

**DIVERSITÉ MORPHOLOGIQUE DU SORGHO (*SORGHUM BICOLOR*
L. MOENCH) CULTIVÉ AU NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE**

**Kouamé Germain Cyrille KOFFI¹, Louise AKANVOU^{2,*}, René AKANVOU²,
Bi Irié Arsène ZORO¹, Charles Konan KOUAKOU², Hugues Annicet N'DA^{1,2}**

¹*Université d'Abobo-Adjamé, Unité de Formation et de Recherche des
Sciences de la Nature, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*

²*Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Km17, Rte de Dabou,
01 BP 1740 Abidjan, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 17 Janvier 2011, accepté le 24 Mai 2011)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : lakanvou@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Vingt (20) caractères ont été utilisés pour estimer la variabilité morphologique de 81 accessions de sorgho collectées dans le Centre-Nord et le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ces accessions de sorgho ont été évaluées dans un dispositif en blocs complètement randomisés à trois répétitions. Les analyses descriptives ont montré une importante variabilité entre les accessions. L'analyse en composantes principale portant sur 11 caractères quantitatifs a identifié deux composantes principales qui expliquent 76,78 % de la variation totale.

La classification ascendante hiérarchique suivant la méthode d'agrégation de Ward a permis d'identifier cinq groupes. Cette structuration a été confirmée par l'analyse discriminante à travers le test λ -Wilk qui révèle que huit descripteurs que sont le poids de 1000 grains, le nombre de jours à 50 % de floraison, le nombre de feuilles, la distance d'exsertion de la panicule, la longueur, le diamètre de la panicule, la hauteur de la plante et le nombre de talles productives, contribuent significativement à la discrimination des cinq groupes d'accessions formés. Ces groupes ainsi formés sont des entités constituées de pools de gènes différents, pouvant être exploités pour la création de variétés ayant un potentiel de rendement grains et fourragers élevés et adaptées aux zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire.

Mots-clés : *accessions, génétique, variabilité morphologique, céréales.*

ABSTRACT**Morphological diversity of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivated in Northern Côte d'Ivoire**

Twenty (20) traits were used to assess the morphological variability of 81 accessions of sorghum collected in the Centre-North and the North-West of the Cote d'Ivoire. These sorghum accessions were planted in a randomized complete block design with three replications. The descriptive analyses showed significant variability among accessions. The principal component analysis using 11 quantitative traits identified two principal axes that explain 76.78% of the total variability.

The hierarchical classification using Ward's method of aggregation identified five groups of accessions. This structure was confirmed by discriminant analysis through the λ -Wilk test revealed that eight descriptors such as the weight of 1000 grains, days of 50% flowering, number of leaves, distance of panicle exertion, length and diameter of the panicles, plant height and number of productive tillers, contribute significantly to the discrimination of the five groups of accessions. Those groups are separate different gene pools entities that can be exploited in the development of varieties with high potential grain and fodder yield and adapted to the agroecological zones of Côte d'Ivoire.

Keywords : *accessions, genetics, morphological variability, cereals.*

I - INTRODUCTION

Le sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) est une céréale majeure dans plusieurs régions tropicales du monde [1]. Il constitue avec le mil les principales céréales cultivées dans les régions tropicales semi-arides de l'Afrique et de l'Asie [2, 3]. Grâce à un système racinaire important et profondément ancré dans le sol, le sorgho tolère mieux les variations pédoclimatiques que les céréales traditionnelles telles que le riz et le maïs [4,2]. Ceci fait de cette plante, une culture de choix dans les régions où la sécheresse et la pauvreté des sols sont des facteurs limitants.

En Côte d'Ivoire, le sorgho est traditionnellement cultivé dans toute la région Nord du pays comprise entre les 8° et 11° degrés de Latitude Nord. La production annuelle, de 34 379 tonnes en 2007, en fait la quatrième céréale après le riz, le maïs et le mil en termes de production et de consommation [5]. Il est utilisé dans l'alimentation humaine et animale. Les grains finement broyés en farine sont utilisés pour la confection de nombreux mets (galettes, couscous, semoule, bouillies, pains ou beignets) et à la fabrication de bière locale appelée "tchapalo" ou "dolo" [6]. Après la récolte, les tiges sont utilisées pour l'alimentation du

bétail ou comme matériaux de construction. Des cultivars non comestibles de sorgho sont cultivés exclusivement pour le colorant rouge présent dans la gaine foliaire et parfois aussi dans les parties adjacentes de la tige. A Korhogo, les colorants du sorgho ainsi que d'autres sources, riches en tanin, sont associés avec de la boue pour créer les motifs des étoffes peintes [7]. Dans la localité de Ferkessédougou, certains paysans attribuent des vertus thérapeutiques aux colorants de sorgho qui sont utilisés comme médicament dans le traitement contre l'anémie.

Les communautés locales à travers les différents usages du sorgho ont contribué au maintien et à la préservation de la diversité génétique de cette céréale. Une connaissance approfondie de cette diversité, entretenue au niveau local s'avère importante pour la recherche, à des fins de gestion et de valorisation. Des études sur la diversité génétique du sorgho ont été réalisées en utilisant des marqueurs biochimiques et moléculaires [1, 3, 8]. Les marqueurs biochimiques ont permis de révéler une structuration géographique du sorgho cultivé autour de trois pôles : le groupe de l'Afrique de l'Ouest (*guinea*), celui de l'Afrique du Sud (*guinea, bicolor, kafir*) et celui de l'Afrique de Est et du Centre (*caudatum, durra*) Ollitrault [8].

