

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique

**Université Polytechnique de
Bobo-Dioulasso
U.P.B.
Institut du Développement Rural
I.D.R.**

**Centre National de la Recherche Scientifique
et Technologique
C.N.R.S.T.
Institut de l'Environnement et de Recherches
Agricoles
I.N.E.R.A.
Centre Régional de Recherches
Environnementales et Agricoles
C.R.R.E.A.-Ouest (Farako-bâ)**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

présenté en vue de l'obtention du

DIPLÔME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : AGRONOMIE

Thème:

**EVALUATION DES CARACTERISTIQUES MORPHOGENETIQUES
D'HYBRIDES DE SORGHO GUINEA (*Sorghum bicolor* L.MOENCH)**



Maître de stage: Dr DA Sansan

Directeur de mémoire: Dr OUEDRAOGO Dramane

JUIN 2005

HEMA Tikô

*«Les projets que forme le cœur dépendent de l'homme,
Mais la réponse que donne la bouche vient de l'Eternel»*

Alors

«Recommande à l'Eternel tes œuvres,

Et tes projets réussiront»

Proverbes chapitre 16 les versets 1 et 3.

*A mon Seigneur **JESUS CHRIST.***

Henri-D

JHS HIEMA

A la mémoire de mon père et de ma mère

A mes frères et sœurs.

*A toute la famille **HIEMA.***

Je dédie ce mémoire.

Remerciements:

Ce travail est le résultat d'un stage d'une durée de dix mois effectué à la station de recherches de l'INERA à Farako-bâ. Il est par ailleurs le couronnement de plusieurs années d'études au cours desquelles plusieurs personnes à divers niveaux nous ont assisté de façon salutaire. Nous ne saurions le présenter sans témoigner à tout ce monde notre reconnaissance.

Nous adressons nos sincères remerciements:

- ◆ au Dr DA Sansan, notre maître de stage, qui a su de par ses expériences et sa disponibilité conduire nos premiers pas dans ce nouveau champ et désaltérer notre curiosité;
- ◆ au Dr OUEDRAOGO Dramanc, notre directeur de mémoire pour ses visites multiples au lieu de stage et ses conseils et suggestions combien enrichissants;
- ◆ au Dr SANOU Jacob, chef du Programme Céréales Traditionnels dont les remarques nous ont été précieuses;
- ◆ aux techniciens du programme Céréales Traditionnels en particulier ceux de la section sorgho que sont KONATE Abou, ROAMBA Issa, COMPAORE Sibiri, SANOU David, SANOU Martin et Mme ZOMBRE Marguerite avec qui nous avons eu une franche collaboration;
- ◆ à M SANOU Josias, chercheur au Programme Production Forestière qui malgré ses multiples occupations n'a ménagé aucun effort pour nous initier aux méthodes d'analyses statistiques;
- ◆ à tous les enseignants de l'IDR pour la formation dont nous avons bénéficiée dans le dit institut ;
- ◆ à l'ensemble des camarades étudiant-stagiaires qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à agrémenter notre séjour à la station de recherche de Farako-bâ puis au Service de Protection des Végétaux. Qu'il me soit permis de citer les camarades HIEMA Clovis, LOMPO Désiré, KOITA Estelle, DRABO Abdoulaye, PALE Sié, KABORE Yamba, WONNI Issa et BATIEBO Louise.
- ◆ à M SOULAMA Jean et sa famille; il fut notre tuteur pendant nos deux premières années d'études universitaires à Ouagadougou;
- ◆ à M SOULAMA Dramane Abraham pour son soutien varié: financier, matériel et spirituel ;
- ◆ à tous les fidèles de l'Eglise Protestante Baptiste Œuvres et Mission Internationale pour leur soutien spirituel.

Que Dieu récompense chacun selon ses oeuvres !

Liste des sigles et abréviations:

CIRAD	: Centre de coopération Internationale en Recherche pour le Développement.
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
ICRISAT	: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
IPGRI	: International Plants Genetic Resources Institute.
IRAT	: Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières.
MAHRH/DSA	: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques/Direction des Statistiques Agricoles.
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technologique d'Outre mer.
WASHAT	: West African Sorghum Hybrid Adaptation Trials.

Liste des tableaux:

	Pages
Tableau I: Classification du genre sorghum selon De Wet (1984).....	6
Tableau II: Dénominations, origines géographiques, précocité épiaison des parents.	23
Tableau III: Liste des hybrides et type de combinaisons parentales.....	24
Tableau IV: Variables mesurées et calculées pour l'évaluation des hybrides	28
Tableau V: Volume de données collectées.	32
Tableau VI: Analyse de variances pour les paramètres végétatifs	33
Tableau VII: Valeurs moyennes et hétérosis pour les paramètres végétatifs	34
Tableau VIII: Analyse de variances pour les paramètres de la panicule	36
Tableau IX: Moyennes et hétérosis pour les paramètres de la panicule.....	37
Tableau X: Analyse de variances pour les paramètres de la branche.....	39
Tableau XI: valeurs des paramètres de la branche et hétérosis des hybrides.	40
Tableau XII: Analyse de variances pour la précocité épiaison.....	42
Tableau XIII: Durées moyennes du cycle semis-50% épiaison des entrées.....	43
Tableau XIV: Valeurs d'hétérosis moyen et maximal pour la précocité épiaison.	44
Tableau XV : Analyse de variances pour le poids grains/panicule	45
Tableau XVI: Poids grains/panicule des entrées.	46
Tableau XVII: Niveaux d'hétérosis moyen et maximal pour le poids grains paniculaire.....	48
Tableau XVIII: Contribution des types de croisement à la constitution des groupes d'hybrides	53
Tableau XIX : Distribution des groupes d'hybrides en fonction du type de croisement.....	54
Tableau XX:Contribution des types de croisement à la constitution des groupes d'hybrides..	54
Tableau XXI: Distribution des groupes d'hybrides en fonction du type de croisement.....	55
Tableau XXII: Corrélations entre les hétérosis pour les caractères étudiés.....	57

Liste des figures:

	Pages
Figure1: Etapes de la mise au point des lignées A et B de combine Kafir 60 (CK 60).....	12
Figure2: Répartition mensuelle de la pluviométrie de Farako-bâ en 2004.....	25
Figure 3: Poids grains paniculaire de Sarioso09AxIS22188, de ses géniteurs et de IS16515. .	47
Figure5: Représentation sur le plan 1/2 (100% de l'inertie) de l'AFD du groupe d'hybrides à réponse hétérotique négative et celui des parents.....	49
Figure 6: Représentation sur le plan 1/2 (100% de l'inertie) de l'AFD du groupe d'hybrides à réponse hétérotique positive et celui des parents.....	50

Table des matières:

	Pages
Remerciements:.....	iii
Liste des sigles et abréviations:.....	iv
Liste des tableaux:.....	v
Liste des figures:.....	vi
Table des matières:	vii
Résumé:.....	ix
Abstract:.....	x
Introduction.....	1
<i>PREMIERE PARTIE: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....</i>	<i>4</i>
I- Generalites sur le sorgho.....	5
1-1- Domestication du sorgho.....	5
1-2- Classification simplifiée des sorghos.....	5
1-3- Caractérisation des races de sorgho cultivé.....	7
1-4- Classification utilitaire.....	8
II- Hybridation.....	9
2-1- Définition.....	9
2-2- Types d'hybridation.....	9
2-3- Méthodes d'hybridation.....	10
III- Heterosis ou vigueur hybride.....	14
3-1- Définition.....	14
3-2- Causes de l'hétérosis.....	14
IV- Effets biologiques et morphologiques de l'Heterosis.....	16
4-1- Effets biologiques.....	16
4-2- Effets morphologiques.....	17
V- Composantes genetiques du rendement.....	20
5-1- Composantes du rendement grains.....	21
5-2- Composantes du rendement paille.....	21
<i>DEUXIEME PARTIE: MATERIEL ET METHODES.....</i>	<i>22</i>
I- Materiel.....	23
1-1- Matériel génétique.....	23
1-2- Milieu.....	24

II- methodes	26
2-1- Conduite de l'essai	26
2-2- Méthodes de collecte des données expérimentales	27
2-3- Méthodes d'analyses statistiques	29
TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION.....	31
I- Contraintes liees a l'experimentation.....	32
II- Evaluation des caracteristiques morphogenetiques	32
2-1- Hétérosis pour les paramètres végétatifs.....	33
2-2- Hétérosis pour les paramètres paniculaires.....	36
2-3- Hétérosis pour les paramètres de la branche.....	39
2-4- Discussion	41
III- Selection d'hybrides	42
3-1- Hétérosis pour la précocité épiaison.....	42
3-2- Hétérosis pour le poids grains paniculaire et constitution des groupes hétérotiques.....	45
IV- Caracterisation des groupes heterotiques.....	49
4-1- Les hybrides à réponse hétérotique positive	49
4-2- Les hybrides à réponse hétérotique négative.....	50
V- Discussion.....	51
5-1- Hétérosis pour la précocité épiaison.....	51
5-2- Hétérosis pour le poids grains paniculaire	51
5-3- Sélection d'hybrides.....	52
5-4- Caractérisation morphologique des groupes hétérotiques.....	53
VI- Recherche des meilleures formules hybrides.....	53
6-1- Influence de l'origine géographique du parent mâle sur la vigueur de l'hybride	53
6-2- Influence de la durée du cycle du parent mâle sur la vigueur de l'hybride.....	54
6-3- Discussion	55
VII- Correlations entre les caracteres	56
7-1- Résultats	57
7-2- Discussion	58
Conclusion	59
Références bibliographiques.....	61
ANNEXES.....	63

Résumé:

Le Burkina Faso produit annuellement 1 400 000 tonnes de sorgho qui est à 93,1% de la race guinea. Les sorghos guinea, bien appréciés des producteurs et des consommateurs sont bien adaptés aux conditions de culture des systèmes d'exploitation traditionnels et d'utilisations culinaires. Ils possèdent d'excellentes qualités organoleptiques et ont des rendements moyens stables, mais faibles (800 kg/ha). Ne serait-il pas possible d'élever ce plateau de rendement à travers la création d'hybrides? C'est dans cette vision que des hybrides purement guinea ont été créés.

Notre travail a consisté à évaluer, à travers 18 paramètres quantitatifs, 19 hybrides guinea issus du croisement d'une lignée femelle, mâle-stérile locale (Sariaso09A) avec de géniteurs mâles en provenance du Burkina Faso, du Cameroun, de la Gambie, du Mali, du Nigeria, de la Sierra Léone, du Zimbabwe et de l'Inde.

Les résultats ont révélé une forte dépendance de l'expression de la vigueur hybride pour les paramètres paniculaires aux types de combinaisons réalisées. Dix-sept (17) hybrides ont exprimé des hétérosis négatifs pour le nombre moyen de branches par nœud et le nombre de grains par panicule. Onze (11) hybrides ont des hétérosis positifs pour le poids de mille grains. Deux (2) hybrides Sariaso09AxIS22188 et Sariaso09AxIS27730 se sont distingués par leurs hétérosis élevés pour le nombre de grain, le poids de mille grains et par leur rendement grain qui sont respectivement de 6,3 t/ha et de 6,5 t/ha.

L'hybridation a conduit à une amélioration de la biomasse végétative et à un raccourcissement de la longueur du cycle et des branches chez l'ensemble des hybrides.

Les résultats bien qu'obtenus avec un échantillon limité de matériels, laissent à penser que les combinaisons entre Sariaso09A et les lignées exotiques fourniraient les meilleurs hybrides pour le rendement grains. En outre des hétérosis élevés ont été observés avec les combinaisons Sariaso09A x lignées tardives. Les croisements entre Sariaso09A et les lignées mâles à cycle moyen et à cycle court fournissent des hybrides médiocres.

Mots clés: sorgho, guinea, hybride, hétérosis, vigueur hybride, mâle-stérile.

Abstract:

The annual production of sorghum in Burkina Faso is 1 400 000 tons. Guinea sorghum is well accepted because it's well adapted to farmers' harsh environment and agronomic practices and consumers' cooking habits. Its yield is low (800 kg/ha) and there is a need to improve it through a hybrid program.

This study evaluates 19 hybrids from crosses between Sarioso09A, a local male sterile line and various R lines from Burkina Faso, Cameroon, Gambia, Mali, Nigeria, Sierra Leone and India.

Hybridization leads to an increase of vegetative biomass, shortening of maturity cycle and reduction of panicle's branches length.

Extend of hybrid vigour for panicle characters is related to the parents involved. Low heterosis for number of branch per kneed and grain number exhibit in seventeen (17) hybrids. Eleven (11) hybrids manifest heterosis for 1000 grains weight. Two (2) hybrids Sarioso09AxIS22188 and Sarioso09AxIS27730 are conspicuous by their high heterosis for grain number, 1000 grains weight and their grain yield, which are respectively 6,3 t/ha and 6,5 t/ha.

The study used limited samples of hybrids, but it show that combinations between Sarioso09A and exotic lines with long maturity cycle appear to provide the best hybrids. Low performing hybrids result from combination between Sarioso09A and R lines with short or medium cycle.

Key words: sorghum, guinea, hybrid, heterosis, hybrid vigour, male sterility.

Introduction

Depuis des temps immémoriaux, le sorgho a constitué une source d'alimentation vitale pour des milliers d'hommes, notamment dans les zones tropicales.

Avec une production mondiale de 61 000 000 de tonnes en 1994, le sorgho se classe au cinquième rang des céréales après le blé, le riz, le maïs et l'orge (CIRAD/ORSTOM, 1997).

En 1994, la production africaine de sorgho était estimée à 17 100 000 tonnes pour 21 800 000 ha de terres exploitées. Le Burkina Faso avec une production de 1 250 000 tonnes occupait la troisième place après le Nigeria (6 100 000 tonnes) et le Soudan (3 320 000 tonnes) (ICRISAT/FAO, 1996).

Au Burkina Faso, le sorgho est une céréale très importante. En 2004, il occupait le premier rang des céréales tant du point de vue des superficies emblavées (1 372 535 ha) que de la production (1 610 255 tonnes) (MAHRH/DSA, 2004). Il est pratiquement cultivé sur toute l'étendue du territoire, mais les superficies qui lui sont consacrées varient en fonction des régions. Sa culture est dominée par des variétés locales, qui ont un faible potentiel de rendement mais sont bien adaptées aux conditions de culture des systèmes d'exploitation traditionnels (Zongo, 1991). Ces écotypes appartiennent pour 93,1% à la race guinea (Zongo, 1991). Les travaux de Zongo (1991) et de Kondombo (2004) ont révélé une grande variabilité intra-variétale et inter-variétale au sein des écotypes guinea ; cette variabilité constitue une potentialité pour leur amélioration.

Le paysan burkinabé cultive le sorgho essentiellement pour la consommation familiale. Les méthodes traditionnelles de transformation primaire requièrent un grain de bonne vitrosité, facile à décortiquer. Les mets habituels sont le tô, le couscous, le semoule, la bouillie. Un bon tô, doit être ferme et de bonne conservation (pendant au moins 24 h). Les sorghos guinea, à grain vitreux, sans couche brune, résistants aux insectes de grenier (Vandevenne et Bono, 1987) semblent convenir à la confection de ce met. Du fait de leur grande rusticité et leur plasticité dans les dates de semis (grâce à la photosensibilité), les sorghos guinea s'adaptent à une gamme de conditions culturales. Leur haute taille est aussi une qualité supplémentaire aux yeux du paysan qui utilise la tige dans la vannerie, la construction, comme combustible ou fourrage ou quelque fois l'enfouit pour enrichir le sol. En revanche, les sorghos guinea ont un faible potentiel génétique de rendement qui est en moyenne de 800 kg/ha.

Dans le souci d'accroître les rendements, de nombreux sélectionneurs de l'IRAT et de l'ICRISAT ont introduit au Burkina Faso des variétés exotiques performantes, de la race caudatum pour un programme de création variétale, mais, aussi pour leur utilisation dans la production. Ainsi,

des lignées intra-raciales (caudatum × caudatum) puis des hybrides intra-raciaux (caudatum × caudatum) furent créés.

Malgré leur productivité élevée, ces nouveaux génotypes étaient d'une mauvaise adaptabilité, donc d'une faible acceptabilité par le producteur. Par ailleurs, les qualités organoleptiques de ces nouvelles variétés étaient moins prisées des consommateurs. Pour le paysan, plus que le rendement lui-même, ce sont les qualités de stabilité et de régularité de la production qui priment.

Face au rejet du matériel purement caudatum, le programme de recherche du Burkina s'est tourné vers la création de lignées inter-raciales (caudatum × guinea). Les lignées obtenues avaient une bonne adaptabilité et des qualités organoleptiques satisfaisantes. Leur productivité était en moyenne de 4 tonnes en station et 2,5 tonnes en milieu paysan (DA, 2003).

Le problème posé à la recherche est, en fait bien celui-là: créer des cultivars plus productifs que les guinea locaux et possédant au moins les mêmes qualités organoleptiques. Les hybrides ont traditionnellement un potentiel de rendement très élevé et contribuent à maximiser et à rentabiliser l'effort d'investissement des systèmes d'exploitation intensifs, par la valorisation des facteurs de production. Les hybrides guinea n'auraient-ils pas l'avantage d'allier à la rusticité et à la qualité des variétés traditionnelles une meilleure productivité? Les hybrides intra-guinea mettront à la disposition des paysans un plus grand choix en cultivars semblables aux leurs, mais mieux adaptés à une agriculture intensive et commercialisée. C'est dans cette perspective que s'inscrit tout l'intérêt de cette étude: **Evaluation des caractéristiques morphogénétiques d'hybrides de sorgho guinea (*Sorghum bicolor* L. Moench).**

Notre étude, constitue une étape d'un programme pionnier de création d'hybrides purement guinea à partir de lignées femelles, mâle-stériles, qui a débuté en 1994 et dont les objectifs généraux sont :

1-augmenter la productivité des sorghos guinea grâce à l'effet hétérosis;

2-approfondir les connaissances sur la race Guinea

Il s'agira dans notre investigation de :

*évaluer les caractéristiques morphologiques des hybrides ;

*sélectionner les meilleurs hybrides ;

*choisir les meilleurs géniteurs mâles

Ce document comporte trois parties:

-une première partie présente la synthèse des connaissances sur le sorgho et son amélioration par la voie de l'hybridation;

-la deuxième partie définit le matériel végétal et les méthodes de travail;

-la troisième partie est consacrée à la présentation des résultats de nos expérimentations, les discussions et les conclusions qui en découlent.

UNIVERSITÉ DE
BORDO

PREMIERE PARTIE: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I- GENERALITES SUR LE SORGHO

1-1- Domestication du sorgho

Le sorgho fait partie du groupe des plantes les plus anciennement cultivées dans le monde. Les avis sont partagés quant à son origine et à l'époque de sa domestication.

