



Variabilité physico-morphologique des racines tubéreuses de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) cultivées sur ferralsole en zone de forêt d'Afrique de l'Ouest

Kouadio K. K. H.^{*1,3}, Ettien D. J. B.^{1,3}, Bakayoko S.^{2,3}, Soro D.^{2,3}, Girardin O³

¹Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Département des Sciences du Sol, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Université Jean Lorougnon Guédé, Département des Sciences de la Terre, 02 BP 150 Daloa 02, Côte d'Ivoire

³Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS), 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

*Corresponding author email: hippolyte_kouadio@yahoo.fr

Original submitted in on 1st July 2014. Published online at www.m.elewa.org on 31st October 2014.
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v82i1.1>

RÉSUMÉ

Objectif : Décrire la diversité des tubercules de manioc en collection en Côte d'Ivoire.

Méthodologie et résultats : Quatre variétés améliorées de manioc (91/02324, 91/02327, TME1, Yavo) et un témoin local Gloussi ont été réparties au hasard dans cinq répétitions selon le dispositif des blocs de FISHER. Récoltés à 12 mois, les caractères physico-morphologiques des tubercules ont été décrits. Les analyses statistiques de ces caractères ont indiqué une différence significative entre les variétés de manioc, excepté le caractère « pourriture des tubercules ». Les données morphologiques ont montré des différences significatives entre les variétés de manioc ; excepté le caractère « position des tubercules ». Toutes les variétés de manioc ont développé leurs racines tubéreuses horizontalement dans le sol. La résistance à la récolte des tubercules a présenté une corrélation statistiquement positive ($r = 0,98$) avec le nombre de tubercules par plant et négative ($r = -0,63$) avec la texture de la surface externe des tubercules. Le poids frais individuel du tubercule a indiqué une corrélation statistiquement positive avec le diamètre ($r = 0,83$) et la longueur du tubercule ($r = 0,72$). Les rendements frais en tubercules des variétés améliorées (91/02327, 91/02324, TME1 et Yavo) ont varié entre 19,3 et 26,8 t/ha. Cependant, la variété locale Gloussi a fourni un rendement de 11 t/ha inférieur à ceux des variétés améliorées.

Conclusion et application : L'emploi de variétés performantes sélectionnées pourrait apporter des gains substantiels dans les rendements de manioc en culture traditionnelle.

Mots clés : manioc, caractères, variétés, rendements, Côte d'Ivoire.

Physico-morphological variability of the tuberous roots of cassava (*Manihot esculenta* CRANTZ) grown on ferralsol in forest area of West Africa

Abstract

Objective: To describe the diversity of the tuberous roots of cassava cultivars in Côte d'Ivoire.

Methodology and results: Four improved varieties of cassava (91/02324, 91/02327, TME1, Yavo) and a local witness Gloussi were distributed at random in five repetitions according to blocks of FISHER. Harvested at 12 months, the physico-morphological characteristics of the tuberous roots were described. The statistical analyses of these characteristics indicated a significant difference between the varieties of cassava; but only the character « tuber rot » did not record any significant differences. The raised morphological data showed significant differences between the varieties of cassava; but the character « position of tubers » did not provide a variance. All varieties of cassava developed their tuberous roots horizontally in the soil. The cassava tuberous roots harvest resistance to diseases showed a positive correlation ($r = 0.98$) to the number of tubers per plant and negatively ($r = -0.63$) to the tubers surface texture. The tuber individual fresh weight indicated a positive correlation to the diameter ($r = 0.83$) and to the tuber length ($r = 0.72$). The fresh yield of tuberous roots improved varieties (91/02327, 91/02324, TME1S and Yavo) varied between 19.3 and 26.8 t/ha. However, the variety local Gloussi provided a yield of 11 t/ha inferior to those of improved varieties.

Conclusion and application of findings : The use of selected high yielding varieties could bring substantial gains in cassava yields in traditional farming.

Key words: cassava, characters, varieties, yield, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) est une plante tropicale cultivée essentiellement pour ses racines tubérisées riches en amidon (IITA, 1990). Il intervient en Afrique subsaharienne (Cock, 1985, Raffailac, 1997), pour environ un tiers de la production totale, d'aliments de base (Djoule, 2005) et est la troisième plus importante source de calories après le riz et le maïs. Le manioc constitue une source énergétique alimentaire abondante reconnue peu coûteuse (Bruijn et Fresco, 1989). Les parties consommées du manioc sont les tubercules (racines) et les feuilles. Le produit est utilisé pour l'autoconsommation dominante ou secondaire (aliment de soudure), la commercialisation en frais ou après plusieurs étapes de transformation (artisanales ou mécanisées) en de nombreux produits pour l'alimentation humaine (gari, attiéké, fofou, tapioca) ou animale (cossettes, farine). Le manioc est aussi utilisé dans l'industrie (amidon, colles, dextrans). Les tubercules de manioc proviennent normalement du gonflement de la racine

