

Quelle variété de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) est la plus adaptée aux zones sèches de production agricole ? Une étude agromorphologique des variétés de manioc dans la Région du PORO, au nord de la Côte d'Ivoire.

THIÉMÉLÉ Deless Edmond Fulgence ^{1*}, KONÉ Daouda ¹, NOUMOUHA Epa N'da Ghislain ²

Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer sur le plan agromorphologique des variétés de manioc afin d'identifier des candidats potentiels capables d'assurer un bon rendement en zones sèches. Quinze variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire ont été caractérisées sur la base de 8 variables quantitatives. L'analyse descriptive a montré des différences entre les variétés pour toutes les variables étudiées. Une analyse en composante principale a confirmé cette variabilité morphologique à hauteur de 81,81 %. La Classification Hiérarchique Ascendante a permis de classer les variétés en 3 groupes de diversité. Le groupe 1 comportait des variétés ayant des hauteurs élevées de première ramification des tiges, des longueurs de pétiole et de lobe central élevées, un nombre et un poids de racines tubéreuses par pied et des rendements faibles. Le groupe 2 renfermait des variétés ayant de petites hauteurs de première ramification des tiges, des longueurs de pétiole et de lobe central de petites tailles, un nombre et un poids de racines tubéreuses par pied et des rendements moyens. Le groupe 3 était composé de variétés ayant des hauteurs moyennes de première ramification des tiges, des longueurs de pétiole et de lobe central de taille moyenne. Ce groupe renfermait également des variétés avec un nombre et un poids de racines tubéreuses par pied et des rendements élevés. Le dernier groupe possède des variétés ayant des rendements autour de 20 t.ha-1. Ces variétés représentent de potentiels candidats pour la culture du manioc en zones sèches et des géniteurs potentiels pour un programme d'amélioration génétique.

Mots clés : Manioc, diversité agromorphologique, candidats potentiels, zones sèches, Côte d'Ivoire.

Abstract

Which cassava variety (*Manihot esculenta Crantz*) should be grown in the dry production zone in Côte d'Ivoire? Agromorphological evaluation of a diversity of cassava varieties in the PORO region of Côte d'Ivoire

The aim of this study was to evaluate cassava varieties based on agromorphological characters to identify potential candidates able to high yielding in dry zones. Fifteen cassava varieties grown in Côte d'Ivoire were characterized based on 8 quantitative variables. Descriptive analysis showed differences between varieties for all the variables studied. Principal component analysis confirmed this morphological variability at 81.81%. Hierarchical ascending classification enabled us to classify the varieties into 3 diversity groups. Group 1 includes varieties with high first stem branching heights, petiole and central lobe lengths, a high number and weight of tuberous roots per plant, and low yields. Group 2 contains varieties with small first branch heights of stems, small petiole and central lobe lengths, number and weight of tuberous roots per plant and average yields. Group 3 is composed of varieties with average of first stem heights, petiole lengths and central lobe lengths. This group also includes varieties with a high number and weight of tuberous roots per plant and high yields. The last group has varieties with yields around 20 t.ha-1. These varieties represent potential candidates for the cultivation of cassava in dry areas and potential parents for cassava breeding program.

Keywords: Cassava, agromorphological diversity, potential candidates, dry zones, Ivory Coast.

¹Université Peleforo GON COULIBALY, UFR Sciences Biologiques, Département de Biochimie-Génétique, Unité Pédagogique et de Recherche de Génétique, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Km

17, Route de Dabou, 01 B.P. 1470 Abidjan 01, Station de Recherche BP 440 Man, Côte d'Ivoire.

* Auteur pour correspondance : delessthiemele@gmail.com / +225 07 09 79 14 16

1. Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) est l'une des principales cultures dans de nombreux pays à travers le monde et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest (N'Zué *et al.*, 2014 ; Agré *et al.*, 2015). Il est une excellente source de calories et constitue la base de l'alimentation de près d'un milliard de personnes dans les régions tropicales (Macrae *et al.*, 1993). En Côte d'Ivoire, avec une production annuelle d'environ 5,6 millions de tonnes (Faostat, 2022), le manioc est la deuxième culture vivrière produite et consommée après l'igname (N'zué *et al.*, 2014). Il contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, à l'amélioration des revenus et des conditions socioéconomiques de tous les acteurs de la chaîne des valeurs, en particulier les femmes qui sont très actives dans la commercialisation des tubercules frais, la transformation et la commercialisation des produits dérivés (attiéké, pâte, placali, farine, amidon, etc.) (Mendez del Villar *et al.*, 2017 ; Vernier *et al.*,

2018). On distingue deux types de manioc. Des variétés de manioc doux, consommées en bouillie ou en pâte mélangée avec de la banane plantain, et des variétés de manioc amer que l'on utilise pour la fabrication de placali (pâte pressée) et l'attiéké. Malgré cette importance pour la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté, les rendements du manioc sont faibles pour couvrir les besoins alimentaires de la population en perpétuelle croissance (Kouadio *et al.*, 2023). Plusieurs raisons expliquent cette baisse de rendement. Parmi ces raisons figurent le faible niveau de fertilité des sols, l'utilisation des variétés peu productives et sensibles aux maladies (viroses, anthracnose, pourritures racinaires) et aux ravageurs (acariens, cochenilles, nématodes), aux aléas climatiques et une réduction des terres cultivables en zones de production à cause de l'urbanisation galopante (Akanza et Yao-Kouamé, 2011 ; Thiémélé *et al.*, 2023). En Côte d'Ivoire, le manioc est cultivé principalement dans le Sud-Est, le Sud, le Centre, le Centre-Ouest,

