



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Analyse de la diversité agromorphologique d'une collection de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) du Burkina Faso

Tighankoumi GMAKOUBA^{1,3*}, Somé KOUSSAO², Ernest Renan TRAORE³,
Kossi Essotina KPEMOUA¹ et Jean-Didier ZONGO³

¹Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA), Cacavéli, BP 1163, Lomé, Togo.

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP476 Ouagadougou, Burkina Faso.

³Laboratoire de Génétique et de Biotechnologie Végétales, Université de Ouagadougou 03 BP 7021
Ouagadougou 03, Burkina Faso.

*Auteur correspondant, E-mail : junior.itra@gmail.com; tgmakouba@wacci.edu.gh

Tel : (+228)90852556 / (+228)97169577

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) pour son appui financier.

RESUME

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est la quatrième source de calories dans les tropiques. 54 accessions de manioc collectées dans 07 régions agricoles du Burkina Faso ont été évaluées au plan agromorphologique. L'objectif était d'analyser la diversité phénotypique des accessions et sa structuration sur la base de 33 variables sélectionnées parmi les descripteurs du manioc. Les accessions collectées ont été évaluées dans un dispositif Alpha Lattice à Farako-Bâ. L'analyse descriptive des caractères qualitatifs a révélé un polymorphisme entre les accessions. L'analyse des correspondances multiples (ACM) a montré que 14 des 33 descripteurs morphologiques considérés ont été les plus pertinents (CP $\geq 30\%$) pour expliquer la variabilité morphologique entre les accessions. La classification ascendante hiérarchique (CAH) a permis d'obtenir 3 groupes relativement peu différenciés par rapport à l'étendue de l'espace morphologique entre les pools. Il n'y a pas une véritable structuration entre les accessions d'origines locale et introduite. L'analyse factorielle discriminante a montré que 3 variables (Hauteur de la plante, le nombre de racines tubéreuses par pied et le poids de racines tubéreuses par pied) contribuent le plus à discriminer les différents groupes. Le groupe I comporte les accessions de taille réduite (HPL= 112,74 cm) et d'une bonne productivité (NTP= 7,5). Le groupe II est composé d'accessions de grande taille (HPL= 145,08 cm) avec un nombre de racines tubéreuses par pied faible (NTP= 5,3). Le groupe III renferme les accessions de taille intermédiaire (HPL= 130,89 cm) avec une productivité moyenne (NTP= 5,4). Ces groupes offrent une grande possibilité de choix de parents pour la création de variétés améliorées de manioc ayant un potentiel de rendement élevé et adaptées à différentes zones agro-climatiques du Burkina Faso.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Manioc, accessions, diversité agromorphologique, collection, Burkina Faso.

Agromorphological diversity study of a cassava collection (*Manihot esculenta* Crantz) from Burkina Faso

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is the fourth most important supplier of food calories in the tropics. Fifty-four cassava accessions (54) collected from different regions in Burkina Faso, were evaluated based on agromorphological characters. The objective of this study was to analyze the phenotypic diversity of the accessions and its structure based on 33 selected variables among the cassava descriptors. Agromorphological characteristics of 48 collected accessions and six introduced varieties have been evaluated in alpha lattice design established in Farako-Bâ. 33 selected variables among the most stable cassava descriptors were used in this study. Descriptive analysis of qualitative traits revealed a phenotypic variability among accessions. The dendrogram revealed 3 groups relatively little differentiated in real structuring between indigenous and introduced accessions. Discriminant analysis showed that three variable (plant height, average storage root number per plant and average storage root weight per plant), contribute the most in discriminating the different groups. Group I included short accessions (HPL= 112.74 cm) with many storage root per plant (7.5). Group II contained very tall accessions (HPL= 145.08 cm) with few number of storage root per plant (NTP= 5.3). Group III was composed mainly of accessions of intermediate plant height (HPL= 130.89 cm) with an average number of storage root (NTP= 5.4). These groups offer the possibility of choice of parents for the improvement of varieties with a high yield potential and adapted to different agro-climatic zones of Burkina Faso.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Cassava, accessions, agromorphological diversity, collection, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une importante plante à tubercule cultivée 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). Le manioc, de la famille des Euphorbiacées, figure parmi les principales plantes amyliacées de l'Afrique. Il tire son importance premièrement de ses racines tubérisées riches en féculés et de ses feuilles riches en protéines. Le manioc reste donc une des toutes premières cultures vivrières en Afrique tropicale et un atout incontestable pour une région de moins en moins autosuffisante sur le plan alimentaire (Gnonloufin et al., 2011). Il tire également son importance de sa grande facilité de culture et de ses divers produits énergétiques. L'éthanol obtenu par fermentation de l'amidon pourrait se substituer totalement au pétrole (N'Zué et al., 2014 ; Agré et al., 2015; Adjebang-Danquah et al., 2016).

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz), constitue avec le riz (*Oriza spp*), le plantain

(*Musa spp*), le maïs (*Zea mays* L.) et l'igname (*Dioscorea spp*), les cinq cultures de base de l'alimentation des populations qui concourent à la sécurité alimentaire au Burkina Faso (Nébié et al., 2013). Son importance est attestée non seulement par l'étendue des superficies cultivées mais aussi par la diversité de son utilisation aussi bien dans l'alimentation humaine qu'animal. Au Burkina Faso, les grandes zones de production sont les zones frontalières avec le Ghana, Togo et le Bénin, suggérant un important échange de matériel de plantation entre ces pays voisins.

Les variétés améliorées ou traditionnelles de manioc sont cultivées dans diverses zones agro écologiques du pays en culture pure ou en association avec d'autres cultures. La conservation *in situ* des boutures de manioc par les paysans, ainsi que leur gestion a engendré une diversité génétique importante des variétés cultivées de manioc. L'exploitation de cette diversité génétique revêt une importance particulière pour le maintien et l'amélioration de la productivité

de cette espèce dans les pays en développement (Kouakou et al., 2010 ; Agré et al., 2015 ; Adjebang-Danquah et al., 2016).

De nombreuses procédures permettant de quantifier et d'analyser la diversité génétique existent. Il y a les techniques d'évaluation utilisant les marqueurs morphologiques. L'analyse des descripteurs morphologiques permet de révéler la diversité telle qu'elle est perçue et sélectionnée par les agriculteurs locaux, principaux acteurs de la gestion de la diversité variétale (Sawadogo et al., 2010). Elle est l'approche la plus pratique pour la différenciation phénotypique à condition de l'associer à un outil statistique qui estime la variation liée au milieu expérimental (Nébié et al., 2013 ; N'Zué et al., 2014 ; Agré et al., 2015). Les descripteurs morphologiques ont permis de décrire et de classer des centaines d'accessions de manioc (N'Zué et al., 2014 ; Agré et al., 2015). L'identification phénotypique a été déjà utilisée dans la classification génotypique et taxonomique. En absence de marqueurs moléculaires, l'utilisation de descripteurs morphologiques reste la méthode la plus utilisée pour étudier la diversité des variétés. Même si les caractères morphologiques sont souvent très variables en fonction de certains paramètres environnementaux, les descripteurs morphologiques sont encore utilisés, en particulier dans les situations où les marqueurs moléculaires ne sont pas aisément disponibles (N'Zué et al., 2014 ; Agré et al., 2015).

Tout programme d'amélioration variétale exige de plus en plus des informations à propos de l'étendue, de la structuration et de la distribution spatiale de la diversité à conserver. Ceci passe par le processus de caractérisation afin de déterminer le potentiel variétal réel. La collecte et la caractérisation des écotypes et cultivars locaux détenus par les agriculteurs sont des activités indispensables dans la stratégie de conservation de la biodiversité agricole (Sawadogo et al., 2010).

