

Distribution des génotypes en fonction des paramètres qualitatifs

1. Variabilité des paramètres étudiés

Une différence hautement significative ($P < 0,001$) du facteur génotype a été notée pour toutes les variables étudiées dans les deux sites. L'analyse statistique a également montré une différence très significative ($P < 0,001$) de l'interaction Génotype x Site pour tous les paramètres, sauf pour la DSF où elle est significative au seuil de (5%). Cependant, la variable rendement ne diffère pas entre les sites (Tableau 4).

Tableau 4 : Analyse de variance (ANOVA) montrant les moyennes carrées des variables mesurées

Sources	Df	DSF	HPL	PPan	PMG	PGr	Rdt	ScM
Site	1	6306,0***	7198,0***	1647398,0**	1865,7***	1738494,0***	1026640,0 ^{ns}	6,6***
Répétition	2	78,0*	4098,0***	785930,0**	4,6 ^{ns}	217826,0*	952082,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}
Block	6	86,0***	2314,0***	256157,0 ^{ns}	77,7***	139372,0*	1489740,0**	0,0 ^{ns}
Génotype	27	349,0***	9765,0***	745814,0***	133,4***	318079,0***	1980500,0***	0,7***
Rep (Site)	2	16,0 ^{ns}	1174,0*	812564,0**	7,7 ^{ns}	244874,0*	1023303,0 ^{ns}	0,5 ^{ns}
Block (Site)	6	29,0 ^{ns}	699,0 ^{ns}	481727,0**	3,5 ^{ns}	246295,0**	1596165,0**	0,2 ^{ns}
Génotype x Site	27	36,0*	1557,0***	411275,0***	20,2***	170233,0***	1693309,0***	0,9***
Residuals	93	19,0	363,0	152693,0	6,5	61828,0	421830,0	0,2

*** : probabilité < à 0,001, ** : probabilité < à 0,01 et * : probabilité < à 0,05, ns : non significative, DSF : Durée Semis Floraison, HPL : Hauteur Plante, PPan : Poids Panicules, PMG : Poids Mille Grains, PGr : Poids Grain, Rdt : Rendement Grain : Rendement Grain, ScM : Score Moisissure.

2. Variabilité des génotypes étudiés

Le tableau 5 représente la moyenne, l'écart-type, le minimum, le maximum et le coefficient de variation des différentes variables étudiées. La durée semis-floraison a varié de 74 à 101 jours avec un coefficient de variation de 5%. Ceci témoigne de la diversité de cycle au sein des variétés étudiées. La hauteur moyenne dans les deux sites a été de 183,5 cm à la maturité physiologique avec un minimum de 116,1 cm pour la CE151-262 (IRAT 204) et un maximum de 313,6 cm pour Sarioso20. Les paramètres de rendement ont varié en fonction des génotypes. Le poids des panicules a évolué entre 316,6 et 1759,5 g et le poids mille grains a oscillé entre 9,9 et 36,2 g. Le poids des grains a varié entre 155,6 et 1086,5 g et le rendement a fluctué entre 516,9 g pour CE151-262 (IRAT 204) et 3228,4 g pour Diamadjigui. La sévérité des champignons sur les plantes a varié avec des scores compris entre 1 (très faible) et 2 (faible). Dans les deux sites, la compacité des panicules a évolué entre 1 et 4 avec un coefficient de variation de 13,3%. La verse

a eu des scores compris entre 1 et 2. Le statut vert des feuilles à maturité (Stay-green) a été de 3 avec un minimum de 2 (feuilles basales mortes) et un maximum de 5 (toutes les feuilles de la plante mortes).

