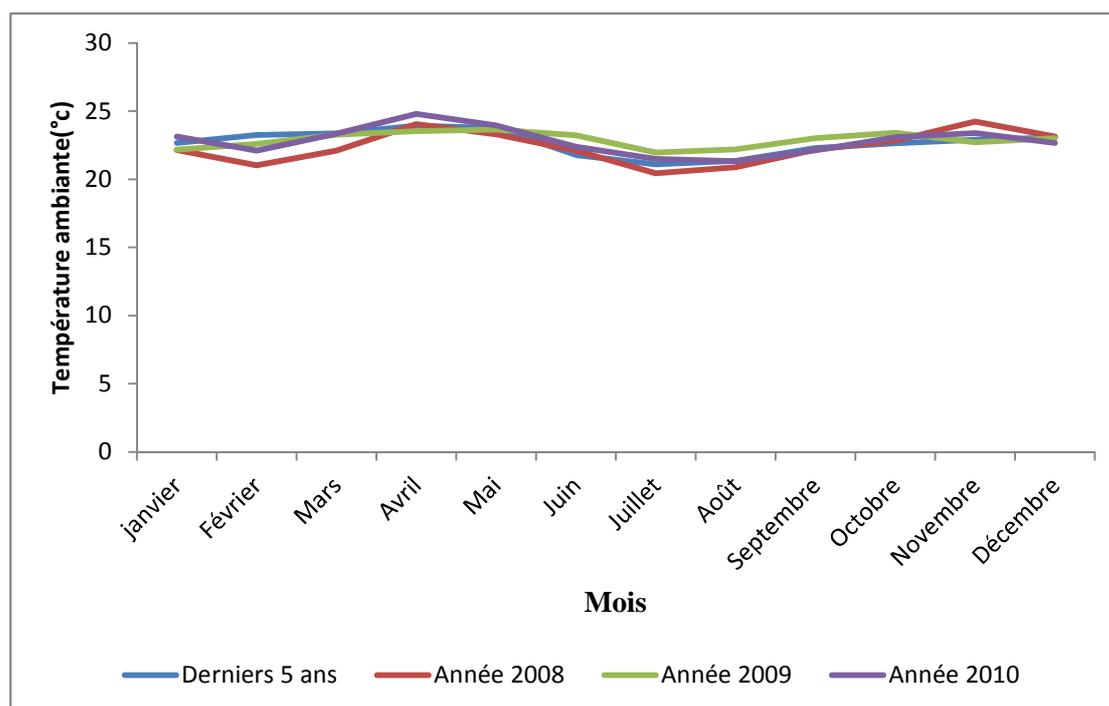
L'objectif global de l'étude est d'identifier parmi les 40 géotypes de manioc du germoplasme, ceux qui sont résistants aux infestations de la CART, en vue de proposer les stratégies de protection intégrée à développer dans la culture de manioc.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 DESCRIPTION DU MILIEU

Les essais ont été conduits en milieu paysan dans le Territoire de Beni, Province du Nord Kivu en RDC sous deux types d'altitudes (800 m à 1200 m) et (1200 m à 1400 m). Les sites d'étude et les coordonnées géographiques sont consignés au tableau 1 et à la photo 4. Le Territoire de Beni étant situé à cheval sur l'Equateur, une grande partie bénéficie du climat équatorial de type Af, de la classification de Koppen, caractérisée par une pluviométrie mensuelle du mois le plus sec supérieur à 60 mm [16].

Les conditions climatiques ayant prévalu pendant la période expérimentale en première année (2009) et en deuxième année (2010) sont résumées sur les Fig. 1, Fig. 2 et Fig. 3.



**Fig. 1.** Evolution mensuelle de la température ambiante pendant la période expérimentale comparée aux cinq dernières années (Source : Observation météorologique, ENRA/SARL/Beni, Nord-Kivu, 2003-2010)

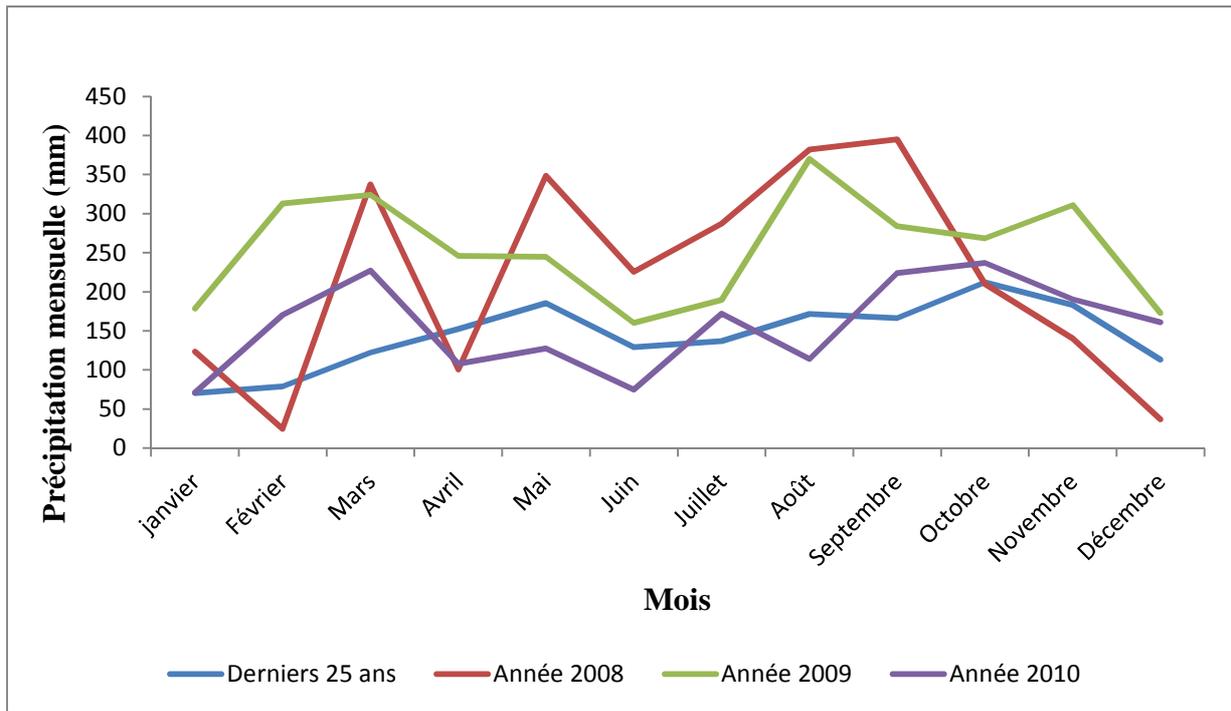


Fig. 2. Courbe de précipitation mensuelle (mm) pendant la période expérimentale comparée aux cinq dernières années (Source : Observation météorologique, ENRA/SARL/Beni, Nord-Kivu, 1983-2010)