traçante émise par la bouture. Cette tubérisation débute dès le troisième ou le quatrième mois après plantation. Les racines sont horizontales ou plus ou moins obliques dans le sol. Le nombre des racines tubérisées et leurs dimensions dépendent des variétés et des conditions écologiques (Silvestre et Arraudeau, 1983 ; Barampama, 1992). La culture de manioc s'accommode de tous les milieux écologiques de Côte d'Ivoire. Cependant, les systèmes de culture sont encore inféodés aux pratiques traditionnelles, utilisant des variétés locales peu productives. L'objectif de cette étude est de faire une description de la diversité physico-morphologique des tubercules de cultivars de manioc en collection mis en culture sur ferralsol en zone de forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire. Une bonne connaissance de ces caractères physico-morphologiques du manioc face aux variations des facteurs du milieu est indispensable pour envisager des voies d'amélioration du rendement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site d'étude : L'étude s'est déroulée dans le village de Duffrebo (7°08'N, 3°44'W) (Centre-est de la Côte

d'Ivoire). Le climat de la région est de type subéquatorial (Eldin, 1971). Il comprend deux saisons de pluies (Mars-

Kouadio et al. J. Appl. Biosci. 2014. Variabilité physico-morphologique des racines tubéreuses de manioc cultivées sur ferralsole en zone de forêt d'Afrique de l'Ouest.

Juillet et Septembre-Octobre) qui alternent avec deux saisons sèches (Novembre-Mars et Août). La pluviométrie oscille entre 1200 mm et 1800 mm et la température moyenne annuelle varie de 25 à 28°C. L'humidité relative de l'air varie de 44% en janvier à 85% en juillet.

Sol du site d'étude : Le sol est de type ferrallitique moyennement désaturé (CPCS, 1967) ou Dystric ferralsole (FAO, 2008). La texture du sol est à dominance sablo-argileuse (tableau 1). Sa capacité d'échange cationique comprise entre 8 et 10,4 Cmol kg⁻¹ (tableau 2). Le pH est

faiblement acide aussi bien en surface (6,1) qu'en profondeur (6,4). Le manioc tolère bien ces valeurs. La répartition de la matière organique (unique fournisseur d'azote pour les plantes) est hétérogène dans les horizons. Elle est pourvue en surface (3,32 g kg⁻¹) et décroît rapidement en profondeur (1,60 g kg⁻¹). La teneur en azote du sol évolue de la même façon que celle du carbone. Les rapports C/N sont élevés. Ils traduisent un degré de minéralisation lent. La somme des bases échangeables est moyenne en surface et faible en profondeur.

Tableau 1 : Texture du sol

Table 1 : Texture of soil

Paramètres	Teneur du sol	
	0-20 cm	20-40 cm
Granulométrie, (g kg⁻¹) de terre fine :		
Argile (A) < 2 µm	18,60	29,40
Limons (L) 2 à 50 µm	25,40	14,20
Sables (S) 50 à 2000 µm	54,80	54,00
Texture (composition granulométrique)	Sablo-argileuse	Sablo-argileuse

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques du sol

Table 2 : Chemical characteristics of soil

Paramètres	Teneur du sol	
	0-20 cm	20-40 cm
pH_{eau}	6,10	6,40
Matière organique (MO) :		
M O totale (g kg ⁻¹)	3,32	1,60
Carbone (C) (g kg ⁻¹)	1,93	0,93
Azote total (N) (g kg ⁻¹)	0,14	0,05
C/N	14	18,40
Phosphore total P₂O₅ (mg kg⁻¹)	406	201
Complexe adsorbant (Cmol kg⁻¹) :		
Capacité d'échange cationique (CEC)	10,40	8
Calcium échangeable (Ca)	4,80	2,84
Magnésium échangeable (Mg)	1,77	0,73
Potassium échangeable (K)	0,70	0,14
Somme des bases échangeables (SBE)	7,27	3,71

Description de la parcelle du site d'étude : La parcelle d'essai a été choisie en fonction de la disponibilité des terres, de l'accessibilité, de la topographie, du climat et du type de sol. La parcelle est une jachère de 3 ans. Elle a pour passé cultural, le maïs. La végétation est constituée de *Chromolaena odorata*, de *Pennisetum purpureum*, *Elaeis guineensis* et quelques arbustes. La parcelle présente une faible déclivité (environ 1 à 2%). La surface du sol de celle-ci est marquée par la présence de

nombreux débris végétaux (la litière), de déjections de vers de terre et de quelques termitières.