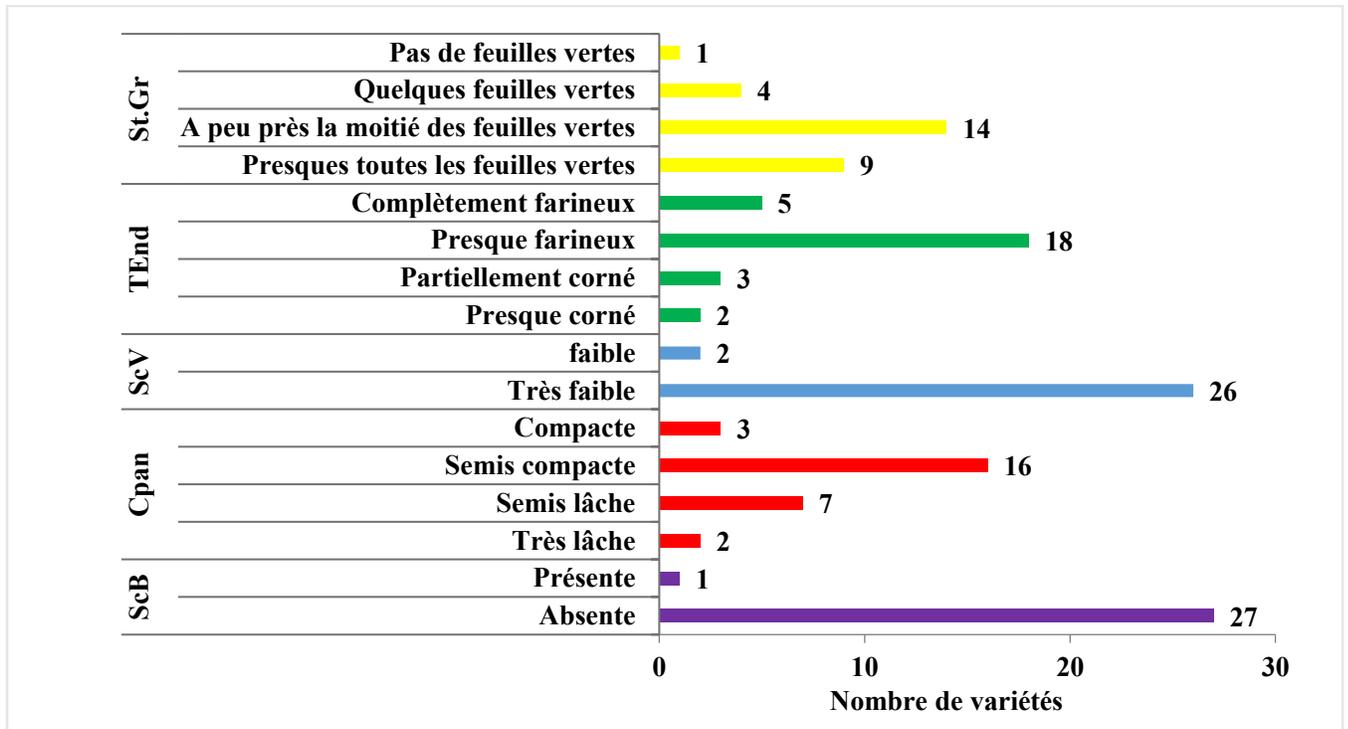
Tableau 5 : Moyenne, écart-type, minimum, maximum et coefficient de variation des différents variables étudiées

Variable	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum	CV
DSF	88,7	7,7	74	101	5,0
HPL	183,5	41,0	116,1	313,6	10,4
PPan	832,2	355,0	316,6	1759,5	46,8
PMG	16,4	5,0	9,9	36,2	15,6
PGr	496,7	232,3	155,6	1086,5	49,9
Rdt	1396,7	619,8	516,9	3228,4	46,9
ScM	2	0	1	2	29,9
SCB	1	0	1	2	30,4
CPan	3	1	1	4	13,3
ScV	1	0	1	2	30,4
TEnd	4	1	2	5	10,0
St.Gr	3	1	2	5	20,3

DSF : Durée Semis Floraison, HPL : Hauteur Plante, PPan : Poids Panicules, PMG : Poids Mille Grains, PGr : Poids Grain, Rdt : Rendement Grain : Rendement Grain, ScM : Score Moisissure, SCB : Sous couche Brune, CPan : Compacité Panicule, ScV : Score Verse, TEnd : Texture Endosperme et St.Gr : Stay-Green.