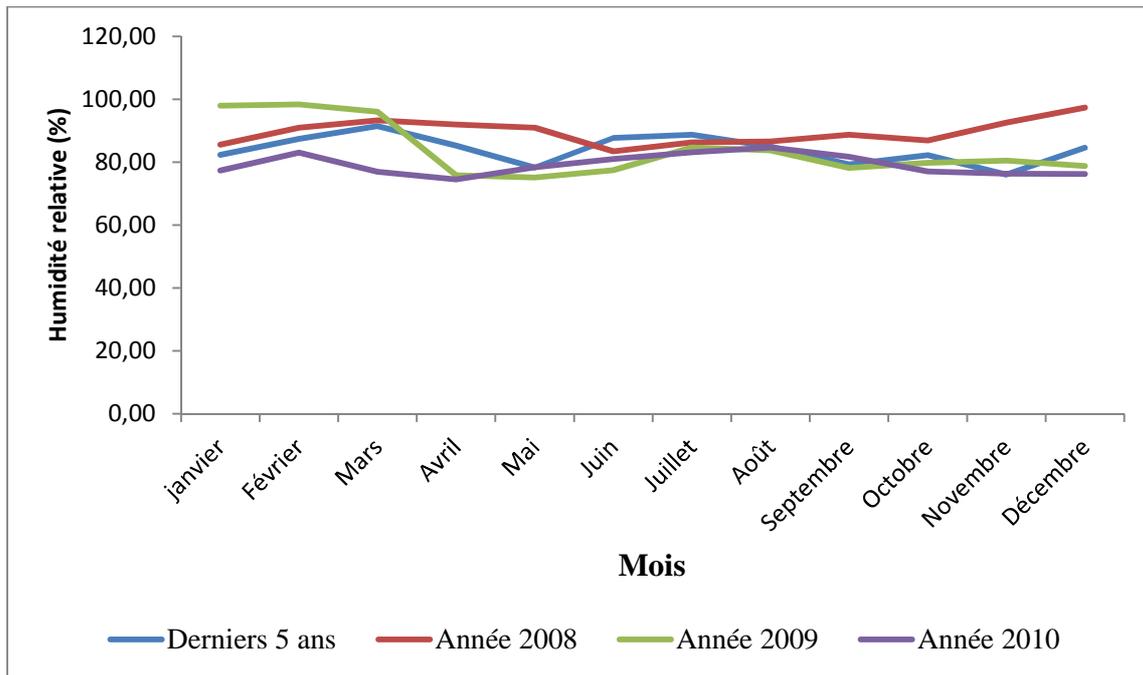
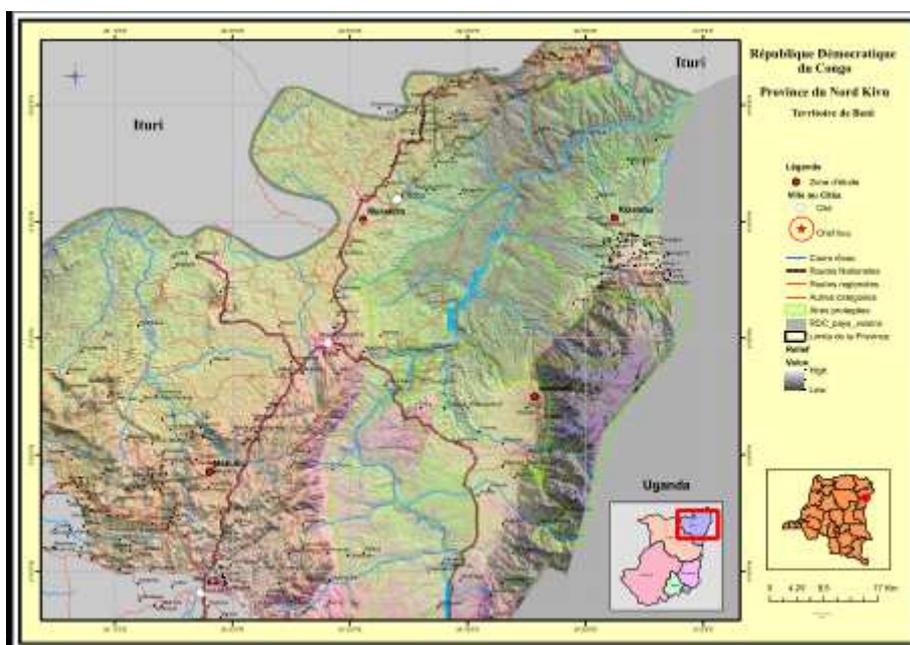


Fig. 3. Evolution de l'humidité relative mensuelle (%) pendant la période expérimentale comparée aux cinq précédentes années (Source : Observation météorologique, ENRA/SARL/Beni, Nord-Kivu, 2003-2010)

La figure 4 donne la localisation géographique des sites d'études tandis que le tableau 1 donne les sites d'études et leurs coordonnées géographiques.



**Fig. 4. Localisation géographique des sites d'études (Territoire de BENI, République Démocratique du Congo)**

**Tableau 1. Sites d'étude et leurs coordonnées géographiques**

Secteur/ Chefferie	Village	Coordonnées géographiques		
		Latitude Nord	Longitude Ouest	Altitude (m)
Watalinga	Kizamba	00°40'18,5''	29° 52'28''	842
Beni Mbau	Mukakira	00° 40'10,9'	29° 31'07,3''	1057
Bashu	Mabuku	00° 18'32''	29°18,2'06''	1342
Ruwenzori	Mwenda	00° 24'58''	29° 46,6'05''	1408

## 2.2 MATERIEL

Les 40 variétés de manioc étaient constituées de 28 géotypes encore en sélection et en développement à l'Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique (INERA) Station de Mulungu, cinq variétés locales (témoins) de manioc tolérantes à la mosaïque pour une bonne base de comparaison des infestations à la CART et sept variétés améliorées en diffusion. Les variétés améliorées de manioc nous ont été fournies par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) à la Station de Mulungu de l'INERA situé au Sud Kivu. Les noms et/ou code de ces variétés ainsi que leurs caractéristiques et origines se trouvent au tableau 2. Le GPS marque Garmin 76 a été utilisé pour la prise des coordonnées géographiques des sites. Le pied à coulisse et les lattes graduées ont servi pour mesurer les diamètres au collet et la hauteur des plants de manioc. Les balances de précisions marque SALTER ont servi pour peser les poids des racines tubéreuses et la biomasse aérienne de manioc à chaque période d'évaluation.

Tableau 2. Matériel végétal utilisé dans l'essai et caractéristiques.

Variétés (Noms et/ou Code)	Couleur et goût de Pulpe	Maturité	Comportement face aux maladies et ravageurs	Rendement (T/Ha)	Origine	
Butamu/Mv99/0395	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	20-25	INERA	
Disanka/I96/0211	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	30-35	IITA- IBADAN	
Mvuazi/I95/0528	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	35-40		
Nsansi/I95/0160	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Susceptible à : Acarien vert	35-40		
Sawasawa/MM96/3920	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	35-40		
Obama/TME419	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Tolérance à : Acarien vert	35-40		
Liyayi MM96/0287	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	35-40	IITA-EARNNET	
30	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
1	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
19	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
20B4	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose	A évaluer		
20B2	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à Mosaïque, Bactériose et à Acarien vert	A évaluer		
20B29	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à Mosaïque, Bactériose, et à Acarien vert	A évaluer		
81	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer		
20B18	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
20B17	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
20B1	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
20B16	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer		
20B27	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Susceptible à : Acarien vert	A évaluer		
MM96/3378	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer		
MM97/2206	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer		IITA-EARNNET
MM96/5475	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
MM96/2293	Blanche (Amer)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
MM96/4653	Jaune, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
MM96/0105	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Tolérance à : Acarien vert	A évaluer		
MM96/5272	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Susceptible à : Acarien vert	A évaluer		
MM4463	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, et à Acarien vert	A évaluer		
MM96/3516	Blanche, doux (Sucré)	12 mois	Résistance à : Mosaïque, à Acarien vert	A évaluer		
MM96/4649	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
MM96/0730	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
MM4596	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose, Acarien vert	A évaluer		
MM96/1753	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose,	A évaluer		
MM96/2100	Blanche, doux	12 mois	Résistance à : Mosaïque, Bactériose,	A évaluer		
Balulu	Blanche, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque, Bactériose, et à : Acarien vert	15– 20T/ha	LOCALE	
Kimbambu	Blanche, doux	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15-20T/ha		
Kinyoka	Noir, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15– 20T/ha		
Mbayilo	Noir, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15– 20T/ha		
Mukalasa	Rouge, amer	12- 18 mois	Tolérance à : Mosaïque et à : Acarien vert	15– 20T/ha		

### 2.3 METHODES

L'approche scientifique utilisée dans cette étude est l'expérimentation au champ dans le milieu paysan. Les variétés de manioc ont été plantées en bloc complètement randomisé. Le bloc avait une dimension de 21 m X 13 m. Dans chaque ligne dans le sens de la largeur six plants d'une variété de manioc étaient plantés aux écartements de 1m x 1m suivis sur la même ligne par six autres plants d'une autre variété.