Le sorgho *guinea* est caractérisé par des plantes de grande taille et photosensibles avec une panicule lâche. Leurs grains sont elliptiques, bien exposés par le bâillement des glumes. Ce groupe est particulièrement diversifié. Le sorgho *bicolor*, primitif est caractérisé par des panicules lâches et des petits grains enveloppés par des glumes adhérentes. La race *kafir* est représentée par des plantes de petite taille et avec des panicules compactes et cylindriques. Le sorgho *durra* possède des panicules compactes et des grains globuleux souvent portés par un pédoncule croisé. La race *caudatum* est composée d'individus à panicules de forme variable. Leurs grains sont dissymétriques, aplatis sur la face ventrale et bombés sur la face dorsale. Des études utilisant des caractères quantitatifs et qualitatifs ont montré l'existence d'une grande variabilité au sein de cette espèce [1, 9, 10, 11].

Cependant, peu d'étude portant sur la diversité morphologique du sorgho a été réalisée en Côte d'Ivoire. Les données existantes faisaient état de 445 accessions de sorgho qui ont été détruites pendant la crise politico militaire de 2002. L'évaluation agronomique de ces accessions avait permis d'établir la présence de trois groupes de sorgho *guinea* : *Sorghum guineense*, *S. margaritifera* et *S. gambicum* [12]. L'utilisation des variétés traditionnelles dans la préservation de la diversité génétique pour les générations futures est primordiale. Des prospections et collectes ont été organisées à cet effet dans deux grandes zones productrices du sorgho au Nord de la Côte d'Ivoire. La présente étude vise à caractériser la diversité morphologique des accessions de sorgho collectées dans ces différentes zones prospectées.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Matériel végétal et zone de collecte

L'étude a été conduite en 2008 sur 81 accessions de sorgho dont 68 collectées dans 32 villages du Centre-Nord et 13 provenant de 8 villages du Nord-Ouest. Ces localités constituent avec le Nord-Est les principales zones de culture du sorgho en Côte d'Ivoire. Les coordonnées géographiques et les caractéristiques des zones de collecte sont les suivantes :

- La zone Centre-Nord comprend les régions des Savanes (Korhogo, Ferkessedougou, Boundiali et Tengréla) et de la vallée du Bandama (Katiola et Dabakala). Elle est située entre 8°00 et 10°00 de latitude Nord et 4°00 et 6°00 de longitude Ouest.. Elle est caractérisée par des formations végétales savanicoles. Certains sols à fort pourcentage de gravillons ferrugineux sont rouges, d'autres, de plaines alluviales, sont sablo-argileux. La pluviométrie varie entre 1100 et 1300 mm par an [13].
- La zone Nord-Ouest prend en compte la région du Denguélé (Odienné). Elle se situe entre 8°00 et 10°00 de latitude Nord et 7°00 et 8°00 de longitude Ouest. La pluviométrie annuelle varie de 1300 à plus de 1600 mm par an. Cette zone se caractérise par des bas-fonds humides, des sols ferrallitiques souvent cuirassés [13].

II-2. Site expérimental

L'essai a été mis en place à la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Lataha (latitude : 9°34 N ; longitude : 5°34 O) en 2008. Cette station est située à Korhogo en zone de savane.

Les 81 accessions ont été mises en culture selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Dans les blocs, chaque accession est représentée sur deux lignes de 5 m. Dix grains environ ont été semés par poquet avec un espacement de 1 m entre les lignes et 0,70 m entre les poquets sur la ligne. Un démariage à 1 plant par poquet a été effectué 21 jours après le semis. L'essai a été conduit avec un épandage d'engrais de fond NPK (12, 22, 22) à la dose de 150 kg.ha⁻¹ au semis. A la montaison (30 à 50 jours après semis), 50 kg.ha⁻¹ d'urée à 46 % N, ont été appliqués comme engrais de couverture.

II-3. Variables observées

Vingt caractères, dont onze quantitatifs et neuf qualitatifs ont servi à décrire les accessions de sorgho. Ces variables ont été sélectionnées dans le descripteur du sorgho [14]. Les observations et mesures ont été effectuées sur

10 plantes choisies de façon aléatoire sur chaque parcelle élémentaire, soit un effectif de 30 individus par accession. Ces caractères sont liés à l'architecture de la plante, à l'inflorescence, à la morphologie de la panicule et à la morphologie des grains.

II-4. Analyses statistiques

Les données enregistrées ont été dans une première phase soumises à une analyse descriptive. Les moyennes, minimales, maximales et l'erreur standard de la moyenne ont été déterminés pour l'ensemble des 11 variables quantitatives utilisées. La fréquence de distribution des différents types phénotypiques à l'intérieur des caractères qualitatifs pour l'ensemble des accessions à été également calculées.

Une analyse en composantes principales (ACP), une classification hiérarchique ascendante (CHA) par la méthode Ward et une analyse factorielle discriminante (AFD) ont été réalisées avec le logiciel Statistica version 7.1.

III - RÉSULTATS

III-1. Distribution des variables qualitatives

Sur l'ensemble des 81 accessions, on observe la prédominance d'un type morphologique pour les caractères type de grain (TyGr), couverture des grains (CvGr) et égrenage (EgRe) (*Tableau 1*). Ainsi, 87,65% des accessions possèdent des panicules qui s'égrènent complètement et toutes les accessions produisent des grains de type simple qui sont recouverts à moitié par les glumes. Les caractères les plus variables sont le type de tallage (TyTa), la sensibilité à la verse (SeVe), la couleur de la graine (CoGr) et la couleur de la glume (CoGl).

