

Université de Ouagadougou

Institut du Développement Rural
03 B.P. 7021 Ouagadougou 03
Burkina Faso

ICRISAT

Institut International de Recherche sur les
Cultures des Zones Tropicales Semi-Arides
CIRAD

Centre International de Recherche
Agronomique pour le Développement
B.P. 320 Bamako, Mali

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : AGRONOMIE

par

Yousouf OUATTARA

Thème :

**ETUDE DE CROISEMENTS ENTRE SORGHOS SAUVAGES
ET SORGHOS CULTIVES**

Jun 1995

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	2
ABREVIATIONS ET SIGLES	4
LISTE DES TABLEAUX	5-6
CHAPITRE I: REVUE BIBLIOGRAPHIE	8
I.1. Importance agronomique et économique du sorgho	8
I.2. Généralités sur le sorgho	8
I.2.1 Origine et diversification	8
I.2.2 Classification des sorghos	9
I.2.3 Pools géniques	12
I.2.3.1 Le pool primaire	12
I.2.3.2 Le pool secondaire	12
I.2.3.3 Le pool tertiaire	13
I.3. La diversité génétique	14
I.3.1 Evaluation de la diversité génétique chez le sorgho	14
I.3.2 Conservation des ressources génétiques céréalières	16
I.4. Relations entre plantes, cultivées et sauvages.	16
I.4.1 Relations naturelles	16
I.4.2 Relations expérimentales	17
I.5. Problèmes liés à l'utilisation des gènes sauvages	18
CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES	21
II.1. Le matériel végétal	21
II.1.1 Les variétés parentales	21
II.1.2 Les croisements de l'étude	22
II.2. L'expérimentation au champ	23
II.2.1 Description des sites expérimentaux	23
II.2.1.1 La Station expérimentale de Gampéla	23

II.2.1.2	La Station de Recherche de Samanko	24
II.2.2	Techniques culturelles	25
II.2.3	Collecte des données	26
II.2.3.1	A la station expérimentale de Gampela	26
II.2.3.2	A la station de Recherche de Samanko	26
II.3.	Les méthodes statistiques	28
II.3.1	Plan de croisements retenus	29
II.3.2	Analyse du plan de croisement	29
II.3.3	Etablissement de la variance et de ses composantes	31
II.3.4	Calcul d'héritabilité	32
II.3.5	Comparaison des moyennes par la méthode PPDS et calcul de l'hétérosis maximal.	32
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS		34
III.1.	Gampela	34
III.2.	Samanko	34
III.2.1	Les caractères qualitatifs	34
III.2.2	Les caractères quantitatifs	36
III.2.2.1	Analyses des variances et calculs d'héritabilité	37
	Discussion Générale des analyses de variance	57
	Discussion Générale sur les calculs d'héritabilité	59
III.2.2.2	Comparaison des moyennes par la méthode PPDS et calcul de l'hétérosis maximal.	60
	Conclusion sur la comparaison des moyennes et hétérosis.	71
CHAPITRE IV CONCLUSION GENERALE		73

RESUME	76
BIBLIOGRAPHIE	77
ANNEXE	80

AVANT PROPOS

Ce travail a été effectué à Gampela (BURKINA FASO) et à l'ICRISAT-WCARP, Samanko (République du MALI). Il s'articule sur le thème : "Etude de croisements entre sorghos sauvages et sorghos cultivés" et s'inscrit dans un programme de génétique du sorgho.

Avant d'exposer les résultats et les conclusions de ce travail, qu'il me soit permis d'adresser mes vifs et sincères remerciements et d'exprimer ma profonde gratitude à tous ceux m'ont apporté leurs concours à la réalisation de ce mémoire.

- Le Docteur Jacques CHANTEREAU, Chercheur principal (Sélection Sorgho) à ICRISAT/CIRAD-CA à Samanko. Il a eu l'amabilité de me faire honneur en me confiant le travail et de bien vouloir suivre ma formation en génétique du sorgho. Il m'a fait bénéficier de sa grande expérience de terrain.

- Le Docteur Jean Didier ZONGO, Enseignant à l'Institut du Développement Rural (Université de Ouagadougou) et Directeur de Mémoire qui a initié et suivi avec intérêt mon travail. En témoigne le poids du sacrifice que l'un et l'autre ont consenti pour se départir de leurs multiples et importantes tâches pour se consacrer à mon travail. Je leur exprime ici toute ma profonde reconnaissance. Je les remercie bien sincèrement et les assure de ma gratitude.

- Toute l'équipe du sous-programme Amélioration Sorgho CIRAD-CA à l'ICRISAT. Elle a su créer autour de nous une ambiance sereine de travail, de franche collaboration. Je prie tous les membres de croire à mon amicale estime. Une mention particulière est faite à Messieurs Mohamed Ag Hamada, Assistant de recherche, Issa DEMBELE, Secrétaire, Moussa Touré, Technicien du sous-programme Amélioration du Sorgho, Josias SANOU, Etudiant en DEA à l'Université de Ouagadougou et Cheickna DIARRA, Etudiant de l'Université de McGill Montréal, Canada avec qui j'ai entretenu de fructueux échanges d'idées, ce qui a permis de faciliter la réalisation de ce travail.

Enfin, je tiens à exprimer mes sentiments de chaleureuse reconnaissance à tous les parents et amis, à mes jeunes frères et collègues de l'IDR. Qu'il me soit permis de remercier particulièrement les familles COULIBALY, TRAORE, SAMATE, BONKIAN, TENKOUANO, KAGONE, SANKARA, SAMADOULOU, SANOU, KOUDOUGOU, SANGARE et DIARRA pour leur soutien indéfectible, tant moral que matériel.

Je ne saurais oublier mon épouse, mes enfants, ma mère, mon père, mes frères et soeurs pour toute leur patience et leur soutien à ce travail.

INTRODUCTION

Un des grands dangers que l'humanité aujourd'hui court est la perte de la variabilité génétique des organismes vivants qui l'environnent. L'agriculture de nos jours s'intensifie et repose sur un nombre de plus en plus réduit d'espèces de variétés et de populations génétiquement homogènes. Les premières plantes cultivées étaient des variétés locales adaptées à leur milieu naturel. Pendant longtemps, elles sont restées apparentées aux espèces sauvages. Aujourd'hui pour des raisons économiques, la recherche des variétés à haut rendement et adaptées à une mécanisation de plus en plus poussée, a amené les chercheurs à sélectionner un type particulier de végétaux. Cet état de fait a entraîné une diminution très notable de la variabilité et du polymorphisme génétiques, occasionnant un glissement vers l'uniformité génétique. Ceci rend les plantes cultivées vulnérables aux fléaux (ravageurs, maladies, etc...), avec toutes leurs conséquences souvent désastreuses. Ce fut le cas du mildiou de la pomme de terre survenu en Irlande en 1846 et qui a anéanti toute la production et entraîné la mort par la faim d'un million d'habitants. Ce fut aussi le cas de l'helminthosporiose en 1943 en Inde sur le riz et de l'helminthosporiose qui attaqua les hybrides américains de maïs qui possédaient tous le cytoplasme "Texas", sélectionnés aux Etats-Unis (ERICH, 1988).

L'Afrique Soudano-sahélienne est la zone de domestication des mils et des sorghos à partir des espèces sauvages. C'est une zone d'une très grande diversité génétique pour ces céréales.

Cette diversité notamment liée à l'existence des types sauvages est menacée et les raisons en sont nombreuses :

- * contraintes climatiques
- * accroissement de la population
- * destruction du couvert végétal par les feux de brousse
- * surcharge des pâturages
- * intensification de l'agriculture.

Tous ces facteurs contribuent à diminuer les espaces de survie des espèces sauvages et par conséquent à diminuer la diversité des écotypes locaux cultivés.

Pour réduire voire éviter les risques liés à cette diminution de la diversité, il est nécessaire de prendre des mesures de préservation. Dans le cas du sorgho, afin d'apporter une contribution à la lutte contre cette menace d'appauvrissement génétique, nous avons entrepris une étude de croisements entre sorghos sauvages et sorghos cultivés. Elle se donne pour but très général, d'évaluer la possibilité d'utiliser le pool génétique des sorghos sauvages pour préserver la variabilité des types cultivés.

Plus précisément, il sera mis l'accent sur l'étude :

- de l'expression chez les hybrides de caractères qualitatifs (déhiscence des graines, aristation, couleur du grain, couverture des glumes)

- des possibilités de transfert de certains caractères quantitatifs (nombre de feuilles, date de 50 % d'épiaison, nombre d'entre-noeuds, etc...).

Cette étude fera notamment appel à des calculs d'héritabilité et à l'hétérosis. Ce travail cherche à voir comment le matériel sauvage pourrait servir dans un programme de sélection avec des sorghos cultivés.