La méthode d'infestation était naturelle et s'opérait par les évaluations. Les observations sur la population des cochenilles africaine des racines et tubercules (CART) de manioc se faisaient à un rythme trimestriel sur le manioc âgé de 3 mois après plantation (3MAP), 6 mois après plantation (6MAP), 9 mois après plantation (9MAP) à la première année et jusqu'à 12 mois après plantation (12MAP) à la deuxième année de criblage pour l'évaluation de la production en racines

tubéreuses. Deux plants par unité expérimentale (une demi-ligne) de chaque variété ont été arrachés de manière aléatoire pour le comptage de la population de CART à chaque échéance d'évaluation.

Pour évaluer la population de CART, nous avons procédé au dénombrement des individus à tous les stades de vie (larves 1, larves 2, adultes, individus morts) sur les boutures mères, les racines tubéreuses et nourricières. La technique de comptage a consisté d'abord à séparer à l'aide des machettes et sécateurs les tiges sur les souches, les racines tubéreuses des autres non tubérisées sur les plants à évaluer et ensuite le comptage de CART. Au total, nous avons dénombré les populations de CART sur 80 plants par bloc aussi bien au premier criblage qu'au deuxième criblage pour tout le matériel végétal à chaque évaluation. Pendant le dénombrement nous avons utilisé les loupes entomologiques à agrandissement type Optivisor (optical Glasbinocular magnifier) pour dénombrer les larves 1 et larves 2 de la CART de petites dimensions. Nous avons recouru aux compteurs manuels rapides pour dénombrer les jeunes larves, les adultes et les individus morts. Pour indiquer la tolérance de certaines variétés à la CART, le nombre des racines commercialisables obtenu par chacune d'elles à chacune des évaluations a été pesé et extrapolé en Tonnes par hectare. Une racine est dite commercialisable lorsqu'elle est grosse avec un bon calibre, sans trous laissés par la CART et peut être vendue pour la consommation.

## 2.4 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été faites à l'aide des logiciels JMP, SAS Institute pour l'analyse de la variance et XLSTAT 2015 pour l'analyse en composantes principales (ACP) et pour la classification ascendante hiérarchisée (CAH). Les données de comptage de la CART ont été transformées par la fonction logarithmique.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de comptage CART ont été exprimés en nombre d'individus par plant. Les populations de CART sur chacune des variétés sous moyenne et haute altitude pendant les échéances d'évaluation en première et deuxième année de criblage sont consignées aux tableaux 3 et 4. Les rendements en racines tubéreuses et les populations CART à la fin du criblage sont résumés au tableau 5. La figure 5 représente la structuration des quatre variables liées à la population CART et à la production en racines tubéreuses en analyse en composante principale (ACP). La figure 5 représente le dendrogramme de rapprochement entre les géotypes de manioc améliorés et locales sous criblage en moyenne et haute altitude sur base d'infestation de CART et rendement en racines tubéreuses en classification ascendante hiérarchisée.

### 3.1 POPULATION DE COCHENILLE EN PREMIERE ANNEE CRIBLAGE

#### • POPULATION EN MOYENNE ALTITUDE (1000 M A 1200 M)

Le tableau 3 donne le nombre moyen de cochenilles radicales par plant sur chaque variété de manioc à 3MAP, 6MAP et 9MAP dans le Territoire de Beni en moyenne et haute altitude en première année de criblage.

**Tableau 3. Population CART sur manioc la première année de criblage sous moyenne et haute altitude**

Variété ou clone de manioc	Altitude et période					
	Moyenne altitude			Haute altitude		
	3MAP	6MAP	9MAP	3MAP	6MAP	9MAP
30	280 a	233,9a	256,9a	5a	36,8a	20,9a
1	20,1 b	234,4a	127,3b	3a	19,7a	11,3a
81	77,1 c	183,2b	130,2b	0a	49,9a	25a
19	156,3 d	220,5b	188,4c	6,3a	64,5ab	35,4a
MM96/3378	124,5 d	130,1c	127,3b	6,3a	43,8a	25a
20B4	84,0 c	191,5b	137,8b	1,5a	52a	26,8a
20B2	27,4 e	161,0b	94,2d	9,9a	94,7b	52,1a
Mbayilo	36,9 e	174,2b	105,5d	0a	29,2a	14,6a
MM97/2206	218,8 f	398,5d	308,6e	6,5a	12,9a	9,7a
MM96/1753	183,0 f	138,8b	160,9c	6a	68,4b	37,2a
Nsansi	96,3 c	200,0a	148,1c	5,9a	21a	13,4a
MM96/5475	120,5 d	122,9b	121,7c	0a	40a	20a
Obama	183,8 f	267,4d	225,6a	58,3b	94,8b	76,5b
Balulu	59,5 c	270,0d	164,8c	64,3b	17,6a	40,9ab

20B18	90,3 c	133,8c	112,0b	6,5a	7,5a	7a
Kimbambu	47,8 c	98,0e	72,9d	85,4c	56b	70,6b
20B17	245,9 a	152,7b	199,3c	21,2a	11a	16,1a
MM96/4649	74,3 c	174,4b	124,3b	8,3a	84,2b	46,2a
20B1	181,8f	252,4d	217,1c	2,3a	1a	1,8a
Liyayi	212,5f	157,9c	185,2c	59,4b	43c	51,2a
Mukalasa	109,5d	168,5c	139,0b	151,8d	44,8c	98,3b
MM96/2100	100,8d	248,5d	174,6b	7,7a	175,5d	91,6b
20B16	131,4d	228,5d	179,9b	132,5d	10,6a	71,6b
Butamu	249,0 a	351,2f	300,1e	15a	24,3a	19,6a
Mvuazi	267,5a	159,0b	213,3c	4a	68,9b	36,4a
MM96/0730	40,9b	86,2e	63,5d	3,3a	28,3a	15,8a
MM4596	44,0b	104,5e	74,3d	2a	21,8a	11,9a
2	78,0b	132,9c	105,5d	10a	29,7a	19,8a
MM96/2293	53,6b	208,7a	131,1d	8,8a	6,8a	7,8a
MM96/4653	85,9b	74,9e	80,4d	7,1a	20,7a	13,9a
20B28	304,8 g	226,2a	265,5a	21a	21,9a	21,4a
MM96/0105	253,0 a	348,0f	300,5e	11,8a	35,2a	23,5a
MM96/5272	116,3 d	366,4f	241,3a	5a	21a	13a
MM4463	62,5 e	147,9b	105,2d	0a	5,8a	2,9a
20B27	157,1 d	124,4b	140,7d	2,5a	17,4a	9,9a
20B29	34,0 e	180,5d	107,3d	1,5a	0a	0,8a
MM96/3516	54,7 e	134,9g	94,8d	57,4b	31,4a	44,4ab
Sawasawa	71,8 e	225,9h	148,8c	57,4b	31,4a	44,4b
Dinsaka	78,3 e	127,0b	102,6d	57,4b	31,4a	44,4b
Kinyoka	98,7 e	36,0 i	67,3d	32d	35,5a	33,8ab
Moyenne $\pm$ SED	133,5 a* $\pm$ 20,52			30,3 b* $\pm$ 19,7		
CV (%)	14,4			23,1		
LSD 5%	40,84			39,21		