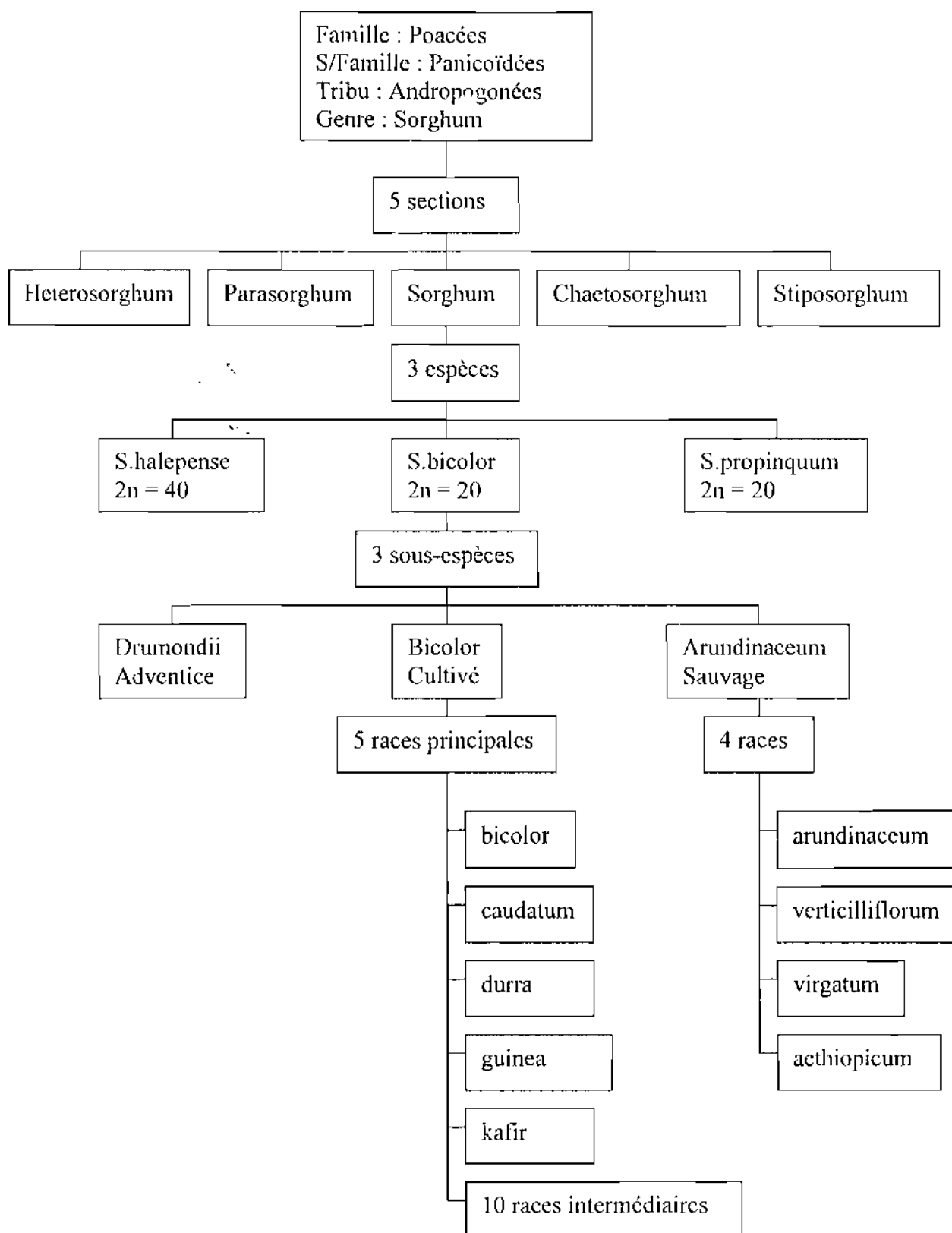
Murdock (1959) suggère que les peuplades Mandées qui vivent aux alentours du Niger peuvent avoir domestiqué le sorgho. Doggett (1965a) signale des faits archéologiques laissant à penser que la pratique de la domestication des céréales a été introduite en Egypte à partir de l'Ethiopie environ 3000 ans avant Jésus Christ. Il est possible que la domestication du sorgho ait commencé à cette époque. De Wet et *al.* (1970) ont étudié des documents archéologiques, mais n'ont trouvé que peu d'informations sur le sorgho. Ils suggèrent alors que le sorgho a des origines diverses.

Les études relatives à l'introggression montrent que les sorghos cultivés sont probablement apparus à la faveur d'une sélection disruptive (Doggett, 1965b). Ils dériveraient de la sous espèce *Arundinaceum* et la race *Verticilliflorum*. Lorsque l'homme a commencé à sélectionner, il y a eu un important écoulement de gènes entre types améliorés et types non améliorés (Leland, 1987). Le processus de domestication a comporté le changement de diverses caractéristiques de la plante notamment au niveau de l'architecture de la panicule et du grain qui est devenu assez gros pour faire sailli au-delà des glumés.

1-2- Classification simplifiée des sorghos

Linné en 1753 fut le premier à faire une description taxonomique du sorgho en le classant dans le genre *Holcus*. Beaucoup d'autres classifications furent proposées par la suite. Moench retira le sorgho de ce genre en 1794 pour former le genre *Sorghum* dans la tribu des Andropogonées. La classification la plus complète de ce nouveau genre est celle faite par Snowden (1936) qui intègre toutes les formes sauvages et cultivées de sorgho. Depuis cette époque, toutes les autres classifications n'ont été que des modifications ou des adaptations de celle de Snowden. C'est ainsi que selon une récente étude préconisée par l'Institut international des ressources phytogénétiques (IPGRI) conduite par De Wet (1984) et modifiée par Cheampong et *al.* (1984), le genre sorghum se divise en cinq sections et trois espèces (voir Tableau I).

Tableau I: Classification du genre sorghum selon De Wet (1984)



1-3- Caractérisation des races de sorgho cultivé

En 1972, Harlan et De Wet ont proposé une classification des sorghos cultivés basée sur des caractères tels que la structure de l'épillet, la forme du grain et le type d'inflorescence qui sont peu sensibles aux effets environnementaux. Cinq races de base et dix races intermédiaires furent ainsi différenciées.

1-3-1- La Race Guinea

Elle regroupe les sorghos typiques d'Afrique de l'Ouest ainsi qu'une partie des sorghos d'Afrique Australe ; la panicule est lâche et porte des épillets dont les glumes sont généralement très ouvertes; le grain est aplati dorso-ventralement à contour sub-lenticulaire. Ces sorghos sont en général de grande taille et photosensibles.

Intérêt du sorgho guinea pour le paysan

Les variétés locales guinea sont généralement des plantes photopériodiques de jours courts, sensibles aux faibles températures nocturnes (Ratnadass et *al.*, 1998). Ces sorghos ont donc tendance à fleurir plus rapidement lorsque la longueur du jour diminue c'est-à-dire vers la fin de la saison des pluies. Avec ces variétés, les paysans disposent d'une grande flexibilité dans les dates de semis. Ils peuvent ainsi semer précocement, dès l'installation des pluies, ce qui assure à la plante une meilleure valorisation de l'azote organique minéralisée en début de saison et permet une meilleure maîtrise de l'enherbement. Le photopériodisme des variétés locales garantit également un bon calage du cycle par rapport à la fin de la saison des pluies, qui est généralement moins variable que le début.

Au-delà de leur qualité de bonne adaptabilité climatique, les sorghos guinea constituent un patrimoine pour le paysan burkinabé et d'Afrique de l'Ouest; le matériel guinea y est cultivé depuis des siècles. Les populations y sont habituées. Il leur convient parfaitement pour la culture et pour l'alimentation.

1-3-2- La Race Bicolor

La race bicolor est composée de sorghos qu'on rencontre dans toute l'Afrique et aussi en Asie; les sorghos de race bicolor ont les caractères les plus primitifs : panicule lâche, grain allongé

et entièrement couvert par des glumes de grande taille et fermées; les épillets sont persistants. Ces caractères sont proches de ceux rencontrés dans les sorghos sauvages.

1-3-3- La Race Caudatum

Les caudatum sont cultivés en Afrique Centrale et en Afrique de l'Est avec des expansions vers l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique du Sud; ils ont une panicule de forme variable. Le grain est dissymétrique, aplati sur la face ventrale du côté de la glume et bombé du côté opposé.

1-3-4- La Race Kafir

Elle est surtout répandue en Afrique du sud. La panicule est relativement compacte et cylindrique; le grain est régulier, à tendance sphérique. Les glumes de taille variable, ont généralement une taille inférieure au grain.

1-3-5- La Race Durra

Elle est rencontrée essentiellement en Afrique de l'Est, en Inde et au Moyen Orient; ce sont des sorghos à panicule très compacte et généralement portée par un pédoncule crossé. Les glumes, avec souvent un pli transversal médian, sont petites et collées sur le grain qui est gros et sphérique au sommet et pointu à la base.

1-3-6- Les Races intermédiaires

Elles sont issues d'hybridations inter- raciales et ont des caractéristiques intermédiaires de celles des races précédentes, prises deux à deux. Il s'agit des races Guinea-bicolor, Caudatum-bicolor, Kafir-bicolor, Durra-bicolor, Guinea-caudatum, Guinea-kafir, Guinea-durra, Kafir-caudatum, Durra-caudatum, Kafir-durra.

1-4- Classification utilitaire

A côté de la classification botanique des sorghos, existe une classification agronomique qui répartit les sorghos cultivés en cinq catégories: les sorghos grains, les sorghos fourragers, les sorghos à sirop et à sucre, les sorghos herbacés et enfin les sorghos à balais.

II- HYBRIDATION

2-1- Définition

L'hybridation consiste à croiser deux ou plusieurs variétés génétiquement différentes pour un ou plusieurs caractères. La première hybridation a été effectuée par Koelreuter en 1760 sur le tabac (*Nicotiana rustica* × *Nicotiana paniculata*). Elle a été rendue possible sur le sorgho grâce à la découverte d'une stérilité mâle génocytoplasmique en 1954 par Stephens et Holland. Leurs travaux ont abouti à l'obtention d'hybrides commerciaux et ont facilité le développement de la culture de sorgho dans les pays industrialisés.

2-2- Types d'hybridation

L'hybridation est un moyen de création de la variabilité au sein d'une espèce donnée. Elle permet ainsi de rassembler dans une variété dite idéotype ou variété idéale, un ensemble de caractères désirés.

Hybridation intra-variétale: les croisements sont faits entre des plantes d'une même variété. De tels croisements sont seulement utiles chez les espèces autogames, lorsqu'une variété comporte divers génotypes fournissant par hybridation des combinaisons meilleures.

Hybridation inter-variétale: les plantes croisées sont de deux variétés différentes d'une même espèce. Elle est dite encore hybridation intra-spécifique. Ce type d'hybridation est le plus utilisé en amélioration du sorgho et peut être intra- raciale ou inter- raciale. Les hybridations inter- raciales donnent les meilleures hétéroses (Zongo, 1991 et Chantereau, 1993).

Hybridation interspécifique ou intra-générique: les croisements se font entre des plantes de deux espèces différentes mais appartenant au même genre. Elle est habituellement utilisée pour transférer des gènes de résistance aux maladies, aux insectes, à la sécheresse d'une espèce à une autre.

Hybridation inter-générique: les plantes croisées sont de deux genres différents. Elle est utile pour transférer des gènes de résistance aux maladies, aux insectes, à la sécheresse, des genres

sauvages aux plantes cultivées. Les hybrides inter-génériques ont peu ou pas d'importance agronomique, mais ils ont un intérêt scientifique.

2-3- Méthodes d'hybridation

Pour l'amélioration des plantes autogames le recours à l'allogamie est obligatoire. Les techniques utilisées pour induire l'allogamie sont nombreuses mais peuvent être classées en 2 types. Il faut comprendre par méthodes d'hybridation, les méthodes d'allogamie utilisées.

2-3-1- Hybridation par voie de castration mécanique

Les croisements ayant pour but d'obtenir des hybrides F1 en vue de créer de nouvelles variétés ou les rétro-croisements destinés au transfert d'un caractère, se font en général sans utiliser la stérilité mâle. Dans ces cas, on a généralement besoin d'une petite quantité de semence. On procède alors à une castration physique des lignées à améliorer. Les méthodes les plus couramment utilisées sont:

La castration manuelle: il s'agit d'une ablation des anthères à l'aide d'une forte pince de manucure. Pour la castration, on choisit une panicule sur laquelle l'anthèse a débuté.

La méthode du sachet plastique: utilise le fait que les sacs polliniques ne s'ouvrent que lorsque l'atmosphère est sèche. Le sac plastique maintient une humidité élevée à l'intérieur de la panicule et empêche ainsi la déhiscence des anthères.

La méthode de l'eau chaude: le pollen est plus sensible que les stigmates aux fortes températures. Suivant ce principe, on trempe la panicule pendant dix minutes dans de l'eau à 42°C. Cette température permet de tuer le pollen mais les stigmates restent fonctionnels.

Les panicules castrées sont ensuite fécondées artificiellement avec du pollen collecté sur le parent récurrent. Ces techniques sont coûteuses et fournissent des pourcentages d'hybrides F1 relativement faibles (Murty et al., 1994).

2-3-2- Utilisation de la stérilité mâle

Les techniques de castration et de pollinisation décrites ci-dessus ne sont pas adaptées à la production commerciale de semences hybrides. Pour ce type de production, il faut disposer de plantes mâles stériles qui ne produisent pas de pollen fonctionnel.

Il existe deux types de stérilité mâle chez le sorgho: la stérilité mâle génétique et la stérilité mâle cytoplasmique-génétique ou génocytoplasmique.

La stérilité mâle génétique

La stérilité mâle génétique est en général gouvernée par un seul gène récessif. Il y a plusieurs gènes simples qui causent la stérilité mâle chez le sorgho (Doggett, 1988). Les plantes qui possèdent deux allèles récessifs (homozygotes) manifestent la stérilité mâle. Les plantes qui possèdent deux allèles dominants ou un allèle dominant et un allèle récessif (hétérozygotes) manifestent la fertilité mâle.

La stérilité mâle cytoplasmique-génétique

La stérilité mâle due à l'interaction de facteurs induisant la stérilité dans le cytoplasme et de facteurs génétiques dans le noyau est appelée stérilité mâle cytoplasmique-génétique. Ce système a été découvert par Stephens et Holland (1954) dans des descendance issues de croisements entre deux cultivars, Milo et Kafir, tous deux complètement fertiles. La génération F2 issue du croisement Milo (femelle) x Kafir (mâle) avait quelques plantes mâle-stériles (25%), alors que les descendance issues du croisement réciproque, Kafir (femelle) x Milo (mâle) étaient toutes fertiles. La stérilité mâle ne se manifestait que lorsque Milo était utilisé comme parent femelle, ce qui indiquait l'importance du cytoplasme Milo. A la suite de leurs travaux, Stephens et Holland ont montré que le parent Milo avait un cytoplasme induisant la stérilité et des gènes dominants pour la fertilité du pollen. Par contre le parent Kafir avait un cytoplasme normal (fertile) et des gènes récessifs (mâle-stériles). Toutes les descendance issues du croisement Milo (femelle) x Kafir (mâle) ont le cytoplasme Milo, mais celles qui ont hérité des gènes récessifs homozygotes du parent Kafir sont mâle-stériles.

Ce principe a été utilisé pour créer des lignées mâle-stériles dans plusieurs races de sorghos cultivés. Mais pour la race Guinée, il n'en était pas encore question. Le programme de création d'hybrides de sorgho guinée qui englobe notre travail a commencé par la création de lignées mâle-stériles et de leurs mainteneurs.

Le schéma ci-dessous indique la procédure générale pour la création de nouvelles lignées mâle-stériles.

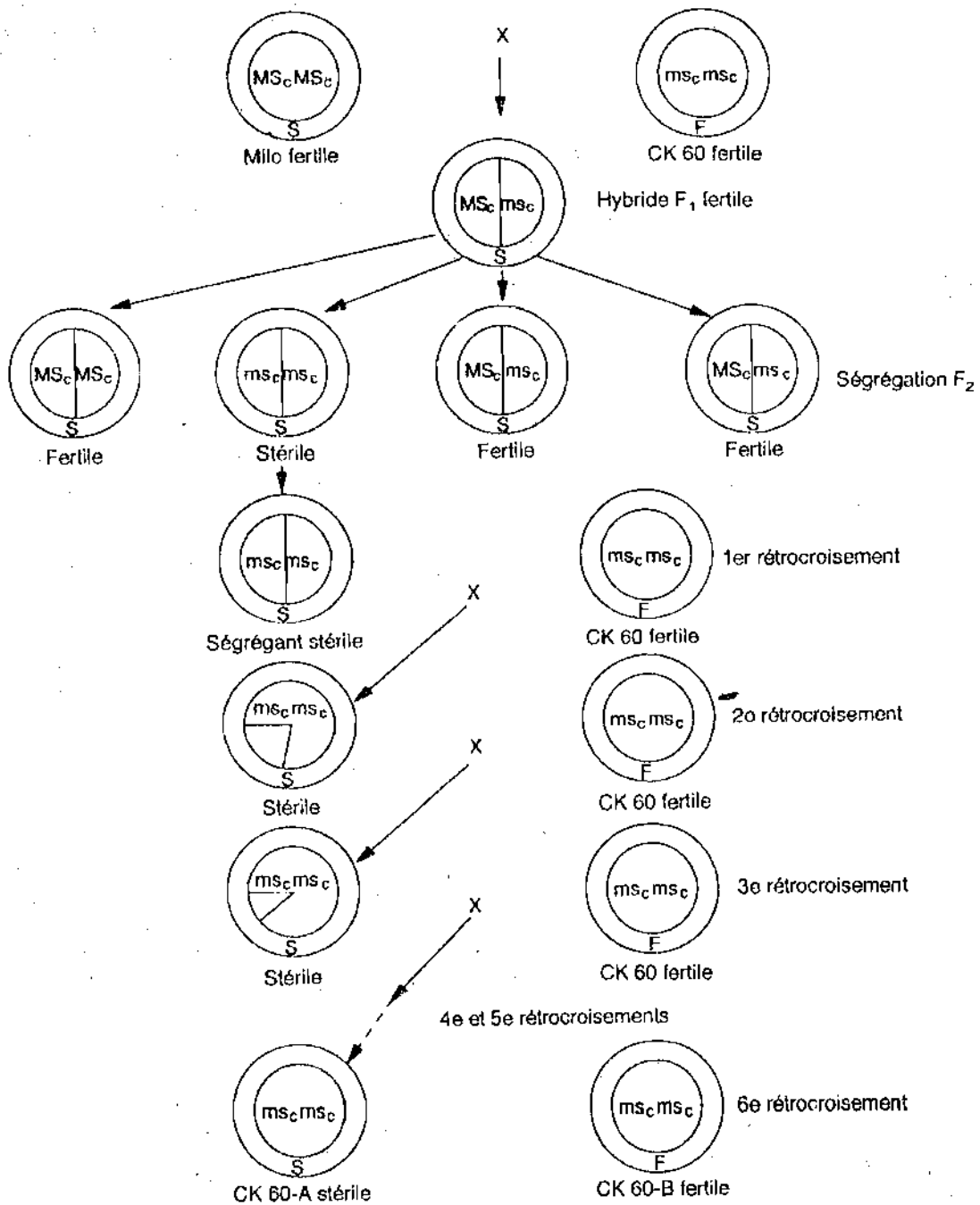


Figure 1: Etapes de la mise au point des lignées A et B de combine Kafir 60 (CK 60).

S = cytoplasme de stérilité ; F = cytoplasme de fertilité ; MS_c = allèle dominant de facteurs nucléaires responsables de la fertilité ; ms_c = allèle récessif de facteurs nucléaires responsables de la stérilité.

Source: Murty et al. (1994).

Les lignées A, B, R

Les Hybrides de sorghos sont créés par le croisement d'un parent femelle, mâle-stérile et d'un parent mâle-fertile. Le parent femelle, mâle-stérile vient du croisement de plantes mâle-stériles avec un parent mâle appelé mainteneur. Le parent femelle mâle-stérile est appelé lignée A et son

mainteneur lignée B. Le croisement des lignées A et B donne des semences reproduisant la lignée A, c'est à dire que la lignée B maintient la stérilité de la lignée A. Les lignées A et B sont isogéniques (phénotypiquement identiques), hormis le fait que la première est mâle-stérile et l'autre non.