ABREVIATIONS ET SIGLES

CIRAD	Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement
C.V.	Coefficient de Variation
ICRISAT	International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics
IPGRI	International Plants Genetic Resources Institute
RFLP	Restriction Fragment Length Polymorphism.
BUNASOLS	Bureau National des Sols
ddl	degré de liberté
SC	Somme des Carrés
S	Significatif
NS	Non Significatif
HS	Hautement Significatif
SE	Standard Error
PPDS	Plus Petite Différence Significative
WCARP	Western and Central Africa Research Program

LISTE DES TABLEAUX

	Page
FIGURE 1 : Composition des pools géniques du genre <i>SORGHUM</i> .	
TABLEAU I : Classification du genre <i>Sorghum</i> selon DE WET	
TABLEAU II : Valeurs des paramètres de variabilité	16
TABLEAU III : Dénominations, origine et classification des variétés cultivées	21
TABLEAU IV : Dénominations, origine et classification des variétés sauvages	21
TABLEAU V : Présentation de quelques caractères des variétés de l'étude	22
TABLEAU VI : Croisements réalisés entre sorghos sauvages et sorghos cultivés en saison pluvieuse 1994	23
TABLEAU VII : Pluviométrie de la saison pluvieuse 1994 à la station expérimentale de Gampela	24
TABLEAU VIII : Répartition mensuelle de la pluviométrie pendant les trois dernières années à la station de Recherche de Samanko.	25
TABLEAU IX : Caractères quantitatifs analysés statistiquement	28
TABLEAU X : Tableau d'analyse de variance	30
TABLEAU XI : Résultats des observations faites sur la station de Gampela	34
TABLEAU XII : Tableau d'aristation	35
TABLEAU XIII : Tableau de couleur des grains	35
TABLEAU XIV : Tableau de couverture des glumes	35
TABLEAU XV : Tableau de caducité des grains	36
TABLEAU XVI : Moyennes d'observations de certains caractères quantitatifs à la station de Recherche de Samanko (1 ^{ère} date)	36
TABLEAU XVII : Nombre de talles au 30 ^{ème} jour (1 ^{ère} date)	37
TABLEAU XVIII : Nombre de talles au 60 ^{ème} jour (1 ^{ère} date)	38

TABLEAU XIX : Nombre de talles au 30 ^{ème} jour (2 ^{ème} date)	39
TABLEAU XX : Nombre de talles au 60 ^{ème} jour (2 ^{ème} date)	39
TABLEAU XXI : Date d'apparition de la ligule de la dernière feuille (1 ^{ère} date)	40
TABLEAU XXII : Date d'apparition de la ligule de la dernière feuille (2 ^{ème} date)	42
TABLEAU XXIII : Date de 50 % épiaison (1 ^{ère} date)	43
TABLEAU XXIV : Date de 50 % épiaison (2 ^{ème} date)	44
TABLEAU XXV : Rang de la dernière feuille (1 ^{ère} date)	45
TABLEAU XXVI : Rang de la dernière feuille (2 ^{ème} date)	46
TABLEAU XXVII : Longueur de la 3 ^{ème} feuille en dessous de la panicule (1 ^{ère} date)	47
TABLEAU XXVIII : Largeur de la 3 ^{ème} feuille en dessous de la panicule (1 ^{ère} date)	48
TABLEAU XXIX : Longueur de la panicule (1 ^{ère} date)	49
TABLEAU XXX : Diamètre de la tige principale (1 ^{ère} date)	50
TABLEAU XXXI : Nombre d'entre-noeuds (1 ^{ère} date)	51
TABLEAU XXXII : Nombre de feuilles à la récolte (1 ^{ère} date)	52
TABLEAU XXXIII : Nombre de talles fructifères à la récolte (1 ^{ère} date)	53
TABLEAU XXXIV : Hauteur de la tige principale (1 ^{ère} date)	53
TABLEAU XXXV : Longueur du pédoncule (1 ^{ère} date)	54
TABLEAU XXXVI : Récapitulatif des analyses de variance des caractères étudiés	56
TABLEAU XXXVII : Récapitulatif des calculs d'héritabilité	58
TABLEAU XXXVIII : Récapitulatif des meilleurs hétérosis maxima.	70

CHAPITRE I

I- REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Importance agronomique et économique du sorgho

Le sorgho est une céréale des climats tropicaux. Il appartient à la famille des poacées et est, mondialement cultivé. Le sorgho a des utilisations variées :

- Dans les pays en développement, le sorgho est utilisé dans l'alimentation humaine. Ses grains sont consommés tels quels ou transformés en divers mets ou boissons. Les tiges sont souvent utilisées dans la vannerie, la construction ou comme combustible. Les résidus de récolte sont quelquefois enfouis pour enrichir le sol.

- Dans les pays plus développés, le sorgho sert principalement à l'alimentation animale, soit comme fourrage, soit sous forme de grains livrés à la volaille.

Avec 66 millions de tonnes produites en 1992, le sorgho se place au cinquième rang mondial sur le plan production céréalière derrière le blé, le riz, le maïs et l'orge (FAO, 1992).

Au Burkina Faso, le sorgho est la première céréale par son importance, aussi bien dans l'alimentation, que dans les transactions économiques. Il occupait 52 % de la superficie dévolue aux céréales soit 1.084.051 ha pour la campagne agricole 81-82 (ZONGO, 1991). Il est pratiquement cultivé sur toute l'étendue du territoire, mais les superficies qui lui sont consacrées sont fonction des régions. En général, la culture du sorgho est pluviale et traditionnelle. Elle est marquée par l'utilisation des variétés locales, rustiques, l'usage de faibles quantités d'engrais et pesticides, avec pour conséquence de faibles rendements de l'ordre de 650 Kg/ha (ZONGO, 1991).

I.2 Généralités sur le sorgho

I.2.1 Origine et Diversification

L'origine africaine du sorgho est l'hypothèse partagée par de grands chercheurs tels VAVILOV, SNOWDEN, HARLAN, cités par CHANTEREAU, (1993). DOGGETT (1965) signale des faits archéologiques laissant penser que la pratique de la domestication des céréales a été introduite en Egypte à partir d'Ethiopie environ 3000 ans avant J.C. Il est possible que la domestication du sorgho ait débuté à cette époque. DE WET et ses collègues suggèrent que le sorgho provient probablement d'ancêtres sauvages issus des séries spontanea. SNOWDEN (1936) et PORTERES (1951) pensent que les races durra, guinea et caffra sont alliées et pourraient respectivement provenir de *Sorghum aethiopicum*, et *Sorghum verticilliflorum*. Le sorgho serait parti de l'Ethiopie, le long du Nil, pour aller en Asie. Les races durra ont été probablement introduites en Arabie

dès l'époque du royaume de Saba (1000 à 800 ans av. J.C.). Plus tard, ces races sont arrivées en Inde en empruntant les routes commerciales. (SNOWDEN, 1936). Le sorgho serait parvenu en Chine à partir de l'Inde vers le III^{ème} siècle après J.C.

Le sorgho est relativement nouveau dans les Amériques. Il y est arrivé avec la traite des esclaves à qui le grain était livré comme nourriture (QUINBY et MARTIN, 1954).

Bien que le sorgho ait une origine tropicale, son amélioration l'a amené à pousser dans les régions tempérées relativement chaudes, où la saison de culture est suffisamment longue.

I.2.2 Classification des sorghos

LINNE 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 cultivées et sauvages de sorgho. Depuis cette époque toutes les autres classifications n'ont été que des modifications ou adaptations de celle de SNOWDEN. C'est ainsi que selon une classification récente préconisée par l'International Plant Genetic Resources Institute (I.P.G.R.I.) établie par DE WET (1978) et légèrement modifiée par ACHEAMPONG et al. (1984), le genre *sorghum* se divise en cinq sections et trois espèces (DEU et HAMON, 1994) (Tableau I).

Ces cinq sections sont :

- *Stiposorghum* (n* = 5)
- *Chaetosorghum* (n = 10 [20])
- *Heterosorghum* (n = 10 [20])
- *Parasorghum* (n = 5)
- *Sorghum* (n = 10 [20])

n* = nombre chromosomique.

La section *sorghum* regroupe trois espèces dont deux sont diploïdes (2n = 20) :