(Les moyennes de quatre répétitions suivies par les lettres différentes sur une même colonne sont statistiquement différentes à  $P < 5\%$  avec test LSD)

Légende : SED standard error deviation, CV coefficient de variation, LSD Least Significant Difference ou plus petite différence significative (ppds)

Il ressort du tableau 3 que sur 40 variétés de manioc criblées, la population des cochenilles africaine de racines et tubercules la plus élevée a été observée à 6MAP par rapport à 3MAP et 9MAP, soit une moyenne par plant de 189 CART ; 16 sur 40 variétés de manioc criblées en première année ont été plus colonisées par la CART à 6MAP, avec une population de CART variant entre 200 à 399 CART par plant. Les génotypes de manioc tels que MM97/2206, MM96/5272, et MM96/0105 ont été les plus colonisés à cet âge. Cependant, les variétés locales telles que Kimbambu et Kinyoka ont été moins infestées à 6MAP avec une population respective de 36 et 98 CART par plant. Il en est de même de clones MM96/4653 et MM96/0730 qui ont été moins infestés par la CART à cette échéance avec une population de CART respective de 75 CART et 86 CART par plant. Par ailleurs, 8 sur 40 variétés de manioc ont été plus infestées à 3MAP par rapport à 6MAP et à 9MAP, avec une population moyenne de CART variant entre 213 et 304. Les clones tels que 20B28, 30, MM96/0105 et MM97/2206 ont été hôtes d'une population élevée de CART à 3MAP respectivement de 304 CART, 280 CART, 253 et 219 CART par plant. A l'âge de 3MAP les variétés locales Mbayilo et Kimbambu ainsi que les clones 20B2, MM96/0730 et MM96/4653 ont été aussi moins colonisés par la CART par rapport à 6MAP et 9MAP. La population de CART dénombrée sur ces derniers génotypes de manioc était comprise dans l'intervalle de 27 CART à 86 CART. Egalement à 9MAP neuf sur 40 variétés de manioc criblées en 1<sup>ère</sup> année ont été plus colonisées par la CART tout en hébergeant une population CART variant entre 213 à 309. Les variétés et clones de manioc tels que Butamu, MM97/2206, MM96/0105, MM96/5272, 20B28 et 30 ont été plus infestés par la CART à cette échéance. Les variétés locales Kinyoka et Kimbambu et les clones MM96/4653, MM96/0730, MM4596, 20B2 ont été les moins colonisés par la CART à 9MAP. Ces derniers génotypes de manioc ont été infestés par une faible population de CART variant entre 64 CART à 80 CART par rapport aux variétés qui ont connus des dégâts de ces homoptères dans les zones agroécologiques des moyennes altitudes du Territoire de Beni.

Eu égard à ce qui précède, ces résultats montrent que toutes les variétés de manioc criblées sous moyenne altitude en première année ont été moins infestées par la CART à 3MAP par rapport à 6MAP et 9MAP. Ceci peut se justifier par le fait

qu'à l'âge de 3MAP, le manioc ne donne pas assez des racines tubéreuses lesquelles constituent l'aliment de prédilection de cochenilles radicales. Egalement, les variétés locales de manioc Kinyoka et Kimbambu ainsi que les clones MM96/0730 et MM96/4653 ont hébergé moins de cochenilles à toutes les périodes d'évaluation par rapport aux autres variétés. A l'exception de la variété locale Kinyoka, ces génotypes de manioc n'ont pas produit assez des racines commercialisables (Tableau 5) à la fin du criblage à 12MAP sur les moyennes altitudes du Territoire de Beni. Ces variétés sont retenues à l'étude de rendement sur les moyennes altitudes afin d'élucider leur tolérance à la cochenille radicale car la population CART hébergée par celles ci a été faible.

Les clones de manioc MM96/0105, MM97/2206 et 20B28 paraissent les plus colonisées à presque toutes les échéances d'évaluation, pourtant leur productivité est bonne au vu des nombres des racines commercialisables observés (Tableau 4). L'exploitation de ces derniers génotypes de manioc dans le Territoire de Beni peut être comme une stratégie de lutte contre la CART. Globalement, les variétés et clones de manioc tels que Liyayi, 20B29, 20B1, Mbayilo, Mukalasa, 20B27, MM96/0105, MM97/2206, 81, Butamu et MM96/5272 ont été identifiés comme tolérants à la CART dans les zones agroécologiques situées en moyennes altitude de Beni à cause de leur productivité en racines tubéreuses (Tableaux 5).

- **POPULATION EN HAUTE ALTITUDE (1200 M A 1400 M)**

Le tableau 3 donne également les résultats de l'évaluation de la population CART à l'altitude de 1200 m à 1400 m en première année. Il se dégage de ces résultats que toutes les variétés ou clones criblés en haute altitude ont été faiblement colonisés par la CART à toutes les périodes d'évaluation (3MAP, 6MAP, 9MAP). Toutefois, à 6MAP nous avons observé une population plus élevée de CART, soit une moyenne équivaut à 38 CART par plant par rapport à 3MAP et 9MAP. La moyenne de la population cochenille a été de 31 CART par plant à l'échéance de 9MAP et de 24 à celle de 3MAP prouvant en suffisance que sous haute altitude l'infestation de clones ou variétés de manioc par la CART a été très faible.

Aux regards de ces résultats, certaines variétés de manioc qui ont été sensibles à la CART sur les zones des moyennes altitudes ont présenté une bonne production en racines tubéreuses commercialisables et peuvent faire l'objet d'exploitation sur les zones de hautes altitudes (1200 m à 1400 m) du Territoire de Beni. L'amélioration de la productivité de ces génotypes sous hautes altitudes peut être attribuable au fait qu'il n'y a pas jusqu'ici une grande population de CART qui peut causer des dégâts entraînant la réduction du rendement en racines tubéreuses. La population de CART observée sous ces zones reste encore en équilibre avec les pratiques culturales utilisées. D'une manière générale les clones et variétés de manioc ci-après : 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 81, MM96/4653, MM96/5475, MM96/2100, MM97/2206 et Mvuazi, Dinsaka, Liyayi, Mukalasa, Mbayilo et Balulu ont été identifiés comme tolérants à la CART sur les zones de hautes altitudes du territoire de Beni. Parmi ces derniers génotypes de manioc cinq ont été précédemment identifiés comme tolérants aux dégâts de CART en moyenne altitude.

Il s'agit de 20B1, 20B27, 20B28, 81 et la variété locale Mbayilo. Ces cinq variétés peuvent être recommandées aussi bien en moyenne qu'en haute altitude dans le territoire de Beni à cause de leur production en racines tubéreuses.

### **3.2 POPULATION DE COCHENILLE EN DEUXIEME ANNEE DE CRIBLAGE**

- **POPULATION EN MOYENNE ALTITUDE (1000 M A 1200 M)**

Les résultats sur l'évaluation de la population CART à l'altitude de 1000 m à 1200 m et de 1200 m à 1400 m en deuxième année se trouvent au tableau 4.

