



Évaluation de la diversité agro-morphologique des accessions de maïs (*Zea mays* L.) collectées en Côte d'Ivoire.

Hugues Annicot N'DA¹, *Louise AKANVOU¹, René AKANVOU¹ Arsène Irié ZORO BI²

1. Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) KM17, Route de Dabou, 01 BP 1740 Abidjan 01 (Côte d'Ivoire). Tél : (225) 22 48 96 39 ; Fax : (225) 22 48 96 11.

2. Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et d'Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801 Abidjan 02 (Côte d'Ivoire).

* *Auteur de correspondance* : makanvou@gmail.com

Mots-clés : Accessions, Côte d'Ivoire, diversité morphologique, maïs, pool.

Key words : Accessions, Côte d'Ivoire, morphological diversity, maize, pool.

1 RESUME

Cent soixante-onze accessions (171) de maïs collectées dans les régions des Savanes, du Denguélé, de la Vallée du Bandaman, du Moyen-Cavally et du Bas-Sassandra de la Côte d'Ivoire, ont été évaluées au plan agro morphologique. L'objectif était d'étudier la diversité phénotypique des accessions et sa structuration sur la base de vingt variables sélectionnées parmi les descripteurs du maïs. L'analyse descriptive a montré des différences phénotypiques importantes pour tous les caractères. Une analyse en composante principale a confirmé cette importante variabilité morphologique, permettant d'expliquer 82,35% de la variance entre les variables. La classification hiérarchique ascendante a permis de structurer les accessions en 5 groupes de diversité morphologique, chacun constituant un pool dans lequel des caractères spécifiques peuvent être trouvés. Ainsi, la hauteur de la plante, la hauteur d'insertion de l'épi, le cycle de semi-floraison mâle et le diamètre de l'épi sont les principaux caractères de distinction entre les groupes d'accessions. Le groupe I est composé d'accessions de cycle végétatif intermédiaires (FLOM = $61 \pm 0,23$ j) avec une taille moyenne (HPL = $221,65 \pm 1,30$ cm). Le groupe II renferme les plantes précoces (FLOM = $56 \pm 0,86$ j) et de petite taille (HPL = $181,83 \pm 2,57$ cm). le groupe III comporte les accessions tardives (FLOM = $65 \pm 0,40$ j) et de grande taille ($254,06 \pm 1,02$ cm). Le groupe IV renferme les accessions tardives (FLOM = $68 \pm 0,46$ j) et de très grande taille (HPL = $276,49 \pm 1,71$ cm). Le groupe V est caractérisé par des plantes très tardives (FLOM = $83 \pm 7,03$ j) et grandes (HPL = $267,91 \pm 22,37$ cm). Ces groupes offrent une grande possibilité de choix de géniteurs pour la création de variétés améliorées de maïs ayant un potentiel de rendement élevé et adaptées à différentes agro-climatiques de la Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

One hundred seventy-one maize accessions (171) collected from different regions in Côte d'Ivoire, namely the region of Savanes, Denguélé, Vallée du Bandaman, Moyen-cavally and Bas-sassandra, were evaluated base on morphological characters. The objective of this study was to evaluate the phenotypic diversity of the accessions and its structure based on twenty selected variables among the maize descriptors. Descriptive statistics showed an important phenotypic variability for all characters used. Principal component analysis revealed that the



first 5 principal components (Eigenvalues > 1) accounted for 82.35% of variation between variables. Hierarchical ascendant classification analysis contributed in structuring the accessions in 5 groups of morphological diversity, each being a pool with specific characters. Thus, characters such as plant height, ear height, number of days to 50% anthesis and ear diameter are the principal sources of diversity between groups of accessions. Group I was composed mainly of accessions of intermediate flowering (FLOM = 61 ± 0.23 days) with an average plant height (HPL = 221.65 ± 1.30 cm). Group II contained early plants (FLOM = 56 ± 0.86 days) and short (HPL = 181.83 ± 2.57 cm). Group III contained late plants (FLOM = 65 ± 0.40 days) and tall (254.06 ± 1.02 cm). Group IV included the late flowering accessions (FLOM = 68 ± 0.46 days) and very tall (HPL = 276.49 ± 1.71 cm). Group V included accessions characterized by very late flowering plants (FLOM = 83 ± 7.03 days) and tall (HPL = 267.91 ± 22.37 cm). These groups offer the possibility of choice of genitors for the improvement of varieties with a high yield potential and adapted to different agro-climatic zones of Côte d'Ivoire.

2 INTRODUCTION

Le maïs (*Zea mays* L), constitue avec le riz (*Oryza spp*), le plantain (*Musa spp*), le manioc (*Manihot esculenta*) et l'igname (*Dioscorea spp*), les cinq cultures de base de l'alimentation des populations qui concourent à la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire. 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'animale (Aboua *et al.*, 1989; Kagne *et al.*, 2003). Les variétés améliorées ou traditionnelles de maïs sont cultivées dans diverses zones agro écologiques du pays en culture pure ou en association avec d'autres cultures (Akanvou, 1997). La conservation *in situ* des semences de maïs par les paysans, ainsi que leur gestion a engendré une diversité génétique importante à l'intérieur des variétés cultivées de maïs (Kouakou *et al.*, 2010). 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 (Hoxha *et al.*, 2004). De nombreuses procédures permettant de quantifier et d'analyser la diversité génétique existent. Il y a les techniques d'évaluation utilisant les marqueurs morphologiques (Jaaska, 2001). 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 (Emperaire, 2003). 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 (Sanou, 1996). Les descripteurs morphologiques ont permis de décrire et de classer des milliers de formes d'épis (Brandolini et Brandolin., 2001; Li *et al.*, 2002; Lucchin *et al.*, 2003 ; Abu-Alrub *et al.*, 2004; Pinheiro de Carvalho *et al.*, 2008). L'existence d'une variabilité importante pour la plupart des caractères agronomiques en Afrique de l'Ouest a été mise en évidence sur plusieurs espèces cultivées, notamment les céréales telles que le mil, le sorgho et le maïs (Alika *et al.*, 1993; Beninga, 1993; Salami *et al.*, 2007; Barro-Kondombo *et al.*, 2008; Kenga et Djorowe, 2008). En Côte d'Ivoire, les premières collectes de ressources génétiques du maïs ont été réalisées par l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales (IRAT) en 1968. Plus de 300 écotypes locaux avaient été collectés. L'évaluation de ces écotypes dans leurs régions d'origine, a donné des résultats peu satisfaisants, ce qui avait suscité l'introduction de variétés originaires d'Amérique latine et d'Afrique de l'Ouest. Plus tard, les prospections organisées dans le Centre ont permis de collecter 189 accessions de maïs (Attiey, 1991). L'évaluation de ces ressources a mis en évidence cinq groupes sur la base de 16 descripteurs morphologiques. Récemment, des missions de prospection ont été effectuées par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) dans les régions des Savanes, du