3. Performance des variétés pour les variables qualitatives

Les génotypes de cette étude peuvent être classés en différents groupes en fonction des modalités des paramètres qualitatifs étudiés (Figure 8). La variété SSD-35 est la seule ayant des grains présentant une sous couche brune. Parmi les 28 variétés étudiées, 16 ont une panicule semis compacte, 3 ont une panicule compacte, 7 de panicule semis lâche et deux très lâche. La figure 14 montre que les variétés se comportent bien par rapport à la verse mis à part deux qui versent à la maturité. Pour la texture de l'endosperme, seule 5 variétés ont une texture complètement farineuse. Les 23 autres ont des pourcentages de farine et de parties cornées variables. Sur les 28 variétés évaluées, avec le Stay-green représentant la proportion de feuille verte à la maturité des variétés, 14 ont conservé la moitié de leurs feuilles vertes à la maturité, 9 ont presque toutes leurs feuilles vertes, 4 avec plus de la moitié de leurs feuilles mortes et seulement 1 a présenté la totalité de ces feuilles mortes à maturité.



SCB : Sous couche Brune, Cpan : Compacité Panicule, ScV : Score Verse, TEnd : Texture Endosperme et St.Gr : Stay-Green.

Figure 8 : Distribution des génotypes en fonction des paramètres qualitatifs



Panicule très lâche de sorgho



Panicule compact de sorgho

Planche 7 : Compacité panicule de sorgho



Planche 8 : «Stay-green» de plant de sorgho



Planche 9 : Verse de plant de sorgho

4. Performance des variétés pour les variables quantitatives

La comparaison des moyennes ajustées (Tableau 6) a montré que les variétés Sarioso15, SSD-35, Mota Maradi et Sarioso16 ont une durée semis-floraison inférieure à celui du témoin le plus précoce Darou (82 jours). Les variétés ayant une durée semis-floraison supérieure à celle du témoin le plus tardif Nguinthe (96 jours) sont MDK (101 j) et Sarvato6 (100 j). Seules 11 variétés ont eu un poids mille grains supérieur à celui du témoin Darou le plus performant. Parmi celles-ci, MDK, Mota Maradi, Sorvato 6, Sorvato 8 et Sarioso20 ont eu un PMG supérieur ou égale à 20 g. Aussi bien à Bambey qu'à Sinthiou Malème, plus de la moitié des variétés ont un rendement en grains supérieur à celui du témoin le plus productif (Darou 1225,3 g/ha). La variété Malienne, Diamadjigui est la plus productive avec un rendement de 3228,4 g/ha. Un bon comportement de toutes les variétés vis-à-vis des moisissures a été noté avec des scores compris entre 1 (très résistante) et 2 (résistante). L'héritabilité au sens large calculée pour chaque variable, a permis de voir les variables fortement héritables (DSF, HPL, PMG) et celles qui sont faiblement héritables (PGr, Rdt, PPan, ScM).

Tableau 6 : Comparaison des moyennes des variétés pour les variables quantitatives