Il ressort de ces résultats qu'à 6MAP, 12 variétés sur 40 de manioc en moyenne altitude ont hébergé une population CART élevée par rapport à 3MAP et 9MAP. La population moyenne de CART par plant à 6MAP a été de 38,9 individus. Egalement à 9MAP il apparaît huit sur 40 variétés de manioc avec une population élevée de CART par rapport à 3MAP. La moyenne de cochenille par plant à 9MAP a été de 36 individus. La population moyenne générale a été de 28,3 CART par plant pour toutes les échéances d'évaluation.

La variété locale Kinyoka et la variété améliorée Nsansi ainsi que le clone 20B17 ont été faiblement colonisés par les cochenilles radicales à toutes les échéances sur les toutes les zones agroécologiques du Territoire de Beni en premier et en deuxième criblage. Malheureusement ces variétés ont accusé de faibles productions par rapport à celles fortement infestées. Les moyennes des populations des individus hébergés par ces trois génotypes de manioc variaient entre 5 à 28 CART. Les variétés améliorées et locales telles que Liyayi, Butamu, 20B27, 81, MM96/0105, MM96/5272, MM97/2206 et Mbayilo ainsi que Mukalasa ont été plus colonisées par la CART. Par contre elles ont présenté une résistance dite « tolérance » à la CART au vu de leur productivité en racines tubéreuses (tableau 5) et pourront valablement servir dans les éventuels programme de création ou d'amélioration variétale.

Tableau 4. Population CART sur manioc la deuxième année de criblage sous moyenne et haute altitude

Variété ou clone de manioc	Altitude et période					
	Moyenne altitude			Haute altitude		
	3MAP	6MAP	9MAP	3MAP	6MAP	9MAP
Kinyoka	12,00a	11,5a	20a	7a	9,5a	13a
Kimbambu	18,50a	19,5a	40a	15ab	19b	17a
Mukalasa	15,50a	16a	75b	9a	14a	15a
Mbayilo	4,50a	35,5a	27,5a	6a	4,5a	25b
Balulu	13,00a	54ab	30,5a	0a	5,5a	12,5a
Obama	5,00a	39ab	26,5a	7,5a	7a	4a
Butamu	6,00a	31a	70b	6a	10a	13,5b
Mvuazi	18,00a	50,5b	19a	3,5a	8a	3a
Nsansi	8,00a	21,5a	21,5a	0,5a	5,5a	15,5b
Dinsaka	5,50a	31a	26a	6a	9,5a	18,5b
Sawasawa	10,00a	65b	50,5ab	10b	8,5a	7,5a
Liyayi	30,00a	19a	52ab	8a	5a	9a
20B29	14,50a	77b	94,5c	6a	11,5a	55c
MM4596	13,00a	54,5b	20a	4,5a	11,5a	8,5a
81	10,50a	31a	69b	0,5a	6,5a	1a
MM96/4649	2,50a	39,5ab	14,5a	6a	3a	1a
20B19	5,00a	25a	31a	7,5a	12a	14b
MM96/2293	6,50a	31,5a	29a	6,5a	2a	7,5ab
20B16	11,00a	90,5c	40ab	8a	9,5a	6a
MM96/2100	14,00a	74,5c	33ab	10a	23,5a	11,5a
MM4463	9,50a	70,5c	20a	6a	9,5a	6a
MM96/3378	16,00a	39ab	35,5a	7,5a	2,5a	8a
MM96/1753	9,50a	45ab	38,5a	4,5a	8,5a	10,5b
MM96/4653	8,00a	58ab	19a	5,5a	14,5a	9,5a
20B1	7,00a	46,5ab	20a	5a	4a	7a
1	5,00a	25a	45ab	7a	2,5a	6,5a
MM96/0730	6,00a	48,5ab	24a	11a	9,5a	4a
20B18	8,50a	60ab	21a	9,5a	5,5a	8a
MM96/0105	7,00a	31,5a	28a	11a	17a	13a
MM97/2206	9,00a	49ab	79b	4,5a	5,5a	10,5a
20B28	9,00a	58ab	43,5a	8a	10,5b	16,5ab
19	5,00a	51,5ab	22,5a	7a	9,5a	12,5a
20B27	8,50a	13a	27a	13a	18,5b	16ab
MM96/5475	7,00a	28,5a	39a	8a	14a	10a
MM96/5272	11,00a	44,5ab	26a	9,5a	5,5a	6a
MM96/3516	22,00a	16,5a	47ab	11a	14,5a	22,5b
30	17,00a	19,5a	50,5ab	16,5a	18ab	24b
20B4	11,50a	13,5a	24,5a	10a	12,5a	13,5a
20B17	20,50a	11a	27,5a	7,5a	10a	14a
20B2	5,00a	10a	12a	13,5a	4a	10a
Moyenne générale ± SED	28,3 a* ± 13,08			9,52 b* ± 4,45		
LSD 5%	26,04			8,86		

(\*) : Les moyennes de quatre répétitions suivies avec les lettres différentes sur une même colonne sont statistiquement différentes à  $P < 5\%$  avec test PPDS

Légende : SED standard error deviation, LSD Least Significant Difference ou plus petite différence significative (ppds)

#### • POPULATION EN HAUTE ALTITUDE (1200 M A 1400 M)

Les résultats sur l'évaluation de la population CART à l'altitude de 1200 m à 1400 m en deuxième année se trouvent également au Tableau 4. Il ressort de ces résultats que la population CART en haute altitude en deuxième année a été très faible pour toutes les échéances d'évaluation (3MAP, 6MAP et 9MAP) par rapport à la première année de criblage. Toutefois, à 9MAP il apparaît un grand nombre de variétés avec une population un peu élevé de cochenilles radicales par rapport à 3MAP et 6MAP. Il y a eu moins d'individus à 3MAP et à 6MAP avec les moyennes d'infestation respectives de 7,6 et 9,5 CART par plant.

Globalement 20 sur 40 des génotypes de manioc criblés sous les zones agroécologiques de hautes altitudes du Territoire de Beni ont présenté une tolérance à la CART, car leur production en racines tubéreuses a été acceptable et comprise dans l'intervalle des rendements des variétés en diffusion en RDC (Tableaux 1 et 5). Ainsi, quatre sur cinq variétés locales ont donné une bonne production en racines tubéreuses à la fin du criblage (12MAP) ; il s'agit des variétés Mukalasa, Mbayilo, Balulu et Kimbambu. Egalement, trois sur sept variétés améliorées en diffusion ont produit une grande quantité des racines tubéreuses de manioc à 12MAP, en l'occurrence des variétés Mvuazi, Dinsaka et Liyayi. Les rendements extrapolés à l'hectare des ces dernières variétés ont été respectivement de 63,8T/ha, 36,4T/ha et de 24,4T/ha. Nous avons aussi observé que 13 sur 28 variétés améliorées en développement ont produit plus des racines commercialisables dans l'intervalle des rendements des variétés en large diffusion en RDC. Ces variétés en développement étaient entre autre 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, MM96/4553, MM96/0105, MM96/2100 et MM97/2206. Les rendements extrapolés de ces clones ont varié de 24T/ha (pour MM96/2100) à 75T/ha (pour 20B1).

Globalement, pour toutes les zones agroécologiques du Territoire de Beni, les variétés locales de manioc Mbayilo, Mukalasa, Balulu et Kimbambu ainsi que les variétés améliorées en diffusion et en développement telles que Liyayi, Mvuazi, Butamu et 20B1, 20B2, 20B4, 20B16, 20B27, 20B28, 20B29, MM96/4653, MM96/0105, MM96/4653, MM96/2100, MM96/5475 et MM97/2206 ont été à toutes les périodes d'évaluation moins ou fortement infestés par rapport aux autres variétés. Ces derniers génotypes de manioc ont présenté une tolérance à la CART à cause de leur production en racines tubéreuses à l'unité expérimentale. Ils peuvent être considérées comme une stratégie de lutte contre les cochenilles radicales et révèlent une importance majeure en amont de la filière de mise au point des variétés résistantes à *S. vayssierei* par les généticiens.