Denguélé, de la vallée du Bandaman, du Moyencavally et du Bas-sassandra où 171 accessions de maïs ont été collectées. L'étude de la diversité de ces ressources génétiques est indispensable pour créer des variétés nouvelles ayant un bon

rendement, adaptées aux variations climatiques et résistantes aux maladies. Cette étude a pour objectif d'évaluer la diversité morphologique de 171 accessions de maïs originaires de la Côte d'Ivoire.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Site d'étude : L'étude a été conduite durant la saison pluvieuse 2008/2009 à la Station de Recherche sur les Cultures Vivrières (SRCV) du Centre National de Recherche Agronomique de Bouaké, située au Centre de la Côte d'Ivoire entre 7°41' de latitude Nord et 5°2' de Longitude Ouest. Elle est à une altitude de 369 m. Le climat est caractérisé par quatre saisons avec une pluviométrie moyenne de 1200 mm/an, réparties en deux saisons des pluies dont la première, de mars à juillet, est irrégulière. Les températures annuelles varient de 23°C à 33°C. Les sols sont peu profonds et légers, ferrallitiques, moyennement à fortement désaturés.

3.2 Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental est constitué de blocs aléatoires complets répétés trois fois. Une allée de 2 m de largeur sépare les répétitions. La superficie totale de l'essai est de 5250 m² (105 m X 50 m). Cent soixante-onze accessions (171) de maïs collectées en 2008 ont été semées, chacune sur deux lignes de 5 mètres de longueur. La distance entre les lignes de semis d'une parcelle élémentaire est de 0,75 m et la distance entre les poquets sur une même ligne est de 0,25 m. Les semis ont été réalisés à raison de deux graines par poquets, et le démariage des plantules a été effectué 15 jours après germination en vue de ne laisser qu'une seule plantule par poquet. Un apport d'engrais NPK (15-15-15) a été appliqué à la dose de 200 Kg. ha⁻¹ 15 jours après semis, puis 35 jours après semis de l'urée a été incorporée au sol à la dose de 100 Kg. ha⁻¹. Un désherbage régulier a été effectué pendant la phase végétative de la culture et un insecticide (Furadan®) a été appliqué pour

assurer la protection des jeunes plantules contre les attaques des insectes.

3.3 Collecte des données : Les mesures ont été effectuées sur un effectif de 10 plantes sélectionnées de façon aléatoire sur chaque parcelle élémentaire et dans chaque bloc, soit un total de 30 plantes par accession. Vingt caractères sélectionnés parmi les descripteurs du maïs (IPGRI, 1991) ont été retenus. Il s'agit: le nombre de jours à 50% de floraison mâle (FLOM), le nombre de jours à 50% de floraison femelle (FLOF), le nombre de feuilles au-dessus de l'épi (NFE), la hauteur de la plante (HPL), la hauteur d'insertion de l'épi (HIE), l'index d'insertion (HIE/HPL), la longueur de la panicule (LOGP), la longueur du pédoncule de la panicule (LOGPP), la distance de ramification de la panicule (DRP), le nombre de branche de la panicule (NBP), la verse, la casse, le poids des épis (PES), la longueur de l'épi (LOEP), le diamètre de l'épi (DE), le nombre de rangée de grains par épi (NRG), le nombre moyen de grains par rangée (NMGR), la couleur des grains, la texture des grains et le poids de 100 grains (P100G).

3.4 Analyses statistiques : Les données enregistrées ont été dans une première phase soumises à une analyse descriptive. Les moyennes, les écarts types et les coefficients de variation ont été déterminés pour l'ensemble des traits quantitatifs. L'évaluation de la structuration de la diversité morphologique a été faite par une analyse en composantes principales (ACP), une classification hiérarchique ascendante (CHA) et une analyse factorielle discriminante (AFD). Le logiciel Statistica 7.1 (2005) a servi aux analyses.



4 RESULTATS

4.1 Analyse des caractères qualitatifs : La répartition des accessions de maïs selon la texture des grains montre que 48,5% sont de type corné, 29,8% de type corné-denté et 21,6% de type denté. La couleur des grains présente également une variation sur l'ensemble des 171 individus.

Les grains de maïs jaune représentent 49,12%. Ils sont les plus cultivés dans les zones prospectées que le maïs bigarré (29,82), le maïs blanc (12,28%), le maïs rouge (5,26%) et le maïs violet (3,50%) (Tableau 1).

Tableau 1: Répartition des caractères qualitatifs, couleur et texture des grains des 171 accessions dans les cinq zones de prospection

Caractère analysées	Nombre d'observation par région						Total	Fréquences
	Savanes	Denguélé	Bas-Sassandra	Moyen-Cavally	Vallée du Bandama			
Couleur des grains	Blanc	8	0	6	5	2	21	12,28
	Jaune	34	11	13	20	6	84	49,12
	Violet	2	0	0	0	4	6	3,50
	Bigarré	14	4	8	17	8	51	29,82
	rouge	2	0	4	2	1	9	5,26
	Total	60	15	31	44	21	171	100,0
Texture du grain	Denté	14	4	8	7	4	37	21,63
	Corné	20	8	16	27	12	83	48,53
	Corné-denté	26	3	7	10	5	51	29,82
	Total	60	15	31	44	21	171	100,0