Au Burkina Faso, la collecte des cultivars locaux de manioc s'est imposée comme une nécessité du fait de son importance attestée non seulement par l'étendue des superficies cultivées mais aussi

par la diversité de son utilisation aussi bien dans l'alimentation humaine qu'animale (MASA, 2013) et des pertes subies par les banques existantes dans le pays. Ces pertes sont essentiellement dues aux mauvaises conditions de conservation et au manque d'équipement de conservation adapté. De plus, les changements climatiques, notamment le raccourcissement des périodes pluviales ont entraîné l'abandon de plusieurs variétés locales à long cycle. Ces abandons ont été suivis de pertes de cultivars, créant donc une érosion génétique pour cette culture. En outre, l'effectivité de la diversité génétique des plantes détenues par les producteurs se traduit par l'utilisation de plusieurs variétés dans leurs exploitations. Toutefois, cette diversité doit être bien connue pour mieux être utilisée dans un programme de sélection et d'amélioration variétale. L'utilisation des cultivars collectés tant par les producteurs que par les chercheurs nécessite leur caractérisation agromorphologique et moléculaire. Cette caractérisation, tout en assurant le choix du matériel adapté, évitera la conservation de doublons dans les banques de gènes locales.

Récemment en 2014, des missions de prospection ont été effectuées par l'Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA) et le Laboratoire de Génétique et de Biotechnologie Végétales de l'Université de Ouagadougou, dans sept régions agricoles du Burkina Faso : Cascades (Comoé), Boucle du Mouhoun (Ballets), Hauts Bassins (Kéné Dougou), Sud-ouest (Poni), Centre ouest (Sissili), Centre-est (Kourittenga, Koulpelogo, Boulgou) et de l'Est (Gourma). Dans la même dynamique, des accessions de manioc ont été importées de IITA et maintenues en station de recherche. Ces apports non seulement permettront d'élargir la base variétale de *Manihot esculenta* cultivé au Burkina Faso mais ils constitueront aussi une opportunité pour les producteurs de manioc de disposer de nouvelles variétés pour assurer, à long terme, la sécurité alimentaire. Pour mieux exploiter cette nouvelle collection, il est important de connaître les potentialités agronomiques des accessions. Divers marqueurs moléculaires sont actuellement utilisés pour mieux évaluer la diversité

génétique chez les plantes. Ces marqueurs peuvent être utilisés seuls ou en complément aux traditionnels marqueurs agromorphologiques connus pour être trop sensibles aux facteurs environnementaux (Adoukonou-Sagbadja et al., 2007). Chez le manioc, les marqueurs génétiques morphologiques sont déjà utilisés avec succès pour évaluer la variation génétique au sein des collections (Mezette et al., 2013 ; N'Zué et al., 2014 ; Agré et al., 2015 ; Nadjam et al., 2016). L'étude de la diversité agromorphologique des cultivars de manioc cultivés est indispensable pour créer des variétés nouvelles ayant un bon rendement, adaptées aux variations climatiques et résistantes aux maladies.

L'objectif général de cette étude est d'utiliser pour la première fois des descripteurs afin d'étudier la diversité agromorphologique du manioc cultivé au Burkina Faso pour une exploitation efficiente de ces ressources génétiques. Spécifiquement, il s'est agit (i) d'analyser la variabilité agromorphologique de 54 accessions originaires du Burkina Faso et (ii) d'établir la structuration génétique au sein de cette collection.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

L'étude s'est déroulée en 2014 à la station expérimentale de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) de Farako-Bâ, localité située à 4° 20' de longitude Ouest, de latitude 11° 6' Nord et à une altitude de 405 m. Le climat de cette localité est de type soudano-guinéen avec une alternance de deux saisons : une saison pluvieuse qui va de juin à octobre et une saison sèche, de novembre à mai. La pluviométrie moyenne recueillie sur ce site au cours de la campagne agricole 2014 a été de 951 mm. La température maximale moyenne annuelle a été de 33,2 °C. Les écarts entre les minima et les maxima moyens sont modérés (11,50 °C). Les sols sont de types ferrallitiques faiblement désaturés. La végétation dominante sur le site est composée de *Parkia biglobosa*, *Detarium microcarpum*, *Sclerocarya birrea*, *Vitellaria paradoxa*, *Tamarindus indica*, *Pennisetum pedicelatum*, *Eragrostis tremula* et *Andropogon gyanus*.

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 48 accessions de manioc collectées en juillet 2014 dans les grandes zones de culture du manioc du Burkina Faso. Six variétés améliorées introduites de l'IITA-Ibadan (Nigeria) en vulgarisation ont été utilisées comme témoins. Ce sont: TMS 94/0270, TMS 92/0067, TMS 91/02312, TMS 92/0427, TMS 91/2325, TMS 4(2)1425. Ces témoins sont maintenus en collection dans un champ d'expérimentation à l'antenne de l'INERA de la vallée de Kou.

Zones et méthodes de collectes des accessions

Les sept régions agricoles où la prospection a été réalisée sont situées dans deux zones climatiques : la zone 1 (Z1) du climat nord soudanien entre les isohyètes 700 et 900 mm et la zone 2 (Z2) du climat sud soudanien entre les isohyètes 900 et 1100 mm (Nébié et al., 2013). Elles couvrent pratiquement la variabilité agro-écologique des environnements de culture du manioc au Burkina Faso.

La collecte a été faite en collaboration avec les services techniques du Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire du Burkina Faso. Les cultivars ont été collectés auprès des paysans après renseignement d'une fiche qui mentionne les caractéristiques de chaque accession, son nom local ainsi que les pratiques culturales utilisées.

L'échantillonnage a porté sur 40 plantes par accession. La collecte a été réalisée en juillet 2014. Les points de prélèvement étaient éloignés de plus de 1 km de la route. Un site de collecte est constitué de l'exploitation d'un paysan et il est localisé grâce à un GPS (Global Positioning System) portable. Les coordonnées géographiques des sites, incorporées au logiciel Arcview 10.2, ont permis de les situer sur une carte du Burkina Faso (Figure 1).

Dispositif expérimental et conditions de culture

Le dispositif expérimental adopté a été un «Alpha Lattice» à trois répétitions, avec 3 blocs par répétition et 18 accessions par bloc. La distance entre les blocs est de 1,5 m. Une

allée de 2 m de largeur sépare les répétitions. L'essai a été mis en place en juillet 2014 après un labour suivi d'un planage de la parcelle expérimentale. La parcelle élémentaire mesurait 6 m de long sur 1 m de large, soit une superficie de 6 m² comportant au total 6 plants. Les écartements étaient de 1 m entre boutures sur les lignes et de 1 m entre les lignes. La technique de bouturage à plat a été adoptée pour la mise en place de la collection. Chaque parcelle élémentaire a été étiquetée : nom, origine de l'accession code et numéro d'ordre. Un apport d'engrais NPK (15-15-15) a été appliqué à la dose de 200 Kg.ha⁻¹ deux mois après plantation. Quatre sarclages ont été effectués au besoin pendant la phase végétative. La superficie totale de l'essai était de 1044 m² (58 m X 18 m).

Collecte des données agromorphologiques

Pour la collecte des données, les descripteurs morphologiques utilisés sont ceux proposés par Fukuda et al. (2010). Ces descripteurs ont déjà été utilisés dans l'étude de la diversité agromorphologique des maniocs cultivés au Bénin (Agré et al., 2015) et en Côte d'Ivoire (N'Zué et al., 2014). Au total trente (30) variables qualitatives et sept (7) variables quantitatives prenant en compte la tige, les feuilles, et les racines tubérisées ont été observées (Tableaux 1 et 2). L'observation des variables qualitatives a été faite sur tous les pieds de la parcelle élémentaire pour chacune des accessions. Les variables quantitatives ont été mesurées sur quatre pieds aléatoirement choisis par ligne pour chacune des accessions.