La caractéristique la plus visible de cette hétérogénéité est la richesse des formes de panicules. Sur les cinq formes de panicule observées les types très lâches et demi lâches sont les plus abondants (48,15 % et 45,68 %). La couleur du caryopse peut être rouge, blanc ou brun. Cependant, les sorghos à grain blanc et rouge sont dominants. Les glumes varient de la terre de sienne au noir en passant par les couleurs rouge et pourpre. Par ailleurs, les accessions ont un port érigé ou intermédiaire et le plus souvent sensible à la verse (43,21 %).

Tableau 1 : Proportion des différents types morphologiques des 9 caractères qualitatifs

Caractères	Types morphologiques	Distribution	
		Nombre	Fréquence(%)
Type de Tallage (TyTa)	Erigé	45	55,56
	Intermédiaire	36	44,44
	Total	81	100,00
Sensibilité à la Verse (SeVe)	Faible	29	35,80
	Moyen	17	20,99
	Elevé	35	43,21
	Total	81	100,00
Forme de la panicule (FoPa)	Très lâche à ramifications primaires retombantes	39	48,15
	Lâche à ramifications primaires érigées	1	1,23
	Lâche à ramifications primaires retombantes	2	2,47
	Demi-lâche à ramifications primaires érigées	37	45,68
	Elliptique demi-compacte	2	2,47
	Total	81	100,00
Egrenage (EgRe)	Egrenage élevé	10	12,35
	Egrenage complet	71	87,65
	Total	81	100,00
Couleur de la graine (CoGr)	Blanc	41	50,62
	Rouge	37	45,68
	Brun	3	3,70
	Total	81	100,00
Forme de la graine (FoGr)	Fossette	41	50,62
	Convexe	40	49,38
	Total	81	100,00
Couleur de la glume (CoGl)	Terre de sienne	43	53,09
	Rouge	14	17,28
	Pourpre	1	1,23
	Noir	23	28,40
	Total	81	100,00
Couverture de la graine (CvGr)	25% grain couvert	0	0,00
	50% grain couvert	81	100,00
	75% grain couvert	0	0,00
	Total	81	100,00
Type de Graine (TyGr)	Simple	81	100,00
	Jumelée	0	0,00
	Total	81	100,00

III-2. Analyse des caractères quantitatifs

Les valeurs moyennes, minimales, maximales et l'erreur standard de la moyenne des caractères quantitatifs sont présentées dans le **Tableau 2**. Des écarts importants sont observés entre les minima et les maxima pour tous les caractères utilisés, indiquant une forte différenciation entre les accessions. La hauteur des plantes varie entre 206 et 513,6 cm avec une moyenne de $349,9 \pm 6,5$ cm. Les accessions ont un cycle moyen (semis – nombre de jours à 50% de floraison) de $89,1 \pm 1,2$ jours. La plus précoce a fleuri 66 jours après semis et la plus tardive à 119 jours. Les paramètres liés au rendement sont également très variables. Le poids de 1000 grains (P1000), par exemple, varie de 8,2 g pour les accessions à petits grains à 27,4 g pour celles à gros grains, soit plus du triple.

Tableau 2 : Valeur moyenne \pm erreur standard de la moyenne, minimale et maximale des 11 caractères quantitatifs analysés sur 81 accessions de sorgho

Caractères	Moyenne \pm erreur standard de la moyenne	Minimum	Maximum
NoTT	$4,2 \pm 0,2$	1	14
HaPl (cm)	$349,9 \pm 6,5$	206	513,6
DiPl (mm)	$10,4 \pm 0,2$	6	16,3
NoFe	$11 \pm 0,3$	7	24
LoEn (cm)	$30,6 \pm 0,7$	13,8	47
NoTP	$3,9 \pm 0,2$	1	10,6
NoJF (jours)	$89,1 \pm 1,2$	66	119
DiEP (cm)	$14,8 \pm 1,0$	0	44,5
DiPa (cm)	$11,7 \pm 0,2$	5,6	20,1
LoPa (cm)	$39,9 \pm 0,5$	28,8	58,2
P1000 (g)	$16,8 \pm 0,6$	8,2	27,4

NoTT : Nombre de Total de Talles ; HaPl : Hauteur de la plante ; DiPl : Diamètre de la plante ; NoFe : Nombre de feuilles ; LoEn : Longueur de l'entre-nœud ; NoTP : Nombre de talles productives ; NoJF : Nombre de jours à 50 % de floraison ; DiEP : Distance d'exsertion de la panicule ; DiPa : Diamètre de la panicule ; LoPa : Longueur de la panicule ; P1000 : Poids de 1000 grains

III-3. Structuration de la diversité morphologique

III-3-1. Analyse en composantes principales (ACP)

Les composantes principales de valeur propre supérieure à 1, représentées dans le **Tableau 3** donnent une estimation du pourcentage de la variabilité observée. Les deux premières composantes axe 1 et axe 2 regroupent 76,78% de la variabilité totale. La première composante (axe 1) explique 40,84% de cette variabilité. Elle est définie par les variables reliées au poids des grains, P1000 (+0,87), au diamètre des plants, DiPl (+0,88), à la longueur des panicules, LoPa (+0,69) et à la hauteur de la plante, HaPl (+0,65). Cet axe décrirait les accessions de grande taille et productives. Le deuxième axe exprime 35,94% de la variabilité totale. Il se définit en termes de nombre de feuilles, NoFe (+0,96) et nombre de jour à 50% de floraison, NoJF (+0,83).