4.2 Analyse descriptive des caractères quantitatifs : Les valeurs moyennes, minimales, maximales et les coefficients de variation des variables quantitatives sont regroupés dans le tableau 2. Des écarts importants sont observés entre les minima et les maxima pour les caractères agronomiques importants comme la floraison mâle (FLOM), la hauteur de la plante (HPL), le nombre de rangées de grains (NRG), Nombre moyen de grains par rangée (NMGR), le poids de 100 grains (P100G). En moyenne, les accessions ont un cycle semi-floraison de 63 ±

0,401 jours. La plus précoce a commencé sa floraison mâle à partir de 53 jours après semis et la plus tardive à 99 jours. La hauteur de la plante varie de 165,66 cm pour les accessions de petite taille à 305,66 cm pour les variétés de grande taille, avec une valeur moyenne de 234,47 ± 2,186 cm. Le nombre moyen de grains par rangée est compris entre 17 pour les accessions à petits épis et 38 pour les accessions à grands épis, avec une moyenne de 29,21 ± 0,299. Le poids de cent grains varie de 9 g pour les accessions à petits grains à 37 g pour celles à gros grains.



Tableau 2: Valeur minimale, maximale, moyenne et coefficient de variation des 18 traits quantitatifs étudiés.

Variables	Valeur minimale observée	Valeur maximale observée	Moyenne \pm erreur type	Coefficient de variation (%)
FLOM (jrs)	53,00	99,00	63 \pm 0,401	8,32
FLOF (jrs)	54,00	100,00	66 \pm 0,446	8,86
HPL (cm)	165,66	305,66	234,47 \pm 2,186	12,19
HIE (cm)	83,00	208,33	135,96 \pm 1,962	18,87
HIE/HPL	0,48	0,82	0,57 \pm 0,003	8,29
NFE	6,00	8,20	7,24 \pm 0,000	5,47
LOGPP (cm)	11,70	26,90	21,23 \pm 0,169	10,41
LOGP (cm)	31,45	49,81	40,97 \pm 0,231	7,38
DRP (cm)	7,49	17,37	12,59 \pm 0,118	12,32
NBP	10,90	22,35	16,50 \pm 0,168	13,35
Casse	1,00	12,33	3,99 \pm 0,190	4,76
Verse	1,00	25,00	3,78 \pm 0,309	7,93
PES (Kg)	0,36	1,98	1,16 \pm 0,021	24,43
LOEP (cm)	10,75	18,85	15,04 \pm 0,114	9,97
DE (cm)	2,70	4,98	4,27 \pm 0,024	7,64
NGR	11,80	20,28	14,00 \pm 0,090	8,47
NMRG	16,83	37,66	29,21 \pm 0,299	13,39
P100G (g)	8,70	37,10	27,41 \pm 0,348	16,61

4.3 Structuration de la diversité morphologique : La matrice de corrélation des différents caractères étudiés est rapportée dans le tableau 3. Une corrélation significative ($\geq 0,50$) a été observée entre plusieurs couples de variables. L'indice de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) qui est

de 0,699 indique qu'il existe une solution factorielle statistiquement acceptable. De même le test de sphéricité de Bartlett sur les variables montre que le modèle factoriel est approprié (test de Bartlett très significatif).



Tableau 3: Matrice de corrélation entre les variables mesurées chez les 171 accessions de maïs collectées.

	FLOM	FLOF	HPL	HIE	NFE	LOGPP	LOGP	DRP	NBP	Casse	Verse	LOEP	DE	NRG	NMGR	P100G
FLOM	1,00															
FLOF	0,98*	1,00														
HPL	0,65*	0,71*	1,00													
HIE	0,78*	0,82*	0,95*	1,00												
NFE	0,29	0,33	0,50*	0,37	1,00											
LOGPP	-0,53*	-0,53*	-0,26	-0,42	-0,16	1,00										
LOGP	-0,04	0,01	0,32	0,19	0,18	0,32	1,00									
DRP	-0,24	-0,21	-0,01	-0,09	0,02	0,36	0,54*	1,00								
NBP	0,09	0,14	0,18	0,18	0,18	-0,11	0,21	0,57*	1,00							
Casse	0,09	0,15	0,34	0,31	0,23	-0,15	-0,05	-0,18	-0,03	1,00						
Verse	0,35	0,41	0,52*	0,52*	0,23	-0,12	0,06	-0,07	0,19	0,21	1,00					
LOEP	-0,17	-0,18	0,07	-0,01	0,12	0,28	0,37	0,29	0,05	-0,15	-0,09	1,00				
DE	-0,27	-0,25	-0,10	-0,19	0,24	0,21	0,28	0,31	0,20	-0,07	-0,17	0,39	1,00			
NRG	0,45	0,46	0,38	0,41	0,37	-0,25	0,07	-0,04	0,15	0,16	0,21	-0,04	0,31	1,00		
NMGR	0,04	0,02	0,14	0,10	0,16	0,08	0,30	0,23	0,08	-0,17	-0,06	0,78*	0,22	0,02	1,00	
P100G	-0,56*	-0,55*	-0,26	-0,38	-0,07	0,40	0,20	0,31	0,02	-0,12	-0,23	0,35	0,64*	-0,22	0,09	1,00

FLOM= Floraison male, FLOF= Floraison femelle, HPL= Hauteur de la plante, HIE= Hauteur d'insertion de l'épi supérieur, NFE= Nombre de feuille au-dessus de l'épi supérieur, LOGPP= Longueur du pédoncule de la panicule, LOGP= Longueur de la panicule, DRP= Distance de ramification de la panicule, NBP= Nombre de branche de la panicule, LOEP= Longueur de l'épi, DE= Diamètre de l'épi, NRG= Nombre de rangée de grains, NMGR= Nombre moyen de grains par rangée, P100G= Poids de 100 grains. * = corrélation significative.