Analyses statistiques des données

L'analyse des données morphologiques a été essentiellement descriptive. L'évaluation de la structuration de la diversité morphologique a été faite par une analyse des correspondances multiples (ACM), une classification hiérarchique ascendante (CAH) et une analyse factorielle discriminante (AFD). Les données collectées ont été saisies dans un tableau excel sous forme de matrice « accessions x caractères morphologiques ». Les variables quantitatives ont été discrétisées, puis analysées conjointement aux variables qualitatives à l'aide d'une analyse des

correspondances multiples (ACM) ; afin d'utiliser les coordonnées factorielles des individus comme nouvelles variables (Kumba, 2012 ; N'Zué et al., 2014 ; Agré et al., 2015 ; Gbaguidi et al., 2015). Cette analyse permet de projeter les accessions sur un plan dont les axes sont définis comme de nouvelles variables composites indépendantes. Chaque axe (variable composite) est une combinaison des descripteurs morphologiques pondérée par leur niveau d'explication de la variabilité globale du système. Ainsi, la représentation obtenue optimise la variabilité morphologique entre accessions (Mezette et al., 2013 ; Gbaguidi et al., 2015 ; Nadjam et al., 2016)

Les regroupements d'individus sont obtenus par classification ascendante hiérarchique (CAH) sur les axes factoriels des analyses précédentes. Cette CAH a été établie sur la base de la distance euclidienne suivant le critère d'agrégation de Ward (1963).

L'analyse factorielle discriminante (AFD) a été réalisée en utilisant comme variable catégorielle les groupes obtenus dans la classification ascendante hiérarchique. Cette analyse vise à tester le bien-fondé de la classification des groupes issus de la CAH et à les caractériser. Elle a porté sur la hauteur des plants, le nombre de tubercules par pied, le poids de tubercules par pied et l'indice de récolte de chaque accession.

Les données quantitatives enregistrées ont été dans une première phase soumises à une analyse descriptive. Les moyennes, les minima, les maxima, les écarts types et les coefficients de variation ont été déterminés pour l'ensemble des traits quantitatifs à partir des valeurs moyennes des caractères par accession. Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée entre les différentes accessions pour les variables quantitatives afin d'évaluer le niveau de variabilité du matériel végétal. Enfin, Les valeurs moyennes des variables quantitatives ont servi de données d'entrée pour une analyse des corrélations entre variables. Le logiciel XLSTAT-Pro (2015) a servi aux analyses.



Figure 1: Localisation des sites de collecte de *M. esculenta* au Burkina Faso.

Tableau 1: Caractères qualitatifs observés au cours de l'expérimentation.

Caractères et stade d'évaluation	Code	Classes phénotypiques
Couleur des feuilles apicales (3MAP)	CAPE	(3) Vert clair; (5) Vert foncé; (7) Vert pourpre; (9) Pourpre
Pubescence des feuilles apicales (3MAP)	PAPE	(0) Absent; (1) Présent
Rétention des feuilles (6MAP)	REFE	(1) Très Mauvaise rétention; (2) Mauvaise rétention; (3) Rétention moyenne; (4) Bonne rétention
Forme du lobe central (6MAP)	FFAD	(1) Ovoïde ; (2) Elliptique-lancéolé ; (3) Oboval-lancéolé; (5) Lancéolé(6) Linéaire; (7) Autres
Couleur du pétiole (6MAP)	COPE	(1) Vert-jaune; (2) Vert; (3) Vert-Rouge; (5) Rouge-vert; (7) Rouge; (9) Pourpre
Couleur des feuilles adultes (6MAP)	CLAD	(3) Vert claire; (5) Vert foncé; (7) Vert pourpre; (9) Pourpre
Nombre dominant de lobes foliaires (6MAP)	NDLO	(3) Trois lobes; (5) Cinq lobes; (7) Sept lobes; (9) Neuf lobes; (11) Onze lobes
Couleur de la nervure foliaire (6MAP)	CNFE	(3) Vert; (5) Vert-Rouge; (7) Rouge
Orientation des pétioles (6MAP)	ORPE	(1) en Bas; (3) Horizontal; (5) en Haut ; (7) Irrégulier
Aptitude à Floraison (6MAP)	FLOR	(0) Absent; (1) Présent
Proéminences des cicatrices pétiolaires (9MAP)	PCPE	(3) Moins important; (5) Important
Couleur du cortex de la tige (9MAP)	CCTIG	(1) Orange ; (2) Vert clair ; (3) Vert
Couleur de l'épiderme de la tige 9MAP)	CETIG	(1) Crème; (2) Brun clair; (3) Brun foncé;(4) Orange
Couleur de la tige (9MAP)	CTIG	(1) Orange; (2) Brun clair; (3) Brun foncé;(4) Jaune; (5) doré; (6) Argent; (7) Blanche; (8) Rouge
Longueur des entre- nœuds (9MAP)	LEN	(3) Court; (5) Moyen; (7) Long
Forme de la tige (9MAP)	FRTIG	(1) Droit; (2) Zig zag
Couleur des rameaux au sommet (9MAP)	CLRA	(3) Vert; (5) Vert-pourpre; (7) Pourpre
Longueur des stipules (9MAP)	LSTIP	(3) Long; (5) Court
Marge des stipules (9MAP)	MSTIP	(1) Entier; (2) Tronqué

Fruit (A la récolte)	FRU	(0)Absent; (1) Présent
Graine (A la récolte)	GRA	(0)Absent; (1) Présent
Type de ramification (A la récolte)	TYRAM	(1)Erigé; (2) Dichotomique (3) Trichotomique;(4) Tétrachotomique
Port de la plante (A la récolte)	PORT	(1) Compacte; (2) Ouverte; (3) En parasol;(4) Cylindrique
Type de pédoncule (A la récolte)	LPED	(0)Sessile; (3) Pédonculé; (5) Mixte
Forme des tubercules (A la récolte)	FRTU	(1) Conique; (2) Cylindro-conique; (3) Cylindrique; (5) Irrégulière
Couleur de l'épiderme des racines tubérisées (A la récolte)	CEPIR	1) Crème, (3) Jaune, (5) Brun clair (7) Brun sombre
Couleur du cortex des racines tubérisées (A la récolte)	CCRAT	(1) Blanche ou crème; (2) Jaune; (3) Rose; (4) Pourpre
Texture de l'épiderme des tubérisées (A la récolte)	TERAT	(3) Lisse; (5) Intermédiaire (7) Rugueuse
Couleur de la pulpe des racines tubérisées (A la récolte)	CPRAT	(1)Blanche; (2) Crème; (3) Jaune;(5) Rose

Tableau 2: Caractères quantitatifs mesurés à la récolte.

Caractères	Codes	Méthodes d'évaluation
Nombre de niveau de ramification	NNRAM	Fukuda et al. 2010
Hauteur de la Plante	HPL	Fukuda et al. 2010
Angle première ramification	ANRAM1	Fukuda et al. 2010
Hauteur au premier branchement	HARAM1	Fukuda et al. 2010
Nombre de racines tubéreuses par Pied	NTP	Fukuda et al. 2010
Poids de racines tubéreuses par pied	PTP	Fukuda et al. 2010
Indice de récolte	IR	Fukuda et al. 2010

RESULTATS

Variabilité morphologique des accessions de *Manihot esculenta* du Burkina Faso

Dans la collection, la plupart des caractères étudiés ont présenté une variation significative. Ce qui témoigne de l'existence d'une variabilité phénotypique substantielle au sein des accessions analysées. Pour les caractères qualitatifs, cette variation est observée aussi bien au niveau des feuilles, de la tige que des tubercules.

Les six premiers axes factoriels ayant une valeur propre supérieure à un ont été utilisés pour étudier la variabilité interindividuelle issue de la combinaison des 33 descripteurs morphologiques retenus. Ces six axes cumulés permettent la représentation de 66,65% de la variabilité globale. L'étude de la composition de ces six premiers axes (Tableau 3) montre que 14 des 33 descripteurs contribuent de façon relativement importante (contribution partielle à l'axe $\geq 20\%$) à au moins l'un des 6 axes. Ces 14 descripteurs sont donc les plus pertinents pour l'explication de la variabilité.