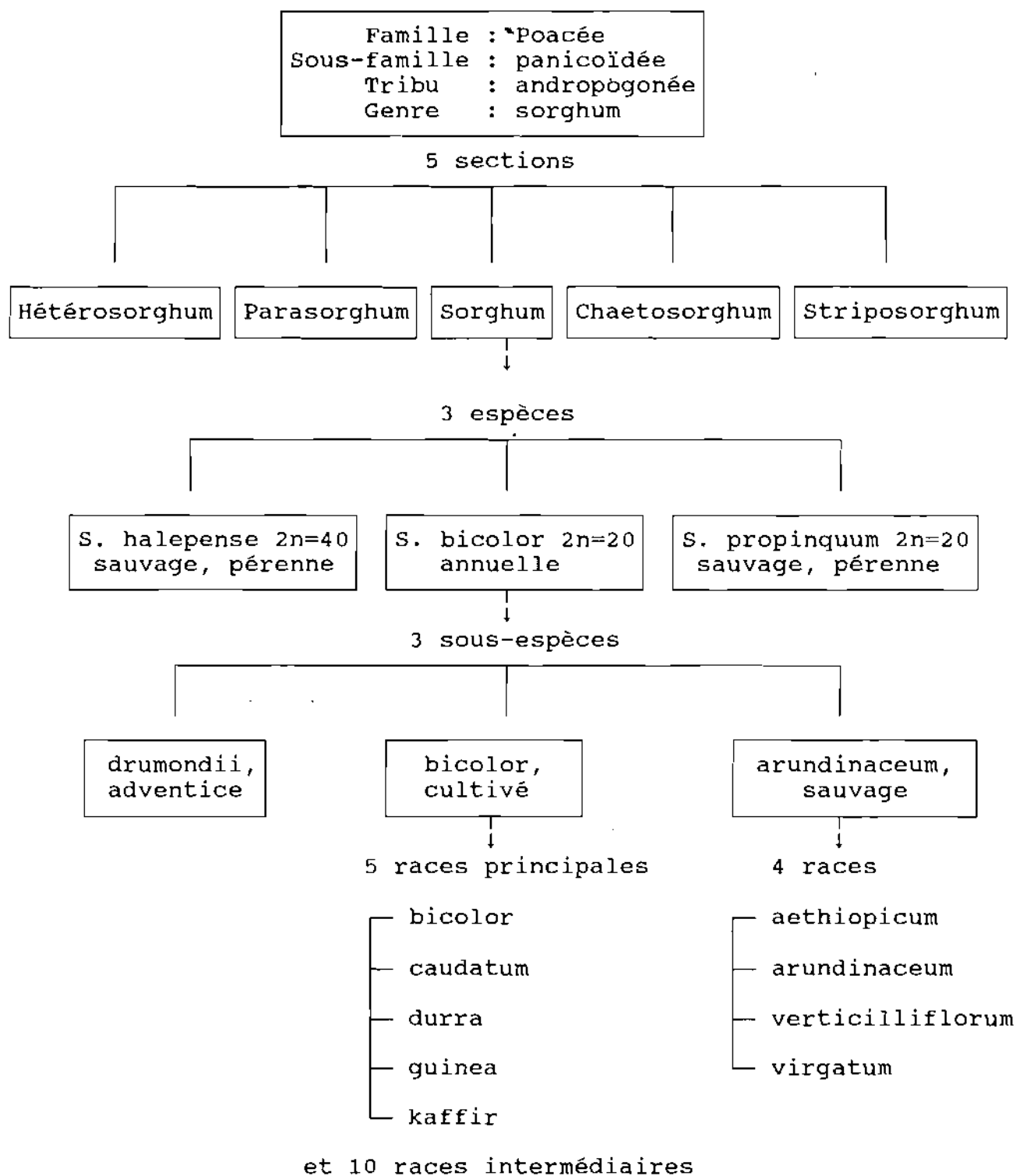
- *Sorghum bicolor* qui regroupe les sorghos annuels. Ceux-ci, cultivés pour leur grain, se rencontrent en Afrique, Moyen-Orient et Inde.

- *Sorghum propinquum* : sorgho sauvage vivace, rhizomateux, il possède le même nombre de chromosomes que le sorgho cultivé. Il est rencontré en Asie du Sud-Est, Inde, Sri Lanka. *Sorghum propinquum* et *Sorghum bicolor* sont des espèces interfertiles.

- la dernière espèce qui est tétraploïde, *Sorghum halepense* (2n = 40) est aussi un sorgho sauvage, vivace, rhizomateux. Il est

caractérisé par un fort tallage et se rencontre en Asie du Sud-Est, Moyen Orient, Inde et au pourtour de la Méditerranée.

TABLEAU I : Classification du genre Sorghum selon DE WET (1978).



L'espèce *Sorghum bicolor* se subdivise en trois sous-espèces:

- *Sorghum bicolor arundinaceum* est une sous-espèce des sorghos sauvages, annuels, non rhizomateux. Son nombre chromosomique est $2n = 20$, comme chez les sorghos cultivés. Les sorghos sauvages de la *S.b. arundinaceum* présentent une grande diversité morphologique et écologique et sont divisés en quatre "races", d'après la structure de leur inflorescence et de leur origine géographique (DE WET, 1978). Ce sont les races *aethiopicum*, *arundinaceum*, *verticilliflorum* et *virgatum*.

* La race *aethiopicum*. Elle est largement distribuée dans les zones les plus sèches et chaudes de la savane africaine allant de la Mauritanie au Soudan. Ses inflorescences sont petites et peu ouvertes.

* La race *arundinaceum* se trouve essentiellement en Afrique de l'Ouest dans les forêts tropicales humides et aussi parfois en Afrique du Sud. Les inflorescences, larges, sont pendantes à maturité.

* La race *verticilliflorum* est la plus répandue ; elle est commune dans la savane africaine. Elle se caractérise par des inflorescences larges et ouvertes.

* La race *virgatum*. Elle est présente dans la partie Nord-Est de l'Afrique (Egypte) le long des canaux d'irrigation et des cours d'eau. Elle est proche de la race *verticilliflorum* dont elle se distingue par des ramifications d'inflorescences plus érigées.

- *Sorghum bicolor drumondii* est une forme herbeuse qu'on retrouve partout où poussent les sorghos cultivés et *S.b. arundinaceum* (DE WET, 1978). *S.b. drumondii* semble être un hybride entre *S.b. arundinaceum* et *Sorghum bicolor bicolor*.

- *Sorghum bicolor bicolor* regroupe les sorghos cultivés pour le grain.

En 1972, HARLAN et DE WET ont proposé une classification des sorghos cultivés basée sur la structure de l'épillet, sur la forme du grain et sur le type d'inflorescence, caractères peu sensibles aux effets du milieu (CHANTEREAU, 1993). Cinq races de base se trouvent différenciées, ainsi que dix intermédiaires entre les précédentes, prises deux à deux. Ces cinq races principales sont :

* La race *bicolor*. Elle 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 chez les sorghos sauvages.

* La race guinea qui regroupe les sorghos typiques d'Afrique de l'Ouest et aussi une partie de 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.

* La race caudatum. Les sorghos de cette race se rencontrent surtout en Afrique centrale et de l'Est ; ils ont une panicule de forme variable. Le grain est disymétrique, aplati sur la face ventrale du côté de la glume et bombé du côté opposé.

* La race durra qu'on rencontre 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, gros et sphérique au sommet et pointu à la base.

* 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.

I.2.3 Pools géniques des sorghos

Les pools géniques d'une plante cultivée comprennent toutes ses formes sauvages et cultivées ainsi que les espèces apparentées avec qui elle est susceptible d'échanger des gènes.

Afin de fournir une base génétique à la classification des plantes cultivées, HARLAN et DE WET (1971) ont proposé les trois pools suivants :

- Le pool génique primaire (PG-1)
- Le pool génique secondaire (PG-2)
- Le pool génique tertiaire (PG-3)

I.2.3.1 Pool génique primaire

Il correspond au concept traditionnel de l'espèce biologique. Parmi les formes de ce pool avec généralement un compartiment sauvage et un compartiment cultivé, les croisements sont faciles et les hybrides sont fertiles avec un bon appariement chromosomique. Les transferts de gènes sont habituellement simples.

I.2.3.2 Pool génique secondaire

Il regroupe les espèces biologiques voisines qui, dans certaines conditions naturelles particulières, peuvent se croiser entre elles. Les hybrides sont habituellement partiellement stériles.

Le transfert des gènes est possible avec quelques difficultés. Les chromosomes s'apparient mal ou même pas du tout.

I.2.3.3 Pool génique tertiaire

Ce pool intéresse des espèces différentes relativement éloignées. Il est à l'extrême limite des ressources génétiques utilisables ; les croisements peuvent encore être effectués à condition d'utiliser des techniques très sophistiquées de laboratoire. Les hybrides sont stériles.

Pour le genre de sorghum, la composition des pools géniques est la suivante (figure 1).

I.3
L a
dive
rsité
géné
tique

Le
sorgho
est
mondialement
cultivé
dans les zones
les plus
diverses :
oasis, oueds,
vallées des
fleuves, zones
submergées,
plateaux