4.3.2 Analyse en composante principale :

Le tableau 4 donne une estimation de la variabilité représentée par chaque axe. Cinq axes ayant une valeur propre supérieure à 1 ont été obtenus, permettant d'expliquer 82,35% de la variance présente dans les variables. Cependant, le test d'accumulation de variance montre que les trois premiers axes sont les plus pertinentes. Ces trois axes seront utilisés pour décrire la variabilité totale des accessions, soit 65,90% de la variance. Le premier axe décrit 32,33% de la variation. Cette composante se définit du côté positive par la floraison mâle (FLOM) la floraison femelle (FLOF), la hauteur de la plante (HPL), la hauteur d'insertion de l'épi (HIE), et du côté négative par

le poids des épis (PES) et le poids de cent grains (P100G). La composante 1 caractérise les accessions de maïs de grande taille, à maturité tardive avec un faible poids de cent grains. La deuxième composante décrit 23,14% de la variation. Elle se définit par la longueur de la panicule (LOGP), la longueur des épis (LOEP) et le nombre moyen de grains par rangée (NMRG). Toutes ces variables sont positivement corrélées à l'axe. Cette composante définit les accessions de maïs à long épi ayant un nombre élevé de grains. Un seul caractère contribue significativement à la formation de la composante 3: le nombre de branche de la panicule (NBP). Cette composante rassemble 10,43% de la variabilité totale.

Tableau 4: Vecteurs propres et pourcentage de variation exprimée par les quatre premiers axes à partir de 14 caractères analysés chez 171 accessions de maïs.

Composantes principales	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
Variance propre	4,526	3,239	1,461	1,261	1,042
%Variance totale	32,33	23,14	10,43	9,00	7,45
% Variance cumulée	32,33	55,46	65,90	74,90	82,35
FLOM	0,867**	0,284	-0,115	-0,069	-0,246
FLOF	0,884**	0,322	-0,056	-0,041	-0,176
HPL	0,685**	0,574	-0,004	0,066	0,298
HIE	0,794**	0,502	-0,029	0,027	0,174
LOGP	-0,158	0,641**	0,236	-0,0178	0,314
DRP	-0,397	0,507	0,571	-0,322	0,051
NBP	0,020	0,436	0,676**	-0,224	-0,157
Casse	0,331	-0,007	0,073	0,512	0,647**
PES	-0,615**	0,565	-0,273	0,141	-0,073
LOEP	-0,446	0,659**	-0,460	-0,118	0,084
DE	-0,510	0,490	0,137	0,557*	-0,264
NRG	0,415	0,394	0,111	0,510	-0,437
NMGR	-0,236	0,653**	-0,521	-0,283	-0,030
P100G	-0,731**	0,198	0,099	0,344	0,113

4.3.3 Analyse de la diversité par la classification Hiérarchique Ascendante : Le dendrogramme obtenu par la méthode UPGMA (Unweighed Pair-Group Method with arithmétique Average) montre une nette séparation des accessions et structure la diversité en cinq groupes (Fig. 1). Une analyse multiple de variance (MANOVA) a montré une différence

hautement significative entre les groupes formés ($F = 12,62; P < 0,001$). Les valeurs moyennes des différents groupes sont résumées dans le tableau 5. Un seul caractère (le nombre de branche de la panicule (NBP) ne montre pas de différence significative entre les groupes d'accession ($P > 0,05$). Des treize caractères qui montrent une différence entre les groupes d'accessions, trois



permettent une distinction complète. Il s'agit de: la floraison mâle (FLOM), la floraison femelle (FLOF) et la hauteur d'insertion de l'épi (HIE). Dix caractères ne permettent qu'une distinction partielle des groupes. Le tableau 5 montre que le groupe I est constitué de 97 accessions (soit 56,72% de l'effectif total) dont 73 sont originaires de la région des Savanes (Nord) et 24 provenant du Bas-Sassandra et du Moyen-Cavally (Ouest). Les individus de ce groupe ont une taille moyenne (HPL = $221,65 \pm 1,30$ cm), avec un cycle végétatif intermédiaire (FLOM = $61 \pm 0,23$ j). Le poids des épis (PES = $1,25 \pm 0,02$ kg) est élevé ainsi que le poids de 100 grains (P100G = $28,84 \pm 0,38$ g). Le groupe II représente 7,01% de l'ensemble des accessions. Il est composé de 12 accessions dont la majorité est originaire de la région de la Vallée du Bandama (Centre). Trois accessions proviennent de l'Ouest. Les plantes sont de petite taille (HPL = $181,83 \pm 2,57$ cm). Les épis sont petits (LOEP = $13,68 \pm 0,36$ cm) et ont un faible nombre de grains par rangée (NMGR = $25,53 \pm 0,88$). Par ailleurs ce groupe renferme les accessions les plus précoces (FLOM

= $56 \pm 0,86$ j). Le groupe III est constitué de 31 accessions (18,12% de l'effectif total) dont 16 accessions originaires de la région des Savanes (Nord) et 15 accessions originaires de la région du Bas-Sassandra (Ouest). Les individus appartenant à ce groupe sont tardifs (FLOM = $65 \pm 0,40$ j) et de grande taille ($254,06 \pm 1,02$ cm) avec de longs épis (LOEP = $15,36 \pm 0,22$ cm) et un nombre de grains par épi élevé ($30,48 \pm 0,62$). Le groupe IV est constitué de 27 accessions (15,78% de l'effectif total) originaires de la région du Bas-Sassandra et du Moyen-Cavally (Ouest). Les individus de ce groupe sont tardifs (FLOM = $68 \pm 0,46$ j) et de très grande taille (HPL = $276,49 \pm 1,71$ cm) avec de petits grains (P100G = $23,84 \pm 0,66$ g). Le groupe V est composé de 4 accessions (2,33%) dont 2 accessions provenant du Moyen-Cavally (Ouest). Les plantes sont très tardives (FLOM = $83 \pm 7,03$ j) et grandes (HPL = $267,91 \pm 22,37$ cm), avec des épis insérés très haut ($195,66 \pm 9,13$ cm). Les accessions de ce groupe ont des épis de petits diamètres ($3,84 \pm 0,38$ cm) et un poids de cent grains très faible ($18,67 \pm 5,93$ g).