l'Ouest et très peu au Nord du pays considéré comme une zone marginale de production à cause de sa faible pluviométrie (Perrin, 2015). Pourtant, la région du Poro (Nord de la Côte d'Ivoire) qui est une zone de faible pluviométrie regorge d'énormes potentialités qui pourraient permettre une culture de manioc. Cultiver des variétés de manioc à haut rendement adaptées aux conditions climatiques du nord de la Côte d'Ivoire pourrait accroître la production nationale et contribuer à l'atteinte de la sécurité alimentaire d'autant plus que des études ont montré que le manioc pourrait s'adapter à la sécheresse (El-sharkawy, 1993). La Côte d'Ivoire dispose d'une grande diversité du manioc, à la fois dans les zones cultivées par les agriculteurs et dans les centres de recherche (Kouakou *et al.*, 2023). Cependant, cette diversité n'est pas explorée pour trouver des variétés candidates à haut rendement capables de se développer en zones sèches. Aussi, aucune étude n'a été réalisée en Côte d'Ivoire pour mettre en évidence des variétés de manioc adaptées aux conditions des zones marginales de production. L'identification des variétés candidates peut débuter par une caractérisation agromorphologique comme déjà montrée dans plusieurs études (Avivi *et al.*, 2020).

Ainsi, la présente étude avait pour objectif d'évaluer sur le plan agromorphologique des variétés de manioc afin d'identifier des candidats potentiels capables d'assurer un bon rendement en zones sèches.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'expérimentation

L'étude a été conduite à la station de recherche du jardin botanique de l'Université Peleforo GON COULIBALY (UPGC) à Korhogo (Région du Poro). La parcelle expérimentale est localisée à la longitude 5°38 Ouest et latitude 9°26 Nord et située à 350 mètres d'altitude. Le climat est du type soudanien, avec une petite saison de pluie qui s'étend de juin à septembre et une longue saison sèche d'octobre à mai. La figure 1 montre les conditions climatiques lors de l'expérimentation. La température moyenne et la précipitation annuelle sont respectivement de 27,4°C et 1190 mm d'eau. La végétation est de type savane arborée et les sols rencontrés sont les ferrisols (Dabin, 1960).

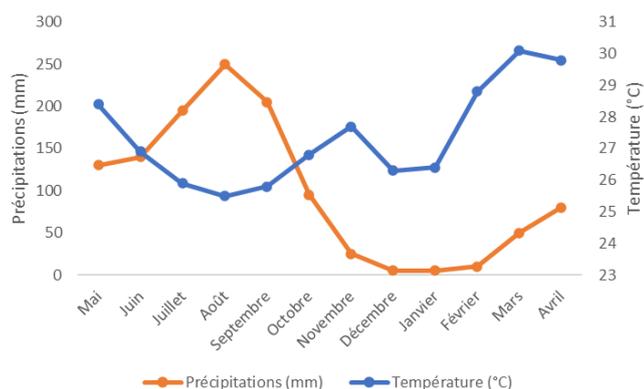


Figure 1 : Conditions climatiques durant l'expérimentation.

2-2. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de 15 variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire et collectées auprès des producteurs dans différentes zones de production (Tableau 1). Le matériel est composé de certaines variétés améliorées et développées par la recherche et des variétés cultivées en milieu paysan en zone de production de manioc. Leur cycle végétatif est de 12 mois, avec des rendements potentiels variant entre 15 et 45 t/ha. La variété

« Bonoua Kgo » considérée comme témoin était la variété cultivée localement dans la zone marginale de production.

2-3. Méthodes

2-3-1. Dispositif expérimental

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire

Variété	Type de variété	Origine	Cycle (mois)	Rendement moyen (t/ha)	Goût	Usage courant
Bocou 1	Améliorée	CNRA*	12	20	Doux	Attiéké et Foutou
Bocou 2	Améliorée	CNRA*	12	20	Doux	Attiéké
IM 84	Améliorée	IITA*	12	30	Doux	Attiéké et Foutou
TMS4(2)1425	Améliorée	IITA*	12	30	Doux	Attiéké et Foutou
Yavo (TME09)	Améliorée	IITA*	12	30	Doux	Attiéké et Foutou
Accra Bankye	Traditionnelle	Dabou	12	-	Doux	Attiéké et Foutou
Yacé	Traditionnelle	Bonoua	12	20	Amer	Attiéké
Bonoua	Traditionnelle	Bonoua	12	15	Doux	Foutou
Bonoua kgo	Traditionnelle	Korhogo	12	15	Doux	Foutou
Bahiri	Traditionnelle	Aboisso	12	-	Amer	Attiéké
Anader	Traditionnelle	Grand Lahou	12	-	Doux	Attiéké et Foutou
Zoglo	Traditionnelle	Gagnoa	12	-	Doux	Attiéké et Foutou
Tambou	Traditionnelle	Aboisso	12	-	Doux	Attiéké et Foutou
6 mois	Traditionnelle	Bonoua	11	-	Doux	Attiéké et Foutou
Sinzi	Traditionnelle	Aboisso	12	-	Amer	Attiéké

* CNRA : Centre National de Recherche Agronomique de Côte d'Ivoire ; IITA : Institut International d'Agriculture Tropicale (Nigeria)

L'essai a été conduit dans un dispositif expérimental en bloc de Fisher complètement randomisé avec trois répétitions sur une superficie de 1595 m² (55 m x 29 m). Chaque bloc a été divisé en 15 parcelles élémentaires et chaque parcelle élémentaire correspond à une variété. La parcelle élémentaire a une superficie de 25 m² (5 m x 5 m) et comprend un total de 25 pieds utiles. La densité de plantation a été de 10 000 pieds/ha, soit un écartement de 1 m x 1 m entre plants et entre lignes. Les parcelles ont été distantes de 1 m et les blocs de 2 m. Les boutures saines de 20 cm de long avec 4 à 6 nœuds ont été plantées horizontalement à une profondeur de moins de 10 cm. En dehors du sarclage, aucun autre traitement n'a été réalisé. La récolte des racines tubéreuses a été effectuée à 12 mois après la plantation.