Lignée A × lignée B → lignée A

La semence hybride vient du croisement de la lignée A par une lignée R, restauratrice. Les plantes descendantes d'un tel croisement sont mâle-fertiles, leur fertilité a été restaurée. La lignée R restaure la fertilité de la lignée A. La lignée R est phénotypiquement différente de la lignée A. Elle est choisie de façon à donner un hybride à haut rendement.

Lignée A × lignée R → hybride mâle-fertile.

2-3-3- Synthèse des travaux d'amélioration du sorgho

De 1950 à 1994 des activités d'amélioration des sorghos au Kinabé ont été conduites conjointement par l'IRAT, l'ICRISAT et l'INERA. Leur objectif commun était d'augmenter la productivité des sorghos. Ainsi, des lignées intra-raciales à haut rendement de types Caudatum x Caudatum furent créées. Les grains de ces génotypes avaient des qualités organoleptiques médiocres et étaient utilisés dans l'alimentation humaine qu'en situation de disette.

A partir de 1988, la recherche, conduite par l'INERA s'est orientée vers la création de lignées inter-raciales Caudatum x Guinea. De 1988 à 1994, 10 variétés (Sariaso01 à Sariaso10) furent générées. Ces variétés (vulgarisées) allient à la qualité des sorghos guinea, une productivité moyennement élevée (4 t/ha en station et 2,5 t/ha en milieu paysan) (DA, 2003).

La production d'hybrides de sorgho guinea est une nouvelle approche d'amélioration des sorghos locaux qui a débuté en 1994 dans une station de recherche de l'INERA (Farako-bâ). Ce programme est le premier qui utilise la stérilité mâle génocytoplasmique dans le processus d'hybridation des sorghos guinea.

Huit (08) lignées B identifiées dans la collection des écotypes guinea ont été stérilisées. Il s'agit de Oued, CRPA 13, CRPA 19, CRPA 22, CRPA 33, G205, CVS 435 et Sariaso09. Aussi, des lignées R ont-elles été identifiées aussi bien dans la collection locale qu'internationale en provenance de la banque de gène de l'ICRISAT.

De nombreux croisements ont été effectués entre les huit lignées A obtenues et des lignées R d'origines géographiques différentes. Notre travail s'insère dans une phase d'évaluation des hybrides ainsi créés.

III- HETEROSIS OU VIGUEUR HYBRIDE

3-1- Définition

Certains caractères apparaissent plus marqués chez certains hybrides que chez les parents. Plusieurs auteurs ont différemment appréhendé ce phénomène et Shull en 1914 lui a donné le terme hétérosis qui n'est qu'une contraction de stimulus d'hétérozygotie (en anglais stimulus of heterozygous).

Poweri (1944 et 1945) utiliserait pour la première fois le terme hétérosis pour établir un rapport entre la vigueur de l'hybride et celles des parents (Chaudhari, 1971). C'est le sens actuel de l'hétérosis qui est différent de la vigueur hybride. D'autres auteurs préconisent l'appellation vigueur hybride pour désigner la supériorité de l'hybride par rapport à ses parents et celle d'hétérosis pour se référer aux mécanismes qui déterminent la vigueur hybride. Cependant, ces deux termes sont toujours utilisés comme des synonymes.

Si l'hétérosis est relié à la divergence génétique parentale, il n'en demeure pas moins qu'à partir d'une trop grande disparité des géniteurs, les réponses hétérotiques des produits de leurs croisements deviennent négatives (Arncl et *al.* 1981 et Chantereau, 1993).

Le phénomène d'hétérosis se manifeste à plusieurs générations et est maximal à la première génération (F1).

3-2- Causes de l'hétérosis

Le phénomène de la vigueur hybride peut être expliqué essentiellement par des mécanismes génétiques et/ou physiologiques.

3-2-1- Les causes génétiques

Trois effets d'origine génétique peuvent être à l'origine de la vigueur hybride :

La dominance

La vigueur hybride est due à certains caractères héréditaires dont les gènes désirés sont dominants et ceux défavorables, récessifs. Dans ce cas, la présence des gènes désirés chez un des parents suffit pour que la vigueur se manifeste. Par contre, lorsque les gènes désirés sont récessifs, leur présence chez les deux parents est obligatoire pour l'expression de l'hétérosis chez l'hybride.

En outre, la supériorité de l'hybride résulte de l'action complémentaire des gènes dominants des deux parents.

La superdominance

Cette théorie postule que l'action complémentaire des allèles à un locus est la base de l'hétérosis. En effet, selon cette théorie, il y a des loci sur lesquels l'hétérozygote est supérieur à l'homozygote. Il en résulte un accroissement de vigueur, proportionnellement au niveau d'hétérozygotie.

La théorie de la superdominance expliquerait mieux la manifestation de l'hétérosis dans le cas d'un caractère mono factoriel.

L'épistasie

L'expression de l'hétérosis serait due dans certains croisements à une interaction inter locus de nature épistatique (Fred et al. 1967; Arnel et al. 1981). On dit qu'il y a épistasie lorsque deux gènes non-allèles se combinent pour produire un phénotype qui n'est ni le résultat additif ni le résultat cumulatif du phénotype que chacun donne individuellement.

Pour la plupart des caractères, notamment ceux de nature quantitative (polygéniques), il est difficile de rattacher l'hétérosis à un des modes élémentaires de leur expression; l'essentiel de la vigueur hybride s'explique par une contribution additive des effets génétiques des parents surtout chez les espèces autogames (Walter et al. 1980 ; Chanterreau, 1993).

3-2-2- Les causes physiologiques

Les causes physiologiques de la vigueur hybride ne sont pas bien élucidées. La vigueur hybride serait due à un effet stimulant d'origine physiologique, résultant de l'union entre deux gamètes génétiquement dissemblables. Le stimulus serait d'autant plus efficace que les génotypes parentaux sont divergents.

La vigueur hybride pourrait provenir d'une augmentation de la taille de l'embryon due à une interaction entre le noyau et le cytoplasme; l'état hybride semble mieux stimuler le métabolisme.

IV- EFFETS BIOLOGIQUES ET MORPHOLOGIQUES DE L'HETEROSIS

4-1- Effets biologiques

La vigueur hybride s'exprime aux différentes étapes du développement et de la croissance de l'hybride.

4-1-1- La phase végétative

La phase végétative est la période de l'émergence, de la croissance de la racine, du développement, l'établissement des plantules et de la croissance des feuilles. Elle s'étend sur plusieurs semaines (30 à 40 jours). Pendant cette phase, toutes les feuilles sont formées.

Selon Quinby (1974) cité par Murty (1994), les hybrides croissent plus rapidement que leurs parents.

Tallage

La plante de sorgho n'a généralement qu'une seule tige. L'aptitude au tallage dépend aussi bien de la variété que des conditions du milieu en occurrence de la densité de la population, de l'apport d'azote, de la température et de la photopériode (Doggett, 1988). Chantereau et Nicou (1991) signalent un faible tallage chez les sorghos tropicaux de type guinea. Certains auteurs tels que Karper et Quinby (1937 et 1946) et Quinby (1963) tous cités par Quinby (1973), ont lié l'aptitude au tallage des hybrides de sorgho à l'hétérosis. Cependant, plusieurs autres auteurs ont constaté que les hybrides avaient en moyenne plus de talles que leurs parents, mais les données ne permettaient pas de conclure à une éventuelle manifestation de la vigueur hybride.

Du reste, le tallage n'est utile pour la production que dans la mesure où les talles sont fertiles et synchrones.

4-1-2- La phase reproductive

La phase reproductive est caractérisée par la différenciation du point végétatif ou méristème apical en méristème floral.

Photopériodicité

L'initiation florale est fortement influencée par la photopériode mais, également par la température (Prasado et Leland, 1972). Le sorgho est une plante nyctipériodique c'est-à-dire de jours courts. Compte tenu de la sensibilité du sorgho à la photopériode, la précocité épiaison qui est la durée du cycle semis-épiaison sera fonction de la date de semis. La floraison a lieu 3 à 6 jours après l'épiaison et évolue du sommet vers le bas de la panicule. On a communément observé une floraison plus hâtive chez les hybrides (Quinby, 1973 et Murty et *al.*, 1994). Cette précocité des hybrides est due à une activité méristématique plus intense et à un développement rapide de la panicule. Fred et *al.* (1967) constatent que certains hybrides sont plus tardifs que leurs parents.

Mode de reproduction

La plante de sorgho est monoïque, préférentiellement autogame et peu sensible aux effets de la consanguinité (Chantereau, 1993). Son taux d'allogamie est faible, de l'ordre de 6% (Doggett, 1988). Il varie cependant largement selon les variétés; il peut atteindre 30% pour certains sorghos notamment de race guinea. Cette variation dépend essentiellement de la compacité de la panicule, des conditions environnementales, des délais d'émergence entre les organes mâles et femelles.

4-1-3- La phase de remplissage des grains

Cette phase est caractérisée par le développement et la maturité physiologique des grains. Le nombre de jours entre la fécondation et la maturité physiologique varie d'un cultivar à l'autre. Il faut environ 30 jours au grain pour atteindre son poids maximum. Durant leur développement, les grains passent par 3 stades: laitieux, pâteux, dur. Selon Doggett (1988), l'amélioration des rendements chez de nombreux hybrides est accompagnée d'un allongement du temps de maturation. En général 40 à 50 jours après l'épiaison, le sorgho atteint la maturité physiologique. Les grains contiennent alors environ 30% d'humidité. A la récolte, le taux d'humidité des grains varie de 10 à 15%, mais pour un bon stockage, les grains doivent contenir moins de 12% d'humidité.

4-2- Effets morphologiques

Il existe une différence morphologique entre les hybrides et leurs parents (Quinby, 1973). Cette morphodiversité met en exergue les caractères hétérotiques chez l'hybride. Ainsi, selon Zongo (1991), le rendement par plante et le rendement paniculaire sont les caractères les plus hétérotiques. Pour cet auteur, la taille de la plante à maturité et la longueur de la panicule présentent également

des hétérosis élevés. Il signale par ailleurs que le nombre d'entre-nœuds et le cycle de la plante constituent les caractères les moins hétérotiques.

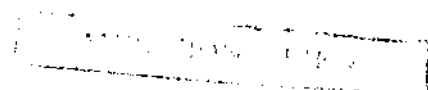
4-2-1- Le système racinaire

Au moment de la germination apparaît la racine primaire ou embryonnaire. Plusieurs racines de ce type se développent. Celles-ci sont peu ou pas du tout ramifiées. Les racines secondaires se forment à partir du premier nœud. Ce sont ces racines qui en se développant en profondeur (jusqu'à 2 m) et latéralement constituent le système racinaire abondant de la plante; ce système racinaire puissant explique en grande partie la capacité du sorgho à supporter des aléas importants en matière d'alimentation en eau. Des racines adventives (racines d'ancrage) peuvent apparaître plus tard sur les nœuds supérieurs. Elles ne sont pas fonctionnelles quant à l'alimentation hydrique et minérale de la plante. Mc Clure et Harvey (1962) cités par Quinby (1973) ont montré qu'à l'épiaison le système racinaire des lignées est plus dense que celui des hybrides, mais ils constatèrent l'inverse à la floraison et à la maturité. En effet, contrairement aux parents, les hybrides continuent à étendre leur système racinaire après l'épiaison, toute chose qui concourt à l'amélioration du rendement grain par une bonne alimentation hydrique et minérale.

4-2-2- La tige

Elle est constituée de nœuds alternés d'entre-nœuds. La tige, grêle à robuste, a de 0,5 à 5 cm de diamètre à la base et s'amenuise vers l'extrémité. Elle peut avoir de 0,5 à 4 m de hauteur. La tige bien que solide est flexible et peut se courber jusqu'au sol lorsque la panicule est chargée de grains. Le nœud, point d'attache de la feuille à la tige est un anneau à la base de la gaine foliaire. A chaque nœud, se trouvent des bourgeons (hormis le nœud de la feuille paniculaire) qui peuvent se développer en talles axillaires. La longueur des entre-nœuds n'est pas uniforme. La vigueur hybride se manifeste par une augmentation de la longueur des entre-nœuds (Webster et al., 1967 cités par Quinby, 1973). Plusieurs auteurs ont fait mention du caractère non hétérotique du nombre d'entre-nœuds (Quinby, 1973 et Zongo, 1991).

Le pédoncule est un entre-nœud particulier; sa croissance est indépendante de celle des autres parties de la tige. Il est droit sauf chez les sorghos de race durra où l'on voit souvent des écotypes à pédoncule croisé. En sélection, on recherche l'exsertion positive qui expose moins la panicule aux moisissures; elle contribue ainsi à une bonne qualité du grain.



4-2-3- La feuille

La feuille de sorgho est composée d'une gaine et d'un limbe. Elle prend naissance à un nœud et recouvre l'entre-nœud de dessus et parfois aussi le suivant. Le nombre de feuilles est corrélatif de la longueur du cycle végétatif (Sapin, 1983); il varie ordinairement de 14 à 17 mais peut atteindre 30 chez les plantes moins adaptées (Chantereau et Nicou, 1991). Le nombre de feuilles n'est pas un caractère hétérotique (Quinby, 1973). La feuille peut atteindre 1 m de long avec 10 à 15 cm de large. Selon Leland (1987), le phénomène de sénescence des feuilles à maturité est variétal. Des travaux de physiologie ont montré que ce sont les feuilles du tiers central de la tige qui pourvoient en produits de photosynthèse la panicule et les feuilles supérieures en formation. Ce sont ces feuilles qui assurent le remplissage du grain (Sapin, 1983); les feuilles inférieures sont donc inutiles en fin de cycle.

4-2-4- L'inflorescence

La panicule peut être longue ou courte, compacte ou très lâche, ovale, conique, cylindrique ou pyramidale. La compacité est caractéristique d'une race ou d'un groupe de races et de l'écologie dans laquelle la plante se développe (culture pluviale, de décrue ou irriguée). Les panicules des hybrides caudatum sont plus volumineuses (longueur \times largeur) que celles des meilleurs parents (Liang, 1967 cité par Quinby, 1973). Par ailleurs Quinby (1973) signale que le poids de la panicule vide (sans grains) est plus élevé chez les hybrides que chez les parents. La panicule est constituée du rachis (axe principal) et des ramifications qui partent de nœuds en étages successifs. Le racème, la ramification ultime porte généralement deux épillets, l'un sessile et fertile et l'autre pédicellé. D'après Murty et *al.* (1994), la longueur du racème dépend du nombre de nœuds et de la longueur des entre-nœuds des panicules. Leland (1987) dénote une variation du nombre de nœuds allant de 1 à 8, de la longueur et de l'épaisseur des entre-nœuds en fonction de l'espèce.

Les épillets sessiles

Le nombre d'épillets sessiles par panicule est une caractéristique variétale; ce nombre varie en général de 1500 à 4000 (Murty et *al.* 1994). Selon Stephens et Quinby (1934) cités par Doggett (1988) le nombre d'épillets sessiles peut atteindre 6700 chez les hybrides. Il est en outre corrélatif du nombre de ramifications.

Les épillets pédicellés

Les épillets pédicellés sont généralement mâles ou neutres et peuvent avoir un ovaire rudimentaire qui fournit un grain de petite taille. Ils peuvent être persistants ou caducs.

Les grains

Plusieurs études ont montré que la supériorité des hybrides de sorgho par rapport à leurs parents est liée dans une large mesure au nombre accru de grains par panicule; ce nombre dépend de celui des épillets sessiles. L'augmentation du nombre de grains s'accompagne de la baisse de leur poids (Zongo, 1991). Selon Quinby (1973), il n'existe pas une différence significative entre le poids des grains des hybrides et celui de leurs parents. Le poids de 1000 grains hybrides peut être inférieur ou supérieur à celui des parents.

4-2-5- La taille

Selon Zongo (1991) le sorgho doit son nom à sa grande taille (*surgo* en latin signifie je m'élève). La taille dépend du nombre et de la longueur des entre-nœuds, de la longueur du pédoncule et de celle de la panicule. Elle est fonction de la longueur du cycle végétatif de la variété qui du reste est fortement influencée par les conditions environnementales. Selon Dumont (1963) cité par Zongo (1991), les sorghos burkinabé doivent leur grande taille au grand nombre et à la longueur de leurs entre-nœuds. Les hybrides sont habituellement plus grands que leurs parents (Quinby, 1973). En effet, l'hybridation entraîne un accroissement de la longueur de toutes les composantes de la taille.

V- COMPOSANTES GENETIQUES DU RENDEMENT

Le rendement est la quantité de produit par unité de surface. Il s'élabore tout au long du cycle biologique de la plante. La détermination et la hiérarchisation des composantes du rendement constituent un problème très complexe (Sapin, 1983). En effet, les composantes interfèrent entre elles, et il est très difficile de faire la part de ce qui revient à chacune d'elles dans l'aboutissement de leur action propre et de leurs interactions multiples.

5-1- Composantes du rendement grains

Le principe de la décomposition du rendement des céréales en ces principales composantes permet d'analyser la variabilité de la production. Pour le sorgho, le rendement grains se décompose selon les trois composantes suivantes :

Rendement grains = Nombre de panicules/m² × nombre de grains/panicule × poids moyen d'un grain.

Ces composantes dépendent du potentiel génétique du cultivar mais sont fortement influencées par les facteurs du rendement que sont l'eau, la lumière, la température, les éléments minéraux.

L'essai Ouest africain d'adaptation des hybrides de sorgho (WASHAT) conduit pendant 5 ans sur plusieurs sites en Afrique de l'Ouest a montré que les meilleurs hybrides ont un rendement en grains de 23 à 58% supérieur à celui des variétés améliorées adaptées (Murty *et al.* 1994).

5-2- Composantes du rendement paille

Le rendement paille se décompose en trois composantes :

Rendement paille = Nombre de tiges/m² × (poids tiges + poids feuilles) + poids panicules vides/m².

L'hétérosis se manifeste par une légère augmentation de la taille des hybrides, de l'épaisseur des tiges et du poids sec des tiges et des feuilles (Doggett, 1988); il est le résultat d'une augmentation des surfaces photosynthétiques.

Outre ces composantes génétiques, le rendement dépend aussi des conditions environnementales que sont entre autres:

- la densité de semis.
- le niveau d'intensification de la culture.

Selon Quinby *et al.* (1958) cités par Doggett (1988), l'accroissement des rendements des hybrides peut atteindre 58% par rapport au meilleur parent en conditions pluviales et 22% seulement en conditions irriguées. Les hybrides seraient donc plus rustiques que leurs parents; la plus forte densité de leur système racinaire pourrait expliquer cette rusticité.

Doggett (1988) a noté une quasi-constance du nombre de fleurons par plante chez les hybrides, leur permettant de maintenir le rendement grains dans une grande variabilité de conditions environnementales.

DEUXIEME PARTIE: MATERIEL ET METHODES

I- MATERIEL

1-1- Matériel génétique

Le matériel génétique, désigné par le terme « entrées » comporte 24 hybrides et 25 lignées originaires de différentes régions du monde. Ces 25 lignées, toutes de la race guinea sont constituées de 24 lignées restauratrices de fertilité qui sont les parents mâles des hybrides et d'une variété locale (Sariaso09 B), mainteneur du parent femelle (Sariaso09 A). Les croisements d'hybridation ont été effectués sur le site de Farako-bâ pendant la campagne de contre-saison 2003-2004.

Tableau II: Dénominations, origines géographiques, précocité épiaison des parents.