- **RENDEMENT EN RACINES TUBEREUSES DE 40 VARIETES DE MANIOC A LA FIN DU CRIBLAGE**

Le tableau 5 donne les rendements moyens des différentes variétés de manioc à la deuxième année de criblage (12MAP) sous différentes altitudes du territoire de BENI. Il ressort de ce tableau que les rendements en racines tubéreuses commercialisables les plus élevés a été observés sous hautes altitudes sur les variétés améliorées 20B1, Mvuazi et 20B16, soit respectivement 74,96 T/ha, 63,78 T/ha et 62,94 T/ha. Sous les moyennes altitudes les variétés améliorées Liyayi et 20B29 ont produit 53, 78 T/ha et 30,4 T/ha. Il se dégage de ces résultats que les variétés de manioc criblées dans le territoire de Beni ont été plus productives sous haute altitude que sous moyenne altitude. Cela se justifie par la présence de la cochenille Africaine de racines et tubercule du manioc et ses dégâts qui ont été élevés sous moyenne altitude. Toutefois, certains génotypes améliorés et locales de manioc ont toléré les infestations de la CART en moyenne altitude en produisant des rendements en racines tubéreuses variant entre 20 T/ha et 22,5 T/ha. Il s'agit des clones 20B27, MM96/5272, MM96/2206, MM96/0105 et les variétés locales Mbayilo et Mukalasa.

- **ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE (ACP) ET CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHISEE (CAH) DE 40 VARIETES DE MANIOC ET VARIABLES RETENUES A LA FIN DU CRIBLAGE**

L'ACP construite sur les quatre variables relative à la population de CART et au rendement en racines tubéreuses (3MAP, 6MAP, 9MAP et 12MAP) indique une bonne représentation des variables à travers le cercle de corrélation (figure 5) ; un bon taux de restitution de l'information sur la variabilité totale sur le plan F1, F2 (62,13%) et un étalement presque égale des individus le long des axes F1 qui contient 31,92 % d'information relative à la productivité des 40 variétés de manioc et F2 30,21% d'information sur la population des cochenilles.

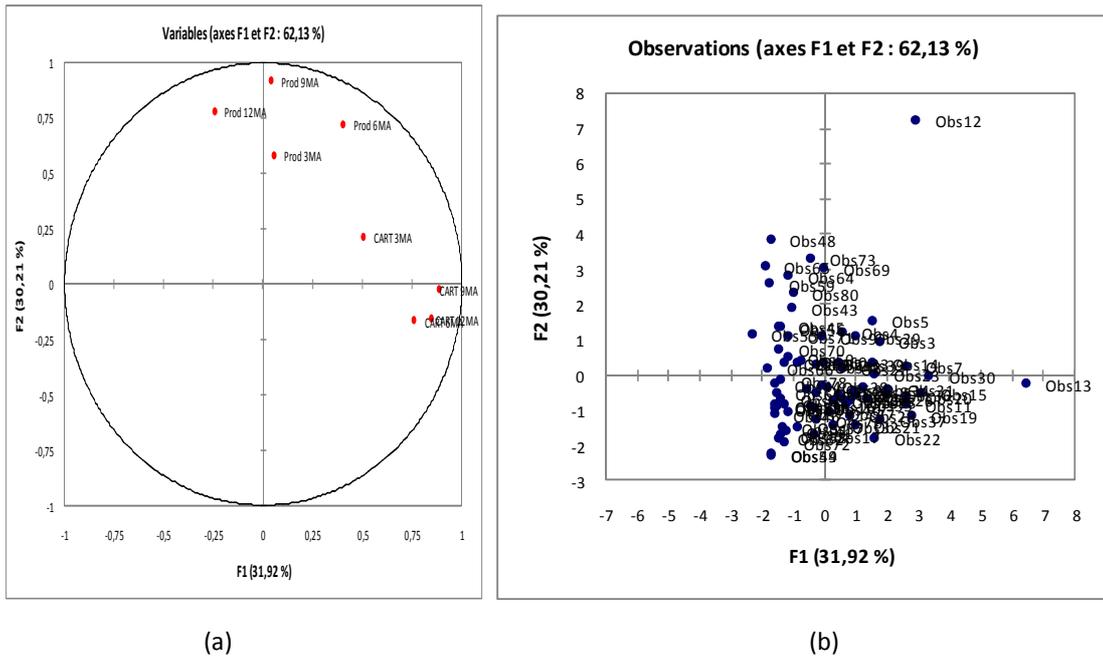
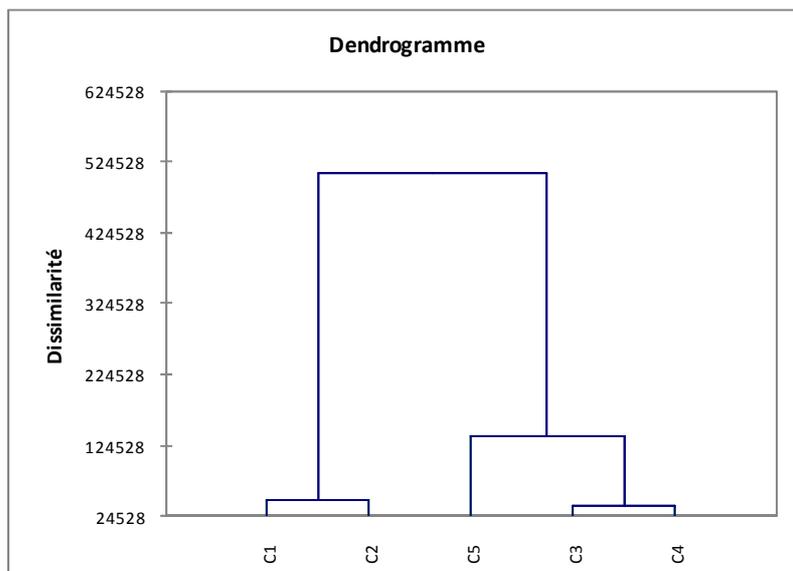


Fig. 5. Structuration des quatre variables en ACP (a) et répartition des individus sur F1F2(b)

Le dendrogramme présenté à la figure 6 illustre le degré de rapprochement entre les génotypes de manioc améliorés et locaux quant à leur résistance à la CART. Il nous montre deux types d'altitudes (moyenne et haute), à faible et forte infestation à la CART. Il y a deux classes constituées des variétés plus ou moins rapprochées quant à leur sensibilité à la CART et à leur rendement en racines tubéreuses où C5 reste indépendante vis-à-vis des C3 et C4 ainsi que C2 et C1 qui sont apparemment regroupées deux à deux. Les données introduites sont la population de CART et les rendements en racines tubéreuses de manioc à chaque évaluation. Les différences de production en racines tubéreuses observées entre les variétés de manioc criblées s'expliquent par les infestations de CART que présente chaque site d'étude. Il est constaté que les variétés exploitées dans les moyennes altitudes (classe C3 et C4) ont été plus infestées par la CART et ont produit moins des tubercules par rapport à celles criblées en haute altitude (classe C1 et C2). La dissemblance entre le groupe des variétés C5 et la classe des variétés criblées en moyenne altitude (C3 et C4) se trouve au niveau de la production en tubercule bien que l'infestation soit très élevée pour ce deux cas. Le rendement en racines tubéreuses a été bonne pour les variétés du groupe C5 et celles criblées en haute altitude (C1 et C2).