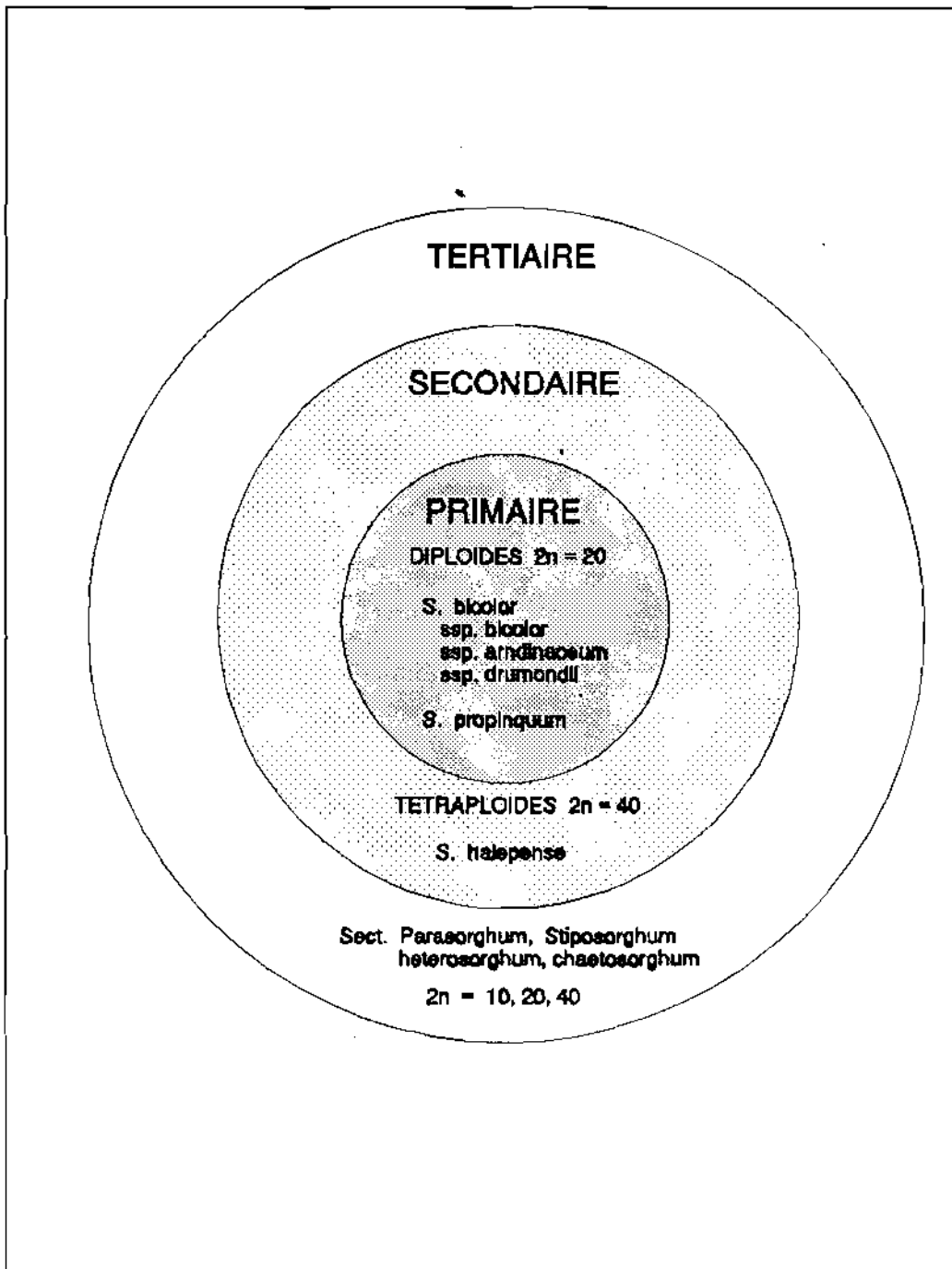


FIGURE 1 : Composition des pools génétiques du genre SORGHUM.

Cette diversité de sites confère une importante variabilité génétique à cette céréale. Cette variabilité porte sur la forme des épis, la couleur et la grosseur du grain, le cycle végétatif et l'utilisation qu'on fait des grains. Pour le sorgho, les caractères variétaux les plus importants sont la couleur, la vitrosité et les dimensions du grain, la taille et la couleur des glumes, la forme de la panicule, la hauteur de la tige.

En plus des sorghos cultivés, on rencontre aussi des espèces sauvages et des hybrides résultant des croisements entre des espèces sauvages et des espèces cultivées. Ces hybrides selon l'importance qui leur est accordée, sont récoltés ou éliminés par les producteurs.

1.3.1 Evaluation de la diversité chez le sorgho

Deux grands axes peuvent être distingués dans l'évaluation des collections :

- **L'évaluation agronomique.** Elle est réalisée dans les conditions écologiques spécifiques et concerne les aptitudes agronomiques et les caractéristiques bien définies (technologiques, organoleptiques, résistance aux parasites, etc...). Cette évaluation débouche sur des sélections internes à un comportement de forme cultivée dans un environnement donné.

- **L'évaluation génétique.** Elle peut être abordée par des techniques diverses (PERNES, 1984) :

* l'analyse cytogénétique qui permet d'identifier les types cytologiques. Selon Schertz (1982) il existe au moins 22 systèmes cytoplasmiques dont les 7 les plus utilisés sont : A1, A2, A3, A4, A5, A6, E9.

En fonction de leur comportement en croisement, on distingue 3 types d'interaction entre facteurs nucléiques et cytoplasme.

- **Type A** chez qui l'interaction entre les facteurs nucléiques et le cytoplasme donne la mâle-stérilité. L'autofécondation du type A ne produit pas de graines.

- **Type B** ou mainteneur de stérilité, dont le croisement avec les lignées de type A donne des F1 dont les graines sont stériles. L'autofécondation des lignées du type B donne des graines fertiles.

- **Type R** ou restaurateur de fertilité.

La restauration de fertilité se fait grâce à des facteurs nucléiques.

Avec les 22 systèmes cytoplasmiques et les trois types d'interaction, on peut obtenir au moins trois 3^{22} cytotypes. On peut alors classer n'importe quel matériel comme lignée A, B ou R dans un système donné.

Il existe aussi des techniques de visualisation de repères sur les chromosomes. On peut utiliser l'une d'entre elles pour comparer des échantillons de différents matériels et en faire un regroupement. L'origine des différences au sein des échantillons peut être due à des événements méiotiques telles la translocation, la duplication et la délétion. L'observation de ces différents événements permet de s'apercevoir de la variabilité entre lignées

ou même de suivre leur généalogie.

* par l'analyse génétique quantitative des génotypes comme des descendances de croisements entre compartiments différents du complexe d'espèces. Pour l'étude d'une telle diversité, on procède par la décomposition de la variance phénotypique entre ses composantes génétique et environnementale. Plus la composante génétique est importante, plus la variabilité génétique dans le matériel végétal étudié est grande.

* étude moléculaire avec les marqueurs enzymatiques. Plus récemment, des marqueurs de l'Acide Desoxyribonucléique (ADN) sont exploités grâce au Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) (HELENTJARIS et al., 1985 ; BECKMAN et SOLLER, 1986; PILATE-ANDRE, 1987 et TANKSLEY et al., 1989).

Certains paramètres sont alors utilisés pour les mesures de diversité par les marqueurs génétiques. Il s'agit :

- du nombre de locus polymorphes
- du taux de polymorphisme
- du taux d'hétérozygotie ou encore diversité de Nei.

L'évaluation de la diversité génétique sur le sorgho a ainsi pu être étudiée à l'aide de caractères agromorphologiques et génétiques (ZONGO, 1991). Par cette méthode, il a observé une importante variabilité intra et inter écotype entre les sorghos du Burkina Faso.

Des travaux exécutés sur les marqueurs moléculaires du sorgho ont également permis d'obtenir différentes valeurs concernant les paramètres de diversité génétique.

OLLITRAULT (1987), lors de son évaluation génétique portant sur 80 variétés de sorgho du Burkina Faso, MORDEN (1989) sur une collection de 83 accessions représentant les races primaires et 5 races intermédiaires de sorgho et ZONGO (1991), lors d'une évaluation agromorphologique et génétique sur 99 écotypes du Burkina Faso ont établi les résultats suivants (TABLEAU II) :

Tableau II : Valeurs des paramètres de variabilité génétique établies à partir de marqueurs moléculaires enzymatiques.

Auteurs Paramètres	OLLITRAULT (1987)	MORDEN (1989)	ZONGO (1991)
Locus polymorphes	10 locus/13	16 locus/27	5 locus sur 18
Taux de polymorphisme/ac- cession	2,4 %	2,1 %	5,9 %
Diversité de Nei	0,07	0,09	0,02

I.3.2 Conservation des ressources génétiques céréalières

L'évolution de l'agriculture a grandement influencé la diversité génétique disponible des principales espèces cultivées. De plus en plus, les agriculteurs ne sont plus motivés pour entretenir leurs propres variétés, renouvelant rapidement les semences sélectionnées. Ceci conduit inévitablement à l'érosion génétique. La prise de conscience de ce phénomène a mis en évidence l'urgence de la préservation des ressources génétiques existant avant leur totale extinction dans les cultivars traditionnels et les populations sauvages apparentées. Cette préservation passe par la conservation du germplasm ex-situ où celui-ci évolue hors de son milieu naturel. Cette forme de conservation consiste en l'usage de milieux à température et humidité contrôlées. Elle peut être à moyen terme (de quelques mois à 1-2 ans) ou à long terme (plusieurs dizaines d'années).

En 1984, FRANKEL, proposa la constitution des collections de référence ou "Core collection" d'effectifs limités, mais représentatives du maximum de variabilité génétique. Ce concept, repris par BROWN (1989) s'avère de nos jours particulièrement intéressant, mais difficile à concrétiser.

I.4 Relations entre plantes cultivées et sauvages

I.4.1 Relations naturelles

La sélection imposée aux plantes cultivées leur fait perdre une partie de leur capacité à se défendre contre divers fléaux alors que de nombreuses espèces sauvages à partir desquelles elles ont été sélectionnées restent résistantes pour le fait qu'elles sont soumises aux fortes pressions parasitaires et aléas climatiques. Ces espèces sauvages apparentées peuvent constituer de

véritables réservoirs de gènes utiles accessibles aux espèces cultivées.

Le phénomène de transmission des caractères entre espèces sauvages et cultivées est rendu possible par le flux de gènes. La présence des hybrides entre formes cultivées et formes sauvages de mil en est une preuve (PERNES, 1989). Néanmoins, la fréquence de rencontre de ces formes intermédiaires est assez faible.

En conditions naturelles, les échanges géniques entre les compartiments sauvage et cultivé sont généralement sous le contrôle de facteurs génétiques (gènes d'incompatibilité, décalage entre floraisons, mode de reproduction, niveau de ploïdie, etc...). Ce contrôle permet des échanges équilibrés de gènes de façon à ce que "l'information" circule entre les deux compartiments sans que ceux-ci se fondent l'un dans l'autre en perdant leur identité.

Ces échanges géniques entre les formes cultivées et sauvages ont été vérifiés chez le sorgho grâce aux travaux de ALDRICH et al. (1991) qui ont remarqué que certains allèles rares ne sont présents chez les sorghos cultivés et sauvages que si ceux-ci appartiennent à une même région géographique et donc que les échanges ne se font que si les deux compartiments sont en contact.

I.4.2 Relations expérimentales

Utiliser une espèce sauvage dans un programme d'amélioration des plantes permet de leur transférer des gènes de caractères désirés. Ces caractères peuvent être de divers ordres :

- résistance aux phytopathogènes
- rusticité
- amélioration des caractères quantitatifs tels la hauteur de la tige et le rendement, etc...