Matériel végétal : Le matériel de plantation est constitué de cinq variétés de manioc. Quatre variétés améliorées de manioc : 91/02324, 91/02327, TME1, Yavo. Elles sont originaires de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) au Nigeria. Une variété locale (Gloussi) a été choisie comme témoin en fonction de son importance dans le site d'étude. La liste de ces variétés en essai comparatif figure dans le tableau 3.

Tableau 3. Liste des variétés de manioc testées à Duffrebo

Table 3: List of tested cassava varieties in Duffrebo

Variétés	Origine	Code	Nature
91/02324	IITA	1	Importée
91/02327	IITA	2	Importée
TME1	IITA	3	Importée
Yavo	IITA	4	Importée
Gloussi	Côte d'Ivoire	5	Locale

Dispositif expérimental : Les variétés de manioc ont été réparties au hasard dans cinq répétitions selon le dispositif de FISHER (ou dispositif des blocs complets randomisés). Un écartement de 1,5 m a été aménagé entre deux répétitions et entre deux parcelles élémentaires. Les dimensions de la parcelle élémentaire étaient de 10,4 m x 3 m avec quatre lignes dont deux lignes de bordure et deux lignes centrales ou utiles. Sur une ligne, 14 plants de manioc ont été disposés. La distance entre les lignes était de 1 m et celle sur la ligne était de 0,8 m ; soit une densité de 12500 plants/ha.

Réalisation de l'essai : Les essais ont été effectués sur deux cycles culturaux sans apport d'intrants. La plantation à plat a été faite manuellement durant la grande saison des pluies au mois de juin 1999 pour la première année, puis, à la même période en 2000. Elle a consisté à planter les boutures saines à l'horizontale et recouvertes sur toute leur longueur de terre, à une profondeur de 5 à 10 cm dans le sol. Dans chaque emplacement, une seule bouture de 4 à 6 nœuds a été disposée de manière à avoir les nœuds sur le côté. Au total, 1120 boutures ont été réparties sur les quatre répétitions de la parcelle expérimentale ; soit 224 boutures par variété dont 56 boutures par parcelle élémentaire.

Collecte de données : L'observation a porté sur les racines tubéreuses de manioc. Les descripteurs, les plus fiables, ont été choisis à partir de ceux proposés par l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture). Ces observations ont été faites sur des plants de douze mois, uniquement au niveau des lignes centrales ou utiles. Les descripteurs des racines tubéreuses qui ont fait l'objet d'étude ont concerné six caractères physiques et six caractères morphologiques ci-après :

Caractères physiques

1. **Résistance à la récolte des tubercules :** c'est la facilité ou la difficulté à laquelle on récolte le pied de manioc ; notation : 1- facile, 2- moyenne, 3- difficile ;
2. **Pourriture du tubercule :** c'est la pourriture proprement dite du tubercule ou dégâts physiques occasionnés par les adventices sur les tubercules ; notation : 0- absence, 1- peu, 2- moyen, 3- pourri ;

3. **Circonférence du tubercule :** le milieu du tubercule a été retenu pour ce paramètre (mesurer avec le mètre tailleur). Il a permis de déterminer le **diamètre** du tubercule en divisant la circonférence par 3,14 ;
4. **Longueur du tubercule :** la mesure a été faite d'un bout à l'autre du tubercule ;
5. **Nombre de tubercules par plant :** un comptage des tubercules par plant a été simplement effectué ;
6. **Poids frais individuel (g) du tubercule par plant :** les tubercules d'un plant ont été pesés individuellement sur une balance.

Caractères morphologiques

1. **Position des tubercules :** c'est la disposition des tubercules d'un pied de manioc dans le sol ; notation : 1- tendance verticale ; 2- tendance horizontale ; 3- irrégulière ;
2. **Constriction du tubercule :** c'est le resserrement du tubercule en certains points de sa longueur ; notation : 0- absence, 1- présence ;
3. **Tubercule pédonculé :** ce paramètre permet de préciser la longueur du pédoncule ou son absence (sessile) sur le tubercule. Les tubercules ou racines de manioc proviennent du gonflement d'une portion de la partie traçante des racines émises par la bouture. Ils peuvent être attachés directement à la bouture qui leur a donné naissance (tubercules sessiles) ou reliés par un pédoncule (tubercules pédonculés) ; notation : 0- Absence (sessile), 1- court, 2- intermédiaire, 3- long ;
4. **Forme du tubercule :** la forme du tubercule est identifiée à partir des formes habituelles que peut avoir un tubercule de manioc ; c'est le cas par exemple des formes conique et cylindrique ; notation : 1- conique, 2- conique-cylindrique, 3- cylindrique, 4- fusiforme, 5- irrégulière, 6- combinaison ;
5. **Couleur de la surface du tubercule ou couleur de l'épiderme :** la couleur blanche, marron clair et marron sombre généralement observées, ont été retenues pour ce paramètre ; notation : 1- blanc, 2- brun ou marron (clair), 3- brun ou marron (sombre) ;
6. **Texture de la surface du tubercule :** ce paramètre a été apprécié selon l'aspect de l'écorce du tubercule au

toucher ; notation : 3- lisse, 5- intermédiaire, 7- rugueuse.