2-3-2. Collecte des données

Pour la collecte des données, les descripteurs agromorphologiques utilisés sont ceux proposés par Fukuda *et al.* (2010). Au total huit variables quantitatives prenant en compte la tige, les feuilles, et les racines tubérisées ont été observées à 6 et 12 mois après la plantation (MAP) (Tableau 2). Les variables quantitatives ont été mesurées sur les 25 plants utiles. Afin d'éviter les effets de bordure, ces plants utiles ont été choisis dans la partie centrale de chaque parcelle élémentaire. Après la récolte (12 MAP), le rendement (RDT) en racines tubéreuses a été obtenu par la formule suivantes :

$RDT (t \cdot ha^{-1}) = \frac{MPTFR}{SSP}$, où MPTFR : Moyenne du poids total des racines tubéreuse fraîches (tonne/t) et SSP : Surface de la parcelle élémentaire (hectare/ha)

Tableau 2 : Caractères agromorphologiques mesurés au cours de l'expérimentation

Caractères	Codes	Unité	Méthodes de mesure
Hauteur de la Plante (12 MAP)	HPL	cm	Déterminer à l'aide d'un mètre ruban gradué. Mesurer la base du tronc à la cime
Hauteur de la première ramification (12 MAP)	HRA1	cm	Mesurer la hauteur de la première ramification de la tige à l'aide d'un mètre ruban
Nombre de lobe (6 MAP)	NDLO		Déterminer en dénombrant le nombre de lobe
Longueur du lobe central (6 MAP)	LLOC	cm	Déterminer à l'aide d'un mètre ruban. Mesurer le lobe qui se trouve au milieu de la feuille
Longueur du pétiole (6 MAP)	LPE	cm	Déterminer à l'aide d'un mètre ruban gradué. Mesurer à partir du milieu de la feuille au bout du pétiole
Nombre de racines tubéreuses par Pied (12 MAP)	NTP		Compter les racines après la récolte
Poids de racines tubéreuses par pied (12 MAP)	PTP	kg	Peser à l'aide d'une balance tous les tubercules
Rendement (12 MAP)	RDT	t. ha ⁻¹	Calculer à partir de la moyenne du poids des racines tubéreuses des 25 plants sur les 25 m ²

2-3-3. Analyse statistique des données

Les données collectées ont été analysées au moyen du logiciel du logiciel XLSTAT-Pro version 2019. L'analyse statistique a concerné la statistique descriptive qui a permis de déterminer les moyennes, le minimum et le maximum, l'écart type et le coefficient de variation. Le coefficient de variation a été considéré élevé lorsqu'il était supérieur à 20 %. Les données ont été ensuite soumises à une analyse de la variance (ANOVA) au seuil de 5 % dans la perspective d'identifier la présence ou non de différences significatives entre les moyennes des traitements. Lorsque les effets étaient significatifs, un test de Student Newman Keul (SNK) a été réalisé pour séparer les moyennes. La matrice des données agromorphologiques a servi à réaliser une Analyse en Composantes Principales (ACP). Les variables contribuant le plus à la formation des axes ont été définies comme variables actives et le reste comme variables supplémentaires à la suite d'une première analyse. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été conduite sur la base de la corrélation de Pearson qui a permis d'évaluer la relation existante entre les variables deux à deux. Une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a ensuite permis de classer les variétés en groupes homogènes selon la méthode Ward en utilisant un indice de similarité de la distance Euclidienne. Enfin, une Analyse factorielle discriminante (AFD) a été réalisée pour apprécier la pertinence des classes formées par CHA.

3. Résultats

3-1. Variabilité des caractères agromorphologiques des variétés de manioc

L'analyse descriptive des variables mesurées sur les variétés montre une variabilité au sein de la collection de manioc. La plupart des variables présente un coefficient de variation (CV) élevé variant entre 18,20 % et 70,10 %. En effet, certaines variables ont présenté une forte hétérogénéité se traduisant par des coefficients de variation élevés (CV > 20%). Ces variables sont la hauteur des plants (CV= 28,80 %), la hauteur de la première ramification (CV= 70,10 %), le nombre de lobe nombre (CV= 27,30 %), le nombre de racines tubéreuses par pied (CV= 43,70 %), le poids des racines tubéreuses par pied (CV= 56,20 %) et le rendement en racines tubéreuses (CV= 56,20 %).

Les résultats de l'analyse de variance montrent une différence significative ($p < 0,001$) entre les variétés en ce qui concerne les variables comme la hauteur de la plante (HPL), la hauteur de la première ramification (HRAMI), le nombre de lobe (NDLO), la longueur du lobe central (LLOC), la longueur du pétiole (LPE), le poids de racines tubéreuses par pied (PTP), le nombre de racines tubéreuses par pied (NTP) et le rendement (Tableau 3). Tous les

Tableau 3 : Caractéristiques agromorphologiques des variétés de manioc évaluées au cours de l'expérimentation