L'introggression de portions du génome des plantes sauvages apparentées dans les plantes cultivées a été effectuée expérimentalement par la méthode du génie génétique et surtout par l'hybridation interspécifique dont la première a été réalisée en 1717 entre deux espèces d'oeillet (rapporté par ALLARD en 1976).

ERICH (1988) a relaté d'autres hybridations entre espèces sauvages et cultivées de blé, tomate, soja, pomme de terre, ananas, manioc. Des hybrides fertiles interspécifiques ont été obtenus chez Brassica par hybridation somatique (GLIMELIUS, 1991).

TAILLEBOIS et GUIMARAES (1987) ont modifié des caractères liés à l'allogamie chez le riz cultivé (*Oryza sativa*) sur les lignées mâles stériles pour améliorer la production des semences hybrides.

ROBERT (1986) a croisé deux populations cultivées et sauvages de mil (*Pennisetum typhoides* ; Stapf et Hubb) et s'est aperçu du flux de gènes entre les deux espèces ainsi que de la bonne fertilité de leurs descendances en F₂ et retrocroisements.

MARCHAIS et PERNES (1985), par le biais de l'hybridation interspécifique entre deux espèces de mil, ont obtenu des plants mâles-stériles.

Les croisements entre une espèce sauvage de millet (*Setaria viridis* (L) PB) et une espèce cultivée (*Setaria italica* (L) PB) ont été réalisés par ZANGRE (1986) en vue d'étudier les introgressions possibles entre ces espèces et plus particulièrement la résistance cytoplasmique à l'atrazine de l'espèce spontanée. Il est ressorti de ce travail que toutes les descendances des croisements *S. viridis* X *S. italica* sont résistantes tandis que les croisements réciproques ont donné des individus sensibles. D'autre part, les individus F₁ sont intermédiaires entre l'espèce cultivée et l'espèce sauvage pour plusieurs caractères morphologiques et ressemblent à *S. viridis*. Ces individus F₁ sont fortement stériles (DARMANCY et PERNES, 1985) mais, en F₂ et F₃, un rééquilibrage s'opère et les individus présentent une bonne fertilité.

Dans les croisements interspécifiques, on peut observer des compétitions entre les pollens des espèces cultivées et sauvages; cette compétition peut être favorisée par des facteurs climatiques telle la température. ZAMIR et al. en 1981, ont croisé *Lycopersicum hirsutum*, une espèce sauvage de tomate résistante aux basses températures et *Lycopersicum esculentum*, espèce cultivée. Des compétitions polliniques artificielles réalisées par la technique des mélanges de pollen des deux espèces, montrent une prépondérance nette des hybrides issus de *Lycopersicum* d'*hirsutum* à 12/6°C, alors que la tendance est inversée à 24/19°C.

Au moment de la reproduction du mil, des compétitions entre pollens favorisent les fécondations homogamétiques (SARR, 1987) notamment lors des confrontations entre pollens issus de mils sauvages et cultivés (ROBERT et al., 1991).

1.5 Problèmes d'utilisation des gènes d'espèces sauvages

L'introgression des gènes d'espèces sauvages dans le génome d'espèces céréalières cultivées qui leur sont apparentées permet la restauration des gènes perdus par les formes cultivées au cours de la sélection.

Les caractéristiques intéressantes recherchées dans les espèces sauvages sont :

- la résistance aux maladies et aux insectes ravageurs
- la restauration de la fertilité cytoplasmique
- la diversité cytoplasmique
- le rendement
- les caractéristiques liées à l'inflorescence et à la morphologie de la plante
- etc...

Cette introgression n'a pas que des avantages ; le généticien en voulant transférer des caractères intéressants peut simultanément introduire dans la descendance de nombreux autres caractères indésirés issus des espèces sauvages.

Ce sont, entre autres, dans le cas des céréales :

- le fort tallage basal et axillaire
- La tendance à une pigmentation excessive des feuilles et tige (anthocyane)
- les feuilles longues et minces
- les tiges grêles
- l'égrénage spontané à maturité
- le grain très petit et fortement protégé par des glumes coriaces adhérentes.

Il est souhaitable que l'introgression des gènes d'espèces sauvages soit le moins possible une source de caractères non recherchés.

Selon ZANGRE (1986) en liaison avec le plus ou moins éloignement des éléments du complexe d'espèces, le flux de gènes présente parfois des difficultés techniques à être réalisé. Pour STALKER (1980), les écueils rencontrés se situent à deux niveaux:

- avant les croisements ; les facteurs qui peuvent jouer sont :

- le mode de reproduction (autogamie, apomixie)
- l'éloignement géographique
- les incompatibilités polliniques

- après les croisements ; les facteurs les plus contraignants qui interviennent sont :

- la différence de niveaux de ploïdie
- les altérations chromosomiques
- les incompatibilités cytoplasmiques
- la dormance des graines
- la létalité des zygotes et des plantes hybrides.

CHAPITRE II

II - MATERIEL ET METHODES

II.1 Le matériel végétal

II.1.1 Les variétés parentales

Le matériel végétal choisi pour notre étude comporte sept variétés dont trois cultivées (IS 2807, IS 9508, SSM 379 ou 69-20) et quatre variétés sauvages (G. 1428, G. 1429, G. 1437, G. 1441). Les variétés cultivées sont issues de la collection d'écotypes locaux rassemblés par OLLITRAULT en 1987 (CHANTEREAU, 1989). Les variétés sauvages proviennent de l'ICRISAT. Tout le matériel de cette étude a été maintenu depuis plusieurs années en station par autofécondation.

Les tableaux III et IV donnent des renseignements concernant les dénominations, l'origine et les classifications des variétés retenues.

TABEAU III : Dénominations, origine et classification de variétés cultivées.

Source : CHANTEREAU (1989). (Selon la classification de DE WET [1978])

N° utilisé	Nom de prospection	N° de collection mondiale	Race	Sous-espèce	Espèce	Origine
IS 2807	Feterita Wad Umm	IS 2807	Caudatum	bicolor	S. bicolor	Zimbabwe
IS 9508	?	IS 9508	Kafir	bicolor	S. bicolor	R.S.A.*
SSM 379 ou 69-20	Kiniteri Tiémaring	IS 3833	Guinea	bicolor	S. bicolor	Sénégal

R.S.A.* : République Sud Africaine

TABEAU IV : Dénominations, origine et classifications des variétés sauvages (Selon la classification de DE WET [1978]).

N° GERVEX	N° IS	Race	Sous-espèces	Espèce	Origine
G. 1428	IS 20889	Arundinaceum	arundinaceum	S. bicolor	Angola
G. 1429	IS 18877	Arundinaceum	arundinaceum	S. bicolor	Bénin
G. 1437	IS 18808	Virgatum	arundinaceum	S. bicolor	Egypte
G. 1441	IS 18865	Verticilliflorum	arundinaceum	S. bicolor	Soudan

En culture pluviale de zone tropicale, les principales caractéristiques des variétés retenues sont présentées dans le tableau V.

TABLEAU V : Présentation de quelques caractères des variétés de l'étude.

Variété	Cycle végétatif	Hauteur	Tallage	Forme de la panicule
IS.2807	Précoce	Moyenne	Faible	fusoïde
IS.9508	Précoce	Courte	Faible	cylindrique
SMM.379	Précoce	Moyenne	Fort	"queue de cheval"
G.1428	Précoce	Moyenne	Fort	lâche
G.1429	Précoce	Moyenne	Fort	lâche
G.1437	Précoce	Courte	Fort	lâche
G.1441	Précoce	Grande	Fort	lâche

Cycle végétatif

Hauteur

Tallage

Précoce: $\leq 70j$

Courte: $\leq 2m$

faible: ≈ 0

Moyen: $\geq 70j \leq 80j$

Moyenne: $\geq 2m - \leq 3m$

Moyen: ≈ 1

Tardif: $\geq 80j$ Grande: $\leq 3m$ fort: ≈ 2

Il faut cependant souligner que ces caractéristiques peuvent subir des modifications profondes durant la culture de contre-saison. Le cycle végétatif peut notamment s'allonger, la hauteur, se raccourcir et le tallage devenir très abondant, voire excessif.

II.1.2 Les croisements de l'étude

Les croisements entre parents cultivés et sauvages ont été réalisés en saison pluvieuse 1994, dans un seul sens, avec pour parents femelles, les sorghos cultivés et pour parents mâles les sorghos sauvages (Tableau VI). La méthode au sac plastique (HOUSE, 1987) a été utilisée pour stériliser les étamines des sorghos cultivés.

TABLEAU VI : Croisements réalisés en hivernage 1994 entre sorghos sauvages et sorghos cultivés.

Parent mâle	G.1428	G.1429	G.1437	G.1441
Parent femelle				
IS. 2807	x	x	x	x
IS. 9508	x	x	x	x
SSM 379 (69-20)	x	x	x	x

Les parents et les hybrides ont reçu les dénominations suivantes :

V1 = IS. 2807	V9 = IS. 2807x1428	V16 = IS. 9508x1441
V2 = IS. 9508	V10 = IS. 2807x1429	V17 = 69-20 x 1428
V3 = SSM 379(69-20)	V11 = IS. 2807x1437	V18 = 69-20 x 1429
V5 = G. 1428	V12 = IS. 2807x1441	V19 = 69-20 x 1437
V6 = G. 1429	V13 = IS. 9508x1428	V20 = 69-20 x 1441
V7 = G. 1437	V14 = IS. 9508x1429	
V8 = G. 1441	V15 = IS. 9508x1437	

II.2 L'expérimentation au champ

II.2.1 Description des sites expérimentaux

L'étude entreprise a été menée sur deux sites : la station expérimentale de Gampela au Burkina Faso et la station de Recherche de Samanko au Mali.