Lignées	Pays d'origine	Précocité épiaison
CVS323	Burkina Faso	Précoce
CVS249	Burkina Faso	Tardif
CVS517	Burkina Faso	Moyen
CVS225	Burkina Faso	Précoce
CVS542	Burkina Faso	Moyen
CVS340	Burkina Faso	Précoce
CVS297	Burkina Faso	Précoce
CVS435	Burkina Faso	Moyen
CVS333	Burkina Faso	Précoce
CVS299	Burkina Faso	Précoce
Sariaso09B	Burkina Faso	Moyen
IS16515	Cameroun	Tardif
IS16532	Cameroun	Tardif
IS30843	Cameroun	Tardif
IS30804	Cameroun	Tardif
IS23669	Gambie	Tardif
IS22188	Inde	Moyen
Folomba	Mali	Tardif
IS7841	Nigeria	Moyen
IS7405	Nigeria	Tardif
IS2768	Sierra Léone	Moyen
IS27730	Sierra Léone	Tardif
IS27015	Soudan	Tardif
IS12305	Zimbabwe	Tardif
IS27113	Zimbabwe	Tardif

NB: Précocité épiaison: *Précoce : < 70 j

*Moyen : ≥ 70 j < 80 j

*Tardif : ≥ 80 j

Tableau III: Liste des hybrides et type de combinaisons parentales

Hybrides	Types de combinaisons	
	Origines géographiques	Précocité épiaison
Sariaso09AxCV S323	Locale x Locale	Moyen x Précoce
Sariaso09AxCV S249	Locale x Locale	Moyen x Tardif
Sariaso09AxCV S517	Locale x Locale	Moyen x Moyen
Sariaso09AxCV S225	Locale x Locale	Moyen x Précoce
Sariaso09AxCV S542	Locale x Locale	Moyen x Moyen
Sariaso09AxCV S340	Locale x Locale	Moyen x Précoce
Sariaso09AxCV S297	Locale x Locale	Moyen x Précoce
Sariaso09AxCV S435	Locale x Locale	Moyen x Moyen
Sariaso09AxCV S333	Locale x Locale	Moyen x Précoce
Sariaso09AxCV S299	Locale x Locale	Moyen x Précoce
Sariaso09AxIS2768	Locale x Exotique	Moyen x Moyen
Sariaso09AxIS16515	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS22188	Locale x Exotique	Moyen x Moyen
Sariaso09AxIS27730	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS12305	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS23669	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS16532	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS7841	Locale x Exotique	Moyen x Moyen
Sariaso09AxIFolomba	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS30843	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS30804	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS7405	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS27015	Locale x Exotique	Moyen x Tardif
Sariaso09AxIS27113	Locale x Exotique	Moyen x Tardif

1-2- Milieu

Notre essai a été conduit sur le site de Farako-bâ qui est une station de recherche de l'INERA. La station de Farako-bâ est située à 10 Km au sud-ouest de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Banfora, à 04° 20 de longitude ouest, 11° 04 de latitude nord et à une altitude de 405 m.

1-2-1- Le climat

Dans la classification climatique effectuée par Guinko (1984), la zone sud-ouest du Burkina Faso dans laquelle se situe le site de Farako-bâ appartient au climat de type soudano-guinéen. Ce climat est caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse (mai à octobre) et d'une saison sèche (novembre à avril). Le cumul pluviométrique au cours de la campagne 2003-2004 était de 1155,1

mm. Il a été de 816,7 mm pour la campagne 2004-2005 soit un déficit 41,43% par rapport à l'année dernière. Le graphique ci-dessous donne la répartition mensuelle de la pluviométrie au cours de la campagne 2004-2005.

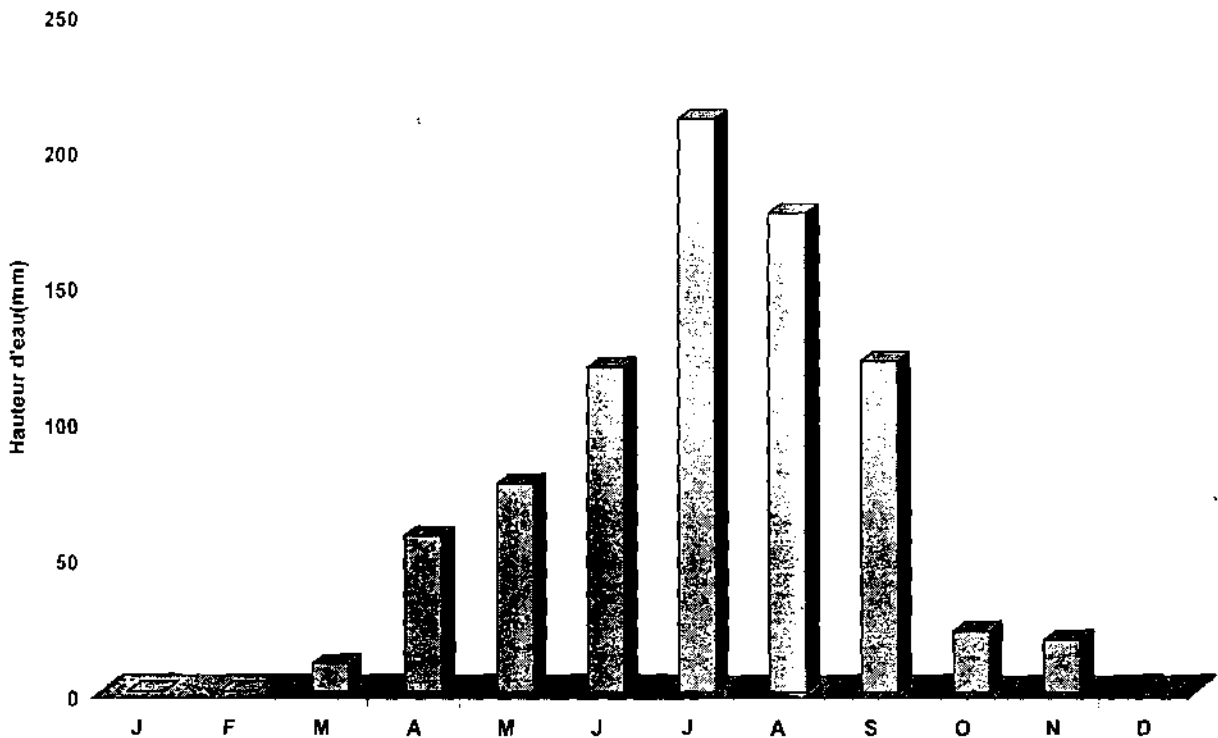


Figure2: Répartition mensuelle de la pluviométrie de Farako-bâ en 2004

1-2-2- Les sols

Des travaux menés par le département Gestion des Ressources Naturelles / Systèmes de Production révèlent une grande hétérogénéité des sols du site, allant des sols faiblement ferrallitiques à des sols ferrugineux. Les caractéristiques communes de ces sols sont leur pauvreté remarquable en matière organique et leur acidité. Cette déficience des sols est aggravée sur notre terrain par la monoculture du sorgho qui y est pratiquée depuis des années. Des apports de fumier ont été effectués en 2000 et en 2004 à raison de 25 t/ha.

II- METHODES

2-1- Conduite de l'essai

2-1-1- Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé dans cet essai est le «Alpha design». Il est adapté à l'étude d'un nombre important de matériels. L'essai comporte 49 entrées (24 hybrides + 25 lignées) semées en 4 répétitions (blocs). La randomisation est faite par tirage exhaustif.

Les différents paramètres du dispositif sont:

- 1 parcelle: 3 lignes de 2,4 m chacune
- écartements : 80 cm × 40 cm soit 7 poquets par ligne ou encore 21 poquets par parcelle.
- 1 allée de 1.6 m est laissée entre blocs successifs.

Une ligne de CGM est intercalée entre deux parcelles consécutives. CGM est une variété de courte taille. Cette ligne permet de réduire et d'uniformiser les compétitions inter-variétales.

L'essai est entouré par 3 lignes de bordure avec la variété CGM. Cela permet de soumettre les parcelles périphériques aux mêmes conditions de compétition que les parcelles internes. Le schéma du dispositif est donné en annexes (Annexe 1).

2-1-2- Techniques culturales

La préparation du sol a consisté en un labour après épandage de fumier à la dose de 25 t/ha. Un hersage a permis de niveler et d'ameublir le lit de semis. Toutes les entrées ont été semées le 08 juillet 2004. Nous avons procédé à un résemis 10 jours plus tard là où la germination était mauvaise. Un démariage à 2 plants par poquet est intervenu 15 jours après la levée. Lorsqu'il y a eu des manquants, les poquets vides ont été repiqués avec l'entrée correspondante. Nous avons voulu ainsi uniformiser la compétition entre plantes. Les parcelles ont reçu une fertilisation de 200 kg d'engrais NPK (16-16-16) au tallage et 100 kg d'urée à la montaison. Le buttage a suivi immédiatement l'épandage d'urée. Son but est de protéger les plantes contre l'action du vent et de préserver l'humidité du sol. Les sarclages ont été effectués à la demande. Les parcelles ont été traitées au furadan afin de lutter contre les attaques de *Atherigona soccata*. Cet insecte est un foreur de tige au stade juvénile; il est l'agent responsable du cœur mort. A la maturation, nous avons procédé à une épuration des hybrides. Elle a consisté en un marquage des plants hybrides à l'aide de la peinture et à l'élimination des plantes «hors type».

2-2- Méthodes de collecte des données expérimentales

L'étude a concerné essentiellement des caractères quantitatifs; Les échantillons ont été prélevés au hasard dans les poquets centraux, ce qui permet de minimiser les effets de la compétition inter-variétale. Les observations et les mesures ont été faites sur la base des descripteurs du sorgho (1984). Au total 16 variables allant de la hauteur de la plante au poids de 1000 grains ont été mesurés. Le Tableau IV donne des détails sur les 18 variables mesurées et les méthodes utilisées pour la collecte.

Tableau IV: Variables mesurées et calculées pour l'évaluation des hybrides

CARACTERES	CODE	DESCRIPTION	ECHANTILLONS/PARCELLE	MATERIEL UTILISE ET/OU UNITE
Date 50% épiaison	EP	Date à laquelle les panicules de 50% des plants de la parcelle ont commencé à émerger. La date a été notée grâce à un passage effectué tous les 02 jours	Parcelle totale	Jour
Hauteur des plantes	HP	Hauteur mesurée de la base jusqu'au sommet de la panicule	05 plants	Règle en bois gradué: cm
Longueur du pédoncule	LP	Distance entre le dernier nœud et la base de la panicule	05 tiges	Mètre ruban: cm
Nombre de nœuds par tige	NNT	Tous les nœuds de la base au sommet de la tige. Ce nombre correspond à celui des feuilles	05 tiges	Observation visuelle
Longueur moyenne des entre-nœuds	LEN	Rapport entre la longueur de la tige et le nombre d'entre-nœuds	05 tiges	Mètre ruban: cm
Diamètre du deuxième entre-nœud	DEN	Mesure du diamètre du deuxième entre-nœud (à partir du bas)	05 tiges	Pied à coulisse: cm
Poids sec tiges	PST	Poids des tiges après séchage	05 tiges	Balance électronique: g
Poids sec feuilles	PSF	Poids des feuilles après séchage	Feuilles de 05 tiges	Balance électronique g
Longueur de la panicule	LPA	Longueur mesurée de la base au sommet du rachis	05 panicules	Papier millimétré: cm
Poids grains par panicule	PGPA	Poids des grains après battage individuel des panicules	05 panicules	Balance électronique g
Poids paille de la panicule	PPA	Poids de la panicule vide (après battage)	05 panicules	Balance électronique g
Poids de 1000 grains	PMG	Pesée de 1000 grains dénombrés au compteur de grain Numigral	05 échantillons de 1000 grains	Balance électronique g
Nombre de grains par panicule	NG	Obtenu par le rapport entre le poids grains par panicule et le poids de 1000 grains	05 panicules	
Nombre de nœuds par rachis	NNR	Comptage du nombre de nœuds sur le rachis	05 panicules	Observation visuelle
Poids total de la branche	PB	Pesée de chaque branche (paille + grains)	05 panicules	Balance électronique g
Poids grains par branche	PGB	Pesée des grains de chaque branche après égrenage	05 panicules	Balance électronique g
Nombre de branches par nœud	NBN	Comptage du nombre de branches se trouvant sur chaque nœud	05 panicules	Observation visuelle
Longueur des branches	LB	Mesure de la longueur de chaque branche	05 panicules	Papier millimétré: cm

2-3- Méthodes d'analyses statistiques

Nous avons utilisé les programmes du logiciel SAS (Statistical Analysis System) pour les analyses statistiques qui ont concerné les analyses de variances, les analyses factorielles discriminantes et les analyses de corrélation.

La séparation des moyennes a été faite avec le test de Duncan lorsque le test d'analyse de variances se révélait significatif au seuil de 0,05.

2-3-1- Critères de sélection des hybrides et calcul d'hétérosis

Les hybrides sont sélectionnés sur la base de leur hétérosis maximal et de leur performance propre pour le poids grains/panicule et la durée du cycle (précocité épiaison).

L'hétérosis est le plus souvent exprimé par rapport au parent moyen. Ainsi déterminé, l'hétérosis est utile pour la recherche fondamentale, il n'a pas un grand intérêt pratique pour le sélectionneur. Par exemple lorsque l'hybride est supérieur au parent moyen mais est inférieur au meilleur parent, par définition il exprime l'hétérosis mais il n'a pas un intérêt agricole. On considérera que l'hybride exprime la vigueur hybride que lorsqu'il est supérieur au meilleur parent. Cependant pour des fins de comparaisons avec des travaux antérieurs, l'hétérosis moyen sera déterminé pour le rendement grain et la précocité épiaison.

$H_{max} = \text{Valeur de l'hybride} / \text{Valeur du meilleur parent}$

$H_{moy} = \text{Valeur de l'hybride} / \text{Valeur moyenne des parents}$

Par ailleurs l'hybride n'a un intérêt pratique que s'il est plus performant que les lignées de même race que ses géniteurs ou les variétés vulgarisées les plus performantes.

Rappelons que notre objectif est de créer des hybrides à potentiel de rendement élevé et dont le cycle s'adapte à la baisse de la pluviométrie enregistrée ces dernières années. Nous retiendrons à l'issue de l'expérimentation les hybrides qui ont à la fois des niveaux d'hétérosis maximal pour le rendement grains supérieur à 1 et qui rendent mieux que toutes les lignées testées. Ces hybrides doivent associer à l'amélioration du rendement une réduction du cycle.

Deux groupes hétérotiques seront établis en fonction de l'hétérosis maximal pour le rendement positif (> 1) ou négatif (< 1). La discrimination de ces groupes d'hybrides aux géniteurs se fera par rapport aux caractéristiques morphologiques de la plante.

2-3-2- Etude des types de combinaisons parentales

La difficulté dans l'exploitation de l'hétérosis réside dans le choix des parents (Paterniani, 1965). Il s'agit des types de combinaisons à effectuer pour obtenir les meilleurs hétérosis pour le rendement grains.

Des calculs de fréquences ont été opérés afin d'établir des relations entre l'hétérosis pour le rendement grains et les combinaisons spécifiques parentales.

2-3-3- Evaluation des caractéristiques morphologiques

L'évaluation des paramètres morphologiques consiste à une détermination des niveaux d'hétérosis maximal pour les caractères étudiés. Les variables ont été regroupées en trois types:

- les caractères végétatifs: la hauteur de la plante (HP), la longueur du pédoncule (LP), le nombre de nœuds par tige (NNT), la longueur moyenne des entre-nœuds (LEN) et le diamètre du deuxième entre-nœud (DEN).

-Les paramètres paniculaires: la longueur de la panicule (LPA), le poids de la panicule vide (PPA), le nombre de nœuds par rachis (NNR), le nombre de branches par nœud (NBN), le nombre de grains par panicule (NG) et le poids de mille grains (PMG).

- Les paramètres de la branche sont: la longueur de la branche (LB), le poids total de la branche (PB) et le poids grain de la branche (PGB).

Une analyse de corrélations entre les différents caractères a été réalisée. Les données utilisées pour l'analyse de corrélation entre les caractères sont celles obtenues sur l'hétérosis pour les différents paramètres étudiés. Cette analyse permet de déterminer les relations qui existent entre les caractères afin de mieux cerner le comportement des hybrides.

TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSIONS

I- CONTRAINTES LIEES A L'EXPERIMENTATION

La conduite de l'expérimentation a mis en évidence un certain nombre de contraintes qui ont conduit à un réajustement de la méthodologie.

L'organisation du calendrier des labours des parcelles d'expérimentation de la station a entraîné une mise en place tardive de l'essai. Le semis qui devrait s'effectuer entre le 10 et le 15 juin a été réalisé le 08 juillet. A ce retard de semis s'ajoute une rareté et un arrêt brusque des pluies en fin de campagne. Ces facteurs ont fortement influencé le développement des lignées à long cycle. Certaines de ces entrées notamment IS27015 et IS7405 ont été sévèrement attaqués par la cécidomyie qui a causé d'énormes pertes de rendement (90 à 100% de perte).

En définitive 5 lignées exotiques et leurs hybrides ont été écartés de l'évaluation. Les études comparatives ont donc concerné 19 hybrides et 20 parents dont l'un, le parent femelle est commun à tous les hybrides.

Nous n'avons pas estimé le rendement paille (poids sec des tiges et des feuilles) à cause de fortes attaques de termites observées en fin de campagne sur les parties végétatives.

Par ailleurs, compte tenu de l'homogénéité des hybrides F1 et de leurs géniteurs (lignées), du nombre élevé de paramètres observés, le nombre de plantes échantillonnées par répétition a été ramené de 5 à 2. Au terme de la campagne, 92484 données ont été collectées pour 14 paramètres étudiés au lieu de 231210 initialement prévues (soit un taux de couverture de 40%).

Le Tableau V donne des informations sur le volume de données collectées sur l'ensemble de l'essai en fonction des paramètres mesurés.

Tableau V: Volume de données collectées.

Caractères	EP	HP	NNT	DEN	PGPA	PPA	LPA	LP	PMG	NNR	NBN	PB	PGB	LB	Total
Données collectées	196	392	392	392	392	392	392	392	784	392	22092	22092	22092	22092	92484

II- EVALUATION DES CARACTERISTIQUES MORPHOGENETIQUES

Les caractères évalués sont regroupés en trois types: les caractères végétatifs, les paramètres paniculaires et les paramètres de la branche

2-1- Hétérosis pour les paramètres végétatifs

Les résultats de l'analyse de variances sur les caractères végétatifs sont présentés dans le Tableau VI.

Tableau VI: Analyse de variances pour les paramètres végétatifs

variables	HP	LP	NNT	LEN	DEN
Entrées	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0059**	0,0001***
Bloc	0,1767	0,3486	0,6757	0,0894	0,0926
CV(%)	7,77	12,12	10	12,51	9,84
R ²	0,88	0,78	0,87	0,66	0,79

* : effet significatif ** : effet hautement significatif *** : effet très hautement significatif

HP : hauteur de la plante ; LP : longueur du pédoncule ; NNT : nombre de nœuds par tige ; LEN : longueur moyenne des entre-nœuds ; DEN : diamètre du deuxième entre-nœud.

Le facteur entrées est hautement significatif sur l'expression des caractères végétatifs. L'effet bloc est non significatif. Pour l'ensemble de ces caractères le coefficient de variation est faible. Il est compris entre 7,77% et 12,51%.

Les données sur les valeurs moyennes des hybrides et les valeurs d'hétérosis maximal correspondantes sont consignées dans le Tableau VII.