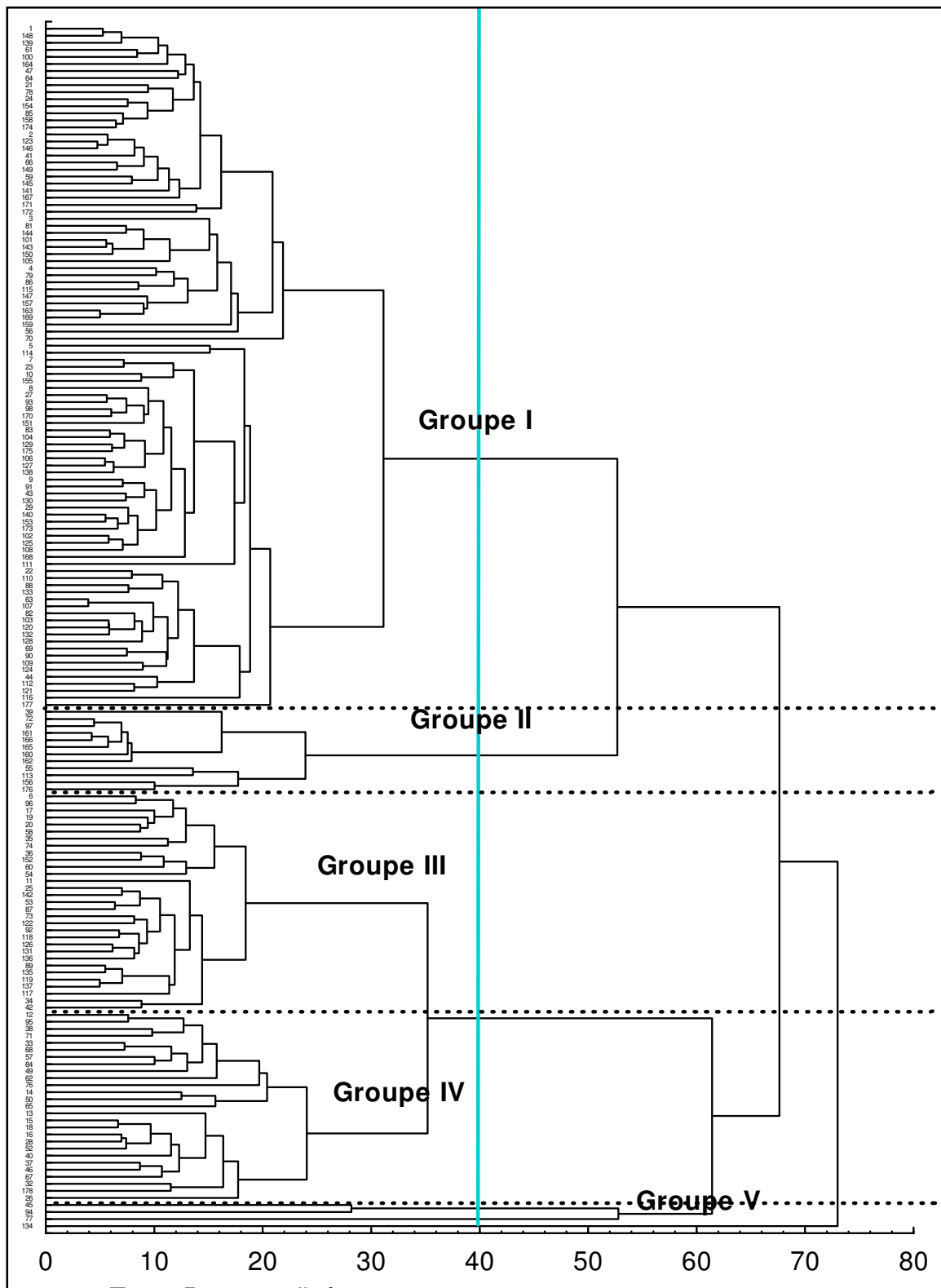


Figure 1. Classification hiérarchique ascendante (CHA) des 171 accessions de maïs suivant le critère d'agrégation des moyennes pondérées (UPGMA).



Tableau 5: Caractéristiques principales des différents groupes formés par la CAH.

Variables	GI	GII	GIII	GIV	GV	F	P
N	97	12	31	27	4		
FLOM	61 ±0,23 ^a	56±0,86 ^b	65±0,40 ^c	68±0,46 ^d	83±7,03 ^c	87,91	<0,001
FLOF	63 ±0,29 ^a	58±0,96 ^b	68±0,45 ^c	72±0,56 ^d	86±6,15 ^c	93,78	<0,001
HPL	221,65 ±1,30 ^a	181,83±2,57 ^b	254,06±1,02 ^c	276,49±1,71 ^d	267,91±22,37 ^d	182,30	<0,001
HIE	123,63 ±1,12 ^a	92,86±1,81 ^b	151,06±1,00 ^c	173,25±1,65 ^d	195,66±9,13 ^c	247,80	<0,001
Casse	3,64 ±0,23 ^{ab}	2,30±0,38 ^a	4,23±0,43 ^{ab}	5,74±0,49 ^b	3,83±2,02 ^{ab}	5,85	<0,001
LOGP	40,86 ±0,27 ^a	38,16±0,78 ^b	42,50±0,47 ^a	41,50±0,55 ^a	36,62±2,98 ^b	7,97	<0,001
DRP	12,81±0,14 ^a	11,72±0,25 ^a	12,93±0,34 ^a	12,08±0,28 ^a	10,51±1,12 ^b	4,75	<0,001
NBP	16,40±0,21 ^a	15,30±0,60 ^a	16,86±0,40 ^a	17,00±0,45 ^a	16,12±1,20 ^a	1,50	0,189
PES	1,25±0,02 ^a	0,99±0,07 ^{ab}	1,17±0,05 ^a	0,98±0,04 ^{ab}	0,79±0,24 ^b	9,03	<0,001
LOEP	15,31±0,14 ^a	13,68±0,36 ^b	15,36±0,22 ^a	14,55±0,29 ^{ab}	13,40±1,45 ^b	6,26	<0,001
NMGR	29,58±0,37 ^a	25,53±0,88 ^b	30,48±0,62 ^a	28,22±0,84 ^{ab}	28,24±2,50 ^{ab}	4,53	<0,001
DE	4,38±0,02 ^a	4,04±0,08 ^{ab}	4,23±0,05 ^{bc}	4,05±0,05 ^{bc}	3,84±0,38 ^c	11,86	<0,001
NRG	13,92±0,09 ^a	12,85±0,25 ^b	13,94±0,20 ^a	14,60±0,24 ^a	15,94±1,62 ^c	8,60	<0,001
P100G	28,84±0,38 ^a	27,47±1,08 ^{ab}	27,11±0,67 ^{ab}	23,84±0,66 ^b	18,67±5,93 ^c	13,21	<0,001

N: Nombre d'individus

Les moyennes suivies de la même lettre, dans la même ligne sont égales selon le test de Newman-Keuls (comparaison intergroupe).