Les principales contributions au premier axe factoriel proviennent de trois caractères architecturaux. Cet axe, qui explique 31,92% de la variabilité globale, reflète en premier lieu la variation dans l'angle de la première ramification (contribution partielle à cet axe 29,9%), la capacité de rétention des feuilles (27,50%) et le nombre de niveau de ramification (23,9%). Ces résultats soulignent le rôle primordial des traits architecturaux dans la structuration de la variabilité morphologique du manioc.

La texture de l'épiderme des tubercules avec une contribution partielle de 30,5%, la couleur de la tige et la proéminence des cicatrices foliaires avec des contributions partielles de 28,75% et de 26,40% contribuent principalement au deuxième axe factoriel qui explique 13,18% de la variabilité globale.

L'angle de branchement et le niveau de branchement contribuent principalement au

troisième axe factoriel qui explique 7,20 % de la variabilité globale. La marge des stipules, la couleur du cortex de la tige, la couleur du cortex de la racine et la couleur de la nervure expliquent la variabilité du quatrième axe. Le cinquième axe factoriel reflète la contribution de trois traits qui sont la capacité de rétention des feuilles (35,50%), la marge des stipules (27,50%) et la couleur du pétiole (20,50%). La forme du houppier est la plus importante contribution au sixième axe factoriel, suivie de la forme du lobe foliaire, la longueur des stipules, la capacité à la rétention des feuilles et enfin la proéminence des cicatrices foliaires.

La forme du plant, la forme des lobes foliaires, la capacité à la rétention de feuille et la taille des stipules sont les descripteurs les plus pertinents (à plus de 30%) pour expliquer la variabilité morphologique entre les accessions du manioc.

Structuration de la variabilité morphologique et identification des doublons dans la collection

La classification ascendante hiérarchique réalisée sur la base de la distance euclidienne avec la méthode de Ward comme critère d'agrégation révèle trois groupes morphologiques. Le groupe I est le plus grand avec 29 accessions et le Groupe III, le plus petit avec 12 accessions, le groupe II renfermant 13 accessions (Figure 2).

Les accessions du groupe I présentent des tiges droites et des feuilles à 7 lobes. Au sein de ce groupe, se classent des accessions collectées dans les zones différentes sous différentes appellations mais présentant des caractères communs. Les échanges de matériel végétal se faisant majoritairement au sein des villages; il en résulte que certaines accessions, particulièrement appréciées ont pu être collectées plusieurs fois, en différents lieux, sous différentes appellations.

Les accessions du groupe II ont en commun le même nombre de niveau de

ramification qui est 1. Le Groupe III est caractérisé par les feuilles apicales glabres. Les accessions introduites figurent dans les trois groupes. Les accessions locales et introduites seraient génétiquement proches.

La plupart des 54 accessions sont différentes sur l'ensemble des 33 descripteurs. Cependant, quatorze accessions collectées dans des villages différents avec des noms différents, sont identiques sur l'ensemble des caractères (Figure 2). Il s'agit des accessions : BFM1, BFM32, BFM42, BFM15, BFM17, BFM33, BFM47, BFM38, BFM20, BFM36, BFM22, BFM29, BFM9, BFM13, BFM24 et BFM26.

Une analyse de la composition des groupes issus de la CAH suivant leur origine géographique révèle que chaque groupe est composé d'accessions provenant de plusieurs régions. Le premier groupe, plus cosmopolite est constitué d'accessions issues de la région de la boucle du Mouhoun, des Cascades, du Sud-Ouest, du Centre- Est et de l'Est et associe trois témoins (TMS 92/0067, TMS 91/02312, TMS 92/0427). Le second groupe est constitué à partir d'accessions issues de la province des Balé, du Houet et de la Sissili. Le troisième groupe constitué d'accessions issues de Koupela, de Tenkodogo, de Fada (Région de l'Est), associe deux témoins (TMS 94/0270 et TMS 92/0325). La diversité morphologique des manioc du Burkina Faso n'est pas structurée dans l'espace.

Variation des caractères quantitatifs des accessions de *M. esculenta* du Burkina Faso

Les minima, les maxima, les moyennes, les coefficients de variation et la valeur du F de Fisher des caractères quantitatifs sont regroupés dans le Tableau 4. Tous les caractères discriminent les accessions étudiées au seuil de 5%, excepté l'indice de récolte. Des écarts importants sont observés entre les minima et les maxima pour les caractères agronomiques importants comme la hauteur de la plante, le nombre de racines

tubéreuses par pied, le poids moyen de racines tubéreuses par pied et le rendement en racines tubéreuses fraîches.

La hauteur de la plante varie de 88,33 cm pour les accessions de petite taille à 203,33 cm pour les accessions de grande taille, avec une valeur moyenne de $129,67 \pm 26,92$ cm. Le nombre moyen de racines tubéreuses par pieds est compris entre 1 pour les accessions peu productives et 9,66 pour les accessions très productives, avec une moyenne de $5,78 \pm 2,08$. Les témoins ont présenté les plus grands nombres de racines par pied. Le poids des racines tubérisées par pied varie de 0,61 kg à 3,47 kg. Dans l'ensemble, l'indice de récolte est moyen au sein de la collection. Cet indice est de $0,56 \pm 0,07$ pour l'ensemble de la collection. Cette valeur indique que la majorité des accessions (soit 95% de la collection) mobilisent une part importante (plus de la moitié) de leur matière sèche synthétisée dans le développement des racines tubérisées. Ce qui révèle leurs aptitudes agronomiques à la production en racines tubéreuses. Le rendement en racines tubéreuses fraîches varie entre 6,05 et 34 t/ha avec une moyenne de $17,37 \pm 7,02$ t/ha.

Certaines variables ont présenté une forte hétérogénéité se traduisant par des coefficients de variation élevés ($CV > 20\%$). Ces variables sont la hauteur des plants ($CV = 20,76\%$), le nombre de racines tubéreuses par pied ($CV = 26,55\%$), le poids des racines tubéreuses par pied ($CV = 36,15\%$) et le rendement en racines tubéreuses ($CV = 36,55\%$). Il existe une grande variabilité entre les accessions pour la plupart des caractères étudiés.

Analyse des corrélations entre les caractères quantitatifs mesurés

L'analyse des corrélations entre caractères (Tableau 5) a révélé des liaisons positives et significatives entre les variables nombre moyen de racine tubéreuses par pied,

poids moyen des racines tubéreuses et le rendement en racines tubéreuses. La corrélation entre le nombre (NTP) et le poids des racines tubéreuses (PTP) par pied a été 0,71. La plus forte corrélation a été observée entre le poids de racines tubéreuses par pied et le rendement en racines tubéreuses ($r=0,99$).

Caractérisation des groupes morphologiques issus de la CAH

La caractérisation des groupes par l'Analyse Factorielle Discriminante réalisée sur la base de la hauteur des plants (HPL), du nombre de racines tubéreuses par pied (NTP), du poids de racines tubéreuses par pied (PTP) et de l'indice de récolte (IR) donne la Figure 3.

L'axe F1, avec 92,67% de l'inertie totale, associe le nombre de racines tubéreuses par pied, le poids de racines tubéreuses par pied et l'indice de récolte. C'est l'axe de la productivité. Ce groupe de variables est négativement corrélé à l'axe F1. L'axe F2 qui explique 7,33% de l'information est lié à la hauteur de la plante. C'est l'axe du développement végétatif de la plante.