Tableau VII: Valeurs moyennes et hétérosis pour les paramètres végétatifs

Hybrides	HP		LP		NNT		LEN		DEN	
	M (cm)	H	M (cm)	H	M	H	M (cm)	H	M (cm)	H
Sar09AxCVS225	356,43	1,11	78,43	1,04	11,57	1,15	20,88	0,95	2,07	1,09
Sar09AxCVS249	447,14	1,32	59,71	0,85	15,86	1,16	22,11	1,07	2,34	1,09
Sar09AxCVS297	362,86	1,17	67,57	0,86	12,43	1,24	21,26	1,03	2,10	1,11
Sar09AxCVS299	369,29	1,16	70,14	1,00	12,00	1,2	21,90	1,00	2,19	1,15
Sar09AxCVS323	357,14	1,15	68	0,97	11,57	1,01	21,76	1,05	2,20	1,16
Sar09AxCVS333	395,00	1,23	67,71	0,97	13,14	1,09	22,28	1,08	2,20	1,15
Sar09AxCVS340	345,00	1,03	75,57	1,08	11,00	0,93	21,54	1,04	1,91	1,01
Sar09AxCVS435	442,14	1,09	70,71	0,89	16,00	1,19	21,00	0,95	2,13	1,07
Sar09AxCVS517	392,14	1,27	83,00	0,77	13,86	1,38	21,09	1,02	2,21	1,17
Sar09AxCVS542	389,29	1,12	74,86	0,85	12,57	1,25	22,38	0,96	1,97	1,04
Sar09AxFolomba	403,57	1,05	64,43	0,92	13,71	1,10	21,86	0,97	2,29	0,94
Sar09AxIS12305	380,00	0,92	66,14	0,83	13,57	1,03	20,61	0,96	2,49	1,10
Sar09AxIS16515	380,00	1,00	62,43	0,89	13,86	1,19	20,53	0,86	2,30	1,01
Sar09AxIS16532	422,86	1,12	64,29	0,92	15,00	1,25	20,62	0,94	2,37	1,03
Sar09AxIS22188	390,71	1,26	79,57	1,14	11,71	1,17	22,42	0,98	2,07	1,09
Sar09AxIS23669	442,14	1,19	55,43	0,79	15,43	1,31	22,67	0,98	2,43	1,08
Sar09AxIS2768	423,57	1,17	63,29	0,90	14,43	1,10	22,51	1,09	2,24	1,10
Sar09AxIS27730	405,71	1,02	58,29	0,83	14,00	1,07	22,32	0,98	2,19	0,96
Sar09AxIS7841	445,00	1,29	65,71	0,94	14,86	1,17	23,23	1,13	2,59	1,04

M=valeurs moyennes H=leur d'hétérosis maximal

2-1-1- Hétérosis pour la hauteur de la plante (HP)

La hauteur moyenne des plantes hybrides est comprise entre 345 cm et 447,14 cm. De façon générale les hybrides ont exprimé des hétérosis positifs pour la hauteur de la plante. L'augmentation de la taille par rapport au meilleur parent varie de +2% à +32%. L'hybride Sarioso09AxCVS249 a la plus haute taille (447,14 cm) et le plus haut niveau d'hétérosis (1,32). Un faible raccourcissement de la taille (- 8%) est observé chez Sarioso09AxIS12305. Sa taille moyenne est de 380 cm.

2-1-2- Hétérosis pour la longueur du pédoncule (LP)

On note un raccourcissement de la longueur du pédoncule allant de - 3% à - 23%, chez la majorité des hybrides. L'expression de la vigueur hybride a été observée chez Sarioso09AxIS22188, Sarioso09AxCVS340 et Sarioso09AxCVS225. Leurs valeurs d'hétérosis sont respectivement 1,14, 1,08 et 1,04. La longueur moyenne du pédoncule chez l'hybride varie de 55,43

cm à 83 cm. La plus forte moyenne est observé chez Sarioso09AxCVS517 où l'on a obtenu la plus faible valeur d'hétérosis (0,77).

2-1-3- Hétérosis pour le nombre de nœuds par tige(NNT)

Tous les hybrides excepté Sarioso09AxCVS340 ($H=0,93$) ont exprimé la vigueur hybride pour ce caractère. Sarioso09AxCVS340 a en outre la plus faible moyenne pour ce caractère (11 nœuds par tige). L'augmentation du nombre de nœuds se situe entre 1% et 38%. Sarioso09AxCVS517 avec en moyenne 14 nœuds par tige a le haut niveau d'hétérosis (1,38). Le nombre moyen de nœuds par tige varie de 11 à 16.

2-1-4- Hétérosis pour la longueur moyenne des entre-nœuds (LEN)

Pour ce caractère les valeurs d'hétérosis maximal sont proches de 1. On observe des cas extrêmes chez Sarioso09AxIS7841 et Sarioso09AxIS16515. Pour ces hybrides il y a respectivement une augmentation de +13% et une diminution de -14% de la longueur des entre-nœuds. La longueur moyenne des entre-nœuds est comprise entre 20,53 cm et 23,23 cm.

2-1-5- Hétérosis pour le diamètre du deuxième entre-nœud(DEN)

De façon globale l'hétérosis maximal pour ce caractère est supérieur à 1. Le niveau moyen d'hétérosis varie de +1% à +17%. Deux hybrides Sarioso09AxIS27730 et Sarioso09AxFolomba ont une réponse hétérotique négative. Leurs valeurs d'hétérosis sont respectivement 0,96 et 0,94. Le diamètre moyen du deuxième entre-nœud fluctue entre 1,91 cm et 2,59 cm. Ces deux extrêmes sont observés respectivement chez Sarioso09AxCVS340 et Sarioso09AxIS7841.

2-1-6- Récapitulatif sur l'hétérosis pour les paramètres végétatifs

La quasi-totalité des hybrides a une réponse hétérotique positive pour la hauteur de la plante (HP), le nombre de nœuds par tige (NNT) et le diamètre du deuxième entre-nœud (DEN). La longueur moyenne de l'entre-nœud chez l'hybride est égale à celle du meilleur parent. Le phénomène d'hétérosis s'est différemment manifesté pour la longueur du pédoncule (LP); la majorité des hybrides a une réponse hétérotique négative pour ce caractère. Pour tous les paramètres végétatifs étudiés Sarioso09AxCVS229 a des valeurs d'hétérosis supérieures ou égales à 1.

2-2- Hétérosis pour les paramètres paniculaires

Les résultats de l'analyse de variances sur les caractères paniculaires sont présentés dans le Tableau VIII.

Tableau VIII: Analyse de variances pour les paramètres de la panicule

variables	LPA	PPA	NNR	NBN	NG	PMG
Entrées	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***
Bloc	0,8654	0,6980	0,0341	0,1021	0,0739	0,0112
CV	18,94	20,75	14,18	21,48	20,18	10,01
R ²	0,69	0,76	0,78	0,73	0,76	0,85

* : effet significatif ** : effet hautement significatif *** : effet très hautement significatif

LPA : longueur de la panicule ; PPA : poids de la panicule vide ; NNR : nombre de nœuds par rachis ; NBN : nombre de branches par nœud ; NG : nombre de grains par panicule ; PMG : poids de mille grains.

L'effet des entrées est très hautement significatif sur l'expression de tous les caractères. L'effet bloc est non significatif. Les valeurs des coefficients de variation sont peu élevées. Elles varient de 10,01% à 21,48%.

Les résultats sur les valeurs moyennes des hybrides et les valeurs d'hétérosis maximal correspondantes sont donnés dans le Tableau IX.

Tableau IX: Moyennes et hétérosis pour les paramètres de la panicule.

Hybrides	LPA		PPA		NNR		NBN		NG		PMG	
	M (cm)	H	M (g)	H	M	H	M	H	M	H	M (g)	H
Sar09AxCVS225	36,43	1,01	23,43	0,95	13,00	1,00	6,29	0,89	3378,08	0,83	23,89	0,90
Sar09AxCVS249	37,21	1,08	38,70	1,28	12,71	1,09	8,21	1,16	3495,82	0,73	27,21	1,22
Sar09AxCVS297	29,99	0,85	25,64	0,84	11,57	0,97	5,52	0,78	2696,14	0,66	26,74	0,92
Sar09AxCVS299	36,73	0,97	26,46	0,87	13,43	1,14	6,15	0,77	2798,10	0,68	28,24	0,98
Sar09AxCVS323	37,63	1,09	28,28	0,93	14,14	1,04	6,73	0,95	3203,14	0,78	29,26	0,99
Sar09AxCVS333	35,53	1,03	28,41	0,83	12,43	0,96	7,05	1,00	2964,30	0,73	26,05	0,94
Sar09AxCVS340	34,21	0,99	26,43	0,87	11,71	0,94	8,23	0,80	3722,03	0,91	26,45	1,06
Sar09AxCVS435	37,17	0,84	30,26	0,98	12,00	0,84	5,96	0,84	3615,44	0,89	25,32	0,98
Sar09AxCVS517	35,77	1,03	26,69	0,88	13,00	1,12	5,50	0,78	4081,51	1,00	24,71	1,01
Sar09AxCVS542	33,96	0,98	27,07	0,89	13,43	1,02	5,39	0,68	3331,59	0,82	25,13	0,91
Sar09AxFolomba	39,24	0,83	25,48	0,84	14,14	0,83	5,69	0,80	4039,86	0,95	24,70	1,11
Sar09AxIS12305	35,59	0,72	34,18	1,03	14,14	0,82	5,53	0,70	4330,97	0,99	24,96	1,11
Sar09AxIS16515	35,69	0,83	30,99	0,82	14,29	0,98	5,99	0,85	4446,96	0,98	25,61	1,02
Sar09AxIS16532	49,63	0,99	36,87	0,92	13,29	0,84	5,77	0,82	4021,25	0,99	24,77	1,00
Sar09AxIS22188	48,81	1,41	29,45	0,97	10,57	0,91	6,99	0,77	4651,42	1,14	24,88	1,12
Sar09AxIS23669	37,97	0,88	41,59	1,35	12,57	0,94	9,01	1,28	3730,94	0,91	29,84	1,28
Sar09AxIS2768	36,39	0,86	31,14	1,03	13,43	0,95	5,70	0,81	3300,29	0,81	26,16	1,18
Sar09AxIS27730	37,11	1,07	38,12	0,95	13,43	1,01	6,83	0,97	4772,00	1,13	24,86	1,03
Sar09AxIS7841	32,91	0,95	27,77	0,91	12,14	1,04	6,04	0,81	2503,26	0,61	25,62	1,15

M=valeurs moyennes

H=valeur d'hétérosis maximal

2-2-1- Hétérosis pour la longueur de la panicule (LPA)

L'hétérosis maximal est positif pour sept (7) hybrides. L'accroissement de la longueur de la panicule est relativement faible. L'hybride Sarioso09AxIS22188 se distingue du groupe avec un gain de longueur de + 41% par rapport au meilleur parent. La longueur de la panicule de cet hybride est de 48,81 cm. Le raccourcissement de panicule chez les 12 autres hybrides atteint un maximum chez Sarioso09AxIS12305 (-28%). La longueur de la panicule chez l'hybride varie de 29,99 cm à 49,63 cm. La plus grande longueur de panicule est observée chez Sarioso09AxIS16532 dont la valeur d'hétérosis maximal est 0,99.

2-2-2- Hétérosis pour le poids de la panicule vide (PPA)

Le poids moyen de la panicule vide varie de 23,43 g à 41,59 g. L'hétérosis maximal est positif pour les quatre (4) hybrides suivants : Sarioso09AxIS23669, Sarioso09AxCVS249, Sarioso09AxIS12305, Sarioso09AxIS2768. Leurs valeurs sont respectivement 1,35 1,28 1,03 et 1,03. La baisse du poids paille de la panicule chez les autres hybrides s'étend de -2% à -18%.

2-2-3- Hétérosis pour le nombre moyen de nœuds par rachis (NNR)

Le nombre moyen de nœuds par rachis varie de 10 à 14. Les Plus fortes moyennes (en baisse par rapport aux meilleurs parents) sont observées chez Sarioso09AxFolomba, Sarioso09AxIS12305, Sarioso09AxIS16532. Sept (7) hybrides ont manifesté la vigueur hybride. L'augmentation du nombre de nœuds par rapport au meilleur parent s'étend de 1% à 14%. Les autres hybrides ont une réponse hétérotique négative pour le nombre moyen de nœuds. Les baisses du nombre de nœuds chez ces hybrides fluctuent entre -2% et -18%.

2-2-4- Hétérosis pour le nombre moyen de branches par nœud rachidien (NBN)

Le nombre moyen de branches est compris entre 5 et 9. Il y a baisse du nombre de branches chez la majorité des hybrides. Les baisses fluctuent entre -3% et -32%. On a observé des hétérosis positifs chez Sarioso09AxIS23669 (1,28) et Sarioso09AxCVS249 (1,16). Par ailleurs ces deux hybrides ont les plus fortes valeurs qui sont respectivement 9 et 8 branches par nœud.

2-2-5- Hétérosis pour le nombre de grains par panicule (NG)

Le nombre de grains par panicule chez l'hybride est compris entre 2503 et 4772 grains. Deux hybrides provenant de parents mâles exotiques Sarioso09AxIS22188 et Sarioso09AxIS27730 ont un hétérosis maximal positif. Leurs valeurs d'hétérosis sont respectivement de 1,14 et 1,13. En outre, les nombres les plus élevés de grains ont été observés chez ces 2 hybrides soit 4651 grains pour Sarioso09AxIS22188 et 4772 grains pour Sarioso09AxIS27730. La plus forte baisse du nombre de grains par rapport au meilleur parent est enregistrée chez Sarioso09AxIS7841. Elle est de -39%. L'hybride Sarioso09AxCVS517 a le même nombre de grains que son meilleur parent.

2-2-6- Hétérosis pour le poids de mille grains (PMG)

Le poids de mille grains chez l'hybride fluctue entre 23,89 g et 29,84 g. Onze (11) hybrides ont exprimé la vigueur hybride. Tous les hybrides issus de parents mâles exotiques ont des hétérosis

positifs. L'accroissement du poids des grains par rapport au meilleur parent varie de +1% à +28%. Sarioso09AxIS23669 a le poids de mille grains et le niveau d'hétérosis les plus élevés. Les autres hybrides Sarioso09AxCVS323, Sarioso09AxCVS299 Sarioso09AxCVS435, Sarioso09AxCVS333, Sarioso09AxCVS297, Sarioso09AxCVS542, Sarioso09AxCVS225 ont des valeurs d'hétérosis inférieures à 1. La plus forte baisse du poids des grains par rapport au meilleur parent est de - 10%. Elle est observée chez Sarioso09AxCVS225.

2-2-7- Récapitulatif sur l'hétérosis pour les paramètres de la panicule

La performance de l'hybride par rapport au meilleur parent varie énormément en fonction des caractères. Pour chaque caractère le phénomène d'hétérosis a été diversement observé. L'hybride peut être plus ou moins performant que le meilleur parent. Seuls les hybrides Sarioso09AxIS22188 et Sarioso09AxIS27730 ont concomitamment des hétérosis positifs pour le nombre de grains par panicule (NG) et le poids de mille grains (PMG). En général les valeurs d'hétérosis pour le poids de mille grains sont légèrement supérieures à celles obtenues pour le nombre de grains.

2-3- Hétérosis pour les paramètres de la branche

Les résultats de l'analyse de variances sur les paramètres de la branche sont présentés dans le Tableau X.

Tableau X: Analyse de variances pour les paramètres de la branche

variables	LB	PB	PGB
Entrées	0,0001***	0,0001***	0,0001***
Bloc	0,9573	0,9792	0,3065
CV	9,94	24	26,07
R ²	0,96	0,71	0,69

* : effet significatif ** : effet hautement significatif *** : effet très hautement significatif
 LB : longueur moyenne des branches ; PB : poids total de la branche ; PGB : poids grains par branche.

L'effet des entrées est très hautement significatif sur l'expression des caractères. L'effet bloc est non significatif. Les valeurs des coefficients de variation sont comprises entre 9,94% et 26,07.

Les données sur les moyennes des paramètres de la branche et les valeurs d'hétérosis maximal correspondantes sont consignées dans le Tableau XI.

Tableau XI: valeurs des paramètres de la branche et hétérosis des hybrides.

Hybrides	LB		PB		PGB	
	M (cm)	H	M (g)	H	M (g)	H
Sar09AxCVS225	9,76	0,93	1,29	0,77	1,25	1,10
Sar09AxCVS249	9,58	0,70	1,26	0,84	0,92	0,81
Sar09AxCVS297	9,96	0,95	1,44	0,96	1,08	0,95
Sar09AxCVS299	9,59	0,90	1,27	0,85	0,97	0,86
Sar09AxCVS323	9,93	0,95	1,31	0,87	1,02	0,90
Sar09AxCVS333	9,77	0,93	1,24	0,76	0,93	0,75
Sar09AxCVS340	9,58	0,91	1,28	0,85	1,00	0,88
Sar09AxCVS435	10,37	0,99	1,62	1,08	1,22	1,07
Sar09AxCVS517	10,18	0,97	1,73	1,16	1,34	1,10
Sar09AxCVS542	9,94	0,95	1,48	0,99	1,15	1,01
Sar09AxFolomba	10,87	1,00	1,58	1,05	1,23	1,08
Sar09AxIS12305	9,47	0,90	1,65	1,10	1,27	1,12
Sar09AxIS16515	9,67	0,92	1,70	1,10	1,33	1,13
Sar09AxIS16532	12,23	0,98	1,86	1,16	1,38	1,16
Sar09AxIS22188	19,65	0,7	2,20	1,34	1,59	1,29
Sar09AxIS23669	9,84	0,77	1,36	0,75	0,99	0,73
Sar09AxIS2768	10,54	0,93	1,49	1,00	1,43	1,26
Sar09AxIS27730	10,09	0,85	1,73	0,95	1,34	1,00
Sar09AxIS7841	9,30	0,82	1,21	0,81	0,87	0,76

M=valeurs moyennes

H=valeur d'hétérosis maximal

2-3-1- Hétérosis pour la longueur moyenne des branches(LB)

La longueur moyenne d'une branche est comprise entre 9,3 cm et 19,65 cm. Ces valeurs sont plus faibles que celles des géniteurs. Tous les hybrides ont des valeurs d'hétérosis inférieures ou égales à 1. L'hétérosis pour ce caractère est négatif. La réduction de la longueur peut atteindre -30% par rapport au meilleur parent. Ce maximum est atteint chez Sarioso09AxIS22188 qui dépendant a les branches les plus longues.

2-3-2- Hétérosis pour le poids total de la branche

Le poids total d'une branche (PB) est compris entre 1,23 g et 2,20 g. Sept (7) hybrides ont des valeurs d'hétérosis supérieures à 1. Les gains de poids par rapport aux meilleurs parents s'étendent de 5% pour Sarioso09AxFolomba à 34% enregistré chez Sarioso09AxIS22188. Sarioso09AxIS22188 a aussi le meilleur phénotype. La valeur d'hétérosis la plus faible est 0,75

observée chez Sariaso09AxIS23669. Cet hybride a pourtant les meilleurs hétéroses pour le poids de la panicule vide (PPA), le poids de mille grains (PMG) et le nombre de branches par nœud (NBN).

2-3-3- Hétéroses pour le poids grains par branche

Le poids grains par branche se situe en moyenne entre 0,87 g et 1,60 g. L'hétéroses pour ce caractère est positif pour onze (11) hybrides. Parmi ces hybrides on compte les sept (7) hybrides ayant un hétéroses positif pour le poids total de la branche. Les valeurs d'hétéroses positif fluctuent entre +1% et +29% atteint chez Sariaso09AxIS22188. Cet hybride a aussi le meilleur phénotype. Chez les autres hybrides, la baisse du poids des grains par branche varie de -5% à - 25%.