4.3.4 Analyse discriminante : L'analyse discriminante a été réalisée en utilisant comme variable catégorielle les cinq groupes obtenus dans la classification hiérarchique. Cette analyse fournit une matrice (Tableau 6) qui confirme 95,32% des classifications issues de la classification hiérarchique ascendante (CHA) et propose un reclassement de certaines accessions analysées. Le test λ Wilk, révèle que 7 des 14 caractères utilisés pour cette analyse (Tableau 7)

permettent une distinction des accessions. Ce sont la hauteur d'insertion de l'épi (HIE), la hauteur de la plante (HPL), le diamètre de l'épi (DE) le cycle de semi-floraison mâle (FLOM), le nombre moyen de grains par rangée (NMGR), le cycle de semi-floraison femelle (FLOF) et le poids de cent grains (P100G). Parmi ces 7 descripteurs, seuls les 4 derniers (P<0.001) contribuent le plus à la variabilité morphologique observée.

Tableau 6: Matrice de classification des groupes basée sur les caractères morphologiques.

	Pourcentage de classification	GI	GII	GIII	GIV	GV	Total
GI	96,90	94	1	2	0	0	97
GII	100,00	0	12	0	0	0	12
GIII	96,77	0	0	30	1	0	31
GIV	92,59	0	0	2	25	0	27
GV	50,00	0	0	0	2	2	4
Total	95,32	94	13	34	28	2	171

G=groupe



Tableau 7: Analyse discriminante basée sur les caractères morphologiques.

Variables	λ Wilk	Partiel λ	F	P	Tolér.	1-Tolér.(R) ²
HIE	0,067	0,805	9,661	<0,001	0,303	0,696
HPL	0,071	0,767	12,096	<0,001	0,299	0,700
DE	0,061	0,886	5,134	<0,001	0,614	0,385
FLOM	0,060	0,904	4,216	<0,001	0,070	0,929
NMGR	0,058	0,940	2,539	0,041	0,921	0,078
FLOF	0,057	0,948	2,159	0,075	0,068	0,931
P100G	0,056	0,972	1,142	0,338	0,532	0,467

Les Coefficients Centrés-Réduits de la Fonction Discriminante Canonique sont présentés dans le tableau 8. La première fonction canonique est la plus importante et explique plus de 88% de la variance totale. Cette fonction permet de distinguer le groupe I et le groupe II qui

comprend des accessions de petite taille par rapport aux autres groupes composés d'accessions de grande taille. La seconde fonction discriminante semble surtout distinguer le groupe V, composé des accessions très tardives et à petit diamètre de l'épi des autres groupes.

Tableau 8: Coefficients Centrés-Réduits de la Fonction Discriminante Canonique.

Axes	1	2
Valeur propre	7,367	0,676
Pourcentage d'inertie cumulée	0,880	1,000
HIE	-0,641	-0,791
HPL	-0,363	1,275
DE	0,350	0,261
FLOM	-0,764	-0,710

La représentation graphique de l'analyse canonique discriminante dans le plan 1-2 (Fig. 2) montre que les groupes I et II situés dans la partie positive de la composante canonique 1 renferment les accessions de taille moyenne et précoces. Le groupe 1 est constitué de 94 accessions au lieu de 97 comme définies précédemment par la CHA. Le groupe II renferme 13 accessions au lieu de 12. Les groupe III et IV situés dans la partie négative de la

composante 1 sont caractérisés par les accessions de grande taille et tardives. Le groupe III est constitué de 34 accessions au lieu de 31 accessions précédemment définies par la CHA et le groupe IV de 28 accessions au lieu de 27. Le groupe V est le plus éloigné des autres groupes. Il est composé de 2 accessions au lieu de 4 accessions comme définies par la CHA. Ces accessions sont très tardives et possèdent de petits épis avec de petits grains.