Calcul du rendement frais en tubercules de manioc :

Le nombre de tubercules par plant et le poids de tubercules par plant ont permis de calculer le rendement frais à l'hectare de chaque variété de manioc. Le rendement frais à l'hectare a été déterminé par le produit du poids moyen (g) d'une racine tubéreuse (PM1RT) par le nombre moyen de racines tubéreuses par plant (NMRT) et le nombre de plants par hectare (NP/ha). Le poids moyen d'une racine tubéreuse (PM1RT étant exprimé en grammes, le rendement frais (g/ha) a été converti en t/ha par le facteur 10⁻⁶ :

$$\text{Rendement frais manioc (t/ha)} = (\text{PM1RT}) \times (\text{NMRT}) \times (\text{NP/ha}) \times 10^{-6}$$

RÉSULTATS

Distribution des caractères physiques en fonction de la variabilité des tubercules de manioc :

Les caractères physiques des tubercules de manioc ont concerné la résistance à la récolte, la pourriture, le diamètre, la longueur, le nombre et le poids des tubercules. Les analyses statistiques des caractères physiques ont indiqué au moins une différence significative entre les variétés de manioc ; excepté le caractère « pourriture des tubercules » qui n'a pas enregistré de différences significatives. Les moyennes (± déviation standard) de la distribution des caractères physiques ont été réparties comme suit :

- la résistance à la récolte des tubercules (2,67 ± 1,89) ;
- la pourriture des tubercules de manioc (0,01 ± 0,12) a été faible voire nulle à 12 mois après plantation ;
- le diamètre des tubercules (52,1 ± 12,80 mm) ;
- la longueur des tubercules (25,88 ± 9,71 cm) ;
- le nombre de tubercules par plant (4,60 ± 2,98) ;

Analyse statistique des données recueillies :

L'analyse de variance (Gouet et Philipeau, 1992 ; Dagnelie, 2003) a été faite avec la procédure GLM (General Linear Model) selon le logiciel SAS version 8.02 (Dervin, 1999) sur les données des deux cycles culturaux. Les différences significatives entre les moyennes ont été déterminées avec le carré moyen ajusté (LSMeans). Lorsque ce test a été considéré comme significatif, le test de Duncan (α = 0,05) a été utilisé pour déterminer quelles sont celles qui constituent des sous-groupes homogènes à l'aide des lettres. Les variétés ayant une lettre en commun ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%. La contribution des caractères physico-morphologiques de nature à influencer les racines tubéreuses des variétés de manioc a été évaluée à partir du coefficient de corrélation de Pearson.

- le poids frais individuel des tubercules de manioc (409,10 ± 323,61 g). Les variétés TME1 et Yavo ont été les plus faciles à récolter (tableau 4). Toutefois, la variété 91/02324 a montré une résistance à la récolte, suivies des variétés 91/02327 et Gloussi. La variété 91/02327 a présenté le diamètre moyen le plus élevé (54,6 mm) tandis que Yavo a indiqué le diamètre moyen le plus bas (47,2 mm). La longueur des tubercules a oscillé entre 20,92 cm pour la paysanne Gloussi à 28,90 cm pour la TME 1. La variété 91/02327 a eu le nombre de tubercules par plant le plus élevé (5,44) contre la variété Gloussi qui a obtenu le nombre le plus bas (2,98). En ce qui concerne le poids frais individuel des tubercules de manioc, les variétés améliorées se sont distinguées de la variété locale témoin Gloussi (tableau 5). La variété TME1 a présenté le poids moyen le plus élevé (463,38 g) tandis que Gloussi a enregistré le poids moyen le plus bas (303,61 g).

Tableau 4 : Distribution de la résistance à la récolte des tubercules de manioc

Table 4: Distribution of cassava tuberous roots harvest resistance

Variétés	Résistance à la récolte des tubercules (%)			Moyennes
	1	3	5	
91/02324	13,44	0	86,56	4,14a
91/02327	38,01	12,87	49,12	3,29b
Gloussi	55,74	0	44,26	2,64c
Yavo	74,74	25,26	0	1,25d
TME 1	100	0	0	1,00e

Résistance à la récolte des tubercules (Rés-réc) : 1 = facile, 3 = moyenne, 5 = difficile Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes suite au test de Duncan au seuil de signification α = 0,05.