2-3-4- Récapitulatif sur l'hétéroses pour les paramètres de la branche

Les hybrides ont tous une réponse hétérotique négative pour la longueur de la branche. Pour le poids total de la branche, le poids grains par branche ils ont des comportements divers. Sariaso09AxIS22188 s'est distingué de l'ensemble par des moyennes et des niveaux d'hétéroses remarquables. Cet hybride a les meilleures performances pour les trois caractères. Il a en outre les hétéroses les plus élevés pour le poids total de la branche (PB) et le poids grains par branche (PGB). Par contre la plus forte réduction de la longueur de la branche a été observée chez ce dernier.

2-4- Discussion

La hauteur de la plante, le nombre de nœuds ou le nombre de feuilles et le diamètre du deuxième entre-nœud sont les caractères les plus hétérotiques. L'hétéroses pour la longueur des branches est négatif.

L'expression du phénomène d'hétéroses pour les autres caractères varie en fonction des combinaisons. La vigueur hybride ne se manifeste pas sur l'ensemble de la plante hybride mais pour certains organes. Sekharan et *al.* (1975) ont travaillé sur des hybrides caudatum et ont abouti à la même conclusion. Les caractères végétatifs sont plus hétérotiques que ceux qui composent le rendement grains. Pathanothai et *al.* (1971) cités par Quinby (1973) ont constaté que la vigueur hybride se manifestait plus au niveau du rendement grains que du rendement paille.

Nos observations sont conformes à celles faites par Quinby (1973) et Zongo (1991) qui indiquent des hétéroses élevés pour la taille de la plante à maturité. Par ailleurs, Doggett (1988) a montré que l'hétéroses se manifeste par une légère augmentation de la taille des hybrides, de l'épaisseur des tiges.

Nos résultats ne recourent pas ceux obtenus par les auteurs précédemment cités pour les réponses hétérotiques positives observées pour le nombre de nœuds ou de feuilles chez l'hybride. Les sorghos Guinea se distinguent des autres races (notamment les races caudatum et kafir utilisées par la plupart des auteurs) par un nombre élevé de nœuds.

La prépondérance de l'accroissement du poids des grains par rapport à celui du nombre de grains est l'une des particularités de nos observations. Plusieurs auteurs tels que Quinby (1973), Murty (1994) ont montré que la supériorité des hybrides de sorgho pour le rendement grains est liée dans une large mesure à une augmentation du nombre de grains par panicule.

III- SELECTION D'HYBRIDES

Les hybrides sont sélectionnés sur la base de l'hétérosis maximal pour la précocité épiaison et l'hétérosis maximal pour le rendement grains par panicule. Le potentiel de rendement de l'hybride est un facteur important qui a été pris en compte.

3-1- Hétérosis pour la précocité épiaison

Concernant cette variable nous parlerons en termes de gain de précocité, l'hétérosis étant inversé. Notre objectif est d'obtenir des hétérosis négatifs c'est à dire un raccourcissement du cycle chez l'hybride.

3-1-1- Valeurs moyennes pour la précocité épiaison

Pour l'évaluation de ce caractère nous n'avons pas tenu compte du facteur répétition. Il y a une homogénéité de la durée du cycle d'un bloc à l'autre qui s'est traduit par la valeur de $R^2=1$. Les résultats ont été donc analysés comme si le dispositif était complètement randomisé.

Tableau XII: Analyse de variances pour la précocité épiaison

Source	ddl	F	P	R ²	CV
Entrées	38	12.09	0,0001	0.79	6.63

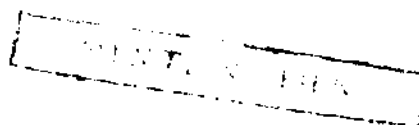
L'analyse de variances indique une différence très hautement significative entre les entrées pour la précocité épiaison. Le coefficient de variation est de 6,63.

Les résultats de la séparation des moyennes sont donnés dans le Tableau XIII. Il ressort que tous les hybrides ont épié entre le 60^e et le 73^e jours après semis (jas). Tous les hybrides excepté Sarioso09AxCVS249 sont précoces. La lignée la plus tardive (Folomba) a épié au 96^e jas. De façon globale, il y a eu un raccourcissement de la longueur du cycle chez les lignées.

Tableau XIII: Durées moyennes du cycle semis-50% épiaison des entrées.

Entrées	Précocité épiaison(jours)	classement
Folomba	96.250	a
CVS435	87.250	b
CVS249	83.500	b c
IS16532	80.000	c d
IS23669	77.500	c d e
IS2768	74.750	d e f
IS27730	74.000	d e f g
IS16515	73.250	d e f g h
IS7841	73.000	d e f g h i
Sar09AxCVS249	73.000	d e f g h i
Sar09AxIS23669	70.500	e f g h i j
IS12305	70.250	e f g h i j k
IS22188	69.750	f g h i j k
CVS333	69.750	f g h i j k l
Sar09AxIS16532	69.000	f g h i j k l
Sar09AxIS12305	67.750	f g h i j k l m
CVS323	67.250	f g h i j k l m n
Sar09AxIS7841	67.000	g h i j k l m n
Sar09AxFolomba	66.750	g h i j k l m n o
Sar09AxCVS323	66.500	g h i j k l m n o
Sar09AxCVS435	66.250	g h i j k l m n o
CVS517	66.000	h i j k l m n o
Sar09AxIS2768	65.750	h i j k l m n o
Sar09AxIS16515	65.750	h i j k l m n o
CVS542	65.250	i j k l m n o
Sar09AxCVS517	65.000	j k l m n o
Sarioso09B	64.500	j k l m n o
Sar09AxCVS333	64.000	j k l m n o
Sar09AxCVS225	63.750	j k l m n o
Sar09AxIS27730	63.250	j k l m n o
Sar09AxCVS542	62.750	j k l m n o
CVS299	62.500	k l m n o
Sar09AxCVS299	62.500	k l m n o
Sar09AxIS22188	61.500	l m n o
Sar09AxCVS297	60.500	m n o
CVS340	60.250	m n o
Sar09AxCVS340	59.750	n o
CVS225	59.500	n o
CVS297	59.250	o

NB : Les moyennes affectées des même lettres ne sont pas significativement différentes



3-1-2- Calcul d'hétérosis pour la précocité épiaison

Les valeurs d'hétérosis moyen et maximal pour la précocité épiaison des hybrides varient de 0,69 à 1,02 (voir Tableau XIV).

Les valeurs d'hétérosis moyen indique que la majorité des hybrides est plus hâtive que le parent moyen. Seul l'hybride Sarioso09AxCVS225 (H=1,02) épie après le parent moyen. Tous les hybrides sont plus précoces que leur parent le plus tardif.

La vigueur hybride ne se manifeste pas pour le caractère précocité épiaison. Il y a gain de précocité chez l'hybride. L'hybridation a entraîné un raccourcissement du cycle allant de 2 à 31% par rapport au parent tardif. Tous les hybrides satisfont au critère de sélection pour la précocité épiaison. La discrimination entre hybrides s'établit dans l'importance de cette réduction de cycle.

Tableau XIV: Valeurs d'hétérosis moyen et maximal pour la précocité épiaison.

Hybrides	Précocité épiaison(jours)	Hétérosis moyen	Hétérosis maximal
Sar09AxCVS517	65.000	0,99	0,98
Sar09AxCVS323	66.500	1	0,98
Sar09AxCVS225	63.750	1,02	0,98
Sar09AxIS12305	67.750	1	0,96
Sar09AxCVS542	62.750	0,96	0,96
Sar09AxCVS299	62.500	0,98	0,96
Sar09AxCVS297	60.500	0,97	0,93
Sar09AxCVS340	59.750	0,95	0,92
Sar09AxIS7541	67.000	0,97	0,91
Sar09AxCVS333	64.000	0,95	0,91
Sar09AxIS23669	70.500	0,99	0,90
Sar09AxIS16515	65.750	0,95	0,89
Sar09AxIS22188	61.500	0,91	0,88
Sar09AxIS2768	65.750	0,94	0,87
Sar09AxCVS249	73.000	0,98	0,87
Sar09AxIS16532	69.000	0,95	0,86
Sar09AxIS27730	63.250	0,91	0,85
Sar09AxCVS435	66.250	0,87	0,75
Sar09AxFolomba	66.750	0,83	0,69

3-2- Hétérosis pour le poids grains paniculaire et constitution des groupes hétérotiques

3-2-1- Valeurs moyennes pour le poids grains paniculaire

Tableau XV : Analyse de variances pour le poids grains/panicule

Source	ddl	F	P	Test Fisher
Entrées	38	7.59	0.0001	THS
Bloc	3	1.24	0.2979	NS

$R^2 = 0,79$ $CV = 17,34\%$ $\alpha = 0,05$

THS= très hautement significatif NS= non significatif

L'analyse de variances révèle une variabilité importante entre les entrées pour le poids grains par panicule. L'effet bloc sur les rendements est non significatif. Le coefficient de variation est acceptable.

Le poids grains paniculaire des hybrides varie de 62,75 g à 117,77 g. Celui des lignées fluctue entre 57,69 g et 112 g. Les hybrides Sarioso09AxIS22188 et Sarioso09AxIS27730 ont les plus hauts rendements avec des valeurs respectives de 115,71 g et 117,77 g.

Tableau XVI: Poids grains/panicule des entrées.

Cultivars	Rendement moyen/panicule(g)	classement
Sar09AxIS27730	117.773	a
Sar09AxIS22188	115.717	ab
IS16515	112.004	abc
Sar09AxIS16515	111.966	abc
Sar09AxIS23669	110.666	abcd
Sar09AxIS12305	105.530	abcde
Sar09AxIS16532	100.444	abcdef
IS27730	100.274	abcdef
CVS542	99.963	abcdef
Sar09AxCVS517	99.574	abcdef
Sar09AxFolomba	99.537	abcdef
Sar09AxCVS340	96.854	bcdefg
IS12305	95.800	cdefg
CVS333	95.110	cdefg
Sar09AxCVS249	95.101	cdefg
Sar09AxCVS323	93.501	cdefg
IS16532	92.243	defg
CVS340	92.151	defg
Sar09AxCVS435	89.620	efgh
Sariaso09B	87.816	efgh
CVS435	84.990	fghi
Sar09AxIS2768	84.960	fghi
Sar09AxCVS542	82.503	fghi
IS23669	81.713	fghij
Sar09AxCVS225	81.627	fghij
Folomba	79.483	ghijk
CVS323	79.354	ghijk
CVS297	77.224	ghijk
Sar09AxCVS333	76.940	ghijkl
Sar09AxCVS299	76.933	ghijkl
CVS299	76.874	ghijkl
CVS225	70.444	hijkl
Sar09AxCVS297	70.413	hijkl
CVS517	70.319	hijkl
IS2768	67.984	ijkl
Sar09AxIS7841	62.747	ijkl
IS22188	60.653	kl
CVS249	60.280	kl
IS7841	57.688	l

NB : Les moyennes affectées des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

3-2-2- Hétérosis pour le poids grains paniculaire et constitution des groupes hétérotiques

L'hétérosis moyen s'échelonne de 0,84 à 1,55 et l'hétérosis maximal varie de 0,71 à 1,31. La vigueur hybride ne se manifeste pas pour toutes les combinaisons. Onze (11) hybrides ont des valeurs d'hétérosis maximal supérieures à 1. L'accroissement des rendements s'étend de 2 à 31%. Le cas des hybrides Sariaso09AxIS22188 et de Sariaso09xIS27730 nous semble le plus intéressant. Ils ont des valeurs d'hétérosis maximal élevées (1,31 et 1,17) pour le poids grains paniculaire. Ces deux hybrides ont les poids grains paniculaires les plus élevés. Les Figures 3 et 4 donnent des

comparaisons graphiques entre le poids grains de l'hybride, des géniteurs et de la lignée la plus performante (IS16515).

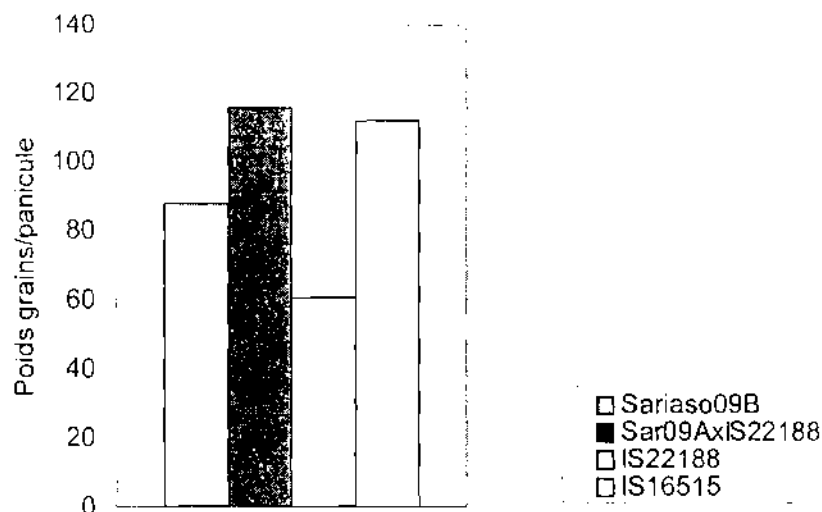


Figure 3: Poids grains paniculaire de Sarioso09AxIS22188, de ses géniteurs et de IS16515.

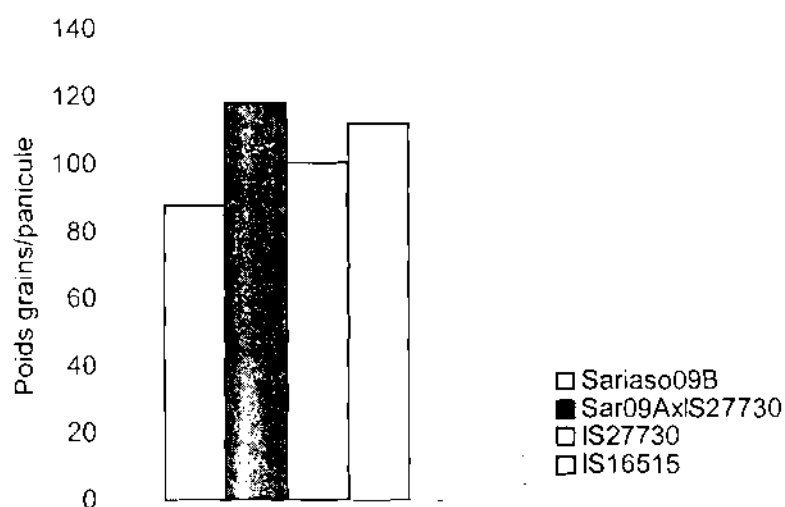


Figure 4: Poids grains paniculaires de Sarioso09AxIS27730, de ses géniteurs et de IS16515.

Par ailleurs Sarioso09AxIS22188 et Sarioso09AxIS27730 outre leurs poids grains/panicule élevés sont les seuls qui ont exprimé à la fois des hétéroses positifs pour le nombre de grains par panicule et le poids de mille grains. Huit (08) hybrides ont une réponse hétérotique négative. Ils rendent moins que leur meilleur parent et parfois moins que le parent moyen. La baisse du rendement par rapport au meilleur parent atteint un maximum chez Sarioso09AxIS7841 (- 29%). Cet hybride a par ailleurs la plus faible valeur d'hétéroses pour le nombre de grains.

En termes de productivité, les rendements des hybrides dépassent tous 3 t/ha (voir Tableau XVII). Quatre hybrides enregistrent des rendements supérieurs à 6 t/ha. Ce sont: Sar09AxIS27730

(6,44 t/ha), Sar09AxIS22188 (6,33 t/ha), Sar09AxIS16515 (6,12 t/ha), Sar09AxIS23669 (6,05 t/ha). Sar09AxIS23669 a un hétérosis élevé (1,26), mais son rendement grains de 6,05 t/ha est inférieur à celui de la meilleure lignée (IS16515). Les photos 1 et 2 présentent les deux hybrides ayant manifesté les plus hauts hétérosis pour le rendement grains (Voir annexe 2).

Tableau XVII: Niveaux d'hétérosis moyen et maximal pour le poids grains paniculaire.

Hybrides	Rendement grain (t/ha)	Hétérosis moyen	Hétérosis maximal	Groupe hétérotique
Sar09AxIS22188	6,33	1,55	1,31	A
Sar09AxIS23669	6,05	1,30	1,26	A
Sar09AxIS27730	6,44	1,25	1,17	A
Sar09AxFolomba	5,44	1,18	1,13	A
Sar09AxCVS517	5,45	1,25	1,13	A
Sar09AxIS12305	5,77	1,14	1,1	A
Sar09AxIS16532	5,49	1,11	1,08	A
Sar09AxCVS249	5,20	1,28	1,08	A
Sar09AxCVS323	5,11	1,11	1,06	A
Sar09AxCVS340	5,30	1,07	1,05	A
Sar09AxCVS435	4,79	1,03	1,02	A
Sar09AxIS16515	6,12	1,12	0,99	B
Sar09AxIS2768	4,65	1,09	0,96	B
Sar09AxCVS225	4,46	1,03	0,92	B
Sar09AxCVS299	4,21	0,93	0,87	B
Sar09AxCVS542	4,51	0,87	0,82	B
Sar09AxCVS333	4,21	0,84	0,8	B
Sar09AxCVS297	3,85	0,85	0,8	B
Sar09AxIS7841	3,43	0,86	0,71	B

Deux groupes d'hybrides se distinguent selon que l'hétérosis maximal est positif (>1) ou négatif (<1) (Tableau XVII). L'appartenance d'un hybride à l'un ou l'autre des groupes n'exprime pas sa performance, ni son niveau d'hétérosis moyen par rapport aux autres hybrides. L'intérêt de ce regroupement est qu'il nous permet d'évaluer les hybrides sur la base de la vigueur hybride c'est à dire de leurs performances par rapport aux parents mais non sur la base de leurs performances propres.

IV- CARACTERISATION DES GROUPES HETEROTIQUES.

Le but de cette étude est d'identifier les caractéristiques morphologiques qui sont communes à l'ensemble des hybrides de chaque groupe hétérotique.

4-1- Les hybrides à réponse hétérotique positive

L'analyse de variance selon la méthode de Wilks' Lambda ($F=10,37$) indique une différence très hautement significative ($p<0,0001$) entre les hybrides et leurs parents pour les variables considérées. La Figure 5 présente le résultat de l'analyse factorielle discriminante.

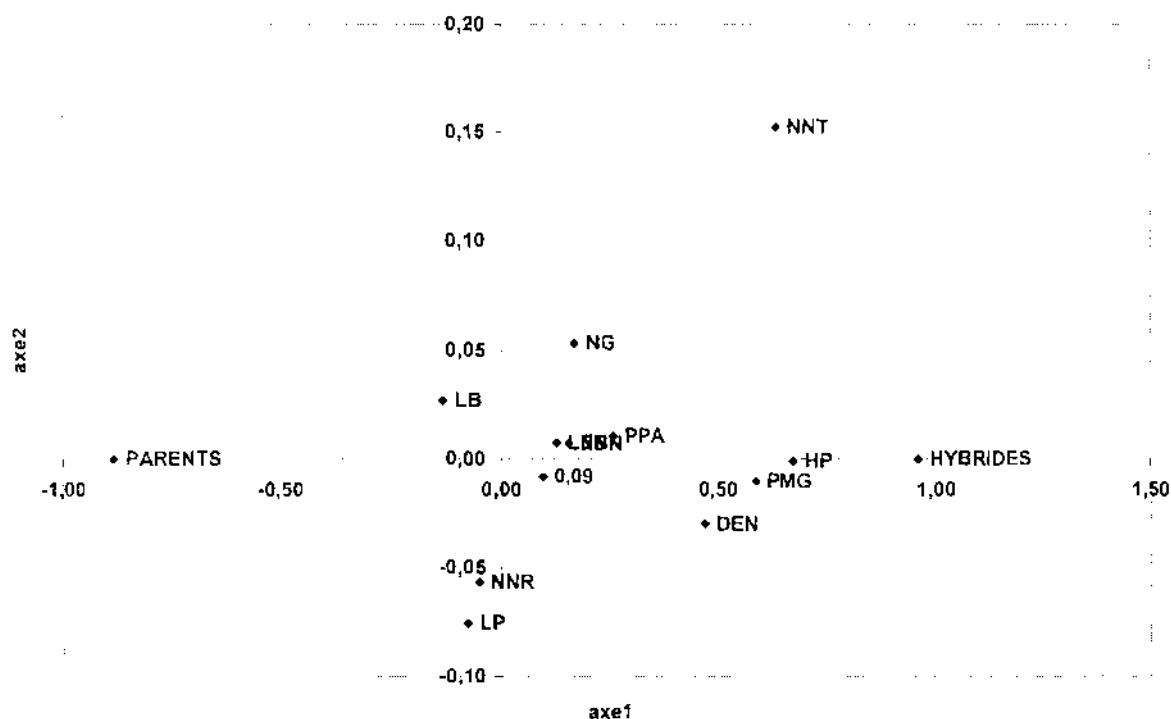


Figure 5: Représentation sur le plan 1/2 (100% de l'inertie) de l'AFD du groupe d'hybrides à réponse hétérotique négative et celui des parents.