Variétés	HRAMI (cm)	NDLO	LLOC (cm)	LPE (cm)	HPL (cm)	NTP	PTP (kg)	RDT (t.ha-1)
IM84	90,11± 2,02f	9,00 ± 0,71a	16,22± 1,56bc	19,22± 1,48cd	277,11± 1,05b	9,00± 1,22a	3,24 ± 0,12a	32,44 ± 1,24a
Bocou 1	325,11± 1,05a	7,33 ± 0,50bc	18,22 ± 0,83a	20,00± 1,12c	342,67± 2,92a	7,00± 0,71bc	2,52± 0,20b	25,22± 1,99b
Yavo	190,78 ± 3,53b	8,22± 0,83ab	15,11± 1,05cd	25,50± 1,22a	235,22± 0,83a	8,00± 0,87ab	3,17± 0,15a	31,67± 1,50a
TMS4(2)1425	100,44± 1,13e	8,89± 0,93a	11,78± 2,05f	17,67± 2,12de	215,44± 3,91f	8,89± 1,54a	3,32± 0,18a	33,22± 1,79a
Bocou 2	87,55± 3,28f	7,22± 1,09bc	12,33± 1,73f	19,00± 1,87cd	265,22± 2,59d	7,00± 1,12bc	2,30± 0,15c	23,00± 1,50c
Bonoua	60,11± 1,27g	6,00± 1,00cd	15,11± 0,93cd	19,00± 1,87cd	233,22 ± 2,68e	6,11± 0,93cd	1,51± 0,15e	15,11± 1,54e
Accra Bankye	30,22± 1,30i	5,11± 1,27d	15,00 ± 0,93cd	17,00± 1,87e	271,22± 3,42c	5,11± 0,93cd	1,51± 0,15e	15,11± 1,54e
Yacé	25,22± 1,64j	6,33± 1,22cd	13,18± 0,50ef	16,00± 1,12ef	195,22± 2,59i	6,00± 1,12cd	2,46 ± 0,15b	24,56 ± 1,51b
Bahiri	88,11± 2,57f	6,11 ± 1,45cd	9,11± 1,0 5g	15,00 ± 1,32f	180,44± 5,05j	6,11± 1,05cd	2,08± 0,35d	20,78± 3,53d
Zoglo	90,00± 2,06f	5,00 ± 1,00d	17,00 ± 1,12b	22,11± 1,27b	100,11± 2,42m	2,11 ± 0,78e	0,31± 0,14i	3,11 ± 1,36i
Anader	89,11± 2,85f	5,11± 1,27d	15,00 ± 1,80cd	17,00 ± 1,00e	210,00± 1,32j	2,11 ± 0,9 e	0,61± 0,11h	6,11 ± 1,05 h
Bonoua kgo	110,00 ± 1,41d	5,11 ± 1,27d	13,00 ± 1,12ef	16,56± 0,81e	165,11 ± 2,62k	5,11 ± 0,78d	1,30± 0,15f	13,00 ± 1,50f
Tambou	88,00± 2,06f	5,11 ± 1,27d	13,11 ± 1,27ef	17,00 ± 1,12e	210,00± 1,12 j	3,11 ± 0,95e	0,90± 0,10g	9,00 ± 1,00g
6 mois	36,11± 1,27h	6,11 ± 1,05cd	9,52 ± 0,33g	12,11 ± 0,60g	200,11 ± 2,32 h	6,11 ± 0,60cd	1,40± 0,11ef	14,00 ± 1,12ef
Pr	120,00± 1,12c	5,00 ± 1,32d	14,00 ± 0,71de	17,00 ± 0,87e	105,11 ± 1,76l	2,11 ± 0,60e	0,30 ± 0,07i	3,00 ± 0,71i
Pri > F	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

HRAMI : hauteur de la première ramification ; NDLO : Nombre de lobe ; LLOC : longueur du lobe central ; LPE : longueur du pétiole ; HPL : hauteur de la plante ; NTP : nombre de racines tubéreuses par pied ; PTP : poids de racines tubéreuses par pied ; RDT : Rendement. Les moyennes suivies des mêmes lettres à l'intérieur d'une colonne ne sont pas significativement différentes à 5 % selon le test de Newman-Keuls.

caractères discriminent les variétés étudiées au seuil de 5%.

3-1-1. Hauteur des plants : La moyenne de la hauteur des plantes a varié de 100,11 ± 2,42 cm pour les variétés de petite taille (Variété Zoglo) à 342,67 ± 2,92 cm pour les variétés de grande taille (variété Bocou 1). La différence entre les variétés a été significative ($p < 0,05$) en ce qui concerne la hauteur (Tableau 3).

3-1-2. Hauteur de la première ramification : Une différence hautement significative a été observée ($p < 0,001$) entre les variétés. La moyenne de la hauteur de la première ramification a varié de 25,22 ± 1,64 à 325,11 ± 1,05 cm, La variété Yacé a eu la plus petite hauteur et la variété Bocou 1 a eu la hauteur la plus grande (Tableau 3).

3-1-3. Nombre de lobe : Une différence hautement significative a été observée ($p < 0,001$) entre les variétés en ce qui concerne le nombre de lobes. La moyenne du nombre de lobe a varié de 5,00 ± 1,00 à 9,00 ± 0,71a. La variété Zoglo a eu le nombre de lobes le plus faible et la variété IM84 a eu le plus grand nombre (Tableau 3).

3-1-4. Longueur du lobe central : La longueur du lobe central a mis en évidence des différences significatives entre les variétés. La moyenne de la longueur du lobe central a varié de 9,11 ± 1,0 5 pour les variétés ayant un faible nombre comme la variété Bahiri à 18,22 ± 0,83 cm, pour les variétés ayant un nombre élevé comme la variété Bocou 1 (Tableau 3).

3-1-5. Longueur du pétiole : Une différence hautement significative a été également mise en évidence ($p < 0,001$) entre les variétés en ce qui concerne la longueur du pétiole. La longueur moyenne du pétiole a varié de 12,11 ± 0,60 cm pour la variété 6 mois à 25,50 ± 1,22 cm pour la variété Yavo (Tableau 3).