Tableau 3 : Valeurs propres et contribution des caractères aux axes 1 et 2 de l'analyse en composantes principales

Composante principale	Axe 1	Axe 2
Valeurs propres	4,49	3,95
Pourcentage inertie (%)	40,84	35,94
Pourcentage inertie cumulé (%)	40,84	76,78
Variables définissant les axes et leurs valeurs propres	NoTT (-0,81)	NoJF (+0,83)
	HaPl (+0,65)	DiEP (-0,70)
	DiPl (+0,88)	DiPa (-0,78)
	NoTP (-0,77)	NoFe (+0,96)
	P1000 (+0,87)	
	LoEn (+0,66)	
	LoPa (+0,69)	

NoTT : Nombre de Total de Talles ; HaPl : Hauteur de la plante ; DiPl : Diamètre de la plante ; NoFe : Nombre de feuilles ; LoEn : Longueur de

l'entre-nœud ; NoTP : *Nombre de talles productives* ; NoJF : *Nombre de jours à 50 % de floraison* ; DiEP : *Distance d'exsertion de la panicule* ; DiPa : *Diamètre de la panicule* ; LoPa : *Longueur de la panicule* ; P1000 : *Poids de 1000 grains*.

La répartition des variables décrivant les 81 accessions est présentée par la **Figure 1**. L'axe 1 oppose les accessions de sorgho à tige épaisse, produisant de gros grains avec peu de talles aux accessions de petite taille avec un grand nombre de talles dont les panicules possèdent de petits grains. L'axe 2 discrimine les accessions à floraison tardive présentant de petites panicules avec une mauvaise exsertion et celles hâtives ou intermédiaires à panicule large.

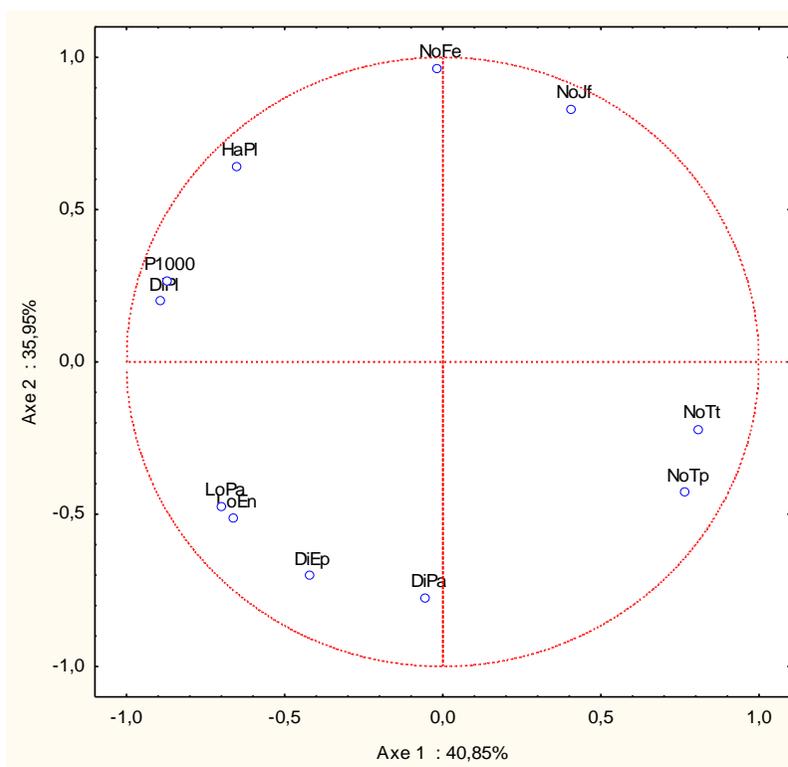


Figure 1 : *Distribution des variables dans le plan 1-2 révélée à partir de l'ACP chez 81 accessions de sorgho*

III-3-2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Une classification hiérarchique des 81 accessions réalisée selon le critère d'agrégation de Ward à partir des valeurs moyennes des variables quantitatives a produit le dendrogramme de la **Figure 2**. Suivant la troncature au niveau 10, cinq groupes d'accessions se distinguent dont le groupe 1 est originaire de la région du Denguélé (Nord-Ouest) et les autres groupes (2, 3, 4 et 5) proviennent de la région des Savanes (Centre –Nord). L'analyse multiple de variance (MANOVA) a montré une différence significative entre les cinq groupes ($F= 28,14$; $P < 0,001$). Les caractéristiques de ces différents groupes sont présentées dans le **Tableau 4** :

Le groupe 1 est composé de 13 accessions originaires d'Odienné (Nord-Ouest). Elles se distinguent principalement par un nombre de talles élevé (6 talles en moyenne). Ce sont des plantes tardives (cycle de semi-floraison : 103,5 jours) relativement de petite taille (293,3 cm). Elles présentent une mauvaise exsertion des panicules (distance exsertion inférieure à 3,3 cm) et portent de petits grains (poids de 1000 grains : 9,1 g). Elles sont particulièrement cultivées par les Malinké.

Le groupe 2 comprend 27 accessions et est caractérisé par des plantes précoces (semi-floraison : 83,2 jours) avec un nombre de talles élevé (5 talles). Ce groupe est également constitué des accessions à petits grains, mais de couleur rouge (poids de 1000 g : 12,6 g). Ces accessions proviennent de la région des savanes (Centre-Nord).