Tableau 5 : Moyennes du poids frais de tubercules de manioc

Table 5: Averages of cassava tuberous roots fresh weight

Variétés	Poids unitaire des tubercules (g)	Test Duncan
TME 1	463,38	a
91/02327	431,99	ab
91/02324	412,18	ab
Yavo	384,27	b
Gloussi	303,61	c

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes suite au test de Duncan au seuil de signification $\alpha = 0,05$.

Distribution des caractères morphologiques en fonction de la variabilité des tubercules de manioc :

Les caractères morphologiques des tubercules de manioc ont concerné essentiellement la position, la constriction, le pédoncule, la forme, la couleur de la surface et la texture de la surface des tubercules. Les données morphologiques relevées ont montré des différences significatives entre les variétés de manioc ; excepté le caractère « position des tubercules » qui n'a fourni de variance. Toutes les variétés de manioc ont développé leurs racines tubéreuses horizontalement dans le sol. Les moyennes (\pm déviation standard) de la distribution des

caractères morphologiques ont été mentionnées ci-après :

- la position des tubercules (2) ;
- la constriction des tubercules ($0,21 \pm 0,41$) ;
- les tubercules pédonculés ($3,17 \pm 1,30$) ;
- la forme des tubercules ($2,86 \pm 0,91$) ;
- la couleur de la surface des tubercules ($2,19 \pm 0,39$) ;
- la texture de la surface des tubercules ($6,53 \pm 0,85$).

La variété TME 1 a présenté plus de resserrement (constriction) au niveau des tubercules (tableau 6). Les variétés améliorées de manioc ont enregistré des pédoncules courts (tableau 7).

Tableau 6 : Distribution de la constriction des tubercules de manioc

Table 6 : Distribution of cassava tuberous roots constriction

Variétés	Constriction des tubercules (%)		Moyennes
	0	1	
TME 1	63,03	36,97	0.34a
Yavo	74,74	25,26	0.24b
Gloussi	77,60	22,40	0.24b
91/02324	84,26	15,74	0.17bc
91/02327	85,09	14,91	0.14c

Constriction du tubercule (Const-tub) : 0 = absence, 1 = présence. Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes suite au test de Duncan au seuil de signification $\alpha = 0,05$.

Tableau 7 : Distribution des tubercules pédonculés de manioc

Table 7: Distribution of cassava tuberous roots pedunculated

Variétés	Tubercules pédonculés (%)				Moyennes
	0	3	5	7	
Gloussi	3,28	55,74	16,39	24,59	4,17a
Yavo	3,68	81,58	6,32	8,42	3,31b
TME 1	5,04	82,77	7,14	5,04	3,23b
91/02327	6,43	87,72	3,80	2,05	2,97c
91/02324	13,44	79,34	6,23	0,98	2,79c

Tubercule pédonculé (Tub-péd) : 0 = absence (tubercule sessile), 3 = court, 5 = intermédiaire, 7 = long (tubercule avec pédoncule). Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes suite au test de Duncan au seuil de signification $\alpha = 0,05$.

Kouadio et al. J. Appl. Biosci. 2014. Variabilité physico-morphologique des racines tubéreuses de manioc cultivées sur ferralsole en zone de forêt d'Afrique de l'Ouest.

Seule la variété locale Gloussi a montré des pédoncules à tendance longue. La forme des racines de manioc a varié de la forme conique à la forme combinée. Cependant, les racines ont été majoritairement cylindriques (64,29%) et faiblement conique-cylindriques (21,29%) (Tableau 8). Concernant la forme cylindrique, les variétés de manioc ont présenté des taux supérieurs à la moyenne avec un pic pour la variété Yavo (70,53%) Pour la forme conique-cylindrique, les variétés de manioc

ont indiqué des taux en deçà de la moyenne. Sauf la variété TME1 dont la couleur de la surface des racines a été brune sombre ou marron sombre, l'observation de la surface du reste des variétés a montré une coloration brune claire ou marron clair. Toutefois, les cultivars de manioc, Yavo, TME1, 91/02327 et Gloussi, ont eu des surfaces racinaires rugueuses ; excepté le cultivar 91/02324 dont la surface racinaire a été intermédiaire c'est-à-dire ni lisse, ni rugueuse.