La relation des groupes aux axes de l'AFD montre que le groupe II est positivement corrélé à l'axe F1 et s'oppose au groupe I (Figure 4). Le troisième groupe est négativement corrélé à l'axe F2. Le test d'égalité des moyennes des groupes (Tableau 6) révèle que 3 variables (sur les 4 testées) permettent de discriminer les groupes. Ce sont la hauteur de la plante (HPL), le nombre de racines tubéreuses par pied (NTP) et le poids de racines tubéreuses par pied (PTP). L'indice de récolte (IR) n'a pas été un caractère discriminant des accessions. Le test du

Lambda de Wilks en analyse factorielle discriminante (AFD) donne un p -value $< 0,0001$ au seuil de 5% entre les 3 groupes obtenus, attestant qu'ils sont des entités différentes. D'autre part, concernant la validité de l'étude, le test de Box est significatif (M de Box = 36,052 ; $F= 1,548$; p -value= 0,057). Ceci atteste que les matrices de covariances intra-classe sont différentes.

L'analyse de variance réalisée entre les groupes a révélé également que ceux-ci diffèrent significativement au seuil de 5% pour la hauteur de la plante (HPL), le nombre de racines tubéreuses par pied (NTP) et le poids de racines tubéreuses par pied (PTP). Les performances moyennes des groupes constitués sont résumées dans le Tableau 6. Ainsi, le groupe I est composé d'accessions de petite taille (HPL= 112,74 cm) et produisant assez de racines tubéreuses par pied (NTP= 7,5). Ce groupe a un bon niveau de production en racines tubéreuses (PTP= 2,40 kg). Le groupe II, à l'opposé du groupe I, renferme les accessions de grande taille (HPL= 145,08 cm) et moins productives (NTP= 5,3). Le groupe III regroupe les accessions de taille moyenne (HPL= 130,89 cm) avec une productivité moyenne en racines tubéreuses (NTP= 5).

La matrice de confusion des groupes basée sur les caractères quantitatifs confirme 76,59% des classifications issues de la classification ascendante hiérarchique ascendante (Tableau 7). Le groupe I est constitué de 31 accessions au lieu de 29 comme définies précédemment par la CAH. Le groupe II renferme 9 accessions au lieu de 12 accessions précédemment définies par la CAH et le groupe III se compose de 14 accessions au lieu de 13.

Tableau 3 : Pertinence des descripteurs dans l'explication de la variation globale des accessions de *M. esculenta*.

Descripteurs	Axe factoriel (pourcentage d'explication de la variabilité globale)					
	N°1(31,92)	N°2(13,181)	N°3(7,209)	N°4(5,994)	N°5(4,589)	N°6(3,758)
	C.P.	C.P.	C.P.	C.P.	C.P.	C.P.
Forme du lobe centrale	9,45	11,2	15,64	4,9	7,01	39,75
Couleur du pétiole	7,5	4,7	8,3	5,9	20,5	2,1
Proéminence des cicatrices foliaires	0,3	26,4	5,1	4,1	7,3	22,9
Couleur de nervure	10,3	13,71	4,86	22,5	18,38	1,6
Couleur de la tige	11,55	28,75	31,57	7,1	12,45	2,15
Niveaux de branchements	23,9	0,2	27,73	6,1	6,4	0,4
Angle 1ères Branches	29,9	8,8	20,2	1,4	10,2	0
Marge des stipules	7,5	9,7	5,14	38,5	27,5	2,1
Couleur du cortex de la tige	9,95	7,38	2,14	23,64	2,3	0
Forme du plant	0	6,6	4,5	6,7	13,2	42,5
Couleur du cortex racinaire	0	2,2	6,1	24,2	7,2	5,6
Rétention foliaire	27,5	10,5	4,3	6,1	35,5	22,95
Longueur des stipules	16,83	3,68	3,17	13,11	15,2	31,9
Texture de l'épiderme du tubercule	7,4	30,5	10,15	23,6	9,5	7,2

NB : Les contributions partielles (C.P. exprimées en %) représentent la part de l'axe factoriel expliquée par chaque descripteur. Les descripteurs absents ne présentent pas de C.P. ≥ 20%. Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand.

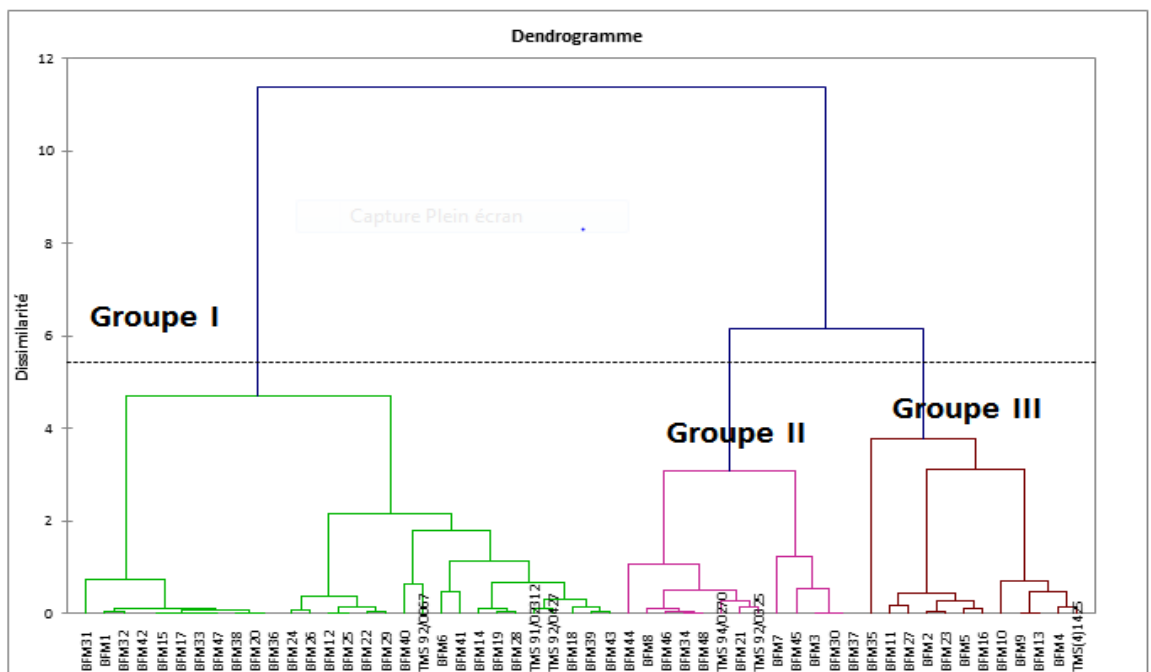


Figure 2: Dendrogramme issu de la CAH de 54 accessions de *M. esculenta* du Burkina Faso.

Tableau 4: Performances moyenne des accessions de *M. esculenta* du Burkina Faso.

Variables	Mini.	Max.	Moy.	ET	CV (%)	F
HPL (cm)	88,33	203,33	129,67	26,92	20,76	4,95**
NTP	1	9,66	5,78	2,08	26,55	4,44**
PTP (kg)	0,61	3,47	1,74	0,75	36,15	2,78**
IR	0,31	0,82	0,56	0,07	18,75	0,89ns
RDMT(t/ha)	6,05	34,7	17,37	7,62	36,55	2,78**

HPL : hauteur de la plante à la récolte, NTP : nombre moyen de racines tubéreuses par pied, PTP : poids moyen de racines tubéreuses par pied, IR : indice de récolte, RDMT : rendement en racines tubérisées fraîches, Min. : minimum, Max. : maximum, Moy.: moyenne, ET= écart type, CV : coefficient de variation, F : coefficient de Fischer, ** : différence significative au seuil de 5% et 1% respectivement, ns : différence non significative au seuil de 5%.

Tableau 5: Matrice de corrélations bivariées entre les caractères quantitatifs de *M. esculenta*.

Variables	HPL	NTP	PTP	IR	RDMT
HPL (cm)	1				
NTP	-0.214	1			
PTP (kg)	-0.018	0.717**	1		
IR	0.126	-0.071	0.167	1	
RDMT(t/ha)	-0.035	0.715**	0.996**	0.152	1

** : corrélation significative au seuil de 5% et 1% respectivement, HPL : hauteur de la plante à la récolte, NTP : nombre moyen de racines tubéreuses par pieds, PTP : Poids moyen des racines tubéreuses par pieds, IR : indice de récolte, RDMT : rendement en racines tubéreuses fraîches.