L'analyse factorielle discriminante réalisée sur les variables nous donne un axe significatif (axe1). Cet axe est caractérisé par la contribution de la composante du poids grains paniculaire PMG (58,78%) et de celles de la biomasse végétative HP (67,51%), NNT (63,73%), DEN (46,98%). La distribution de ces variables dans le plan 1/2 de l'AFD indique que pour ces caractères, l'hybride est supérieur à ses parents.

4-2- Les hybrides à réponse hétérotique négative

L'analyse de variance selon la méthode de Wilks'Lambda ($F=5,31$) montre une différence très hautement significative ($p<0,0001$) entre les hybrides et leurs parents pour les variables étudiées. Le résultat de l'analyse factorielle discriminante est donné par la Figure 6.

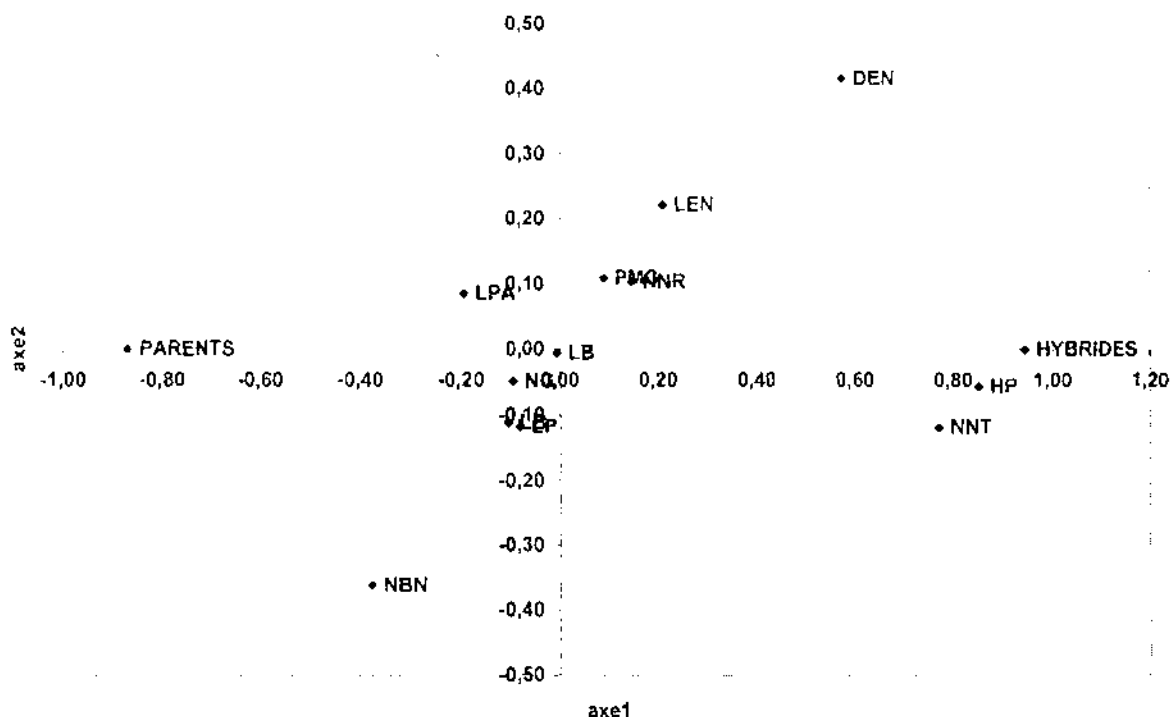


Figure 6: Représentation sur le plan 1/2 (100% de l'inertie) de l'AFD du groupe d'hybrides à réponse hétérotique positive et celui des parents.

L'axe1 de l'AFD explique la représentation des deux groupes. Il est déterminé par les composantes de la biomasse végétative que sont HP (85,03%), NNT (77,04%) et DEN (57,28%) et celle du rendement grains NBN (37,53%). L'hybridation a conduit à une augmentation de la taille des plantes et du nombre d'entre-nœuds caulifères. Les plantes hybrides sont plus robustes que les parents. L'hybridation a eu une incidence négative sur le poids grains/panicule par la diminution du nombre de branches par nœud de la panicule.

De façon globale, les résultats de la caractérisation des groupes d'hybrides indiquent une augmentation de la biomasse végétative chez l'hybride qui résulte de celle du nombre et du diamètre des entre-nœuds et de la hauteur de la plante.

V- DISCUSSION

5-1- Hétérosis pour la précocité épiaison

Tous les croisements ont manifesté un hétérosis maximal négatif pour la précocité épiaison. Seul Sariaso09AxCVS225 est intermédiaire de ses parents. Les autres hybrides sont égaux ou inférieurs à leur parent hâtif. Le gain de précocité épiaison le plus élevé est atteint avec Sariaso09AxFolomba. Ce gain est de 13,6 jours par rapport au parent moyen et de 29 jours par rapport au parent tardif.

Nos résultats sont conformes à ceux de Quinby (1973) et Murty *et al.* (1994) qui ont observé une floraison plus hâtive chez l'hybride. Par contre, ils ne recourent pas ceux de Zongo (1991) qui a trouvé que l'hybridation conduisait à une élongation du cycle de 2,1 jours pour la floraison et de 1,5 jours pour l'épiaison.

La spécificité de nos résultats réside dans le type d'hybridation effectué. En effet, de tous ces auteurs aucun n'a fait mention des hybrides intra-raciaux du type guinea.

Les sorghos guinea se caractérisent par une thermo-photosensibilité prononcée. Il y aurait donc un renforcement de la sensibilité des plantes hybrides à la thermo-photopériode. Cette sensibilité se manifeste selon Quinby (1973) par une activité méristématique intense et un développement rapide de la panicule chez l'hybride.

Les faibles valeurs observées pour le nombre de jours semis-épiaisons pour toutes les entrées s'expliquent par la mise en place tardive de l'essai. En effet, les sorghos guinea à cause de leur sensibilité à la photopériode épient presque toujours à la même date, indépendamment de la date de semis.

5-2- Hétérosis pour le poids grains paniculaire

On observe deux types de comportement chez les hybrides. Onze (11) hybrides ont des hétérosis positifs. L'augmentation des poids grains/panicule s'échelonne par rapport au meilleur parent de 2 à 31%. L'expression de la vigueur hybride pour le rendement grain est couramment observée chez le sorgho, d'où l'intérêt de l'hybridation.

Les autres hybrides, à réponse hétérotique négative sont intermédiaires ou proches du parent le moins performant. Pour ces hybrides la baisse maximale du poids grains/panicule par rapport au parent moyen atteint 14%. Il apparaît donc que certains hybrides rendent moins que le parent le

moins performant. C'est le cas de Sarioso09AxCVS542, Sarioso09AxCVS333 et Sarioso09AxCVS297 qui sont issus du croisement entre des géniteurs locaux.

Quinby (1973), Arnel *et al.* (1981), Zongo (1991), Chantereau (1993) et Murty *et al.* (1994) ont étudié des hybrides inter-raciaux et intra-raciaux et ont communément observé l'expression de la vigueur hybride pour le rendement grain.

Da *et al.* (2002) ont évalué des hybrides F1 purement guinea provenant d'un parent femelle de haute taille et d'un parent femelle de courte taille. Leurs observations ont révélé que la majorité des hybrides issus du parent femelle à courte taille avaient des hétéroses élevés. Par contre chez les hybrides issus du parent femelle à haute taille, ils observèrent le phénomène d'hétéroses pour les parents mâles d'origine chinoise et Zimbabwéenne. Le géniteur femelle utilisé dans notre étude (Sarioso09A) est de haute taille.

Les faibles niveaux d'hétéroses observés s'expliqueraient par une faible variabilité génétique des géniteurs. L'hétéroses est relié à la divergence génétique parentale (Paterniani, 1969 et Chantereau, 1993). Nous pourrions penser à une trop grande disparité des géniteurs, mais les types de combinaisons réalisées nous permettent d'occulter cette hypothèse. En effet l'appartenance des géniteurs à la même race témoigne d'un lien génétique relativement étroit qui se traduit par certains caractères communs à l'ensemble des variétés de la race.

Par ailleurs, nos résultats sont similaires à ceux de Zongo (1991) et Chantereau (1993) qui ont montré que les combinaisons interraciales fournissent les meilleurs hétéroses. Ils ont constaté que l'expression de la vigueur hybride était moindre chez les hybrides intra-raciaux.

Le raccourcissement du cycle chez l'hybride pourrait-il expliquer ces réponses hétérotiques négatives? Kondombo (2004) a mentionné que l'expression de certains caractères dépend de la durée du cycle. Chantereau (1993) aborde dans le même sens lorsqu'il dit que la manifestation du phénomène d'hétéroses à une propension à être d'autant plus marquée que le caractère à un établissement tardif.

5-3- Sélection d'hybrides

Le raccourcissement du cycle noté chez l'ensemble des hybrides guinea est une donnée importante pour le sélectionneur dans le choix des géniteurs. Les hybrides sont sélectionnés sur la base de l'hétéroses et de leurs performances propres pour le rendement grains. Deux hybrides ont été retenus: Sarioso09AxIS22188 et Sarioso09AxIS27730. Ces hybrides rendent mieux que l'ensemble des hybrides et des lignées testés. L'intérêt de la production d'hybrides de sorgho guinea

au Burkina Faso se résume à l'amélioration de la productivité en grains. Les cultivars guinea ont les qualités organoleptiques requises pour une alimentation humaine.

5-4- Caractérisation morphologique des groupes hétérotiques

L'hybridation a conduit à une augmentation de la biomasse végétative chez l'hybride. Da et *al.* (2002) ont obtenu des résultats similaires. L'hybride se distingue de ses parents par sa haute taille, des entre-nœuds plus robustes et en nombre plus élevé. Les hybrides qui ont une réponse hétérotique positive ont en commun un gain de poids des grains. Les autres se caractérisent par une baisse du nombre de branches par nœud rachidien.

Il se pose un problème de répartition des substances photosynthétiques chez l'hybride. Les combinaisons réalisées semblent favoriser une accumulation des assimilats dans les parties végétatives de la plante. Dans le comportement de l'hybride, le choix des géniteurs est donc très déterminant.

VI- RECHERCHE DES MEILLEURES FORMULES HYBRIDES

Notre objectif est d'établir une relation entre l'hétérosis pour le rendement grains et l'origine géographique, la précocité du parent mâle.

6-1- Influence de l'origine géographique du parent mâle sur la vigueur de l'hybride

Les Tableaux XVIII et XIX donnent respectivement la distribution des types de croisement en fonction des groupes hétérotiques et celle des groupes hétérotiques en fonction des types de croisement.

Tableau XVIII: Contribution des types de croisement à la constitution des groupes d'hybrides

Groupe hétérotique	Types de croisement	Effectif hybrides	Fréquence(%)
A	Sariaso09Axlignée locale	5	45,46
	Sariaso09Axlignée exotique	6	54,54
B	Sariaso09Axlignée locale	5	62,5
	Sariaso09Axlignée exotique	3	37,5

Ce tableau indique que 54,54% des hybrides à hétérosis positif sont issus du croisement entre Sarioso09A et des lignées exotiques contre 45,46% pour les lignées locales. Les croisements Sarioso09Axlignée locale fournissent un fort taux (62,5%) d'hybrides à hétérosis négatif.

Tableau XIX : Distribution des groupes d'hybrides en fonction du type de croisement

Types de croisement	Groupe hétérotique	Effectif hybrides	Fréquence (%)
Sarioso09Axlignée Locale	A	5	50
	B	5	50
Sarioso09Axlignée Exotique	A	6	66,67
	B	3	33,33

La probabilité d'obtenir l'un ou l'autre des deux types d'hybrides en croisant Sarioso09A avec une lignée locale est la même. La probabilité que le croisement entre le parent femelle et une lignée exotique donne une réponse hétérotique négative est faible (33,33%).

L'analyse des résultats montre que les croisements entre Sarioso09A et les lignées exotiques fournissent les meilleurs hybrides. Les hybrides Sarioso09AxIS22188, Sarioso09AxIS23669, Sarioso09AxIS27730 qui ont les meilleurs hétérosis pour le rendement grains sont issus de parents mâles d'origine respectivement indienne, gambienne et sierra-léonaise.

6-2- Influence de la durée du cycle du parent mâle sur la vigueur de l'hybride

Les résultats sur les fréquences de distribution des types de combinaisons en fonction des groupes hétérotiques puis celles des groupes hétérotiques en fonction des types de croisement sont consignés dans les Tableaux XX et XXI.

Tableau XX: Contribution des types de croisement à la constitution des groupes d'hybrides

Groupe hétérotique	Types de croisement	Effectif	Fréquence(%)
A	Sarioso09Axlignée précoce	2	18,18
	Sarioso09Axlignée à cycle moyen	3	27,27
	Sarioso09Axlignée tardive	6	54,54
B	Sarioso09Axlignée précoce	4	50
	Sarioso09Axlignée à cycle moyen	3	37,5
	Sarioso09Axlignée tardive	1	12,5

La majorité (54,54%) des hybrides qui ont un hétérosis positif est issue du croisement entre la femelle et une lignée tardive. Ce type de croisement fournit un faible taux (12,5%) d'hybrides à réponse hétérotique négative. La moitié des hybrides qui ont des hétérosis négatifs provient des croisements Sarioso09Axlignée précoce.

Tableau XXI: Distribution des groupes d'hybrides en fonction du type de croisement

Type de croisement	Groupe hétérotique	Effectif	Fréquence (%)
Sarioso09Axlignée précoce	A	2	33,33
	B	4	66,67
Sarioso09Axlignée à cycle moyen	A	3	50
	B	3	50
Sarioso09Axlignée tardive	A	6	85,71
	B	1	14,29

La probabilité d'obtenir un hybride qui appartient à l'un des deux groupes est la même lorsqu'on croise Sarioso09A avec une lignée à cycle moyen. Le croisement de Sarioso09A et une lignée tardive offre 85,71% de chance d'obtenir un hybride qui manifeste la vigueur hybride. Par contre les combinaisons Sarioso09Axlignée précoce fournissent à 66,67% des hybrides à réponse hétérotique négative.

Il apparaît que les hybrides issus du croisement entre Sarioso09A et des lignées tardives expriment le mieux la vigueur hybride. Les croisements entre Sarioso09A et des lignées précoces ont des taux élevés de réponses hétérotique négatives. Les combinaisons Sarioso09Axlignée à cycle moyen n'ont pas d'effets significatifs sur la vigueur hybride.

6-3- Discussion

6-3-1- Influence de l'origine géographique des parents sur l'expression de l'hétérosis

Le comportement de l'hybride est tributaire de l'origine géographique du parent mâle. Les croisements avec les lignées exotiques fournissent les meilleurs hybrides. Par contre les combinaisons entre lignées locales offrent un fort taux d'hybrides médiocres.

Ces résultats confortent notre hypothèse qui attribue les hétérosis négatifs à une faible distance génétique entre les géniteurs. Cette distance serait plus faible entre les géniteurs locaux.

Nos résultats sont conformes à ceux de Leffort-Buson (1985) cité par Zongo (1991) et de Arnel et *al.* (1981). Ces auteurs obtenaient de meilleurs hybrides lorsque les variétés croisées étaient d'origines géographiques différentes. En effet, la variabilité génétique entre les variétés évolue dans le même sens que l'éloignement des origines géographiques (Arnel et *al.*, 1981).

6-3-2- Influence du cycle des parents sur l'expression de l'hétérosis

Le comportement de l'hybride est fonction du cycle du parent mâle; la lignée isogénique du parent femelle. Sarias09B a un cycle moyen.

On a obtenu les meilleurs hybrides avec les lignées tardives. Les croisements avec les lignées précoces fournissent majoritairement des hybrides à réponse hétérotique négative. L'effet du cycle sur la performance de l'hybride n'est pas significatif, lorsque les géniteurs ont le même cycle (moyen).

On peut attribuer le comportement des hybrides au gain de précocité observé. La quasi-totalité des hybrides épie plus tôt que le parent moyen. Mais en termes de valeurs propres, les hybrides issus de lignées mâles tardives ont des cycles plus longs que les hybrides dont les parents mâles sont précoces. Il existe une corrélation négative entre la longueur du cycle et le rendement grain chez le sorgho et la plupart des céréales. Les plantes à cycle long ont tendance à rendre plus que celles à cycle court. Les hybrides les plus performants ne seraient-ils pas ceux dont les parents mâles (lignée R) et femelle (lignée A) seraient tous les deux de cycle long?

VII- CORRELATIONS ENTRE LES CARACTERES

Les données utilisées pour l'analyse de corrélation entre les caractères sont celles obtenues sur l'hétérosis pour les différents paramètres étudiés.

7-1- Résultats

Le Tableau XXII donne les relations existant entre les différents niveaux d'hétérosis selon le test de Pearson.

Tableau XXII: Corrélations entre les hétérosis pour les caractères étudiés.

Car	PPA	NG	PMG	NNR	NBN	LB	HP	LP	LPA	NNT	LEN	DEN	PGPA
NG	0.03												
PMG	0.73**	0.12											
NNR	-0.003	-0.42	-0.11										
NBN	0.9887	0.0701	0.6282										
LB	0.72***	-0.08	0.46*	0.16									
HP	-0.64**	-0.06	-0.64**	-0.22	-0.49*								
LP	0.26	-0.42	0.22	0.52*	0.32	-0.45							
LPA	-0.32	-0.02	-0.18	-0.07	-0.23	-0.13	0.06						
NNT	0.01	0.23	-0.02	0.32	0.11	-0.51*	0.52*	0.53**					
LEN	0.15	-0.01	-0.03	0.25	0.07	-0.02	0.45	-0.46**	0.0005				
DEN	0.11	-0.59**	0.27	0.36	0.16	-0.23	0.62**	0.08	0.18	-0.22			
PGPA	0.10	-0.39	-0.16	0.42	0.06	-0.03	0.48*	0.01	0.17	0.22	0.36		
EP	0.45*	0.80***	0.48*	-0.30	0.30	-0.34	-0.14	-0.04	0.29	-0.002	-0.35	-0.17	
	-0.04	-0.26	-0.28	0.57*	-0.09	-0.08	0.15	0.04	0.17	0.08	0.16	0.62**	-0.28

*significatif, **hautement significatif, ***très hautement significatif.

La matrice des corrélations indique que de fortes corrélations existent entre certains caractères.