Tableau 8 : Distribution de la forme des tubercules de manioc

Table 8: Distribution of cassava tuberous roots form

Variétés	Forme des tubercules de manioc (%)						Moyennes
	1	2	3	4	5	6	
Gloussi	4,95	20,33	58,79	2,20	12,09	1,65	3,03a
Yavo	1,05	22,11	70,53	1,58	3,68	1,05	3,01a
TME1	5,46	21,01	64,71	2,10	6,30	0,42	2,84b
91/02324	7,54	18,36	67,87	0,66	2,30	3,28	2,83b
91/02327	8,21	24,63	59,53	2,64	2,93	2,05	2,75b

Forme du tubercule (Form-tub) : 1 = conique, 2 = conique-cylindrique, 3 = cylindrique, 4 = fusiforme, 5 = irrégulière, 6 = combinaison. Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes suite au test de Duncan au seuil de signification $\alpha = 0,05$.

Corrélation entre les caractères physico-morphologiques des tubercules de manioc : Le test de corrélation a été effectué pour le site de Duffrebo (tableau 9). Il a été obtenu :

- le nombre de tubercules par plant et la résistance à la récolte des tubercules : la plus haute corrélation positive ($r = 0,98$) a exprimé l'évolution des variables dans le même sens. Ainsi, un nombre élevé de tubercules par plant correspondrait à une difficulté de récolte par arrachage des tubercules ;
- la résistance à la récolte des tubercules et la texture de la surface du tubercule : la corrélation ($r = -0,63$) a été négative et moyennement bonne ce qui a signifié que les

variables ont évolué en sens contraire. Plus les tubercules étaient faciles à récolter et moins la surface externe des tubercules a été rugueuse ;

- le poids frais d'un tubercule et le diamètre du tubercule : la corrélation ($r = 0,83$) a été fortement positive traduisant une évolution étroite des variables. En ce sens que, plus le poids d'un tubercule augmente et plus grand est son diamètre ;
- le poids frais d'un tubercule et la longueur du tubercule : la corrélation ($r = 0,72$) est positive et relativement bonne. Aussi, plus le poids d'un tubercule augmente et plus grand est sa longueur.

Tableau 9 : Corrélations significatives marquées au seuil $\alpha = 0,05$

Table 9: Correlations with significance level $\alpha = 0,05$

Sources de variation	Coefficient de corrélation « r »	Probabilité (P)	Significativité
Nombre Tub – Résistance réc	0,98	$P < 0,0001$	THS
Résistance réc – Texture tub	- 0,63	$P < 0,0001$	THS
Poids tub – Diamètre tub	0,83	$P < 0,0001$	THS
Poids tub – Longueur tub	0,72	$P < 0,0001$	THS

- **THS** = très hautement significatif ; **Nombre Tub** = Nombre de tubercules par plant ; **Résistance réc** = Résistance à la récolte des tubercules ; **Texture tub** = Texture de la surface du tubercule ; **Poids tub** = Poids frais individuel (g) du tubercule ; **Diamètre tub** = le diamètre du tubercule ; **Longueur tub** = Longueur du tubercule.

Rendement en racines tubéreuses fraîches des variétés de manioc : Pour l'ensemble des variétés améliorées (91/02327, 91/02324, TME1 et Yavo), les rendements en tubercules de manioc ont varié entre 19,3 à 26,8 t/ha en milieu paysan (tableau 10). La variété locale Gloussi a fourni un rendement de 11 t/ha qui a été inférieur à ceux des variétés améliorées. L'analyse de variance a montré une différence significative entre les

variétés ($p = 0,0112$) et une hautement significative entre les blocs ($p = 0,0041$). Le test de Duncan (GLM avec $\alpha = 0,05$) a permis d'observer une équivalence entre les variétés améliorées ; à savoir : 91/02327, 91/02324, TME1 et Yavo. Cette dernière n'a pas été différente de la variété locale Gloussi. La variété Gloussi a donné le rendement moyen le plus bas.

Tableau 10. Rendements moyens frais (t/ha) en tubercules des variétés de manioc

Table 10. Means fresh yields of cassava varieties tuberous roots

Variétés	Rendement frais (t/ha)	Test Duncan
91/02327	26,8	a
91/02324	26,3	a
TME1	23,9	a
Yavo	19,3	ab
Gloussi	11	b

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes suite au test de Duncan au seuil de signification $\alpha = 0,05$