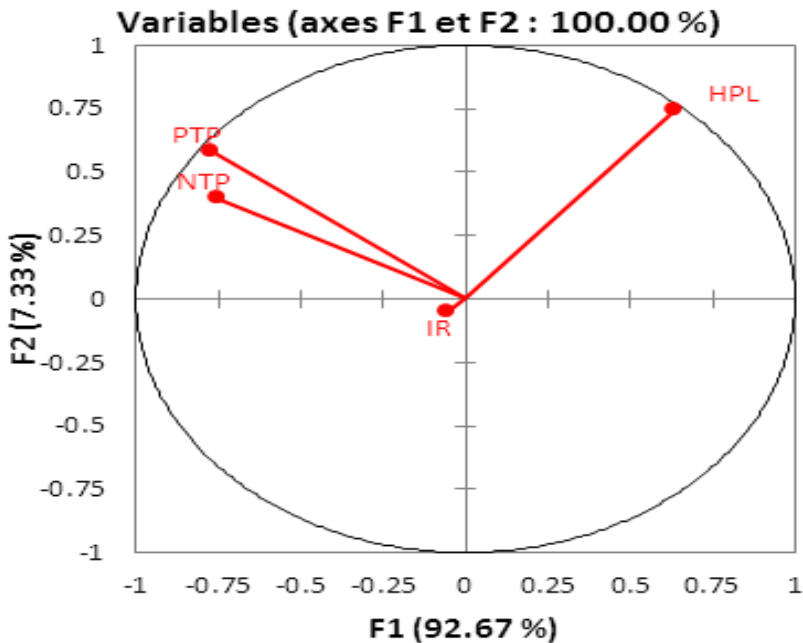


Figure 3 : Association des caractères quantitatifs de *M. esculenta* aux axes de l'AFD.

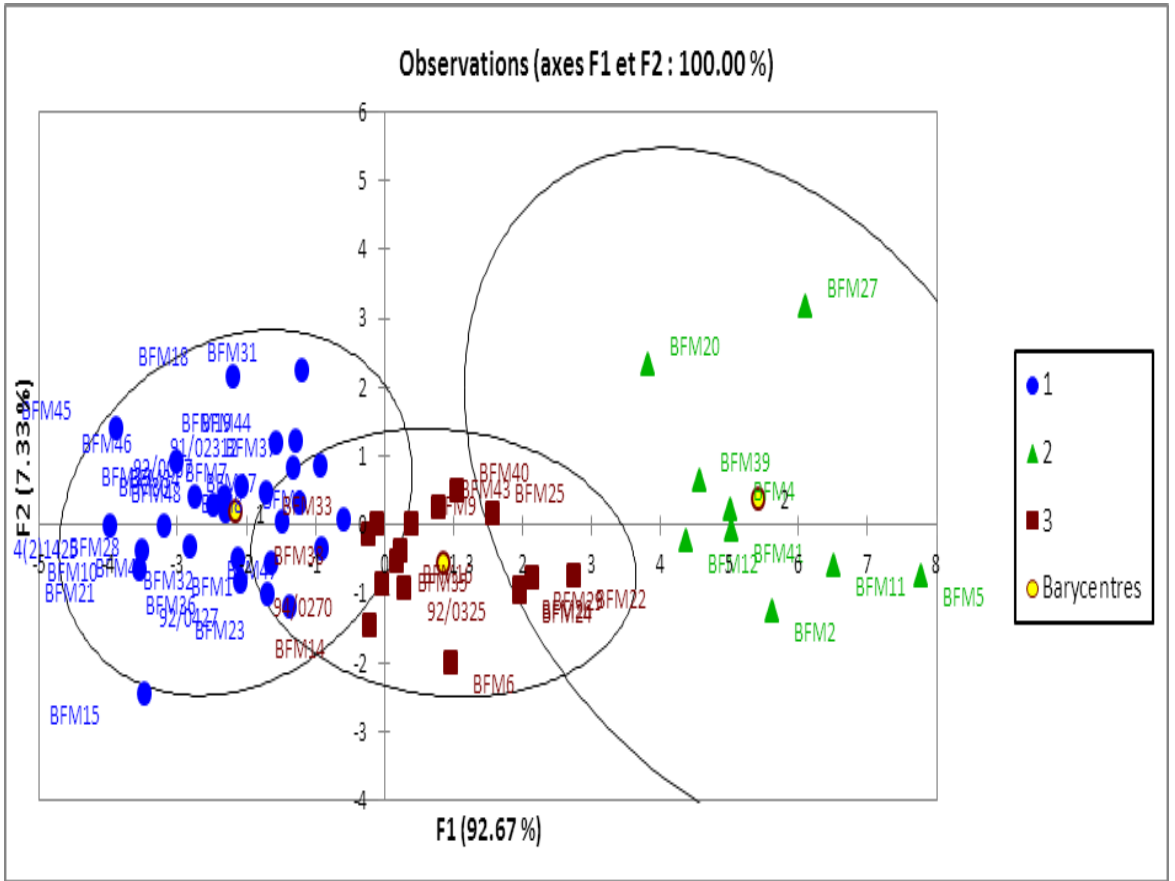


Figure 4: Plan de l'AFD des groupes issus de la CAH d'accessions de *M. esculenta*.

Tableau 6: Test d'égalité des moyennes des groupes.

Variable	Lambda	F	DDL1	DDL2	p-value
HPL	0.828	5.306	2	53	<0.0001
NTP	0.782	7.103	2	53	<0.0001
PTP	0.763	7.934	2	53	<0.0001
IR	0.999	0.033	2	53	0.968

Tableau 7: Matrice de confusion des groupes d'accessions basée sur les caractères quantitatifs.

	%de classification	GI	GII	GIII	Total
GI	82,21%	25	1	3	29
GII	66,66%	3	8	1	12
GIII	76,92%	3	0	10	13
Total	76 ,59%	31	9	14	54

Tableau 8: Performances moyennes des accessions et différenciation des groupes issus de la CAH à partir des variables quantitatives observées.

Groupes	III	II	I	DDL	F
Effectifs	14	9	31		
HPL (cm)	130,89b	145,08bc	112,74a	2	5,33**
NTP	5,21a	5,30a	7,50ab	2	6,84**
PTP (kg)	1,51a	1,61ab	2,39b	2	7,71**
IR	0,56a	0,55a	0,56a	2	0,01ns

HPL : hauteur de la plante, NTP : nombre de racines tubéreuses par pied, PTP : poids de racines tubéreuses par pied, IR : indice de récolte, DDL : degré de liberté, F : F de Fischer issu de l'analyse de variance, ** : différence significative au seuil de 5% et 1% respectivement, ns : différence non significative au seuil de 5% et 1% respectivement. Dans une même ligne, toutes les moyennes suivies de mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

DISCUSSION

Variabilité agromorphologique des accessions de *Manihot esculenta* du Burkina Faso

Les 33 descripteurs utilisés dans cette étude ont permis une évaluation préliminaire de la structuration de la diversité du manioc au Burkina Faso. En les utilisant sur la collection, nous avons constaté que la diversité morphologique potentielle est comparable entre les groupes et qu'il y a relativement peu de différenciation dans l'étendue de l'espace morphologique entre les accessions. Mezette et al. (2016) dans une analyse similaire ont démontré qu'il n'existe pas de différence morphologique importante en fonction de l'espace occupé par les cultivars issues d'un lieu donné.