3-1-6. Nombre de racines tubéreuses par pied : La moyenne du nombre de racines tubéreuses par pied était comprise entre 2,11 ± 0,60 pour les variétés peu productives comme Sinzi et 9,00 ± 1,22 pour les variétés productives comme IM84 (Tableau 3).

3-1-7. Poids de racines tubéreuses par pied : Le poids moyen des racines tubéreuses par pied a varié de 0,30 ± 0,07 kg à 3,32± 0,18 kg. La variété TMS4(2)1425 a eu le poids de racines tubéreuses le plus élevé contre la variété Sinzi qui a eu le poids le faible. Une différence hautement significative a été mise en évidence ($p < 0,001$) entre les variétés en ce qui concerne le poids de racines tubéreuses par pied (Tableau 3).

3-1-8. Rendement : Une différence de rendement hautement significative ($p < 0,001$) entre les variétés a été mise en évidence. Les rendements moyens ont varié de 3,00 ± 0,71 à 33,22 ± 1,79 t.ha-1. Les rendements les plus élevés ont été observés avec les variétés améliorées comme TMS4(2)1425 (33,22 ± 1,79 t.ha-1), IM 84 (32,44 ± 1,24 t.ha-1) et Yavo (31,67 ± 1,50 t.ha-1). Les variétés Bocou 1 (25,22 ± 1,99 t.ha-1), Yacé (24,56 ± 1,51 t.ha-1), Bocou 2 (23,00 ± 1,50 t.ha-1), Bahiri (20,78 ± 3,53 t.ha-1), Accra Bankye (15,11 ± 1,17 t.ha-1), Bonoua (15,11 ± 1,54 t.ha-1), 6 mois (14,00 ± 1,12 t.ha-1) ont produit des rendements significativement supérieurs à la variété témoin Bonoua kgo (13,00 ± 1,50 t.ha-1). En outre, la variété témoin Bonoua kgo a eu un rendement supérieur aux variétés Tambou (9,00 ± 1,00 t.ha-1), Anader (6,11 ± 1,05 t.ha-1), Zoglo (3,11 ± 1,36 t.ha-1) et Sinzi (3,00 ± 0,71 t.ha-1) (Tableau 3).

3-3. Analyse des corrélations entre les caractères mesurés

Les coefficients de corrélation obtenus entre les caractères ont varié de -0,042 à 1,000 au seuil de 5%. L'analyse des corrélations entre caractères a révélé des liaisons positives et

significatives entre le nombre moyen de racines tubéreuses par pied (NTP), le poids moyen des racines tubéreuses (PTP) et le rendement en racines tubéreuses (RDT). La corrélation entre le nombre moyen de racines tubéreuses par pied (NTP) et le poids moyen des racines tubéreuses par pied (PTP) et le rendement a été respectivement de 0,96 et 0,96. La plus forte corrélation a été observée entre le poids de racines tubéreuses par pied et le rendement en racines tubéreuses ($r = 1,00$). Aussi, le nombre de lobe (NDLO) a été significativement et positivement corrélé à la hauteur de plante ($r = 0,54$), au nombre moyen de racines tubéreuses par pied (NTP, $r = 0,89$), au poids moyen des racines tubéreuses (PTP, $r = 0,92$), et au rendement en racines tubéreuses ($r = 0,92$). La hauteur de la plante (HPL) a été aussi significativement et positivement corrélée au nombre moyen de racines tubéreuses par pied (NTP, $r = 0,62$), au poids moyen des racines tubéreuses par pied (PTP, $r = 0,62$), et au rendement en racines tubéreuses (RDT, $r = 0,62$). Enfin, la longueur du lobe central (LLOC) a été significativement et positivement corrélée à la longueur du pétiole ($r = 0,68$).

3-4. Classification des variétés de manioc

3-4-1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

La variabilité entre les variétés a été appréciée par l'Analyse en Composante Principale (ACP) à partir des caractères agromorphologiques. Il ressort de cette analyse que les deux premiers axes ont eu des valeurs propres supérieures à 1 et exprimant 81,81 % de la variabilité totale ; 56,61 % pour l'axe 1 et 25,20 % pour l'axe 2 (Tableau 4). Ainsi, l'axe 1 qui exprime 56,61 % de variabilité est principalement défini par 5 des variables : Nombre de lobe (NDLO), Hauteur de la plante (HPL), Nombre de racines tubéreuses par pied (NTP), Poids de racines tubéreuses par pied (PTP) et Rendement (RDT). Les variables impliquées dans la formation de cet axe révèlent qu'il est caractéristique de la vigueur et du rendement des plantes. L'axe 2 qui exprime 25,19 % de la variabilité totale est corrélé à la hauteur de la première ramification (HRAM1), à la longueur du lobe central (LLOC) et à la longueur du pétiole (LPE). Cet axe traduit en majorité des caractéristiques liées au développement de la feuille (Figure 2). La représentation des individus dans le plan factoriel 1 et 2 de l'ACP met en évidence trois grands groupes : le groupe 1 (G1) qui comporte les variétés avec de grande taille et des rendements élevés, le groupe 2 (G2) comportant les variétés avec des tailles réduites et de faibles rendements et le groupe 3 (G3) représentant les variétés avec des feuilles réduites et des rendements moyens (Figure 2).