**Fig. 6. Dendrogramme de rapprochement entre les géotypes de manioc criblés en moyenne et haute altitude sur base d'infestations à la CART et des rendement en racines tubéreuses**

**Tableau 5. Rendement (T/ha) des racines tubéreuses commercialisables de manioc à la fin de criblage sous moyenne et haute altitude**

Variété /clone de manioc	Altitude, période et production							
	Rendement (T/ha) en moyenne altitude				Rendement (T/ha) en haute altitude			
	3MAP	6MAP	9MAP	12MAP	3MAP	6MAP	9MAP	12MAP
Kinyoka	1,4	4,32	11,8	14,9	1,4	3,46	4,08	7,15
Kimbambu	0,4	6,72	10,02	14,69	1,68	6,17	11,5	23,38
Mukalasa	2,1	8,05	15,67	22,43	1	6,01	25,26	47,60
Mbayilo	2,6	12,2	14,9	22,53	0,67	1,06	14,05	36,97
Balulu	2,2	13,39	18,2	18,12	2,32	10,18	14,63	35,56
Obama	1,7	6,43	9,94	16,64	1,16	2,87	6,67	18,35
Butamu	2,9	5,97	14,79	20,27	1,04	1,91	10,67	18,75
Mvuazi	0,7	5,2	14,58	13,08	4,03	11,13	20,82	63,78
Nsansi	3,72	7,25	14,89	18,62	0,77	1,65	3,6	8,56
Dinsaka	1,71	6,82	8,85	11,37	1,5	3,26	16,6	36,47
Sawasawa	0,75	6,14	12,67	16,55	0,7	1,7	7,64	13,53
Liyayi	1,82	24,42	45,97	53,78	2,14	6,89	10,91	24,43
20B29	1,6	6,54	13,66	30,4	0,7	2,67	10,2	35,63
MM4596	0,7	15,47	10,24	13,31	0,27	0,61	5,36	10,68
81	1,4	7,24	9,99	20,63	0,31	5,9	22,78	45,27
MM96/4649	1,56	5,71	9,41	12,84	3,2	7,71	21,41	10,68
2	0,32	6,77	0,9	15,7	0,33	3,1	8,35	15,31
MM96/2293	0,3	7,6	12,34	16,32	0,86	4,3	8,44	18,31
20B16	0,9	7,1	9,25	12,46	2,06	5,08	23,32	62,94
MM96/2100	0,98	7,96	11,42	14,1	1,2	4,81	18,69	23,94
MM4463	0,3	5,19	8,9	14,68	0,63	4,49	11,28	25,34
MM96/3378	0,55	3,05	6,7	9,07	0,89	2,55	4,61	8,67
MM96/1753	2,2	7,65	12,38	16,22	3,65	5,77	10,57	14,24
MM96/4653	0,7	7,2	10,89	18,36	2,29	11,05	19,5	57,13
20B1	1,2	6,41	9,41	26,1	2,8	7,51	18,08	74,96
1	2,51	4,4	9,42	16,19	2,12	2,44	14,07	27,57
MM96/0730	3,2	6,89	11,8	14,77	0,57	3,84	11,57	18,28

20B18	0,9	6,8	7,88	11,74	0,56	3,27	4,8	9,16
MM96/0105	2,9	9,73	16,07	21,16	3,04	14,44	21,95	33,56
MM97/2206	1,84	7,1	14,44	20,66	2,49	6,04	13,9	28,86
20B28	1,39	7,53	10,97	19,74	0,44	3,63	23,58	45,13
19	0,44	5,84	8,22	12,2	0,63	2,29	4,89	9,51
20B27	3,02	6,63	9,1	22,35	2,79	7,75	29,34	48,60
MM96/5475	2,88	6,21	8,14	14,16	0,51	3,03	8,35	30,20
MM96/5272	0,27	5,1	12,13	20,22	0,3	2,88	9,85	25,48
MM96/3516	0,98	5,8	9,36	14,86	0,26	3,67	9,68	13,45
30	0,91	4,84	6,49	10,21	1,38	2,71	7,6	11,83
20B4	1,3	7,33	9,95	13,83	0,24	1,44	15,28	38,47
20B17	2,3	6,54	11,01	13,45	1,32	4,18	6,22	15,28
20B2	0,91	7,21	8,75	12,02	1,59	6,86	25,01	45,00
Moyenne	1,51	7,47	11,79	17,52	1,4	4,76	13,38	28,45
Maximum	3,72	24,42	45,97	53,78	4,03	14,44	29,34	74,96
Minimum	0,27	3,05	0,90	9,07	0,24	0,61	3,60	7,15
Variance (n – 1)	0,87	12,76	40,65	54,41	1,05	9,28	48,61	301,5
Ecart type (n – 1)	0,94	3,57	6,38	7,38	1,02	3,05	6,97	17,36

La cochenille africaine des racines et tubercules (CART) cause des dégâts aussi bien dans les zones de savanes de haute altitude que dans celles de moyennes et de basses altitudes forestières contrairement à ce que rapportait [3] qu'elle était endémique dans les zones forestières humides de basses altitudes. Peut être que chez [3] les études ont été menées uniquement sur les zones forestières. Les rendements en racines tubéreuses des certaines variétés améliorées en diffusion de manioc sous criblage dans les moyennes et hautes altitudes ont été faibles par rapport leur productivité qui varie de 20 T/ha à 40 T/ha dans les zones qui ne connaissent pas les dégâts de cochenilles. Par exemple les variétés en diffusion de manioc telles que Obama, Nsansi, et Sawasawa ont produit moins de 20 T/ha par rapport à leur potentialité productive dans les moyennes et hautes altitudes du Territoire de Beni à cause des dégâts causés par les cochenilles radicales. Certaines variétés locales et améliorées de manioc ont toléré les dégâts de la CART sous moyenne altitude malgré les fortes infestations de CART. Les variétés locales telles que Mukalasa et Mbayilo ont produit respectivement 22,43 T/ha et 22,53 T/ha sous moyenne altitude. La variété améliorée Liyayi a donné aussi 53,78 T/ha sous moyenne altitude. Ces résultats corroborent à ceux obtenus par [17] sur les effets des infestations de CART sur l'âge des variétés améliorées et locales du manioc en basse altitude à Tshela dans la province du Bas Congo.

La classification ascendante hiérarchique des génotypes de manioc criblés en moyenne altitude montre qu'il y a eu des fortes infestations, par voie de conséquence réduction des rendements en racines tubéreuses. Par contre les faibles infestations ont été observées en haute altitude, partant augmentation des rendements de génotypes de manioc. Ceci semble concorder aux travaux antérieurs de [3] où il décrit les basses altitudes comme habitats de ces homoptères.

Par ailleurs, il est bien établi que les interactions plantes-insectes depuis plusieurs centaines de million d'années, ont conduit à un processus de coévolution. Ce processus évolutif a permis aux plantes de synthétiser des métabolites secondaires bioactifs vis-à-vis des insectes. Plusieurs voies métaboliques telles que les cascades de réactions de phosphorylation et la voie de jasmonates parmi tant d'autres, ont à cet effet été rapporté dans la littérature comme responsables de la production des composés biocides par les plantes infectées [18]. Il faut en outre noter que l'expression des gènes qui contrôlent la biosynthèse de ces métabolites secondaires serait modulée par des facteurs environnementaux tels que le climat, la nature géologique du site, l'altitude, etc. [19, 20]. Si cette affirmation n'est pas correcte, alors, on devrait s'attendre à ce qu'une variété améliorée de manioc testée résiste de la même façon à la cochenille Africaine de racines et tubercules (*Stictococcus vayssierei* Richard) sur tous les sites testés. Hors, nous avons observé dans la présente étude que le manioc résisterait mieux en altitude. Il pourrait s'agir dans ce cas d'une modulation épi-génétique et donc le(s) gène(s) de résistance à la cochenille seraient inductibles.