Géotype	DSF	HPL	PPan	PMG	PGr	Rdt	ScM
Sariaso15	81	177,0	1031,2	15,8	654,5	1197,4	2,0
C2_075-15	94	160,8	1039,5	10,8	618,6	1666,4	1,3
C0-P114-160A-	94	184,9	1230,9	13,0	759,9	1559,8	1,6
A12-79 (Tisanba)	97	159,2	758,3	12,6	401,0	1002,0	1,4
SSD-35	74	214,5	1040,2	19,2	638,2	1241,7	1,0
Mota Maradi	76	231,4	1317,7	23,1	828,9	1504,8	1,3
MDK	101	234,0	1759,5	36,2	1086,5	2455,8	1,5
90SN	84	195,3	525,8	13,2	295,6	937,6	1,6
CE151-262 (IRAT204)	83	116,1	345,5	15,0	155,6	516,9	2,2
F2-20	87	185,2	1129,2	13,6	679,9	1268,3	1,7
ISRA-S-621B (Faourou)	89	135,5	541,7	13,5	328,8	972,5	2,1
Sariaso16	80	166,3	672,5	15,6	346,7	775,3	1,8
ISRA-S-622A (Nganda)	86	167,2	538,1	14,8	316,9	1279,5	1,9
ISRA-S-618-1 (Payenne)	84	149,1	316,6	15,1	187,4	1159,6	2,0
ISRA-S-618-2 (Golobé)	78	150,4	891,0	14,5	413,4	848,2	2,2
Sorvato 1	89	177,1	778,5	14,2	463,9	1193,1	1,5
Sorvato 6	100	173,1	533,8	21,6	345,3	1763,8	1,6
Sorvato 8	96	213,3	693,7	20,6	457,8	2475,2	1,3
Sorvato 9	93	173,1	647,7	13,5	345,0	960,2	1,9
Nguinthe (T1)	96	163,5	361,8	9,9	205,0	521,8	1,4
Darou (T2)	82	168,1	727,1	15,7	446,2	1225,3	2,4
Sariaso18	82	258,7	715,0	19,4	430,9	1465,5	1,4
Sariaso20	95	313,6	1442,6	20,0	863,1	2467,0	1,3
Sariaso08	92	162,7	425,1	15,7	243,8	1269,7	1,4
ICSV1049	84	149,5	705,5	16,7	414,7	1108,5	1,8
Tiandougou koura	97	168,2	969,5	13,9	580,3	1419,8	1,4
Diamadjigui	96	162,9	1227,7	16,4	856,8	3228,4	1,4
09-KI-F5T-19	97	228,4	936,6	16,4	543,6	1622,9	1,4
HSD	10	43	875	6	557	1454,9	1,1
H ²	91,9	84,1	44,9	84,8	8,4.10 ⁻⁴	14,5	0

DSF : Durée Semis Floraison, HPL : Hauteur Plante, PPan : Poids Panicules, PMG : Poids Mille Grains, PGr : Poids Grain, Rdt : Rendement Grain : Rendement Grain, ScM : Score Moisissure.

5. Corrélation entre les différentes variables

Le tableau 7 montre une corrélation positive entre la durée semis-floraison et le rendement en grains. Les composantes du rendement (PPan, PMG, PGr et Rdt) sont significativement corrélées entre elles avec des coefficients variant de 0,52 à 0,99. Elles sont également corrélées positivement à la hauteur des plantes (HPL). Cependant la hauteur est aussi liée de façon négative au score moisissures (ScM). Les variables

poids panicules (PPan), poids grains (PGr) et rendement (Rdt) sont corrélées négativement au score moisissures (ScM). Les variables sous couche brune (SCB) et score verse (ScV) sont faiblement liées de façon négative à la durée semis floraison (DSF) avec un coefficient de -0,48. La compacité de la panicule (CPan) et le score moisissures (ScM) sont faiblement corrélées. Une liaison significative et négative est notée entre la texture de l'endosperme (Tend), la hauteur plante et les composantes du rendement. La texture de l'endosperme est liée positivement au score moisissures. Cependant le *Stay-green* n'est corrélé positivement qu'au poids mille grains.

Tableau 7: corrélation des variables étudiées

Variables	DSF	HPL	PPan	PMG	PGr	Rdt	ScM	SCB	CPan	ScV	TEnd	St.Gr
DSF	1											
HPL	0,10	1										
PPan	0,16	0,59 **	1									
PMG	0,11	0,54**	0,55**	1								
PGr	0,19	0,58**	0,99**	0,57**	1							
Rdt	0,48**	0,52**	0,63**	0,54**	0,71**	1						
ScM	-0,35	-0,56**	-0,38*	-0,25	-0,41*	-0,46*	1					
SCB	-,48**	-0,11	-0,19	-0,07	-0,20	-0,23	0,15	1				
CPan	-0,06	-0,36	-0,24	0,15	-0,24	-0,24	0,40*	0,07	1			
ScV	-,48**	-0,11	-0,19	-0,07	-0,20	-0,23	0,15	1,00**	0,07	1		
TEnd	-0,22	-0,71**	-0,53**	-,39*	-0,53**	-0,55**	0,46*	0,07	0,36	0,07	1	
St.Gr	0,16	0,27	0,17	0,38*	0,16	0,22	-0,11	-0,08	0,24	-0,08	-0,28	1

DSF : Durée Semis Floraison, HPL : Hauteur Plante, PPan : Poids Panicules, PMG : Poids Mille Grains, PGr : Poids Grain, Rdt : Rendement Grain : Rendement Grain, ScM : Score Moisissure, SCB : Sous couche Brune, CPan : Compacité Panicule, ScV : Score Verse, TEnd : Texture Endosperme et St.Gr : Stay-Green.