Tableau 4 : Matrice des valeurs propres et corrélations des variables avec les 2 premiers axes factoriels issues de l'Analyse en Composante

	Axe 1	Axe 2
Valeur Propre	4,529	2,016
%Variabilité	56,614	25,198
%Cumulée	56,614	81,812
<hr/>		
Hauteur de la première ramification (HRAM1)	0,196	0,428*
Nombre de lobe (NDLO)	0,883**	0,012
Longueur du lobe central (LLOC)	0,026	0,811**
Longueur du pétiole (LPE)	0,171	0,557**
Hauteur de la plante (HPL)	0,535**	0,011
Nombre de racines tubéreuses par pied (NTP)	0,864**	0,098
Poids de racines tubéreuses par pied (PTP)	0,927**	0,050
Rendement (RDT)	0,927**	0,050

Les valeurs en gras sont les corrélations significatives au seuil de 5% : * : significatif ; ** : hautement significatif

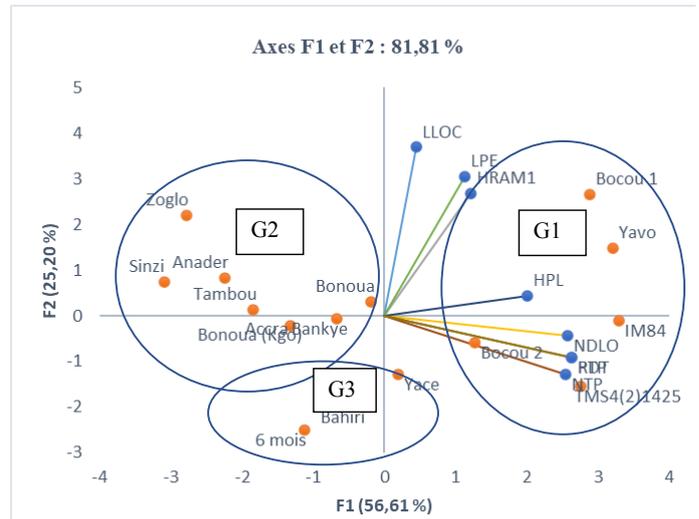


Figure 2 : Projection des individus dans le plan formé par les axes 1 et 2 **3-4-2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)**

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée à partir des moyennes des variables sur la base de la distance euclidienne avec la méthode de Ward comme critère d'agrégation révèle trois groupes agromorphologique (Figure 3). Le groupe 1 comporte 5 variétés, le groupe 2 comprend 3 et le groupe 3 en comporte 7.

Les variétés du groupe 1 présentent des hauteurs de première ramification des tiges, des longueurs de pétiole et de lobe central élevés. Au sein de ce groupe, se classent des variétés avec des hauteurs de tiges, un nombre de racines tubéreuses par pied, un poids de racines tubéreuses par pied et des rendements faibles.

Le groupe 2 renferme des variétés ayant de petites hauteurs de première ramification des tiges, des longueurs de pétiole et de lobe central de petites tailles. Ce groupe comprend aussi, des variétés avec des hauteurs de tiges, un nombre de racines tubéreuses par pied, un poids de racines tubéreuses par pied et des rendements moyens.

Le groupe 3 est composé de variétés ayant des hauteurs moyennes de première ramification des tiges, des longueurs de pétiole et de lobe central de taille moyenne. Ce groupe renferme également des variétés avec des hauteurs de tiges, un nombre de racines tubéreuses par pied, un poids de racines tubéreuses par pied et des rendements élevés.

3-4-3. Analyse factorielle discriminante (AFD)

L'Analyse factorielle discriminante (AFD) a été réalisée afin d'apprécier la pertinence des groupes formés avec la CAH. Le tableau 5 montre les caractéristiques des groupes issus de la CAH. L'analyse de ce tableau montre que les différentes variables discriminent bien les trois groupes. Les axes 1 et 2 de l'analyse factorielle discriminante (Figure 4) représente respectivement 97,63 % et 2,37 %. La projection des groupes dans le plan factoriel 1-2 confirme une classification des 15 variétés par la CAH.

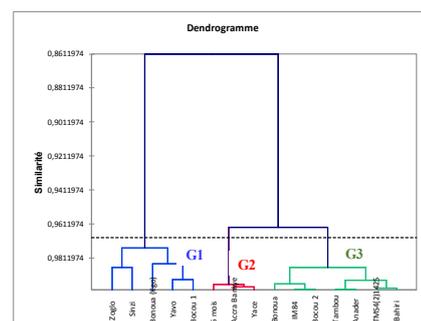


Figure 3 : Dendrogramme issu de la Classification Hiérarchique Ascendante (CAH) des 15 variétés de *M. esculenta* cultivées en Côte d'Ivoire

Tableau 5 : Caractéristiques des groupes issus de la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

Groupes	Variables							
	HRAMI	NDLO	LLOC	LPE	HPL	NTP	PTP	RDY
1	167,178a	6,133b	15,467a	20,233a	189,644c	4,867c	1,520c	15,200c
2	30,519c	5,852c	12,567c	15,037c	222,185b	5,741b	1,789b	17,889b
3	86,206b	6,778a	13,238b	17,698b	227,349a	6,048a	1,995a	19,952a

HRAMI : hauteur de la première ramification ; NDLO : Nombre de lobe ; LLOC : longueur du lobe central ; LPE : longueur du pétiole ; HPL : hauteur de la plante ; NTP : nombre de racines tubéreuses par pied ; PTP : poids de racines tubéreuses par pied ; RDY : Rendement. Les moyennes suivies des mêmes lettres à l'intérieur d'une colonne ne sont pas significativement différentes à 5 % selon le test de Newman-Keuls.