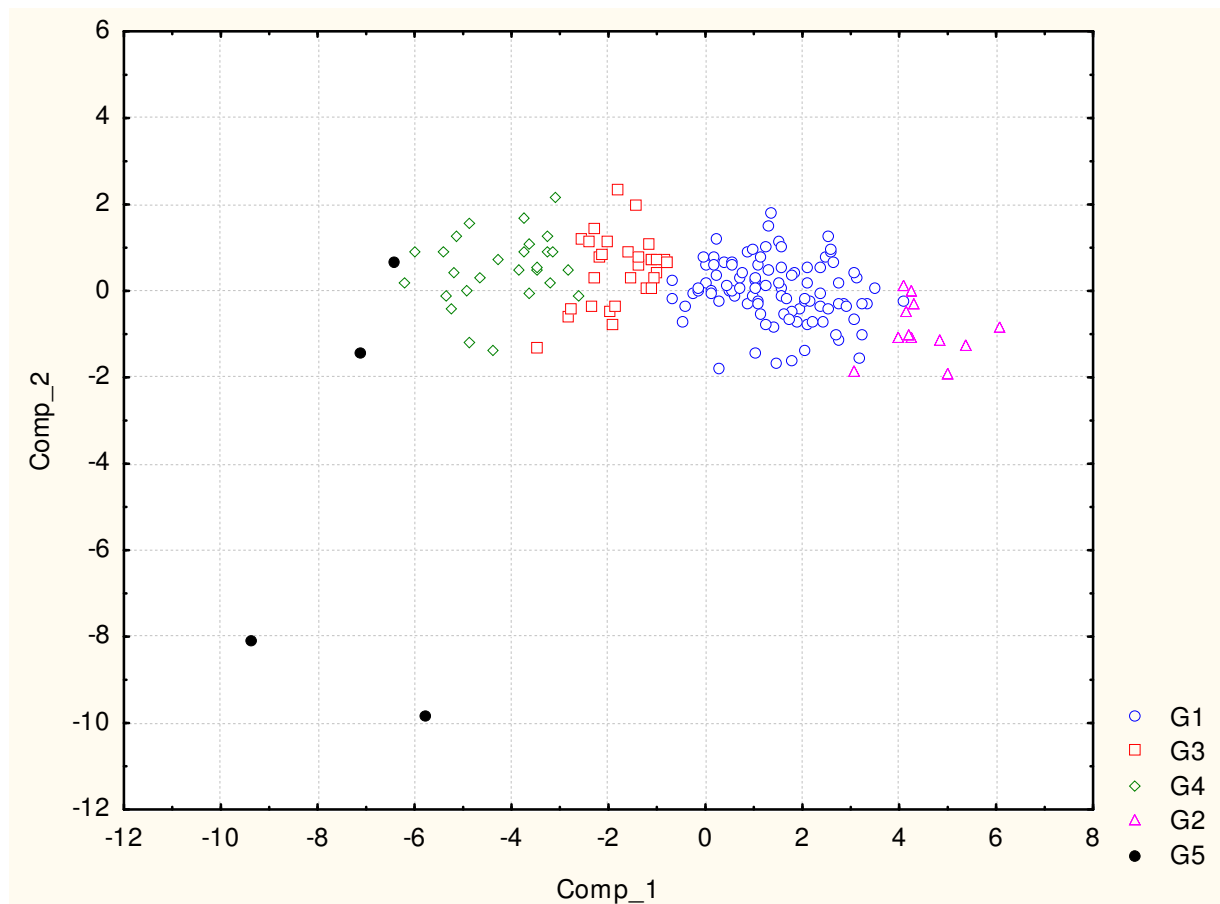


Figure 2: Représentation des différents groupes dans le plan canonique discriminant formé par les composantes canoniques 1 et 2. G1 = groupe 1; G2 = groupe 2; G3 = groupe 3; G4=groupe 4; G5 = groupe 5.

5 DISCUSSION

La connaissance de la variabilité génétique est essentielle en sélection variétale. La mise en évidence de cette variabilité génétique pour certains caractères morphologiques constitue la première étape indispensable dans la description des ressources génétiques (Radhouane, 2004). L'analyse de la diversité au plan agromorphologique des accessions locales de maïs cultivées en Côte d'Ivoire a révélé des écarts importants entre les caractères analysés, ce qui témoigne d'une forte hétérogénéité phénotypique entre les 171 accessions. Cette diversité morphologique a été structurée en cinq groupes qui se différencient par la hauteur de la plante, la hauteur d'insertion de l'épi, le cycle de semi-floraison mâle et le diamètre de l'épi. Ces

caractères ont permis de distinguer les groupes de maïs précoces et intermédiaires, de taille moyenne des groupes de maïs tardifs et de grande taille. Des résultats similaires ont été obtenus par Attiey (1991) en analysant 200 accessions de maïs cultivées au Centre de la Côte d'Ivoire. Cette structuration de la diversité morphologique montre que chez les maïs cultivés, la différenciation morphologique est souvent basée sur les traits agronomiques (Sanou, 1996; Hidayat *et al.*, 2008). La sélection phénotypique paysanne basée sur les caractères perceptibles (phénologiques, végétatifs, épi) pourrait expliquer la contribution de ces variables à la structuration de la variabilité. Selon Louette (1994), les caractères végétatifs (hauteur de la plante et



hauteur d'insertion de l'épi), la longueur du cycle et certains paramètres de l'épi comme le diamètre sont les principaux critères utilisés par les paysans de Cuzalapa (Mexique) pour identifier les variétés de maïs. L'importance de la durée semi-floraison dans la différenciation des accessions est dû au fait que l'ensemble des descripteurs qui participent à la distinction sont liés à ce descripteur. Outre ces caractères, le facteur agro écologique joue également un rôle important dans la structuration de la diversité morphologique. Les groupes de maïs précoces (GII) et intermédiaires (GI) proviennent en générale des zones agro écologiques où la pluviométrie est moins élevée (800 à 1300 mm par an), notamment le Nord et le Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. En revanche les groupes de maïs tardifs (GIII & GIV) et très tardifs (GV) proviennent surtout des zones agro écologiques

6 CONCLUSION

Les résultats préliminaires sur la diversité et la structuration morphologique du maïs cultivé en Côte d'Ivoire montrent clairement que les accessions analysées présentent une variation pour l'ensemble des caractères utilisés, en particulier ceux liés à la phénologie, à l'architecture et aux rendements. Cette variabilité génétique observée entre accession constitue un atout pour les travaux de sélection. Les différences observées entre les groupes issues de la classification hiérarchique indiquent que le groupe GII est constitué d'individus de taille réduite ($HPL = 181,83 \pm 2,57$ cm) avec des épis insérés à faible hauteur ($92,86 \pm 1,81$) Ce groupe

7 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Fonds Ivoire-Suisse de Développement Économique et Social (FISDES) et le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) pour l'appui financier

8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aboua F, Nemlin J, Kossa A and Kamenan A: 1989. Transformation traditionnelle de quelques céréales cultivées en Côte d'Ivoire. In: Céréales en régions chaudes

où la pluviométrie est importante (Ouest et Sud-Ouest) (> 2000 mm). Ces résultats sont en accord avec Sanou, (1996) qui indique l'existence d'une relation étroite entre la longueur du cycle et la disponibilité en eau. La structuration de la diversité morphologique selon les zones agro écologiques a été mentionnée pour diverses plantes. Akanvou *et al.* (2012) indiquent qu'elle permet de distinguer les mils (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) de la Côte d'Ivoire en deux grands groupes: un groupe de mils de taille moyenne et précoce, cultivé au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire et un groupe de mils de grande taille et tardive, cultivé au Nord-Est du pays. Cette situation peut être expliquée par l'absence quasi-totale d'échange de semences entre les différentes régions de culture. Ce qui favorise le maintien de la variabilité de chaque groupe qui évolue de façon isolée des autres.

présente les meilleures caractéristiques végétatives. Il peut servir de source de géniteurs dans un programme visant l'amélioration de la hauteur de la plante. En revanche le groupe GI et le groupe GIII renferment des accessions dotés des meilleures caractéristiques d'épi et de grains et peuvent servir de source de géniteurs pour améliorer le rendement. Il est important d'associer aux caractères morphologiques des techniques moléculaires telles que les microsatellites qui permettront de mieux caractériser les accessions à l'intérieur des différents groupes.

de cette étude à travers le projet de reconstitution des ressources génétiques alimentaires de la Côte d'Ivoire, mise en œuvre par le CNRA.