6. Structure de la variabilité du matériel végétal

a) Analyse en composante principale (ACP)

L'analyse en composante principale (ACP) montre que les trois premiers composantes (ou facteurs) expliquent 69,4 % de la variabilité observée (Tableau 8). La première composante principale (F1) explique 39,4 % de la variabilité totale. Cet axe est formé par les variables hauteur plante (HPL), poids panicules (PPan), poids mille grains (PMG), poids grains (PGr), rendement en grains (Rdt), score moisissures (SCB) et la texture de l'endosperme (TEnd). La deuxième composante principale (F2), formée par les variables durée semi-floraison (DSF), sous couche brune (SCB) et score verse (ScV) explique 17,5 % de la variabilité

totale. La troisième composante (F3) qui explique 12,5 % de la variabilité totale est formée par les variables compacité de la panicule (CPan) et stay-green (St.Gr).

Tableau 8 : Contribution des 12 paramètres et la variabilité expliquée par les trois premiers facteurs

Variables	F1	F2	F3
DSF	0,2	0,4	0,0
HPL	0,6	0,1	0,0
PPan	0,7	0,0	0,0
PMG	0,4	0,0	0,3
PGr	0,7	0,0	0,0
Rdt	0,7	0,0	0,0
ScM	0,4	0,0	0,1
SCB	0,1	0,8	0,0
CPan	0,1	0,0	0,7
ScV	0,1	0,7	0,0
TEnd	0,6	0,0	0,0
St.Gr	0,1	0,0	0,4
Valeur propre	4,7	2,1	1,5
Variabilité (%)	39,4	17,5	12,5
% Cumulé	39,4	56,9	69,4

DSF : Durée Semis Floraison, HPL : Hauteur Plante, PPan : Poids Panicules, PMG : Poids Mille Grains, PGr : Poids Grain, Rdt : Rendement Grain : Rendement Grain, ScM : Score Moisissure, SCB : Sous couche Brune, CPan : Compacité Panicule, ScV : Score Verse, TEnd : Texture Endosperme et St.Gr : Stay-Green, F1 : Facteur1, F2 : Facteur2, F3 : Facteur3.

b) Classification Hiérarchique Ascendante (CAH) des variétés en fonction de toutes les variables étudiées

La classification hiérarchique ascendante a donné quatre groupes de variétés ayant des modalités par variables qui les différencient (Tableau 9). Cette classification est représentée sur la figure 9 :

- Groupe 1 (en mauve) : caractérise les variétés ayant une valeur moyenne pour le poids panicules, le poids grains et le rendement par rapport à celles du panel. Elles sont très résistantes aux moisissures et présentent une panicule semi-lâche.
- Groupe 2 (en bleu) : regroupe les génotypes avec des valeurs de durée semi-floraison, hauteur plante, poids panicules, poids mille grains, poids grains et rendement plus faible que celles des variétés du groupe 1. Elles sont résistantes aux moisissures.

- Groupe 3 (en vert) : renferme les variétés à cycle très tardif, avec un poids panicules plus lourd, un poids mille grains et rendement plus élevés dans le panel. Elles sont très résistantes aux moisissures et présentent des grains à texture de l'endosperme partiellement corné.
- Groupe 4 (en orange) : regroupe les variétés résistantes aux moisissures, ayant les valeurs les plus faibles du panel pour les variables hauteur plantes, poids panicules, poids mille grains, poids grains et rendement.