Le groupe 3 est constitué par 22 accessions. Ce groupe renferme les plantes les plus précoces (semi-floraison : 79,9 jours) possédant les plus larges (diamètre de la panicule : 13,1 mm) et les plus longues panicules (45,3 cm) portant de gros grains (poids de 1000 grains : 20,9 g). Ces plantes de taille relativement importante (350,3 cm) possèdent le plus petit nombre de feuilles (9 feuilles en moyenne). Elles sont originaires de la région des savanes (Centre-Nord).

Le groupe 4 est constitué de 16 accessions originaires de la région des savanes. Les plantes de ce groupe sont tardives (semi-floraison : 95,7 jours). Elles sont de haute taille (432 cm) munies de beaucoup de feuilles (16 feuilles en moyenne). Elles portent les plus gros grains (poids de 1000 grains : 24,3 g) et tallent peu (3 talles en moyenne).

Le groupe 5 est formé par 3 accessions. Il associe des individus de très grande taille (445,5 jours) portant le nombre de feuilles le plus élevé (20,7 feuilles en moyenne) et possédant le plus long cycle cultural (semi-floraison : 113,4 jours). Les panicules trapus (diamètre : 7,9 mm ; longueur : 33,5 cm) portent de gros grains (poids de 1000 grains : 18,3 cm).

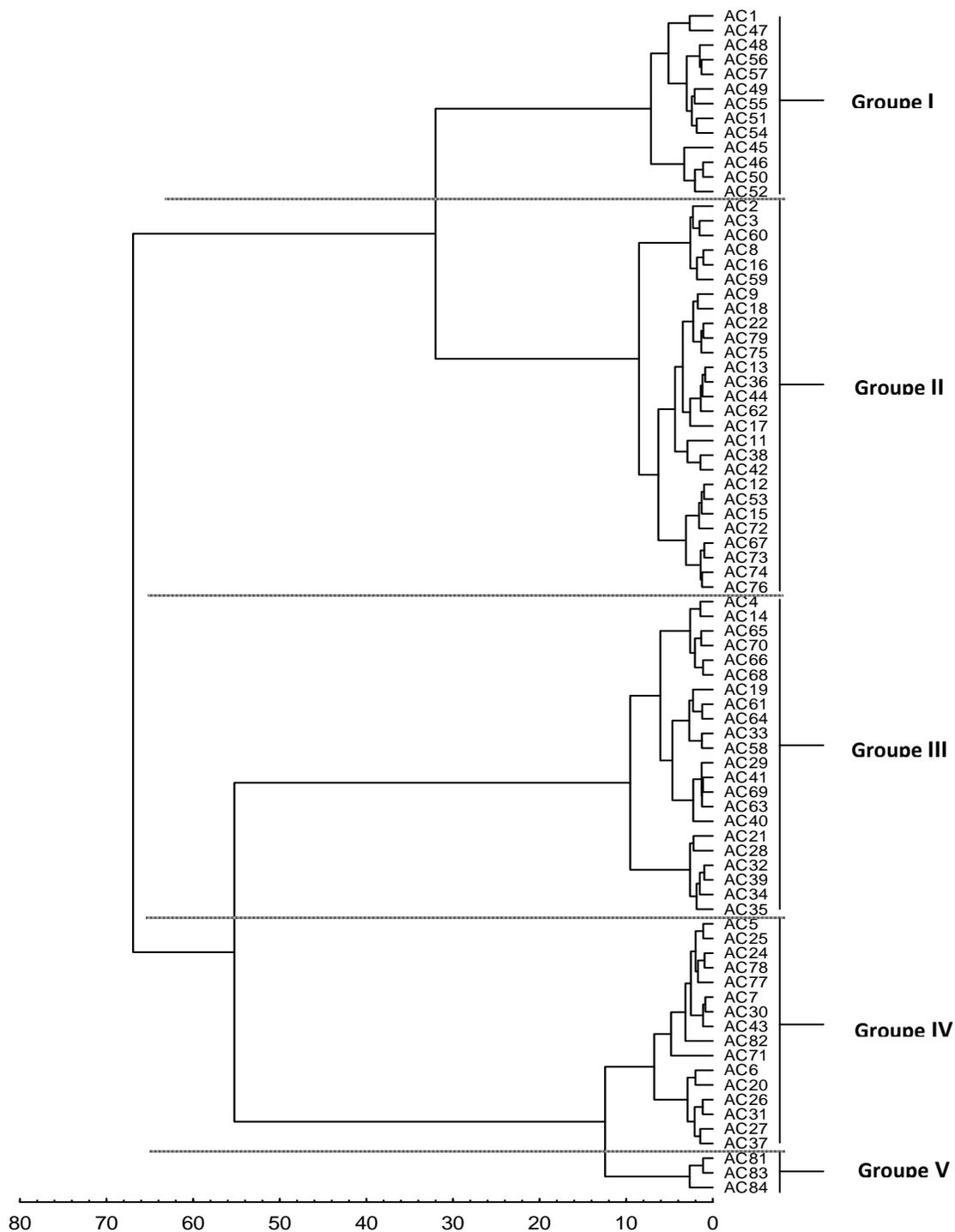


Figure 2 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des accessions

Tableau 4 : Principaux traits caractéristiques des cinq groupes d'accessions de sorgho collectées dans le Nord de la Côte d'Ivoire