II.2.1.1 La station expérimentale de Gampela

Elle appartient à l'Institut du Développement Rural de l'Université de Ouagadougou et est située à 22 km de Ouagadougou sur l'axe Ouaga-Niger à 12°15' de latitude Nord et 1°12' de longitude Ouest. Elle présente un climat de type nord soudanien marqué par une saison sèche d'Octobre à Mai et une saison pluvieuse de Juin à Septembre.

Pendant la saison des pluies les températures à Gampela se situent entre 35 et 45°C pour les maxima et entre 18 et 19°C pour les minima (ZONGO, 1991). La station présente une grande hétérogénéité de sols :

- ferrugineux tropicaux
- peu évalués d'apport alluvial

- hydromorphes
- lithosols sur cuirasse
- peu évolués d'apport anthropique
- bruns eutrophes tropicaux hydromorphes ou ferrugineux.
(BUNASOLS, 1988).

Les sols de la station de Gampela sont faiblement acides avec un pH compris entre 5,8 et 6,5.*

La quantité de pluies tombée durant la saison pluvieuse 1994 a été de 874,3 mm, répartie comme suit (voir tableau VII).

Tableau VII : Pluviométrie de la saison pluvieuse 1994 à la station expérimentale de Gampela.

MOIS	Quantité (mm)
Mars	1,5
Avril	23,3
Mai	107,3
Juin	220,8
Juillet	282,7
Août	179,5
Septembre	59,2
TOTAL	874,3

II.2.1.2 La station de Recherche de Samanko

La station de recherche de Samanko est à 25 km à l'Ouest de Bamako sur l'axe Bamako - Guinée. Elle est située à 12°31' de latitude Nord et à 8°4' de longitude Ouest à une altitude moyenne de 328 m.

La station possède différents types de sols :

- sols ferrugineux tropicaux à taches et concrétions
- sols ferrugineux lessivés modaux
- sols ferrugineux lessivés indurés
- sols hydromorphes à pseudo-gley.

La pluviométrie à Samanko pendant les trois dernières années a été la suivante :

795,4 mm en 1992
703,5 mm en 1993
1177 mm en 1994
(Voir tableau VIII).

Tableau VIII : Répartition mensuelle de la pluviométrie pendant les trois dernières années à la station de Recherche de Samanko.

ANNEE	1992	1993	1994
MOIS			
JAN	0.0	0.0	0.0
FEV	0.0	0.0	0.0
MAR	0.0	0.4	0.0
AVR	0.0	27.6	2.9
MAI	68.4	62.7	48.7
JUIN	89.7	98.9	127.2
JUIL	163.3	159.8	285.1
AOUT	281.2	204.5	383.6
SEP	190.6	120.9	255.2
OCT	2.2	20.6	62.9
NOV	0.0	8.1	11.4
DEC	0.0	0.0	0.0
TOTAL (mm)	795.4	703.5	1177.0

II.2.2 Techniques culturales

Durant la saison pluvieuse 1994, les parents ont été les traitements d'un essai avec trois répétitions correspondant chacune à une date de semis (19/07/94, 26/07/94, 02/08/94) à Gampela. Les écartements adoptés dans l'essai ont été de 0,80 m entre les lignes et de 0,40 m entre les poquets. La fumure appliquée a été de 100 kg/ha au démarrage et de 50 kg/ha d'urée à la montaison. Les sarclages ont été effectués à la demande. Les croisements ont été réalisés à la floraison et la récolte est intervenue en fin Octobre 1994.

L'étude des individus F₁ n'a été possible qu'en contre-saison, à Samanko, en raison des contraintes de scolarité. L'expérimentation mise en place a concerné les sept parents et leurs douze hybrides. Ceux-ci ont été semés avec leurs parents dans un dispositif en blocs de Fisher, avec deux répétitions et en deux dates de semis. La première date a été le 16 Décembre 1994 et la

deuxième, le 10 Janvier 1995.

Les écartements dans le dispositif étaient de 0,75 m entre les lignes et de 0,20 m entre les poquets. La ligne de semis avait une longueur de 4 m. Chacune des variétés était semée en deux lignes. Le démariage à un plant par poquet a été effectué vingt jours après le semis.

La fumure utilisée sur l'essai a été au semis de 5 T/ha de fumure organique (humus) et de 100 kg/ha de super simple. En fumure de couverture, l'urée a été épandue à la dose de 50 kg/ha au démariage et de 100 kg/ha à la montaison.

II.2.3 Collecte des données

II.2.3.1 A la station expérimentale de Gampela

Un certain nombre d'observations ont été faites dont les plus importantes sont les suivantes :

- le nombre de talles au 30^{ème} jour
- le nombre de talles fructifères à la récolte
- le cycle semis-épiaison
- la hauteur de la tige jusqu'au début de la panicule
- le diamètre de la tige
- la longueur de la 3^{ème} feuille en dessous de la panicule
- la longueur de la 3^{ème} feuille en dessous de la panicule
- la longueur de la panicule.

II.2.3.2 A la station de recherche de Samanko

Pour la collecte des données de l'étude, nous souhaitons retenir cinq plants en position centrale, de chaque parcelle. Ceci n'a pas été toujours possible à cause de la faible disponibilité de plants de certains hybrides (V_{12} : IS.2807xG.1441 et V_{19} : IS.69-20x1437).

La réussite des croisements par castration au sac plastique n'étant pas toujours totalement fiable (certaines graines de la panicule pouvant résulter d'une autofécondation), il nous a fallu entreprendre un suivi individuel des plants choisis pour les trier.

Le tri était basé sur la couleur du coléoptile de la plantule. De façon générale, les plantules des sorghos sauvages ont une couleur rouge qui est dominante sur la couleur verte, couleur des plantules de deux de nos variétés cultivées (IS.9508 et 69-20). Leur croisement avec chacun des sauvages devait donner normalement une plantule à coléoptile rouge si le croisement avait réussi et une plantule à coléoptile vert en cas d'échec du croisement. Ainsi, nous avons un moyen de trier les plantules F_1 et éliminer les non hybrides.

Les individus issus de croisements entre IS.2807 avec chacun des sauvages ont un coléoptile rouge dans la mesure où chacun des parents a un coléoptile rouge. Pour de telles plantules, le tri ne s'est plus fait à l'aide de la couleur du coléoptile, mais, par la vigueur à la levée. Néanmoins, les observations se sont poursuivies sur elles pour nous assurer de la conformité de leur état d'hybride. Ainsi, les pieds F_1 qui ont montré des caractères semblables à tout point à ceux de leur parent femelle, ont été considérés comme issus d'une autofécondation et éliminés. Le nombre de plants prévus théoriquement pour l'analyse statistique s'est donc trouvé diminué.

Des observations ont été faites sur l'ensemble de chacune des parcelles. Il s'agissait de :

- la date de 50 % levée
- la date d'épiaison
- l'aristation
- la couverture des glumes*
- la caducité du grain
- la couleur du grain.

D'autres observations ont porté sur la tige principale de cinq plants retenus aléatoirement :

- le nombre de talles basales aux 30^{ème} et 60^{ème} jour
- la date de l'apparition de la ligule de la dernière feuille
- le numéro de la dernière feuille
- la hauteur de la tige du sol au dernier entre-noeud
- la longueur du pédoncule
- la longueur de la panicule
- la longueur de la 3^{ème} feuille sous la panicule
- la largeur de la 3^{ème} feuille sous la panicule
- le diamètre de la tige au niveau de la 3^{ème} feuille en dessous de la panicule
- le nombre d'entre-noeuds
- le nombre de feuilles à la récolte
- le nombre de talles fructifères.

Si l'essai s'est assez bien déroulé en saison pluvieuse, la contrainte principale, à la contre saison, a été d'ordre climatique. Les basses températures enregistrées en Décembre 1994, en Janvier et Février 1995 ont bloqué le développement de certaines variétés thermo-photosensibles (voir annexe 1). En général le trop fort tallage a caractérisé beaucoup d'entre elles et le cycle végétatif des plantes s'est trouvé rallongé.

Les caractères qualitatifs analysés ont été les suivants :

- la couverture des glumes
- la couleur des grains
- la caducité des grains
- l'aristation.

Les caractères quantitatifs exploités statistiquement sont consignés dans le tableau IX. Tous ces caractères ont été analysés pour la première date de semis et seuls certains l'ont été pour la deuxième date.

TABLEAU IX : Caractères quantitatifs analysés statistiquement.

CARACTERES	CODAGE	PHASE	NIVEAU D'OBSERVATION
Cycle Semis-épiaison	EPI	Végétative	Plant entier
Tallage basal au 30è jour	TAL(30j)	- " -	- " -
Tallage basal au 60è jour	TAL(60j)	- " -	- " -
Longueur de la 3è feuille sous la panicule	LOF	- " -	Tige principale
Largeur de la 3è feuille sous la panicule	LAF	- " -	- " -
Date d'apparition de la ligule de dernière feuille	LIG	- " -	- " -
Diamètre au dessous de la 3 ^{ème} feuille paniculaire	DIT	- " -	- " -
Rang de la dernière feuille	RDF	- " -	- " -
Hauteur du plant, de la base jusqu'au dernier entre-noeud	HAT	Végétative	- " -
Longueur du pédoncule	LPE	- " -	- " -
Longueur de la panicule	LOP	Reproductive	- " -
Nombre d'entre-noeuds	NEN	- " -	- " -
Tallage fructifère à la récolte	TFR	- " -	- " -
		- " -	- " -
		- " -	- " -

II.3 Les méthodes statistiques

Introduction

Pour l'établissement des mesures d'héritabilité, il faut estimer la variance génétique et ses composantes :

variance génétique additive
variance génétique de dominance
variance génétique épistasique.