Les six premiers axes factoriels cumulés ont permis la représentation de 66,65% de la variabilité globale du manioc avec une contribution partielle de 14 descripteurs ($CP \geq 20$). Des résultats similaires ont été obtenus par Okogbenin et al. (2001) dans leur étude sur la caractérisation génétique d'une collection de manioc établie en Colombie. Kumba (2012) a aussi trouvé des résultats similaires dans l'étude de la variabilité génétique d'une collection de

manioc au Ghana. L'absence des fruits, des graines et la courte longueur des entre-nœuds (≤ 8 cm) sont les caractères communs à l'ensemble des trois groupes. Ce résultat se rapproche de celui obtenu par Ephrem et al. (2014) qui a identifié la marge entière des lobes et la courte longueur des entre nœuds comme descripteurs communs d'une collection de 179 accessions en République Centrafricaine.

La gamme de variation observée à 45% sur les deux premiers axes factoriels explique qu'il existe peu de différenciation morphologique entre les accessions. Emperaire et al. (2003) ont montré une variation globale de 32% aux deux premiers axes factoriels et ont de même fait ce constat par rapport à la diversité morphologique aussi élevée au sein des populations d'après les différents groupes ethniques. Cette différence en termes de contributions partielles aux axes factoriels prouve que la part des descripteurs dans la diversité morphologique du manioc en Amazonie est plus importante que la diversité du manioc au Burkina Faso. Cependant, on note qu'il y a une différence dans le nombre et la qualité des descripteurs impliqués dans les deux types d'études, ce qui peut toutefois influencer la nature des résultats. Le nombre

des accessions utilisées aurait aussi influencé la nature des résultats.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Ampong-Mensah (2000), Carvalho & Shaal (2001) et Elias et al. (2001) qui se sont servis des caractères comme la circonférence des tiges, la longueur des tubercules, l'insertion des tubercules sur les plants, la couleur du cortex de tubercules, la couleur de l'épiderme, la texture de la surface externe, la couleur de la pulpe, la couleur des feuilles, la couleur des pétioles, la longueur de lobes de feuilles et la longueur de pétioles. Nadjam et al. (2016), en étudiant la diversité génétique du manioc cultivé au Tchad, ont par contre fait usage de 19 descripteurs sur 43 accessions. Mezette et al. (2013) se sont servis de 12 descripteurs qui diffèrent très peu des nôtres. La variation au sein d'un descripteur peut également influencer sur la structuration de la diversité. De plus, l'utilisation des marqueurs morphologiques est influencée par l'environnement (Adoukonou-Sagbadja et al. 2007). Les marqueurs moléculaires sont préférés pour de telle étude puisqu'ils ne peuvent être influencés par les facteurs environnementaux.

Les fortes corrélations entre le nombre et le poids des racines tubéreuses ont aussi été trouvées par Agahin et al. (2011). Ces résultats corroborent ceux obtenus sur le manioc au Ghana (Acquah et al., 2011 ; Kumba, 2012), en Colombie (CIAT, 2011) et en Inde (Raghu et al., 2007 ; Lekha et al., 2011). Par contre, en République Centrafricaine, Ephrem et al. (2014) ont trouvé qu'il n'existe pas de corrélation entre le nombre et le poids de tubercules par pied.

La corrélation entre les variables hauteur moyenne de la plante et nombre des racines tubéreuses par pied et celle entre la hauteur de la plante et le poids des racines

tubéreuses par pied n'a pas été significative dans notre étude. Cependant, les travaux d'Ojulong (2006) et ceux de Ntawuruhunga & Dixon (2010) ont révélé de fortes corrélations positives et significatives entre ces variables. Le manque de corrélation entre ces variables serait lié à certains paramètres. Lekha et al. (2011) par exemple ont mentionné que la hauteur des plants, le poids et le nombre de tubercules à la récolte dépendent du génotype, des facteurs environnementaux et de la qualité des boutures à la plantation. L'hétérogénéité des boutures utilisées comme matériel de plantation expliquerait le manque de corrélation positive et significative entre la hauteur des plants et les autres traits agronomiques. Chez une plante à multiplication végétative comme le manioc, l'évaluation des génotypes sur la base des caractères morphologiques quantitatifs demande certaines précautions. En effet, la qualité de la bouture joue un rôle primordial sur le développement du plant. En particulier, la présence du virus de la mosaïque dans la bouture influe sur la croissance au stade jeune par une réduction précoce de la surface foliaire. Pour la mise en place d'un essai d'évaluation, il est nécessaire de disposer d'un parc à bois conduit de façon à homogénéiser les facteurs extra-génotypiques qui seront transmis par les boutures. Dans le cas d'une forte pression parasitaire, on peut faire appel aux techniques de thérapie sur des plants cultivés *in vitro*, l'indexation pouvant se faire par test ELISA opérationnel chez le manioc.

La caractérisation morphologique est une des étapes importantes dans la description et la classification du germoplasme des plantes cultivées (Manzano et al., 2001 ; Yobi et al., 2002). En effet, tout programme d'amélioration s'appuie nécessairement sur la

variabilité agromorphologique. Elle permet de mettre à la disposition des améliorateurs des informations capitales, nécessaires pour leurs travaux.

Jusqu'à présent, aucune étude de la diversité des accessions cultivées de *Manihot esculenta* n'avait été entreprise au Burkina Faso. L'analyse de la diversité au plan agromorphologique des accessions de manioc cultivées au Burkina Faso a révélé plusieurs variantes entre les caractères analysés, ce qui témoigne d'une forte hétérogénéité phénotypique entre les 54 accessions. Cette diversité morphologique a été structurée en trois groupes qui se différencient par la hauteur de la plante, le nombre de tubercules par pied et le poids de tubercule par pied. Ces caractères ont permis de distinguer les groupes de manioc de taille réduite avec une bonne productivité en tubercules des groupes de maniocs moins productifs et de grande taille. L'obtention d'une variété à haut rendement passe donc par la recherche d'un compromis entre la vigueur végétative et le niveau de tubérisation. Cette diversité morphologique résulterait des pratiques de gestion paysanne des semences. En effet, plusieurs auteurs ont montré que les pratiques de gestion paysanne des semences, notamment les échanges de variétés entre agriculteurs sont à l'origine d'une diversité importante entre les populations de plantes cultivées (Missihoun et al., 2012). Lekha et al. (2011) ont montré que la présence de plusieurs variétés de manioc (espèce à reproduction sexuée), chacune bien différenciée des autres, dans un même champ peut produire des individus fortement hétérozygotes. Cette pratique permet aux agriculteurs amérindiens de maintenir une diversité variétale et génétique élevée de cette plante.

Conclusion

Cette étude qui aborde pour la première fois l'étude de la variabilité agromorphologique des cultivars du manioc cultivés au Burkina Faso a permis d'aboutir à 3 groupes morphologiques qui sont caractérisés chacun par un même nombre de lobes (7), un même nombre de niveau de ramification de la tige (1) et les feuilles apicales glabres. L'absence des fruits, des graines et la courte longueur des entre-nœuds (≤ 8 cm) sont les descripteurs qui caractérisent l'ensemble des trois groupes. Les cultivars analysés présentent une variation pour la plupart des descripteurs utilisés, en particulier ceux liés à l'architecture et au rendement. Un important polymorphisme est observé à partir des caractères qualitatifs. Quatorze des 33 descripteurs morphologiques utilisés ont un pouvoir discriminant élevé ($CP \geq 30$). Les 54 génotypes supposés définissent ainsi 38 morphotypes et 16 doublons. Sur la base de la hauteur de la plante, du nombre de tubercules par pied et du poids de tubercules par pied, trois groupes ont été distingués dans la collection. Le groupe III est composé d'accessions de taille moyenne ayant une productivité moyenne. Le groupe II renferme les accessions de grande taille avec une faible productivité en tubercules. Ce groupe se caractérise par un fort développement végétatif et présente les meilleures caractéristiques végétatives. Le groupe I comporte les accessions de petite taille avec un bon niveau de tubérisation. Cette description met en exergue l'hétérogénéité qui existe au sein des cultivars détenus par les paysans et par conséquent la diversité agromorphologique. La structuration n'est pas visible, s'il s'agit de représenter la diversité des accessions locales et introduites. L'importante diversité mise en évidence au

niveau agromorphologique offre un large potentiel pour l'amélioration variétale du manioc. Cette diversité pourrait être valorisée pour l'alimentation ainsi que pour le développement de variétés multiples usages. Il n'a pas été mis en évidence une influence de la diversité agromorphologique par le facteur zone géographique. L'étude de la diversité génétique des maniocs du Burkina Faso, à travers les marqueurs moléculaires, permettrait d'approfondir notre connaissance de ce pool génétique qui n'avait jusqu'à présent pas été caractérisé.