(Eds by Parmentier M & Foua-Bi K), 223-229. AUPELF-UREF, Paris, France.
Abu-Alrub I, Christiansen J, Madsen S, Sevilla R and Ortiz R: 2004. Assessing tassel, kernel and ear variation in Peruvian



- highland maize. *Plant Genetic Resources Newsletter* 137: 34-41.
- Akanvou L: 1997. Réponses de 19 variétés de maïs de maturités différentes à l'infestation artificielle de *Striga hermontica*. In : Strategy for sustainable maize production in west and central Africa (Eds by Badu-Apraku B, Fakorede MAB, Ouédraogo M and Quin FM). Proceedings of a regional maize workshop 21-25 April, 1997. IITA, Cotonou, Benin. 311-318.
- Akanvou L, Akanvou R, Kouakou CK, N'DA HA, Koffi KGC: 2012. Évaluation de la diversité agromorphologique des accessions de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.). *Journal of Applied Biosciences* 50: 3468-3477.
- Alika JE, Aken'Ova ME and Fatokun CA: 1993. Variation among maize (*Zea mays* L.) accessions of Bendel State, Nigeria. Multivariate analysis of agronomic data. *Euphytica* 66: 65-71.
- Attiey K: 1991. Contribution à l'évaluation de la variété des cultivars traditionnels de maïs du Centre de la Côte d'Ivoire. In: État d'avancement de la recherche de la production de cultures vivrières en Afrique semi-aride (Eds by Menyonga JM, Bezuneh T, Yayock JY, Soumana I), 213-223. Communication scientifiques présentées à la conférence inter-réseaux de l'OUA/CSTR-SAFGRAD sur la recherche et la production de cultures vivrières dans les régions semi-arides d'Afrique sub-saharienne, Niamey, Niger, 7-14 Mars 1991.
- Barro-Kondombo CP, Brocke KV, Chantreau J, Sagnard F and Zongo JD: 2008. Variabilité phénotypique des sorghos locaux de deux régions du Burkina Faso: la Boucle du Mouhoun et le Centre-Ouest. *Cahiers d'Agricultures* 2 (17): 107-113.
- Beninga MB: 1993. Bilan des travaux d'amélioration variétale en Côte d'Ivoire. In: Le mil en Afrique. Diversité génétique et Agro-physiologique : Potentialité et contraintes pour l'amélioration génétique et agriculture (Ed by Hamon S), 21-32. (Colloques et Séminaires). Réunion Thématique sur le Mil (*Pennisetum glaucum* L.), Montpellier, France, 24-26 novembre 1992.
- Brandolini A and Brandolini A: 2001. Classification of Italian maize (*Zea mays* L.) germoplasm. *Plant Genetic Resources Newsletter* 126: 1-11.
- Djè Y, Heurtz M, Ater M, Lefebvre C and Vekemans X: 2007. Évaluation de la diversité morphologique des variétés traditionnelles de sorgho du Nord-ouest du Maroc. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 11(1) : 39-46.
- Empereire L, Gilda SM, Fleury M, Robert T, Mckey D and Pujol B: 2003. Approche comparative de la diversité génétique et de la diversité morphologique des manioc en Amazonie (Brésil et Guyanes). *Actes du BRG* 4: 247-267.
- Jaaska V: 2001. Isoenzyme diversity and phylogenetic relationships among the American beans of the genus *Vigna Savi* (Fabaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 29: 1153-1173.
- IPGRI: 1991. Descriptors for Maize. CIMMYT / IPGRI, Mexico City, Mexique / Rome, Italy. 100 pp.
- Kagne P, Namba F, Nadjiam D et Mbayhoudel K: 2003. Diversification de l'utilisation du maïs dans l'alimentation humaine au Tchad: In maïze révolution in West and Central Africa (Eds by Badu-Apraku B, Fakorede MAB, Ouédraogo M, Carsky RJ and Menkir A). Proceedings of a regional maize workshop 14-18 May, 2001. IITA, Cotonou, Benin. 311-318.
- Kenga R and Djourowe G: 2008. Variabilité morphologique des sorghos de saison sèche [Muskwari] du Nord Cameroun. *Plant Genetic Resources Newsletter* 153: 9-14.
- 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: 2100-2109.
- Li Y, Shi YS, Cao YS, Wang TY: 2002. A phenotypic diversity analysis of maize germoplasm preserved in China. *Maydica* 47: 107-114.
- Louette D: 1994. Gestion traditionnelle de variétés de maïs dans la réserve de la biosphère Sierra Manantán (RBSM, états de Jalisco et Colima, Mexique) et conservation *in situ* des ressources génétiques de plantes cultivées. Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure Agronomique Montpellier (France); 245 pages.
- Lucchin M, Barcassia G and Parrini P: 2003. Characterization of a flint maize (*Zea mays* L. convar. mays) Italian landrace: I. Morpho-phenological and agronomic traits. . *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 315-327.
- Pinheiro de Carvalho MAA, José F, Ivo A, Nélia F, Teresa M, Maria R and Mario M: 2008. Évaluation of the maize (*Zea mays* L.) diversity on the Archipelago of Madeira. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 221-233.
- Radhouane, L: 2004. Étude de la variabilité morpho-phénologique chez *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. *Plant Genetic Resources Newsletter* 138: 18-22.
- Salami AE, Adegoke SAO and Adegbite OA: 2007. Genetic variability among maize cultivars grown in Ekiti-State, Nigeria. *Middle-East Journal of Scientific Research* 2 (1): 09-13.
- Sanou J: 1996. Analyse de la variabilité génétique des cultivars locaux de maïs de la zone de savane ouest africaine en vue de sa gestion et de son utilisation. Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure Agronomique Montpellier (France); 98 pages.
- Statistica, 2005. Statistica for windows; version 7.1. Tulsa: StatSoft Inc.