-l'hétérosis pour le poids grains paniculaire (PGPA) est positivement corrélé aux hétérosis pour le poids de la panicule vide (+0,45), le nombre de grains (+0,80), le poids de mille grains (+0,48).

-l'hétérosis pour la hauteur de la plante (HP) est positivement corrélé aux hétérosis pour la longueur de la panicule (+0,52), la longueur des entre-nœuds (+0,62).

-les corrélations entre les hétérosis pour le rendement paniculaire (PGPA), la hauteur de la plante (-0.14) et le cycle (-0,28) sont négatives (bien que non significatives).

-l'hétérosis pour la longueur de la panicule (LPA) est positivement corrélé aux hétérosis pour la longueur du pédoncule (+0,53) et la hauteur de la plante (+0,52). La corrélation entre les hétérosis pour la longueur de la panicule et la longueur des branches est négative (-0,51).

7-2- Discussion

La liaison positive entre l'hétérosis pour le rendement grains et ceux pour le nombre et le poids des grains et le poids de la panicule vide montre que le nombre de grains joue un rôle aussi important que le poids des grains dans l'expression de la vigueur hybride pour le rendement. Zongo (1991) et Da et *al.* (2002) ont obtenu des résultats similaires. En outre une amélioration du rendement grain nécessite celle de l'architecture globale de la panicule.

La corrélation positive entre la hauteur de la plante et la longueur de la panicule, la longueur des entre-nœuds et l'absence de relation entre la longueur du pédoncule et la taille montre que la hauteur de la plante est déterminée par la longueur de la panicule et celle des entre-nœuds. L'entre-nœud constitue donc la voie la plus efficace pour intervenir sur la taille. Zongo (1991) a obtenu un résultat similaire.

La relation négative entre le rendement grains et le cycle et la hauteur de la plante exprime l'importance de la réduction de la hauteur de la plante et de la longueur du cycle chez l'hybride pour obtenir des rendements élevés.

Conclusion

Le but du sélectionneur de sorgho est d'obtenir les cultivars les plus productifs possibles. L'hybridation, bien qu'étant un long processus, apparaît comme un chemin privilégié. L'objectif de notre travail était de déterminer les différents niveaux d'hétérosis maximal pour 14 caractères morphologiques, de sélectionner des hybrides sur la base de la précocité et du rendement grains puis de déterminer les meilleures combinaisons donc les meilleurs parents.

A l'issue de l'expérimentation, des résultats satisfaisants ont été obtenus. Le phénomène d'hétérosis a été observé différemment pour les caractères que nous avons étudiés. Accroissement de la taille des plantes, accroissement du nombre et du diamètre des entre-nœuds, diminution de la longueur des branches et gain de précocité ont été les principaux modes d'expression de ce phénomène chez l'ensemble des hybrides testés.

Nous avons obtenu des niveaux d'hétérosis compris entre +2% et +32% pour la hauteur de la plante. Les hétérosis pour le nombre de nœuds varient de +1% à +38%. Pour le diamètre du deuxième entre-nœud, ils fluctuent entre +1% et 17%. L'expression négative de l'hétérosis s'est traduite par un raccourcissement du cycle allant de -2% à -31%. La diminution de la longueur moyenne des branches a atteint un maximum à -30%. L'hybride se distingue morphologiquement de ces parents par sa haute taille et par ses entre-nœuds plus robustes et en nombre plus élevé.

L'expression de la vigueur hybride pour les autres caractères que sont le poids de la panicule vide, le nombre de grains, le poids de mille grains, le nombre de nœuds par rachis, le nombre de branches par nœud, la longueur du pédoncule, la longueur de la panicule, le nombre de nœuds par tige et la longueur des entre-nœuds est spécifique à chaque combinaison. La réponse hétérotique peut être positive ou négative.

Les niveaux d'hétérosis pour le poids grains paniculaire se situent entre -29% et +31% par rapport au parent le plus performant. Les valeurs des hybrides pour le rendement fluctuent entre 3,5 t/ha et 6,5 t/ha. Les combinaisons effectuées ont favorisé une amélioration de la biomasse végétative au détriment du rendement grains chez certains hybrides. Le problème du choix des géniteurs se pose donc avec acuité.

Les croisements entre Sarioso09A et les lignées exotiques et de façon générale les lignées tardives ont donné les meilleurs hybrides pour le rendement grains. A l'issue de la sélection, deux hybrides provenant de parents mâles exotiques ont été retenus: Sarioso09A x IS22188 et Sarioso09A x IS27730. Ces deux hybrides ont à la fois un niveau d'hétérosis (1,31 et 1,17) pour le rendement et un potentiel de rendement (6,3 t/ha et 6,5 t/ha) satisfaisants. La supériorité de ces hybrides par rapport à leurs parents et même par rapport à l'ensemble des entrées testées (lignées et

hybrides) résulte de l'accroissement simultané du nombre et du poids de leurs grains. Les hybrides qui ont manifesté à la fois une baisse du nombre et du poids des grains rendent moins que le parent moyen et souvent moins que le parent le moins performant. En effet, nous avons constaté que le poids des grains joue un rôle aussi important que le nombre des grains dans la détermination du rendement. Par ailleurs nous avons observé une opposition entre les hétéroses pour le rendement grains et la hauteur de la plante et entre les hétéroses pour le rendement grains et le cycle.

Pour une meilleure appréciation des résultats d'une telle étude, nous souhaiterions que notre travail soit complété en augmentant non seulement le nombre d'hybrides mais aussi en prenant en compte certains caractères qualitatifs tels que: la vitrosité du grain, la qualité de l'égrenage, la résistance au striga, aux insectes et aux maladies, la sensibilité à la sécheresse, etc. Il serait encore plus intéressant d'adjoindre des hybrides issus d'autres parents femelles surtout des parents femelles à cycle long. Une collection internationale de lignées guinea R à long cycle devra être constituée et utilisée dans les prochains croisements.

Les deux hybrides retenus par la sélection doivent être évalués en station et en milieu réel par rapport aux meilleures variétés guinea vulgarisées ou en voie de vulgarisation.

Des études agro-économiques nous semblent indispensables pour se convaincre des avantages de l'utilisation des semences et de la production d'hybrides purement guinea par les paysans, dans le contexte actuel d'une agriculture peu intensive et d'autoconsommation. Sinon la création d'hybrides devra s'accompagner d'une modernisation des systèmes d'exploitation. En effet, comme le dit un proverbe africain: «S'appuyer contre le grenier à sorgho est sans utilité pour qui a faim». Le paysan profitera de l'amélioration variétale si et seulement si les contraintes techniques (modernisation des méthodes culturales, l'accroissement de la fertilité des sols) et socio-économiques sont levées.

Références bibliographiques

- ARNEL R.H., MIRANDA J.B., 1981: Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press/Ames.
- CHANTEREAU J., 1993 : Etude de l'hétérosis chez le sorgho (*Sorghum bicolor* L Moench) par l'exploitation d'écotypes et l'analyse de leurs divergences. Thèse de Docteur en sciences de l'Université Paris XI ORSAY, 206 p.
- CHANTEREAU J. et NICOU R., 1991 : Le sorgho. édition Maisonneuve et Larose, 159 p.
- CHAUDHARI H.K., 1971: Elementary principles of plant breeding. Oxford, second edition, 327 p.
- CIRAD/ORSTOM, 1997: L'amélioration des plantes tropicales. pp 565-590
- DA S., 2003 : Projet de création d'hybrides 100% Guinea au Burkina Faso. Synthèse des travaux, INERA.
- DA S., FRED R., SOKONA D., KIRSTEN V.B., TOURE A., 2002: Heterosis within the Guinea-race of sorghum: Initial results from 2002. INERA, ICRISAT, IER, 17p
- DOGGETT. 1988: Sorghum. London and Harlow (GB); Longman scientific and technical, second edition 512 p.
- FRED N. B. and KNOWLES P.F., 1967: Introduction to plant breeding. Reinhold publishing corporation pp 133-175.
- GANGA PRASADO R. N. and LELAND R. H., 1972: Sorghum in the seventies. Oxford et IBH Publishing Co. pp 161-172
- GOUET J.P., PHILIPPEAU G., septembre 1989 : Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance. SESI-ITCF.

GUINKO, S. 1984: Végétation de la Haute Volta. Thèse de Doctorat d'État, Université de Bordeaux III

HARLAN, J.R. and DE WET J.M.J. 1972: A simplified classification of cultivated sorghum. Crop science pp 172-176.

HOUSE L. 1987: Manuel pour la sélection du sorgho. ICRISAT, Patancheru (Inde) ; 2^e édition, 229 p.

IBPGR/ICRISAT. 1993: Descriptors for sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Rome, 38 p.

ICRISAT/FAO, 1996: The world sorghum and millet economies, pp 1-25.

KONDOMBO C.P., 2004 : Evaluation de la diversité génétique des sorghos des régions agricoles du centre-ouest et de la boucle du Mouhoun. Mémoire de D.E.A, Université de Ouagadougou, 52 p.

MAHRH/DSA, 2004 : Statistiques agricoles 2004

MURTY D.S., TABO R., and AJAYI O., 1994: Sorghum hybrid seed production and management. Information bulletin n° 41, ICRISAT, 67 p.

OLLITRAULT R.P., 1987 : Evaluation génétique des sorghos cultivés (*Sorghum bicolor* L. Moench) par l'analyse conjointe des diversités enzymatiques et morphophysologiques. Relation avec les sorghos sauvages. Thèse de Docteur en sciences. Université Paris XI.

PATERNIANI E., 1969 : Recent Studies on Heterosis. ROM MOAV Department of Genetics, The Hebrew University of Jerusalem.

QUINBY, J.R., 1973: The genetic control of flowering and growth in sorghum. Adv in Agron. 25 162p.

RATNADASS A., CHANTEREAU J., GIGOU J., 1998 : Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le

sorgho ICRISAT-CIRAD, 17-20 mars 1997, Bamako, Mali. Collection Colloques, Montpellier, Cirad-ca, pp 23-65.

SAPIN P., 1985: Le sorgho au Burkina Faso et son amélioration par l'IRAT. Synthèse des travaux 1961-1981, 83 p.

SEKHARAN ET SARATHY, 1975: Cytogenetics and plant breeding. P.Varadachary CO.

TOMASSONE R. octobre 1988 : Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle discriminante. I.N.A.-P.G.

VANDEVENNE R. et BONO M., 1987 : Production et contrôle des semences de sorgho en zone tropicale. Mémoires et Travaux de l'IRAT, 369 p.

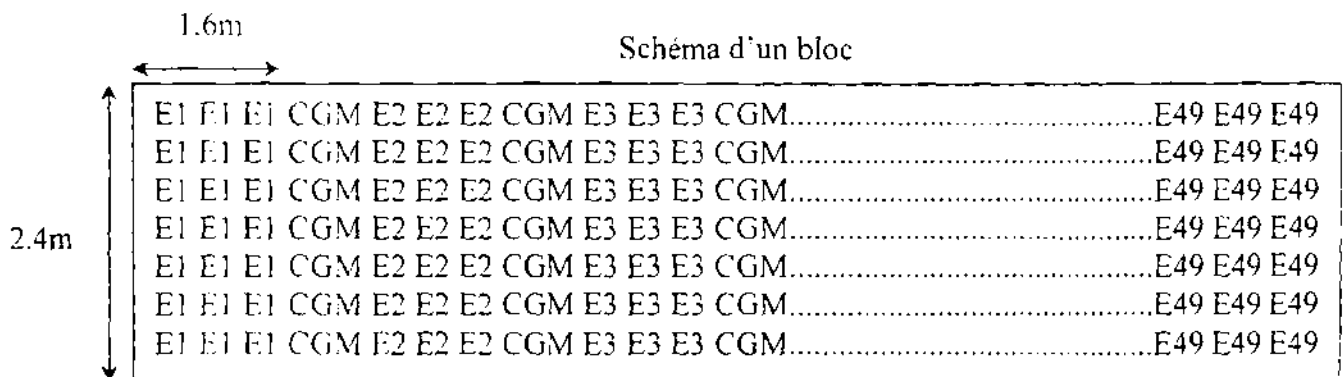
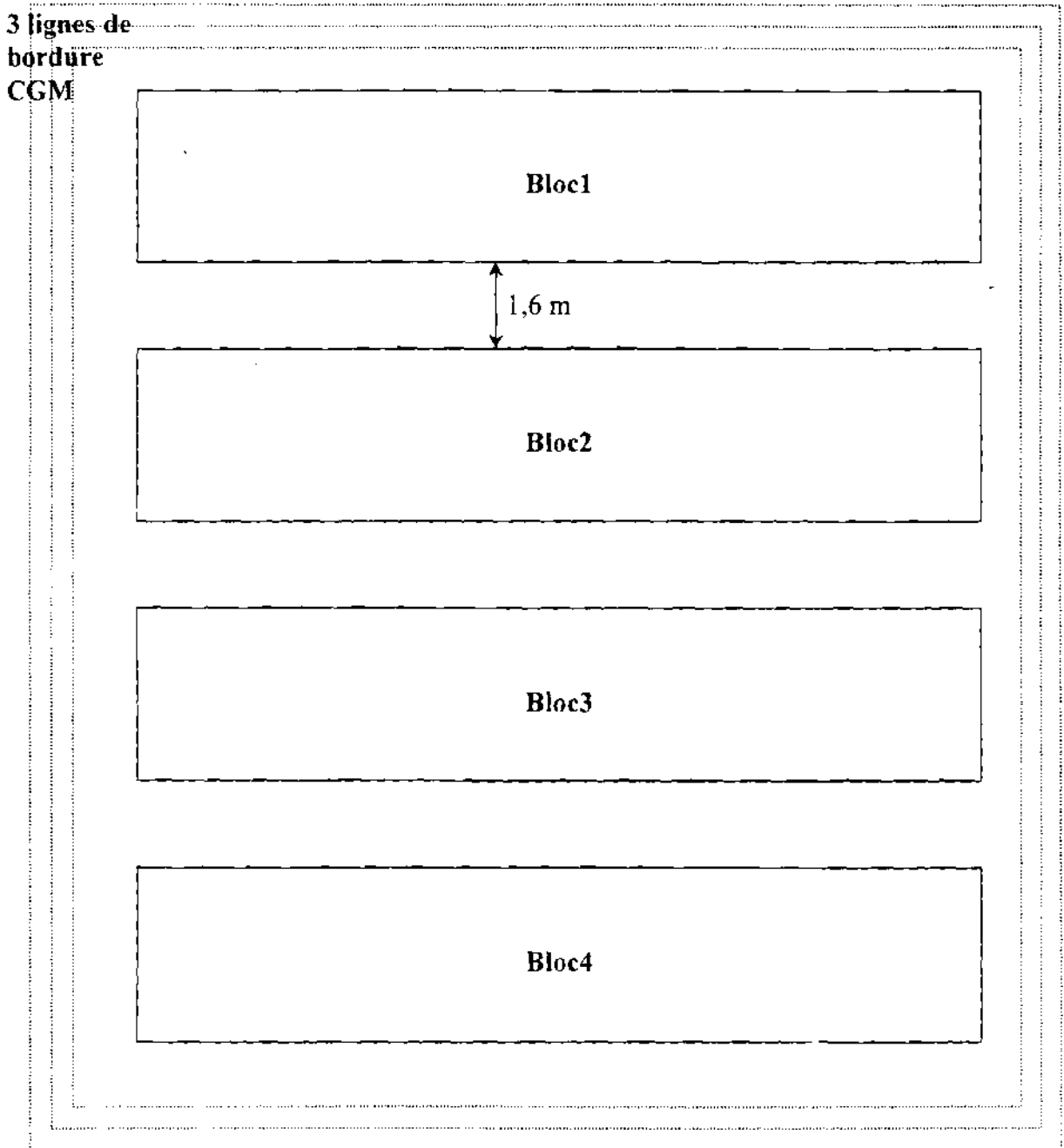
WALTER R. F. and HENRY H. H., 1980:Hybridization of crop plants. Madison (USA), pp 161-175.

ZONGO J.D., 1991 :Ressources génétiques des sorghos(*Sorghum bicolor* L. Moench) du Burkina Faso : évaluation agromorphologique et génétique. Thèse de Docteur ès-sciences. Université nationale de Côte d'Ivoire, 219 p.

ANNEXES

Annexe 1: Dispositif expérimental

Schéma global du dispositif



Annexe 2 : Photos des hybrides ayant exprimé les meilleurs hétérosis pour le rendement grains.

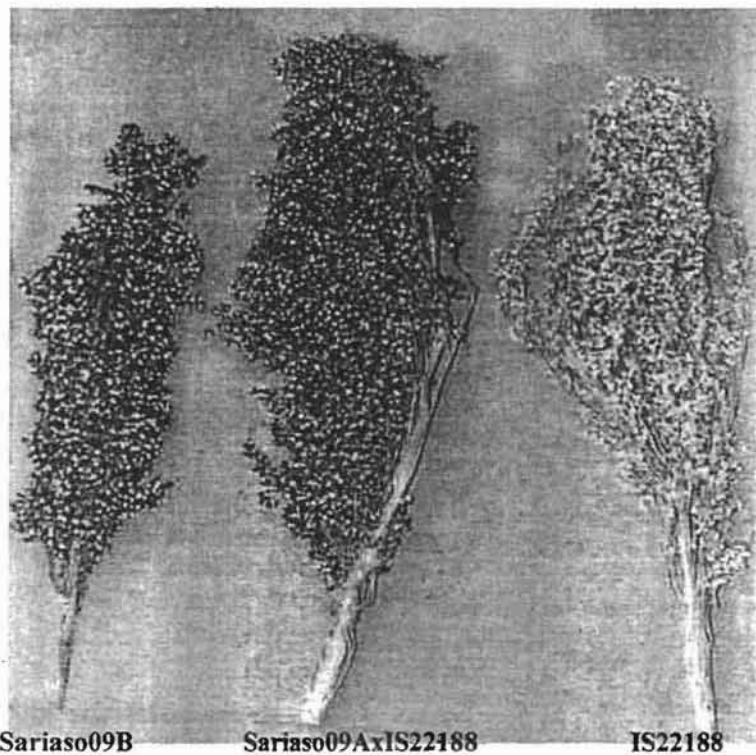


Photo 1

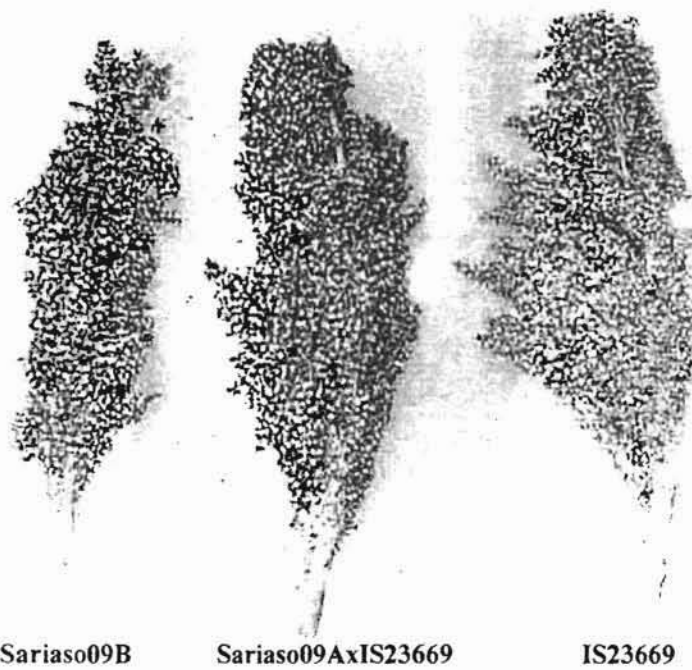


Photo 2