CONFLIT INTERETS

Les auteurs de ce manuscrit déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

TG et SK ont contribué de manière significative aux différentes missions de prospection collecte du matériel végétal, à la mise en place de la parcelle expérimentale, à la collecte des données, à l'analyse des données et à la rédaction du manuscrit. KEK, ERT et J-DZ ont participé à la mise en place du dispositif expérimental ainsi qu'à la rédaction de ce manuscrit.

RÉFÉRENCES

Adjebeng-Danquah J, Gracen VE, Offei SK, Asante IK, Manu-Aduening J. 2016. Agronomic performance and genotypic diversity for morphological traits among cassava genotypes in the Guinea Savannah Ecology of Ghana. *J. Crop Sci. Biotech.*, **19**(1): 99-108. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s12892-015-0095-8a>

Adoukonou-Sagbadja H, Wagner C, Dansi A, Ahlemeyer J, Dainou O, Akpagana K, Ordon F, Friedt W. 2007. Genetic

diversity and population differentiation of fonio millet (*Digitaria spp.*) landraces from different agro-ecological zones of West Africa. *Theoretical and Applied Genetics*, **115**(7): 917-931. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-007-0618-x>

Agahin A, Bayeri K, Ogbuyi R. 2011. Correlation analysis of tuber of yield in cassava morphological types grown under nine weed management. *J. Appl. Biosci.*, **48**: 3316-3321.

Agré A, Dansi A, Rabbi I, Battachargee R, Dansi M, Melaku G. 2015. Agromorphological characterization of elite cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars collected in Benin. *Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol.*, **2**(2): 1-14. DOI: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/58355/A.P.%20Agré.%20et%20al.pdf?sequence=3>

Ampong-Mensah G. 2000. *Preliminary Characterization of Cassava Germplasm from South Western Ecozone of Ghana*. University Cape coast: Dept. Crop Sci., p.96.

Carvalho L, Shaal B. 2001. Assessing genetic diversity in the cassava germplasm collection in Brazil using PCR based markers. *Euphytica*, **120**(1): 133-142. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1017548930235>

Elias M, Rival L, Mckey D. 2001. Perception and management of cassava diversity among Makushi Amerindiens of Guyana. *J. Ethnobiol.*, **20**(2): 239-265. DOI: <https://ethnobiology.org/sites/default/files/pdfs/JoE/20-2/Elias-et-al.pdf>

Ephrem K-K, Semihinva A, Woegan YA, Abalo A, Duval MF, 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. DOI: <http://www.eujournal.org/index.php/esj/article/view/2635>
- Fukuda WG, Guevara C, Kawuki R, Ferguson M. 2010. *Selected Morphological and Agronomic Descriptors for the Characterisation of Cassava*. (IITA Éd. : Ibadan, Nigeria ; 19.
- Gbaguidi AA, Assogba P, Dansi M, Yedomonhan H, Dansi A. 2015. Caractérisation agromorphologique des variétés de niébé cultivées au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(2): 1050-1066. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.40>
- Gnonlonfin GJB, Koudande OD , Sanni A, Brimer L. 2011. Farmers' perceptions on characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties used for chips production in rural areas in Benin, West Africa. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(3): 870-879. DOI: <https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/viewFile/72166/61102>
- Kouakou KC, Akanvou L, Konan AY, Mahyao A. 2010. Stratégies paysannes de maintien et de gestion de la biodiversité du maïs (*Zea mays* L.) dans le département de Katiola, Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **33**(9): 2100-2109. DOI: <http://www.m.elewa.org/JABS/2010/33/9.pdf>
- Kumba V. 2012. Genetic characterization of exotic and landraces of cassava in Ghana. M.Sc. thesis, Univ. of Science and Technology, Dept. Plant Breeding, Kumasi, p.111.
- Lekha S, Teixeira J, Pillai S. 2011. Genetic variability studies between released varieties of cassava and central Kerala cassava collections using SSR markers. *J. Stored. Prod. Postharv. Res.*, **2**(4): 79-92.
- Manzano A, Nodals R, Mayor F, Gutierrez R, Alfonso C. 2001. Morphological and isoenzyme variability of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) germplasm in Cuba. *Plant Genetic Resources Newsletter*, **126**(6): 31-40. DOI :
- MASA. *Situation de Référence des Principales Filières Agricoles au Burkina Faso*. CEFCOD ; 208p.
- Mezette TF, Blumer CG, Veasey EA. 2013. Morphological and molecular diversity among cassava genotypes. *Pesq. Agropec. Bras.*, **48**(5): 510-518. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000500007>
- Missihoun A, Agbangla C, Adoukounou-Sagbadja H, Ahanhanzo C, Vodouhè R. 2012. Gestion traditionnelle et statut des ressources génétiques du Sorgho (*Sorghum Bicolor* L.Moench) au Nord ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(3): 1003-1018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.8>
- N'zué B, Okana M, Kouakou A, Dibi K, Zouhouri G, Essis B. 2014. Morphological characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) accessions collected in the centre-west, south-west and west of Cote d'Ivoire. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, **4**(6): 220-231. DOI : <http://dx.doi.org/10.15580/GJAS.2014.6.050614224>
- Nadjiam D, Sarr PS, Naïtormbaïdé M, Mbaïguinam JMM, Guisse A. 2016. Agro-Morphological Characterization of

- Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Cultivars from Chad. *Agricultural Sciences*, **7**: 479-492. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/as.2016.77049>
- Nébié B, Nanema K, Bationo-Kando P, Traoré R, Labeyrie V, Sawadogo N. 2013. Variation de caractères agromorphologiques et du Brix d'une collection de sorghos à tige sucrée du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(5): 1919-1928. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.12>
- Ntawuruhunga P, Dixon A. 2010. Quantitative variation and interrelation ship between factors influencing cassava yield. *J. Appl. Biosci.*, **26**: 1594-1602.
- Ojulong H. 2006. Quantitative and molecular analysis oh agronomic traits in cassava. Phd thesis, Univerity of the Free State, Dept. of Plant Breeding, p.202.
- Okogbenin E, Fregene M, Mba C, Angel F, Suarez M, Janneth G. 2001. Genome mapping in cassava improvement challenges achievements and opportunities. *Euphytica*, **120**(1): 159-165. DOI : <https://doi.org/10.1023/A:1017565317940>
- Raghu D, Senthil N, Saraswathi T, Raveendram M, Ghanam R, Venkatachalam R. 2007. Morphological ans simple sequence repeats(SSR) based finger printing of south indian cassava germplasm. *Int. J. Intergrat. Biol.*, **1**(2): 141-149.
- Sawadogo M, Ouedraogo J, Tignegré JB, Drabo I, Balma D. 2010. Caractérisation agromorphologique et moléculaire de cultivars locaux de niébé(*Vigna unguiculata*) du Burkina Faso. *Cameroon J. Experimental Biology*, **6**(1): 31-40. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/cajeb.v6i1.56878>
- Ward J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective fonction. *J. Am. Stat. Assoc.*, **58**(301): 236-244. DOI : <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1963.10500845>
- Yobi A, Henchi B, Neffati M, Jendoubi R. 2002. Système de reproduction et variabilité morphophenologique chez *Allium roseum*. *Plant Genetic Resources Newsletter*, **127**: 29-34.