4. Discussion

L'étude de l'évaluation agromorphologique des variétés de manioc cultivées en Côte d'Ivoire en zone marginale de production a montré une forte variabilité via les caractères étudiés (Hauteur de la première ramification, nombre de lobe, longueur du lobe central, longueur du pétiole, hauteur de la plante, nombre de racines tubéreuses par pied, poids de racines tubéreuses par pied et rendement). L'analyse en composante principale (ACP) a confirmé cette variabilité à hauteur de 81,81 % et la classification hiérarchique ascendante (CHA) a permis de structurer les variétés en 3 groupes de diversité morphologique. Cette diversité variétale pourrait s'expliquer par la forte hétérozygotie au sein des variétés de manioc. Ces résultats sont en accord avec les recherches de Soro *et al.* (2024), lorsqu'ils ont constaté que beaucoup de variétés cultivées de manioc étaient hétérozygotes. Les variables quantitatives utilisées dans cette étude, permettent de bien discriminer les variétés. En effet, des différences hautement significatives ont été mise en évidence ($p < 0,001$) entre les variétés avec ces variables. Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Kouakou *et al.* (2023) qui se sont servis des caractères comme la hauteur de la première ramification, le nombre de lobe, la longueur du lobe central, la longueur du pétiole, la hauteur de la plante, le nombre de racines tubéreuses par pied et le poids de racines tubéreuses par pied pour mettre en évidence une diversité génétique entre 200 accessions collectées dans cinq régions de la Côte d'Ivoire. Les fortes corrélations entre le nombre et le poids des racines tubéreuses ont aussi été trouvées par Agahiu *et al.* (2011). Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus sur le manioc au Burkina Faso (Gmakouba *et al.*, 2018), au Ghana (Kumba, 2012), en Côte d'Ivoire (Djaha *et al.*, 2017) et en Centrafrique (Ephrem *et al.*, 2014). Les corrélations significatives dans notre étude entre les variables hauteur moyenne de la plante et nombre des racines tubéreuses par pied et celle entre longueur du lobe central et longueur du pétiole sont en accord avec ceux obtenus par Ntawuruhunga and Dixon (2010) et Kouakou *et al.* (2023). La classification ascendante hiérarchique réalisée avait mise en évidence trois groupes morphologiques (G1, G2 et G3), dont le Groupe 3 renferme des variétés avec un nombre de racines tubéreuses par pied, un poids de racines tubéreuses par pied et des rendements élevés. Des résultats similaires ont été obtenus par N'Zué *et al.* (2014) en caractérisant 159 accessions de manioc provenant du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire en 3 groupes. Nos résultats corroborent aussi ceux obtenus par Djaha *et al.* (2017) et Kouakou *et al.* (2023) qui ont étudié respectivement la diversité génétique de 44 et 200 accessions de manioc collectées dans différentes zones agroécologiques. L'évaluation agromorphologique des 15 variétés de manioc a permis de mettre en évidence des variétés avec un rendement élevé dans les conditions sèches ou dans les conditions de zones marginales de production. Des variétés adaptées à

toutes les zones de production permettent de produire du manioc à haut rendement malgré les conditions et contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire. Au cours de notre étude, 73 % (11) des variétés ont eu un rendement supérieur à 10 t.ha-1. Cela indique que certains génotypes peuvent être des candidats potentiels pour la production du manioc en zones sèches. D'autant plus, que ces rendements sont supérieurs au rendement moyen au niveau national qui est inférieur à 10 t.ha-1 (Perrin, 2015). Les variétés améliorées comme TMS4(2)1425 (33,22 t.ha-1), IM 84 (32,44 t.ha-1) et Yavo (31,66 t.ha-1) ont eu les rendements les plus élevés. Ces résultats sont en accord à ceux de N'Zué *et al.* (2004) et Bakayoko *et al.* (2012) où les auteurs ont montré que les variétés améliorées de manioc ont produit des rendements significativement supérieurs aux variétés locales, lors des essais réalisés dans les régions d'Abengourou (Est de la Côte d'Ivoire), Touba (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire) et à Bringakro (Centre de la Côte d'Ivoire). Le groupe 3 possède les variétés avec un rendement élevé (19, 95 t.ha-1), suivit du groupe 2 (17, 89 t.ha-1) et du groupe 1 (15, 20 t.ha-1). Dans l'ensemble, plusieurs variétés connues et évaluées dans les conditions sèches ont assuré un rendement moyen comparable aux rendements en zones de production et en station expérimentale. Cela pourrait s'expliquer d'une part, par le fait que le manioc est considéré comme tolérant à la sécheresse (El-sharkawy, 1993), et d'autre part, notre essai a été installé à la station de recherche du jardin botanique de l'Université Peleforo GON COULIBALY (UPGC) à Korhogo sur une parcelle en jachère et dans les conditions de basfond. En effet, les conditions de basfond garantissent une certaine humidité du sol favorable au développement des plantes surtout en période sèche et de faible pluviométrie. Aussi, aucune maladie, ni ravageurs (Mosaique africaine, Anthracnose, Acariens, Cochenilles, etc.) n'ont été observés sur les plants durant l'expérimentation qui pourraient entraver le bon développement des variétés.

5. Conclusion

L'étude de l'évaluation agromorphologique des variétés de manioc en zone marginale de production a montré une forte variabilité entre celle-ci et a permis de mettre en évidence des candidats potentiels pour la culture en zones sèches. Les 15 variétés ont été structurées en 3 groupes (G1, G2 et G3) sur la base de la hauteur de la première ramification, le nombre de lobe, la longueur du lobe central, la longueur du pétiole, la hauteur de la plante, le nombre de racines tubéreuses par pied, le poids de racines tubéreuses par pied et le rendement. Les variétés du groupe 3 ont eu des rendements autour de 20 t.ha-1. Ces variétés présentent un réel atout pour le monde paysan et des géniteurs potentiels pour un programme de création variétale de variétés à haut rendement en Côte d'Ivoire. Ce travail ouvre ainsi la voie à une intensification de la production du manioc en Côte d'Ivoire par l'identification de variétés à haut rendement adaptables à toutes les zones de production.