Variables	Groupe 1 N= 13	Groupe 2 N= 27	Groupe 3 N= 22	Groupe 4 N= 16	groupe 5 N= 3	F	P
NoTT	7,38 ± 2,83 ^a	4,71 ± 1,59 ^b	3,07 ± 0,73 ^c	2,65 ± 0,11 ^c	1,26±2, 26 ^c	25,79	<0,0001
HaPI (cm)	293,40 ± 33,46 ^d	319,68 ± 28,16 ^c	351,10 ± 34,10 ^b	433,10 ± 29,89 ^a	453,24 ± 3,45 ^a	62,56	<0,0001
DiPI (mm)	7,54 ± 0,47 ^c	9,62 ± 1,07 ^b	11,70±1,0 ^a	12,21±1, 26 ^a	12,21±0 ,53 ^a	67,66	<0,0001
NoFe	12,04 ± 0,65 ^c	10,07 ± 0,83 ^d	8,99 ± 0,86 ^e	15,40 ± 1,82 ^b	21,12 ± 1,08 ^a	144,66	<0,0001
LoEn (cm)	23,25 ± 3,23 ^c	30,63 ± 3,92 ^b	36,85 ± 4,07 ^a	29,60 ± 4,93 ^b	20,20 ± 7,21 ^c	26,69	<0,0001
NoTP	5,67 ± 1,50 ^a	4,54 ± 1,02 ^b	3,28 ± 0,61 ^c	2,56 ± 0,46 ^d	1,42 ± 0,13 ^d	34,16	<0,0001
NoJF (jours)	103,46 ± 6,98 ^b	83,36 ± 3,22 ^d	79,86 ± 3,84 ^e	96,28 ± 3,65 ^c	113,44 ± 3,00 ^a	104,98	<0,0001
DiEP (cm)	3,39 ± 2,52 ^d	18,20 ± 4,85 ^b	23,66 ± 4,95 ^a	7,66 ± 4,71 ^c	2,60 ± 2,19 ^d	73,74	<0,0001
DiPa (cm)	11,85 ± 1,25 ^b	11,84 ± 1,43 ^b	13,18 ± 1,63 ^a	9,84 ± 0,99 ^c	7,90 ± 1,05 ^d	19,02	<0,0001
LoPa (cm)	34,94 ± 2,06 ^c	38,60 ± 2,93 ^b	45,3 ± 3,78 ^a	40,26 ± 2,88 ^b	33,48 ± 0,76 ^c	31,15	<0,0001
P1000 (g)	9,11 ± 0,64 ^e	13,02 ± 2,41 ^d	20,93 ± 2,15 ^b	24,29 ± 1,52 ^a	18,28 ± 0,84 ^c	267,23	<0,0001

III-3-3 Analyse factorielle discriminante (AFD)

L'analyse factorielle discriminante (AFD) a été effectuée à partir des 11 variables quantitatives et des cinq groupes définis par la classification ascendante hiérarchique. Sur l'ensemble des 11 caractères quantitatifs, l'analyse factorielle discriminante, à travers le test λ -Wilk, a révélé 8 descripteurs qui contribuent significativement à la discrimination des cinq groupes d'accessions formés (**Tableau 5**). La hiérarchie des variables discriminantes est la suivante : poids de 1000 grains (P1000), nombre de jours à 50 % de floraison (NoJf), nombre de feuilles (NoFe), distance d'exsertion de la panicule (DiEP), longueur de la panicule (LoPa), diamètre de la panicule (DiPa), hauteur de la plante (HaPl) et nombre de talles productives (NoTP). Parmi ces 8 descripteurs, seuls les 4 premiers ($P < 0.001$) contribuent le plus à la variabilité morphologique observée.

Tableau 5 : Variables discriminantes et paramètres statistiques associés

Variabiles	λ Wilk	P
P1000	0,350559	<0,001***
NoJf	0,401940	<0,001***
NoFe	0,564289	<0,001***
DiEP	0,671959	<0,001***
LoPa	0,806808	0,005*
DiPa	0,824285	0,010*
HaPl	0,858360	0,030*
NoTP	0,871844	0,048*

*** : Très significatif au seuil de 1%

* : Significatif au seuil de 5%

Le **Tableau 6**, résultant de l'analyse factorielle discriminante, donne les pourcentages d'inertie et les paramètres qui contribuent le plus à la définition des deux premières composantes canoniques. Ces derniers rendent compte de la plus grande partie de la dispersion, car ils décrivent à eux seules 93,92 % de la variabilité totale.

Tableau 6 : Pourcentage d'inertie et définition des axes de l'analyse factorielle discriminante pour les 5 groupes formés par CAH

Fonction discriminante canonique	Axe 1	Axe 2
Valeur propre	23,96	41,78
Pourcentage d'inertie (%)	68, 20	25, 72
Pourcentage inertie cumulé (%)	68, 20	93,92
HaPl	-0,02	+0,00
NoFe	-0,03	+0,32
LoEn	+0,08	-0,06
NoJF	+0,09	+0,07
DiEP	+0,06	-0,15
DiPa	+0,49	-0,06
LoPa	-0,17	-0,11
P1000	-0,60	-0,01

La **Figure 3** présente la répartition des centres de gravité des groupes et des individus dans le plan formé par les axes canoniques 1 et 2 de l'AFD. Les groupes présentent une séparation distincte.