DISCUSSION

Il serait utile de posséder des données quantitatives et qualitatives sur l'importance relative de l'hérédité et de l'environnement dans la détermination de l'expression des caractères. Nonobstant, notre étude s'est attardée sur les caractères physico-morphologiques des racines tubéreuses des variétés de manioc. La richesse variétale paraît élevée au sein de la collection de manioc en Côte d'Ivoire. Cette variabilité pourrait s'expliquer par un excès en hétérozygotes au sein des variétés (Penet, 1999). Ces résultats sont en accord avec les recherches d'Olsen et Schaal (1999), lorsqu'ils ont constaté que les variétés cultivées de manioc étaient beaucoup hétérozygotes. L'analyse des données a révélé qu'il existe des variations importantes entre les variétés de manioc pour la plupart des caractères étudiés. Le test de Duncan au seuil de significativité $\alpha = 0,05$ a confirmé statistiquement une variabilité des caractères physico-morphologiques des racines tubéreuses des variétés de manioc. En effet, les variétés améliorées de manioc résultent de croisement entre des individus qui diffèrent pour un certain nombre de potentialités héréditaires ; celles-ci se trouvent réassociées dans l'individu descendant (Rossignol, 1992). Les données obtenues tendent également à montrer des variétés ayant des caractéristiques semblables au niveau des tubercules. Ceci pourrait s'expliquer par l'existence de groupes de proximité génétique. Cette proximité montre des liens avec l'échange de gènes au cours de la reproduction sexuée. La prise en compte des regroupements par le test de Duncan des cinq variétés de manioc indique des variétés

du grand groupe de proximité constaté. Au niveau des caractères physiques des racines tubéreuses, les caractères « résistance à la récolte, diamètre, longueur, nombre de tubercules par plant et poids frais individuel des tubercules » ont présenté des grands groupes de proximité ; excepté le caractère « pourriture des tubercules » qui n'a montré aucune différence significative entre les variétés. La valeur de la pourriture des tubercules a été faible voire nulle. Ceci signifierait que les variétés de manioc pourrissent peu ou pas à 12 mois après plantation. A ce stade, la pourriture des tubercules serait occasionnée par les blessures des rongeurs comme les rats et les aulacodes en quête de nourriture. Ces résultats sont en accord avec les observations de Silvestre et Arraudeau (1983). Ces auteurs ont montré que sur des plantes âgées, les vieux tubercules se lignifient et deviennent sujets à des phénomènes de pourrissement. Les autres caractères comme la résistance à la récolte, le diamètre, la longueur, le nombre de tubercules par plant et le poids frais individuel des tubercules dépendraient des variétés et des conditions écologiques. Au niveau des caractères morphologiques des racines tubéreuses, les caractères « constriction, pédoncule, forme, couleur de la surface externe et texture de la surface externe des tubercules » ont indiqué des grands groupes de proximité ; excepté la position des tubercules qui n'a montré de différences significatives entre les variétés. Toutes les variétés de manioc ont développé leurs racines tubéreuses horizontalement dans le sol. Ceci pourrait s'expliquer par

la plantation horizontale des boutures saines. Des corrélations significatives ont été observées pour certains paramètres. Une corrélation positive ($r = 0,98$) entre le nombre de tubercules par plant et la résistance à la récolte des tubercules a exprimé l'évolution des variables dans le même sens ; ainsi, un nombre élevé de tubercules par plant correspondrait à une difficulté de récolte par arrachage des tubercules. De même, des corrélations positives ont été observées entre le poids frais d'un tubercule et le diamètre du tubercule ($r = 0,83$) puis entre le poids frais d'un tubercule et la longueur du tubercule ($r = 0,72$) traduisant qu'une l'augmentation du poids frais d'un tubercule reposerait sur ceux du diamètre et la longueur des tubercules. Tout facteur qui pourrait augmenter le diamètre et la longueur des tubercules pourrait augmenter leur poids frais unitaire. Pareillement, tout facteur qui réduirait le diamètre et la longueur des tubercules aurait sur le poids frais des tubercules une influence négative. Selon Silvestre et Arraudeau (1983), la croissance du poids des tubercules par pied résulte de l'accroissement du poids des tubercules individuels. Le rendement est plus corrélé au poids des tubercules qu'à leur nombre. Toutefois, une corrélation négative et moyennement bonne ($r = - 0,63$) a été enregistrée entre la résistance à la récolte des tubercules et la texture de la

surface du tubercule signifiant que les variables ont évolué en sens contraire c'est-à-dire plus les tubercules ont été faciles à récolter et moins la surface externe des tubercules a été rugueuse. La récolte des variétés de manioc à 12 mois a montré des variétés productives et précoces. La variété locale Gloussi a été peu productive contrairement aux variétés améliorées. Ce résultat est en accord avec les travaux de Wydra et Verdier (2002), El-Sharkawy (2003), N'zué et al. (2004) et Bakayoko et al. (2012). Ces auteurs ont constaté aussi que les variétés améliorées avaient des rendements significativement supérieurs à ceux des variétés locales. Le bas niveau de rendement des variétés locales pourrait s'expliquer par leur difficile adaptation aux changements climatiques et aux effets des maladies et des ravageurs. Les variétés locales naguère tolérantes ne résisteraient plus aux mêmes maladies après un certain temps. En Côte d'Ivoire, le manioc est parmi les cultures vivrières majeurs ; celle qui est la plus touchée par divers ravageurs et maladies (Ndabalishye, 1995). Et les pertes varient de 0 à 100 % du rendement selon la sensibilité variétale et la précocité de la maladie (Théberge, 1985). L'introduction de variétés résistantes pourrait constituer un moyen de lutte.