Eu égard à ce qui précède le changement de certains facteurs climatiques entre autres la pluviosité serait la cause de cette différence de résistance. Toutefois, les études sur l'indicibilité des gènes de résistance de manioc combinées aux facteurs climatiques et écologiques de la CART s'avèreraient indispensable afin d'identifier les facteurs qui seraient à la base de différence de résistance dans différents sites du territoire de Beni.

#### 4 CONCLUSION

La présente étude a permis de donner un aperçu sur la résistance face à la CART des 40 variétés améliorées et locales de manioc dans différentes zones agro-écologiques (moyenne et haute altitude) du Territoire de Beni à l'Est de la RDC. Elle a montré que deux sur cinq variétés locales de manioc criblées pendant deux ans ont une tolérance à ladite cochenille et pourront valablement servir dans les éventuels programmes de création ou d'amélioration variétale. Ceci confirme notre première hypothèse selon laquelle qu'il existe des variétés résistantes à la CART dans le germoplasme actuel en RDC.

Les variétés améliorées en diffusion et en développement de manioc telles que Liyayi, Mvuazi, Butamu et Dinsaka et 20B1, 20B2, 20B4, 20B27, 20B28, 20B29, MM96/4653, MM96/0105, MM96/4653, MM96/2100, MM96/5475 ainsi que MM97/2206 ont été identifiées comme résistantes à la CART dans nos conditions expérimentales. Ceci confirme notre deuxième hypothèse selon laquelle le test du germoplasme constitué de plusieurs génotypes permet l'identification des sources de résistance de manioc à la cochenille Africaine de racines et tubercules. Ces génotypes peuvent être considérés comme une stratégie de lutte contre la CART sous moyenne et haute altitude du Territoire de Beni.

#### REMERCIEMENTS

Cette étude a été conduite grâce aux fonds alloués par l'Union Européenne (UE), par l'entremise du projet Relance de Recherche Agricole et Forestière (REAFOR) en République Démocratique du Congo sous la supervision technique de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA-DRC) que nous remercions aussi. Notre reconnaissance va également à l'endroit des chefs coutumiers qui ont permis l'accès aux différents sites d'étude. Enfin, nous remercions les personnes anonymes qui ont bien voulu relire ce manuscrit pour son amélioration.

#### REFERENCES

- [1] FAO. Encouragement de la recherche relative au manioc et promotion de la production. In : Food and Agriculture Organization. Créer des partenariats pour parvenir à la sécurité alimentaire, Rome, pp. 11-13, 2000.
- [2] P.J. Gullan, J.H. Martin. Sternorrhyncha (jumping plant-lice, white flies, aphids and scale insects). V. Resh et R. Cardé (Eds.) *Encyclopedia of Insects*. Academic press, 2002.
- [3] C. Richard. Contribution à l'étude morphologique et biologique des Stictococcinae (Hom. Coccoidea). *Ann. Soc. Entomol. Fr*, no. 7, pp. 571-609, 1971.
- [4] H. Mutsaers, P. Mbouémboué, B. Mouzong. Traditional food crop growing in the Yaoundé area (Cameroon). Part I. Synopsis of the system Agro-Ecosystems no. 6, pp. 87-273, 1981.
- [5] M. Tindo, A. Doumtso, G. Geogen, R. Hanna. Morphological and illustration of female developmental stages of *Stictococcus vayssierei* (Homoptera: Stictococcidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, ICIPE. Vol. 26, no. 2, pp. 126-133, 2006.
- [6] K. Lema, K. Tatahangy, M. Bidiaka, N. Ndambi. Distribution, importance et dynamique des populations de la cochenille radicole du manioc (*Stictococcus vayssierei*, Homoptera Stictococcidae) en République Démocratique du Congo. *Annales de la Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa* Vol. 1, no. 1, pp. 40-49, 2000.
- [7] M. Tchuanyo, A. Van Huis, J.C. Van Lenteren. Distribution, incidence and abundance of the cassava brown root scale insect, *Stictococcus vayssierei*, in Cameroon. *Trop. Sci* no. 40, pp. 20-24, 2000.
- [8] K. Tatahangy, J. Legg, R. Hanna, K. Lema, M. Toko. Protection de la culture, Rapport annuel, IITA République Démocratique du Congo. Projet Multi-agence et multi-investisseur en développement sur la réhabilitation de la culture du manioc en RDC, 2004.
- [9] R. Hanna, M. Tindo, G. Geogen, A. Ngenkam. Pre-plant host reservoir removal prevents severe infestations of cassava by *Stictococcus vayssierei* in Central Africa. In: The 54<sup>th</sup> Annual Meeting of the Entomological Society of America, IITA Benin, December 10-13, 2006.
- [10] C. Richard. Révision du groupe des *Stictococcus*, et création de taxa nouveaux (Homoptera, Coccoidea). *Ann. Soc. Entomol. Fr*, no. 12, pp. 653-669, 1976.
- [11] K. Tatahangy, R. Hanna, M. Toko, K. Lema, M. Solo. Changes in population abundance of the African Root and tuber scale stictococcus *vayssierei* Richard (Homoptera: stictococcidae) on cassava in the bas-fleuve district in the Democratic Republic of Congo. In: Proceedings of the ninth triennial symposium jointly organized by the ISTRC-AB and KARI, Mombasa, Kenya, pp. 614-622, 2007.
- [12] Y. Ben-Dov. Diagnosis. In: Y. Ben-Dov and C.J. Hodgson (Eds). *Soft Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier Science B.V. pp. 3-4, 1997.

- [13] P. Milonas, M. Savopoulou-Soultani. Development, survivorship and reproduction of *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) at constant temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am*, no. 93, pp. 96-102, 2000.
- [14] A. Westby. Cassava utilization, storage and small-scale processing. In: *Cassava: Biology, production and utilization*. Hillock R.J., Thresh J.M. and Bellotti A.C. (Eds). CABI Publishing, 2002.
- [15] P. Lancaster, J. Brooks. Cassava leaves as human food. *Rev. Exosmic Botany*, no. 37, pp.331-348, 1983.
- [16] F. Blutot. Carte des régions climatiques du Congo Belge d'après les critères de Köppen, Bruxelles, 1950.
- [17] B. Mfuti, N. Eleko, K. Lema, R. Hanna. Effets de l'extirpation totale des plantes hôtes sur la population de la cochenille Africaine des Racines et Tubercules (CART) sur la culture de manioc à Tshela. *Annales de la Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa*, no. 5, pp. 4-12, 2012.
- [18] J. Fürstenberg-Hägg, M. Zagobelny, S. Bak. Plant Defense against Insect Herbivores. *Int. J. Mol. Sci.* no. 14, pp. 10242-10297, 2013.
- [19] K.N. Ngbolua, H. Rafatro, H. Rakotoarimanana, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Pharmacological screening of some traditionally-used antimalarial plants from the Democratic Republic of Congo compared to its ecological taxonomic equivalence in Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol. 5, no. 5, pp. 1797-1804, 2011a.
- [20] K.N. Ngbolua, H. Rakotoarimanana, H. Rafatro, R.S. Urverg, V. Mudogo, P.T. Mpiana, D.S.T. Tshibangu. Comparative antimalarial and cytotoxic activities of two *Vernonia* species: *V. amygdalina* from the Democratic Republic of Congo and *V. cinerea* subsp *vialis* endemic to Madagascar. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol. 5, no. 1, pp. 345-353, 2011b.