Tableau 9 : Performances moyennes des groupes issus de la classification hiérarchique ascendante (CHA)

Variables	Groupes			
	Groupe1	Groupe2	Groupe3	Groupe4
DSF	87,5	87,0	96,9	89,4
HPL	193,8	170,4	230,9	139,8
PPan	1086,8	626,9	1280,9	353,7
PMG	15,7	15,4	23,3	12,4
PGr	663,0	355,7	816,0	180,3
Rdt	1435,1	1140,1	2656,6	519,4
ScM	1	2	1	2
SCB	1	1	1	1
CPan	2	3	3	3
ScV	1	1	1	1
TEnd	4	4	3	4
St.Gr	3	3	3	3

DSF : Durée Semis Floraison, HPL : Hauteur Plante, PPan : Poids Panicules, PMG : Poids Mille Grains, PGr : Poids Grain, Rdt : Rendement Grain : Rendement Grain, ScM : Score Moisissure, SCB : Sous couche Brune, CPan : Compacité Panicule, ScV : Score Verse, TEnd : Texture Endosperme et St.Gr : Stay-Green.

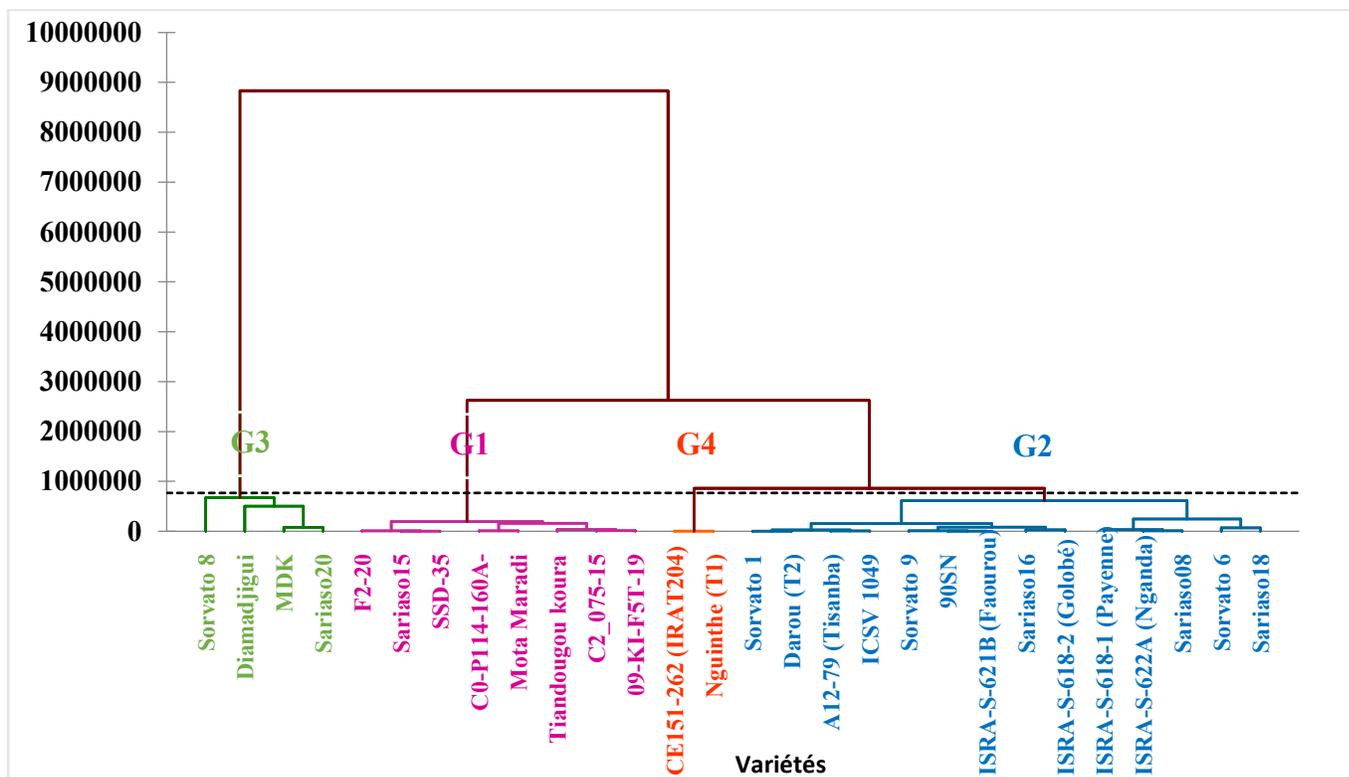


Figure 9 : Classification des variétés en fonction de toutes les variables étudiées