Afin d'y arriver, on utilise des plans de croisement de types particuliers : (hiérarchique, factoriel et diallèle, etc...). A partir de ces plans, on recourt aux techniques d'analyse de variance pour établir les carrés moyens propres aux différentes catégories de parents qui (moyennant quelques hypothèses) donnent eux-mêmes accès à des estimations de la variance génétique et ses composantes.

II.3.1 Plan de croisements retenus

Nous avons employé un plan de croisement de GARDNER (1959) et GALLAIS (1989) ou un ensemble de génotypes utilisés comme mâles sont croisés à un ensemble différent de génotypes utilisés comme femelles.

♀	♂	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
F ₁					
F ₂					
F ₃					

II.3.2 Analyse du plan de croisement

Les valeurs parentales ont seulement servi à l'établissement des moyennes des parents des hybrides. En revanche, à l'aide des hybrides nous avons testé l'hypothèse suivante d'une décomposition linéaire de chaque variable analysée en plusieurs termes :

$$X_{ijk} = \mu + g_i + g_j + g_{ij} + g_k + \epsilon_{ijk}$$

X_{ijk} = performance de l'individu moyen issu du croisement entre parent mâle i et parent femelle j sur le $k^{\text{ème}}$ répétition.

μ = effet moyen général correspondant à un terme de centrage.

g_i = effet du parent mâle

g_j = effet du parent femelle

g_{ij} = effet de l'interaction mâle X femelle

g_k = effet dû au facteur bloc

ϵ_{ijk} = variation aléatoire non expliquée

Pour tester cela, nous avons attribué à chacun de ces facteurs une variance à partir de l'élément de la décomposition linéaire qui lui est propre. Si le facteur a un effet, la variance de cet élément est d'autant plus élevée que cet effet est fort. Si le facteur n'a pas d'effet, la variance propre est du niveau de la variation aléatoire qui est estimée à l'aide de ϵ_{ij} .

Nous sommes passés d'abord par la somme des carrés :

$$\sum_{ijk} (X_{ijk} - \bar{X} \dots)^2 = \sum_{ijk} (X_{i..} - \bar{X} \dots)^2 = \text{Somme des carrés}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{propres aux mâles} \\
 + \Sigma_{ijk} (X_{.j} - X_{...})^2 & = \text{Somme des carrés} \\
 & \text{propres aux femelles} \\
 + \Sigma_{ijk} (X_{..k} - X_{...})^2 & = \text{Somme des carrés} \\
 & \text{propres aux} \\
 & \text{répétitions} \\
 + \Sigma_{ijk} (X_{ij.} - X_{i..} - X_{.j.} + X_{...})^2 & = \text{Somme des} \\
 & \text{carrés des} \\
 & \text{interactions} \\
 & \text{entre mâles} \\
 & \text{x femelles} \\
 + \Sigma_{ijk} (X_{ijk} - X_{..k} - X_{ij.} + X_{...})^2 & \text{Somme résiduelle des carrés} \\
 & \text{obtenue par différence.}
 \end{aligned}$$

A chacun des termes de cette décomposition a correspondu un des facteurs que nous voulions tester.

Nous sommes passé ensuite aux variances en rapportant les sommes des carrés aux degrés de liberté.

En récapitulant dans notre cas (4 mâles, 3 femelles, 2 répétitions avec pour chaque date de semis), on a le tableau d'analyse de variance (Tableau X).

TABLEAU X : Tableau d'analyse des variances.

Source de variation	D D	Somme des carrés	Variance	F
Total	$\frac{L}{2}$ 3	$\Sigma_{ijk} (X_{ijk} - X_{...})^2$	$\frac{\Sigma_{ijk} (\quad)}{2}$ 23	
Mâles	3	$\Sigma_{ijk} (X_{i..} - X_{...})^2 = 6 \Sigma_i (X_{i..} - X_{...})^2$	$\frac{6 \Sigma (\quad)}{2}$ 3	
Femelles	2	$\Sigma_{ijk} (X_{.j.} - X_{...})^2 = 8 \Sigma_j (X_{.j.} - X_{...})^2$	$\frac{8 \Sigma (\quad)}{2}$ 2	
Interaction mâles et femelles	6	$\Sigma_{ijk} (X_{ij.} - X_{i..} - X_{.j.} + X_{...})^2 = 2 \Sigma_{ij} (X_{ij.} - X_{i..} - X_{.j.} + X_{...})^2$	$\frac{2 \Sigma (\quad)}{2}$ 6	

Bloc	1	$\sum_{ijk} (x_{...k} - x_{...})^2 = 12 \sum_k (x_{...k} - x_{...})^2$	$\frac{\sum_k (\quad)}{1}$	
Résiduelle	1 1	Par différence des sommes des carrés	<u>DS des carrés</u> 11	

Après quoi nous avons testé si un facteur a un effet en comparant la variance qui lui était propre à la variance résiduelle selon le rapport :

$$\frac{\text{Variance facteur}}{\text{Variance résiduelle}}$$

Plus le facteur a un effet, plus sa variance tend à être élevée et plus le rapport ci-dessus est supérieur à 1. Les tables de F permettent de dire à partir de quel seuil la valeur obtenue est statistiquement supérieure à 1 en prenant en compte les degrés de liberté (ddl) du numérateur et du dénominateur.

II.3.3 Etablissement de la variance génétique et de ses composantes

Notre plan de croisement retenu n'a pas permis d'estimer la variance d'épistasie. En effet, faute d'un dispositif adapté, l'épistasie s'est trouvée incluse dans la variance additive et la variance de dominance dont la somme est égale à la variance génétique.

Dans notre expérience, les parents n'ont pas été tirés au hasard, bien qu'étant représentatifs des sorghos cultivés (trois races représentées) et des sorghos sauvages (quatre races représentées). Aussi, l'estimation des variances a été faite tout en gardant à l'esprit les conditions particulières de leur établissement qui limitent théoriquement leur validité aux seuls parents utilisés.

En référence à GARDNER (1959) et en l'absence d'effets réciproques la variance propre à l'effet mâle et à l'effet femelle, donne chacune une estimation de la covariance Half-Sib par ailleurs égale à $(1+F)\sigma_A^2$

$$\frac{\text{-----}}{4}$$

(F = coefficient de consanguinité
et σ_A^2 = une estimation de la variance additive).

Ici, comme nous avons travaillé avec des lignées, F=1; nous avons alors en :

$$\sigma_{\text{male}}^2 = \frac{(1+F)\sigma_A^2}{4} = \frac{\sigma_A^2}{2} ; \text{ de même } \sigma_{\text{femelle}}^2 \text{ a été une autre estimation de } \frac{\sigma_A^2}{2}$$

GARDNER (1959) montre également que la variance de l'interaction mâle x femelle = $(1+F)^2\sigma_D^2$. Dans notre cas, cette

variance d'interaction a été égale à $\frac{\sigma_D^2}{2}$, puisqu'en travaillant avec des lignées F = 1.

donc $\sigma_{\text{mxf}}^2 = \sigma_D^2$.

Il nous a alors été possible d'estimer la variance génétique selon la formule : $\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D$ avec $\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}}$ et $\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâle} \times \text{femelle}}$

II.3.4. Calcul d'héritabilité

Il existe deux types d'héritabilité:

- Héritabilité au sens large (H^2) :
$$\frac{\text{Variance génétique}}{\text{Variance phénotypique}}$$

Ce paramètre donne une mesure du déterminisme génétique dans l'établissement des caractères étudiés. S'il est faible, ce sont surtout les conditions environnementales qui influent sur l'expression de ce caractère.

- Héritabilité au sens étroit (h^2):
$$\frac{\text{Variance additive}}{\text{Variance phénotypique}}$$

Elle donne une mesure de la capacité d'un caractère à être hérité en raison de déterminants génétiques de nature additive transmissibles des parents à leurs descendances.

Pour chaque caractère étudié, nous avons établi les 2 types d'héritabilité.

II.3.5 Comparaison des moyennes par la méthode PPDS et calcul de l'hétérosis maximal

Pour une comparaison des moyennes des caractères des hybrides, nous avons procédé par la méthode de la plus petite différence significative (PPDS)

$$PPDS = \frac{Se\sqrt{2}}{r} \times t_{\alpha}$$

Se = erreur standard

r = nombre de répétitions

t_{α} = valeur lue sur la table t au seuil de signification du degré de liberté de l'erreur.

Dans notre cas, avec $r = 2$, nous avons eu la $PPDS = Se t_{\alpha}$

Avec un degré de liberté de l'erreur égal à 11 et au seuil de 5 %, sa valeur lue sur la table t est égale à 2,201.