CONCLUSION

L'étude a permis de mettre en évidence la variabilité des caractères physico-morphologiques des racines tubéreuses de manioc. La pourriture des tubercules a faiblement affecté les tubercules de manioc à 12 mois après plantation. Les tubercules se sont disposés de manière horizontale dans le sol. Les variétés améliorées ont montré un potentiel élevé en rendement comparativement à la locale Gloussi. Les variétés

améliorées de manioc peuvent apporter des gains substantiels dans les rendements de manioc en culture traditionnelle afin de renforcer la sécurité alimentaire. Cette performance devrait s'accompagner d'une évaluation technologique et physico-chimique afin d'établir des critères d'acceptation et de préférence pour faciliter la diffusion de nouvelles variétés de manioc.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bakayoko S, Kouadio KKH., Soro D, Tschannen A, Nindjin C, Dao D, Girardin O, 2012. Rendements en tubercules frais et teneurs en matière sèche de soixante-dix nouvelles variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivées dans le centre de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Volume 14, Issue 2: 1961-1977.
- Barampama A, 1992. Le manioc en Afrique de l'Est. Paris ; Genève : éditions Karthala ; éditions IUED, 287 p.
- Bruijn GH, DE Fresco LO, 1989. The importance of cassava in world food production. *Netherland journal of Agricultural Sciences*, 37 : 21-34.
- FAO, 2008. *Crop Prospect sand Food Situation*. Italy (Rome): FAO.
- Cock JH. *Cassava, New potential for a neglected crop*. Boulder; London, IADS serie: West view Press, 1985.
- CPCS-Commission de pédologie et de cartographie des sols, 1967. *Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes des sols*. France : INRA.
- Dagnelie P. *Principes d'expérimentation, planification des expériences et analyses de leurs résultats*. Gembloux (Belgique) : Les presses agronomiques, 2003.

- Dervin C, 1999. *Initiation au logiciel statistique SAS sous UNIX*. Paris (France) : édition Institut National Agronomique.
- Djoule DR, 2005. *Mise au point d'un ferment mixte destiné à la bioconversion des tubercules de manioc cyanogène*. Thèse de doctorat, Ngaoundere. <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/82/82/PDF/tel-00009811.pdf>
- Eldin M, 1971. *Le climat. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire*. Paris (France) : Mémoires ORSTOM, n° 50, pp 73-108.
- El-Sharkawy MA, 2003. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology* 53: 621-641.
- Gouet JP, Philipeau G, 1992. *Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance?* Paris (France) : éditions ITCF.
- IITA, 1990. *Le manioc en Afrique Tropicale. Manuel de référence*. Ibadan (Nigeria) : éditions IITA.
- N'zué B, Zohouri PG, Sangaré A, 2004. Performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans trois zones agroclimatiques de la Côte d'Ivoire. *Agronomie africaine* XVI : 1-7.
- Ndabalishye I, 1995. *Agriculture vivrière Ouest-Africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire. Monographie*. Abidjan (Côte d'Ivoire) : éditions IDESSA.
- Olsen KM, Schaal BA, 1999. Evidence on the origin of cassava: Phylogeography of *Manihot esculenta*. *Proceeding of the National Academy Sciences of United States of America* 96: 5586-5591.
- Penet L, 1999. *Impact des pratiques paysannes sur la diversité génétique des variétés locales de manioc*. Diplôme d'Etudes Approfondies, Dakar (Sénégal).
- Raffaillac JP, 1997. Le rôle de la densité de plantation dans l'élaboration du rendement du manioc. In : actes du séminaire de la sous-commission agronomie de l'ORSTOM, Montpellier, sept. 1994. Montpellier (France) : éditions ORSTOM, collection « colloques & séminaires », (sous presse).
- Rosignol JL, 1992. *Génétique*. Paris (France) : édition MASSON.
- Silvestre P, Arraudeau M, 1983. *Le manioc. Techniques agricoles et productions tropicales*. Paris (France) : éditions G. P. Maisonneuve et Larose ; éditions Agence de Coopération Culturelle et technique (ACCT).
- Théberge RL, 1985. *Les principaux ravageurs et maladies du manioc, de l'igname, de la patate douce et des aracées en Afrique*. Ibadan (Nigeria): édition IITA.
- Wydra K, Verdier V, 2002. Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 211-226.