DISCUSSION

L'analyse de variance montre une différence inter-variétale au sein du panel et des performances variétales qui varient d'un site à un autre. Cela peut s'expliquer par une différence de pays d'origine de nos variétés. Elle peut aussi être due aux conditions de cultures qui sont différentes d'un site à un autre (température, humidité relative, type de sol).

Les résultats de la comparaison des moyennes montrent que les variétés les plus productives ont une durée semi-floraison très tardive (>90 jours). La longue durée du cycle de ces variétés peut s'expliquer par une préférence de celles-ci dans leurs pays d'origine ou par une technique d'adaptation aux conditions de culture du Sénégal. L'étude révèle aussi que toutes les variétés sont résistantes aux moisissures. Ces résultats confirment que les variétés à cycle tardif offrent une capacité de résistance aux moisissures affectant les cultures de sorgho et réduisant ainsi leur production. Ainsi, selon Thakur *et al.*, 2006, une utilisation de variétés tardives, ayant leur période de floraison et de maturité en saison sèche, peut inhiber la présence des moisissures des grains, car en période humide la présence de moisissures est plus favorisée. La résistance

aux moisissures peut aussi s'expliquer par le fait que les conditions agro-écologiques telles que la température et l'humidité relative ne soient pas favorable au développement des nuisibles. En effet, la sévérité des moisissures dépend des variétés et de l'environnement dans lequel elles évoluent (Klein *et al.*, 2001). Reddy *et al.*, 2006 ont indiqué qu'au cours du développement de la plante de sorgho, une humidité relative maximale supérieure à 80 % et des températures comprises entre 25 et 35 °C favoriseraient le développement des moisissures. Selon Audilakshmi *et al.*, 2011, les moisissures sont particulièrement sévères chez les variétés à cycle court ou moyen, arrivant à maturité en période humide.

Cette étude montre une corrélation significative et négative entre le score moisissures et les composantes du rendement. Ce résultat indique que les moisissures influent négativement sur la production mais aussi sur la qualité en grains du sorgho. Ainsi, sur la base de résultats similaires, Ambekar *et al.*, 2011 et Ashok Kumar *et al.*, 2008 ont conclu que les moisissures ont un impact négatif sur la productivité du Sorgho. Ces résultats ont été également confirmés par Diatta (2016). Une corrélation significative et positive a été notée entre la CPan et le ScM, indiquant ainsi un effet de la compacité panicule sur les moisissures. Ainsi, plus la panicule est lâche et moins elle est envahie par les moisissures. Ces résultats corroborent ceux de Sharma *et al.*, 2010, stipulant que les panicules compactes présentent des conditions favorables aux développement des moisissures contrairement à celles lâches. La liaison positive existante entre la texture de l'endosperme et le score moisissures suggère que les grains à endosperme dur, c'est à dire corné, sont plus résistants aux moisissures que ceux à endosperme farineux. Ces résultats sont en accord avec ceux de Waniska, 2000 indiquant ainsi que la dureté des grains de sorgho réduit la sévérité des moisissures.

L'analyse en composante principale a révélé que la plus grande variabilité est apportée par les variables hauteur plante (HPL), poids panicules (PPan), poids mille grains (PMG), poids grains (PGr), rendement en grains (Rdt), score moisissures (ScM) et texture de l'endosperme (TEnd). Ainsi, la classification hiérarchique ascendante basée sur la dissimilitude entre variétés a montré quatre groupes. Les différents groupes obtenus, renferment des variétés avec des origines différentes. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en Afrique dans un souci de satisfaire les besoins en alimentation de la population, la plus part des programmes de sélection ont pour objectifs la création de variétés productives ayant une bonne résistance aux maladies.