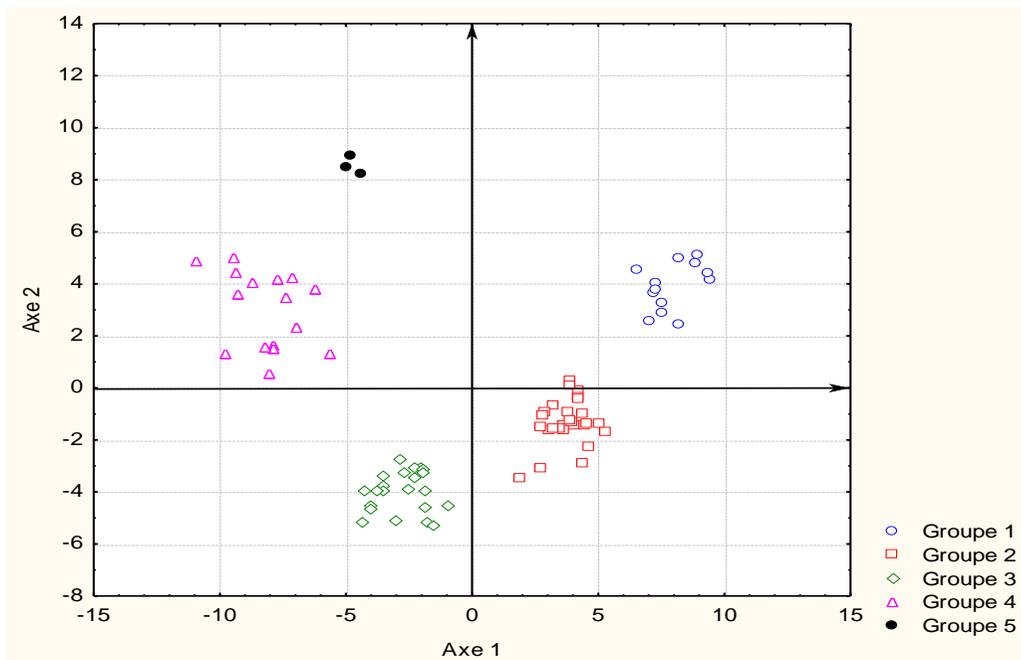


Figure 3 : Répartition des 81 accessions de sorgho collectées dans le Nord de la Côte d'Ivoire dans le plan 1 – 2 de l'analyse discriminante

La composante canonique 1 représente plus de la moitié de la variabilité totale avec 68, 20 %. Elle permet de distinguer les groupes 1 et 2 (caractérisés par la petitesse de leurs grains) des groupes 3, 4 et 5, repartis dans la partie négative de cet axe et qui concentrent les accessions de sorgho à gros grains. Par ailleurs, la composante canonique 2 (avec 25,72% de la variabilité totale) oppose les groupes de sorgho précoces situés dans la partie négative de l'axe 2, aux groupes de sorgho tardifs localisés dans la partie positive du même axe.

IV – DISCUSSION

Une forte hétérogénéité morphologique a été mise en évidence entre les 81 accessions collectées. Les types phénotypiques présentent une gamme importante de variation pour la majorité des caractères qualitatifs étudiés. Ainsi, cinq types de panicules pour l'ensemble des 81 accessions analysées ont été observés. Cependant, les formes paniculaires lâches sont les plus abondantes (97,53 %). Les grains de ces accessions sont recouverts à moitié par les glumes. Suivant la classification décrite par Harlan et de Wet [15], le sorgho à panicule lâche dont les grains sont exposés correspond à la race *guinea*. Les sorghos cultivés dans les zones Centre-Nord et Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire seraient donc en majorité de la race *guinea* qui constitue le centre de diversité des sorghos en Afrique de l'Ouest [16]. En outre, les *guinea* sont particulièrement bien adaptés aux zones bien arrosées [17] comme la zone d'étude où la pluviométrie annuelle est comprise entre 1100 et 1600 mm. La prédominance de la race *guinea* en Afrique de l'Ouest a été également rapportée par Barro Kondombo *et al.* [10] avec 96,8 % de sorgho *guinea* rencontré au Burkina Faso.

Les écarts importants entre les minima et les maxima pour tous les caractères quantitatifs montre qu'il existe une grande diversité au sein des accessions collectées. Ayana et Bekele [18] ont également fait les mêmes observations en Ethiopie sur 415 accessions de sorgho évaluées par 15 paramètres quantitatifs. L'importante variabilité morphologique des accessions peut être attribuée aux modes de gestion de semences des paysans. Dans des conditions de culture traditionnelle où les agriculteurs produisent eux-mêmes les semences, plusieurs cultivars de sorgho peuvent être présents dans un champ [19, 20]. Les flux de gènes vont se produire et contribuer, même à faible taux, à élargir localement la diversité génétique. L'analyse en composantes principales a révélé que la diversité morphologique des accessions de sorgho collectées est structurée par les caractères végétatifs (hauteur de la plante, nombre de feuilles, nombre de talles, diamètre de la plante), phénologiques (nombre de jours à 50 % de floraison) et de rendement

(diamètre de la panicule, poids de 1000 grains). Cette tendance de la variabilité morphologique a été observée par Didier et Bucheyeki [13,20]. La sélection paysanne basée sur les caractères perceptibles (phénologiques, végétatifs, paniculaires) pourrait expliquer la contribution de ces variables à la structuration de la variabilité. Selon Djè *et al.* [1], les caractères végétatifs, phénotypiques et du rendement sont les plus remarquables au niveau des champs et contribuent à influencer les choix des paysans. En fonction des régions ou de l'utilisation qui en sera faite, le sorgho présentant le cycle de culture le mieux adapté aux conditions climatiques et les caractéristiques végétatives et paniculaires les plus avantageuses sera celui dont les grains seront préférentiellement conservés pour les semis à venir. Ces caractères agronomiques et quantitatifs, bien que soumis à l'influence des conditions environnementales, ne doivent pas être négligés par les gestionnaires des ressources génétiques dans l'étude de la diversité car ils constituent des critères de sélection phénotypique en milieu paysan.