Références

- Agahiu A., Bayeri K. and Ogbuyi R. (2011). Correlation analysis of tuber of yied in cassava morphological types grown under nine weed management. *Journal of Applied Biosciences*, 48 : 3316-3321.
- Akanza K. and Yao-Kouamé A. (2011). Fertilisation organominérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol. *Journal of Applied Biosciences*, 46, pp.3163 3172.

- Agré A., Dansi A., Rabbi I., Battachargee R., Dansi M. and Melaku G. (2015). Agromorphological characterization of elite cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars collected in Benin. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 2(2): 1-14.
- Avivi S., Sanjaya B.R.L., Ogita, S., Hartatik S. and S. Soeparjono, S. (2020). Morphological, physiological and molecular responses of Indonesian cassava to drought stress," *Australian Journal of Crop Science*, vol. 14, no. 14, pp. 1723–1727.
- Bakayoko S., Kouadio K.K.H., Soro D., Tschannen A., Nindjin C., Dao D. and 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*, Vol. 14, Issue 2 : 1961-1977.
- Dabin B., Leneuf N. and Riou G. (1960). Carte pédologique de la Côte d'Ivoire 1/2 000 000, Notice explicative, ORSTOM, Abidjan 39 p.
- Ridwan Diaguna R., Suwanto, Edi Santosa E., Hartono A., Pramuhadi G., Nuryartono N. Yusfiandayani R. and Prartono T. (2022). Morphological and Physiological Characterization of Cassava Genotypes on Dry Land of Ultisol Soil in Indonesia. *International Journal of Agronomy* Volume 2022, Article ID 3599272, 11 p.
- Djaha K.E., Abo K., Bonny B.S., Kone T., Amouakon W.J.L., Kone D. and Kone M. (2017). Caractérisation agromorphologique de 44 accessions de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) cultivés en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 11(1): 174-184.
- Ephrem K.K., Semihinva A., Woegan Y.A., Abalo A., Duval M.F. and Dourma M. (2014). Diversité agromorphologique de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) cultivée dans trois zones agroclimatiques en République Centrafricaine. *European Scientific Journal*, 10(3): 1857-1881.
- El-sharkawy M.A. (1993). Drought-tolerant cassava for Africa, Asia, and Latin America, *BioScience*, vol. 43, no. 7 pp. 441–451.
- Faostat (2022). Statistique de l'organisation des nations unies pour l'alimentation. Production en Côte d'Ivoire
- Fukuda W.G., Guevara C., Kawuki R. and Ferguson M. (2010). Selected Morphological and Agronomic Descriptors for the Characterisation of Cassava. IITA Éd.: Ibadan, Nigeria; 19p.
- Gmakouba T., Koussao S., Traore E.R., Kpemoua K.E., Zongo J.D. (2018). Analyse de la diversité agromorphologique d'une collection de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 12(1): 402-421.
- Kouadio H.K., Kone A.W., Toure G.P.T., Abobi H.D.A., Konan L.N., Assi J.A., N'guessan D.J.A., Yapo G.R., Dibi B.E. and Masse D. (2023). Amélioration du rendement du manioc (*manihot esculenta* crantz) par la jachère mixte *chromolaena odorata-cajanus cajan* au Centre de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 35 (1) : 63 – 74.
- Kouakou D.A., Koffi K.K., Angui C.M.V, Komenan A.O., Arsène I. and Zoro Bi A. (2023). Agro morphological variability of cassava varieties cultivated in five regions of Côte d'Ivoire based on quantitative traits. *Journal of Applied Biosciences*, 181, 18962– 18973.
- Kumba V. (2012). Genetic characterization of exotic and landraces of cassava in Ghana. M.Sc. thesis, University of Science and Technology, Dept. Plant Breeding, Kumasi, p.111.
- Macrae R., Robinson, R.I.C. and Sadler M.J. (1993). *Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition*. Vol. 1. New York, USA : Academic Press.
- Mendez del Villar P., Adaye A., Tran T., Allagba K. and Bancal V. (2017). Analyse de la chaîne de Manioc en Côte d'Ivoire. Rapport pour l'Union Européenne, DG-DEVCO. Value Chain Analysis for Development Project (VCA4D CTR 2016/375-804), 157p.
- N'Zué B., Okana M., Kouakou A., Dibi K., Zouhouri G. and Essis B. (2014). Morphological characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) accessions collected in the centre-west, south-west and west of Côte d'Ivoire. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 4(6): 220-231.
- N'Zué B., Zouhouri P.G. and Sangare A. (2004). Performances agronomiques de quelques variétés de manioc (*manihot esculenta* crantz) dans trois zones agroclimatiques de la cote d'ivoire. *Agronomie Africaine* 16 (2): 1 – 7.
- Ntawuruhunga P. and Dixon A. (2010). Quantitative variation and interrelation ship between factors influencing cassava yield. *Journal of Applied Biosciences*, 26 : 1594-1602.
- Perrin A. (2015). Etude de la filière Manioc en Côte d'Ivoire, 87p
- Soro M., Zida S.M.F.W.P., Some K., Tiendrebeogo F., Otron D.H., Pita J.S., Neya J.B. and Kone D. (2024). Estimation of Genetic Diversity and Number of Unique Genotypes of Cassava Germplasm from Burkina Faso Using Microsatellite Markers. *Gènes*, 15, 73.
- Thiémélé D.E.F., Kone D., Kone M.T. and Diarrassouba N. (202). Effet des substrats sur la croissance et le développement de vivoplants de bananiers plantain (*musa* sp.) en zone marginale de production au nord de la côte d'ivoire (korhogo). *Afrique science* 23(4), 72-85.
- Vernier P., N'Zué B. and Zakhia-Rozis N. (2018). Le manioc, entre culture alimentaire et filière agro-industrielle. Editions Quae-CTA, 208 p. (Agricultures tropicales en poche) ISBN 978-2-7592-2707-5