Les analyses multi variées (ACP, CAH et AFD) ont reparti les accessions en cinq groupes, pour lesquels les caractères morphologiques ne sont pas les seuls critères de distinction, mais l'origine géographique joue un rôle important [18, 20-22]. Ainsi le groupe 1 est constitué d'accessions originaires de la région du Denguélé (Nord-Ouest) alors que les autres groupes (2, 3, 4 et 5) sont composés d'accessions provenant de la région des Savanes (Centre-Nord). L'organisation géographique de la diversité morphologique du sorgho peut être expliquée par l'absence quasi-totale d'échange de semences entre les différentes régions de culture. Cette situation favorise le maintien de la variabilité de chaque groupe qui évolue de façon isolée des autres. Les différences observées sont également accentuées au fil des cultures par le mode de reproduction préférentiellement autogame du sorgho.

V - CONCLUSION

Une diversité morphologique a été observée entre les accessions de sorgho collectées. Les types phénotypiques présentent une gamme importante de variation pour la majorité des caractères qualitatifs étudiés. Trois formes de panicules ont été observées : les panicules lâches à ramifications primaires retombantes, demi-lâches à ramifications primaires érigées et elliptiques demi-compactes. Les types de panicules très lâches et demi-lâches sont les plus abondants. Les analyses multivariées ont permis de structurer la diversité observée en cinq groupes. Parmi les différents groupes formés, les groupes 3 et 4 offrent des possibilités de choix de géniteurs pour la création de variétés

de sorgho à haut rendement grains et fourragers, de maturité précoce et tardive et adaptées aux conditions agro écologique de la Côte d'Ivoire. Toutefois pour mieux exploiter cette diversité, il serait judicieux d'utiliser des marqueurs moléculaires tels que les microsatellites.

Remerciements

La réalisation de cette étude a été rendue possible grâce à un financement du Fonds Ivoir-Suisse de Développement Economique et Social (FISDES) dans le cadre du Projet de reconstitution des ressources génétiques alimentaires de la Côte d'Ivoire.

RÉFÉRENCES

- [1] - Y. Djè, M. Heurtz, M. Ater and L.X. Vekemans, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 11 (2007) 30 - 40
- [2] - K.N. Rai, D.S. Murty, D.J. Andrews and P.J. Bramel, *Genome*, 42 (1999) 617-628.
- [3] - A.H. Abu Assar, R. Uptmoor, A. Abdelmula, A.M. Salih, F. Ordon and W. Friedt, *Crop Sci*, 45 (2005) 1636 - 1644
- [4] - J. Chantereau et R. Nicou, Maisonneuve et Larose, Paris, (1991) 159.
- [5] - Countrystat, [www.countrystat.org/civ/cont/pxwebquery/ma/107spd080/fr\(2011\)](http://www.countrystat.org/civ/cont/pxwebquery/ma/107spd080/fr(2011))
- [6] - F. Aboua, J. Nemlin, A. Kossa and A. Kamenan, In "M. Parmentier et K. Foua-Bi", Ed. Céréales en régions chaudes, Paris, AUF, John Libbey Eurotext, (1989) 223 - 229
- [7] - Balole, T.V. and G.M Legwaila, In: Brink, M. and G. Belay, Eds. PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. PROTA, Wageningen, Pays Bas (2006). http://database.prota.org/PROTAhtml/Sorghum_bicolor_Fr.htm
- [8] - P. Ollitrault, M. Arnaud et J. Chanterau, *Agron.Trop*, 44 (1989) 211-221
- [9] - C. Mujaju and E. Chakauya, *Inter. J. of Bot.* 4 (2008): 376-382.
- [10] - C.P. Barro-Kondombo, J. Chantereau, C. Pulchérie, F. Sagnard, K. Vom Brocke and J.D. Zongo, *Cah. Agri.* 17 (2008): 107 – 113
- [11] - R. Kenga et G. Djourou, *Plan. Gen. Resour. News*, 153 (2008) 9 – 14
- [12] - N. Ahoussou, G. Koffi, A. Sangaré et A. Sangaré, *FAO* (1996) ; 75.
- [13] - C. Didier et D. Dulieu, *Fruit* 43 (1988) 735 – 737
- [14] - IBPGR/ICRISAT, *Bioversity International*, Rome, (1993) 38
- [15] - J.R. Harlan and de J.M.J. Wet, *Crop Sci*, 12 (1972) 172-176
- [16] - M. Deu et P.Hamon, *Agric. et Dével*, 3 (1994) 25 - 30
- [17] - A.B.L. Stemler, J.R. Harlan and J.M.J. de Wet, *Bull. Torrey Bot. Club*, 102 (1975) 325 – 333

- [18] - A. Ayana and E. Bekele, *Euphytica*, 115 (2000) 91 – 104
- [19] - A. Barnaud, M. Deu, E. Garine, D. McKey and Joly H, *Theo. and Appl. Genet*, 114 (2007) 237 – 248
- [20] - T.L. Bucheyeki, C. Gwanama, M. Mgonja, M. Chisi, R. Folkertsma and R. Mutegi, *Afri. Crop Sci. J*, 17 (2009) 71 – 86
- [21] - A. Teshome, B.R Baum., L. Fahrig, J.K. Torrance, T.J. Arnason and J.D. Lambert, *Euphytica* 97 (1997) 255 - 263.
- [22] - C. Grenier, P.J. Bramel, J.A. Dahlberg, A. El-Ahmadi, M. Mahmoud, G.C. Peterson, D.T. Rosenow and G. Ejeta, *Gen. Resour. and Crop Evolut.* 51 (2004) 489 - 500.