Ce travail a porté sur les caractères observés au 1^{er} semis pour lesquels a été mis en évidence une forte héritabilité. Nous avons également caractérisé chaque caractère par une mesure d'hétérosis : l'hétérosis maximum qui est le rapport entre la valeur de l'hybride et son meilleur parent

$$H_{\max} = \frac{\text{Valeur de } F_1}{\text{Valeur meilleur parent}}$$

CHAPITRE III

III - RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1 GAMPELA (hivernage 94)

Les résultats collectés à la station expérimentale de Gampela sont consignés dans le tableau XI. Ils sont les moyennes d'observations faites sur des plants choisis dans les trois dates de semis de l'essai pendant la saison pluvieuse 1994. Ces résultats n'ont pas été analysés statistiquement.

TABLEAU XI : Résultats des observations faites à Gampela.

CARACTERES VARIETES	TAL (30 j)	TF R	HT* (cm)	DIT (cm)	LPA (cm)	LOF (cm)	LAF (cm)	EPI (j)
IS 2807	3,0 0	2, 30	129,5 0	1,42	18,90	70,37	8,33	55,00
IS 9508	0,2 6	3, 00	139,0 0	1,36	31,30	67,70	8,22	55,66
69-20	2,4 6	2, 10	231,5 0	1,15	39,30	81,79	7,40	57,33
G.1428	5,7 0	5, 00	286,5 0	1,24	45,80	73,80	6,07	53,50
G.1429	6,6 5	3, 90	277,0 0	1,15	46,50	77,90	5,22	68,50
G.1437	6,2 0	4, 70	240,0 0	1,18	51,90	75,88	4,15	59,00
G.1441	6,0 4	4, 60	385,0 0	1,28	65,60	81,95	6,07	62,50

HT* = Hauteur de la tige principale de la base jusqu'au début de la panicule.

On observe une plus grande variabilité pour certains caractères chez les variétés sauvages que chez les cultivées (tallage fructifère, 50 % épiaison, largeur de la 3ème feuille sous paniculaire). Cette variabilité est moins sensible avec le diamètre de la tige. Pour la plupart des caractères, les valeurs obtenues sur les sorghos sauvages sont supérieures à celles des sorghos cultivés.

III.2. SAMANKO (contre saison 94/95).

III.2.1 Les caractères qualitatifs

Les résultats collectés sur les caractères qualitatifs à la station de recherche de Samanko sont consignés dans les tableaux suivants (XII, XIII, XIV et XV) :

TABLEAU XII : Aristation des variétés.

Parents cultivés ♀ ♂ Parents sauvages	IS 2807 non aristé	IS 9508 non aristé	69-20 non aristé
G.1428 aristé	non aristé	non aristé	très aristé
G.1429 aristé	très aristé	non aristé	très aristé
G.1437 aristé	faiblement aristé	non aristé	aristé
G.1441 aristé	non aristé	non aristé	aristé

Après l'examen du tableau, la situation se présente assez complexe : selon (Vinall et Cron, 1921) cités par DOGGETT, le caractère aristé est dominant. Selon Laubscher (1945) cité par DOGGETT il est récessif dans deux de ses croisements. Nous avons eu dans notre essai différentes longueurs de soie. Pour ce qui concerne la non aristation de IS 9508, elle paraît dominante chez les hybrides.

TABLEAU XIII : Couleur des grains.

Parents cultivés ♀ ♂ Parents sauvages	IS 2807 blanc	IS 9508 blanc	69-20 blanc
G.1428 brun	brun	brun	brun
G.1429 brun	rouge	brun	brun jaune
G.1437 brun	brun	blanc rougeâtre	brun
G.1441 brun	rouge	brun	brun jaune

Selon la bibliographie (MARTIN, 1988) cité par DOGGETT, les caractères génétiques contribuant à la coloration du grain sont dominants. Nos résultats sont conformes à cela. Les hybrides de l'essai ont tous des grains colorés.

TABLEAU XIV : Couverture des glumes.

Parents cultivés ♀ ♂ Parents sauvages	IS 2807 glumes courtes et collés à la base	IS 9508 faiblement recouvrantes	69-20 largement ouvertes
G.1428 complètement recouvrantes	très recouvrantes	presqu'entièrement recouvrantes	complètement recouvrantes
G.1429 complètement recouvrantes	complètement recouvrantes	presqu'entièrement recouvrantes	complètement recouvrantes
G.1437 complètement recouvrantes	presque entièrement recouvrantes	très recouvrantes	presqu'entièrement recouvrantes
G.1441 presque entièrement recouvrantes	à moitié recouvrantes	très recouvrantes	très recouvrantes

On observe la dominance du caractère recouvrement des glumes à des degrés divers, cela étant également conforme à la bibliographie (DOGGETT, 1988). Le phénotype sauvage l'emporte sur le cultivé pour ce caractère.

TABLEAU XV : Caducité des grains

Parents cultivés ♀ ♂ Parents sauvages	IS 2807 non caduc	IS 9508 non caduc	69-20 non caduc
G.1428 un peu caduc	forte caducité	très forte caducité	très forte caducité
G.1429 non caduc	forte caducité	forte caducité	moyenne caducité
G.1437 très caduc	forte caducité	non caduc	forte caducité
G.1441 caduc	un peu caduc	un peu caduc	faible caducité

En général et comme attendu, le caractère caducité est dominant sur le caractère non caducité. Nos résultats sont conformes à ceux de KAPER et QUINBY (1947) cités par DOGGETT. L'hybride 15 (IS.9508 x G.1437) fait exception à cette assertion

car il présente une non caducité malgré son parent sauvage G.1437 qui, lui est caduc. S'agirait-t-il là d'un cas de dominance des gènes appartenant à la race cultivée ? Ce cas mériterait d'être approfondi.

III.2.2 Les caractères quantitatifs

Les caractères quantitatifs étudiés dans l'essai ont fait l'objet d'interprétations statistiques. Les moyennes des observations faites sur certains de ces caractères concernant les variétés parentales sont dans le tableau XVI ci-après.

TABLEAU XVI : Moyenne des observations de certains caractères quantitatifs de Samanko (1^{re} date).

CARACTERES VARIETES	TAL (30 j)	TFR	HT (cm)	DIT (cm)	LPA (cm)	LOF (cm)	LAF (cm)	EPI (j)	TAL (60 j)
IS 2807	0,7 6	2,5 0	27, 85	1,3 4	34, 80	67, 30	6,4 7	99, 12	10, 67
IS 9508	0,9 2	2,3 0	131 ,30	1,3 5	39, 40	72, 36	7,1 7	109 ,25	9,6 1
69-20	1,0 8	2,4 0	77, 50	1,2 0	43, 55	69, 24	6,0 7	108 ,75	10, 70
G.1428	0,7 9	5,2 3	120 ,85	1,3 9	36, 41	77, 92	7,5 1	107 ,66	9,6 0
G.1429	0,7 2	10, 50	135 ,50	1,0 8	34, 34	65, 22	6,3 9	116 ,33	10, 64
G.1437	1,1 3	6,3 7	116 ,45	1,3 1	44, 52	63, 34	5,1 8	85, 66	10, 63
G.1441	1,0 4	2,0 8	196 ,00	1,4 2	41, 72	74, 72	7,2 1	113 ,16	10, 84

En comparant ces résultats avec ceux de la saison pluvieuse 1994 de Gampela, on observe d'importantes différences pour certains caractères à cause des difficultés de levée et de mise en place tardive du tallage en contre saison. D'autre part, on a une réduction de développement végétatif et un très fort allongement des cycles en contre saison.

Tout ceci est l'expression de la réponse des génotypes à la saison des cultures. Il existe de très fortes variations climatiques (thermique et photopériodique) entre les deux saisons de culture. Ces variations exercent des effets importants sur le génotype des végétaux. Il s'ensuit alors de profondes modifications morphologiques d'une saison à l'autre. Ce qui rend toute comparaison très difficile.

III.2.2.1 Analyses des variances et calculs d'héritabilité

Les résultats de l'ensemble des caractères étudiés après l'analyse de leur variance ainsi que les calculs d'héritabilité sont consignés dans les tableaux suivants (Tableau XVII à XXXV):

TABLEAU XVII : Nombre de talles au 30^{ème} jour (1^{ère} date).

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	18,02			
Bloc	1	13,30	13,30	57,59	HS
Mâle	3	0,69	0,23	1,01	NS
Femelle	2	0,41	0,20	0,89	NS
Mâle x femelle	6	1,06	0,17	0,77	NS
Résiduelle	11	2,54	0,23		

$$\bar{x} = 0,92$$

$$CV = 52,12 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 0,76$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 0,79$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 0,92$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 0,72$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 1,08$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 1,13$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 1,04$$

Le coefficient de variation est très élevé (52,12 %).

Trop d'influences environnementales non maîtrisées ont joué dans l'expression de ce caractère. Dans ces conditions, il n'est pas justifié de poursuivre son analyse statistique.

TABLEAU XVIII : Nombre de talles à 60 jours (1^{ère} date).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	145,48			
Bloc	1	30,17	30,17	6,10	HS
Mâle	3	5,40	1,80	0,36	NS
Femelle	2	6,16	3,08	0,62	NS
Mâle x femelle	6	49,31	8,22	1,66	NS
Résiduelle	11	54,43	4,95		

$$\bar{x} = 10,33$$

$$CV = 21,53 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 10,67$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 9,6$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 9,61$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 10,64$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 10,70$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 10,23$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 10,84$$

L'essai présente un coefficient de variation assez élevé 21,53 %. L'effet bloc seul est significatif. Les effets dus aux mâles, aux femelles et à l'interaction mâle X femelle sont non significatifs.

Les effets environnementaux sont assez importants (4,95).

Il est à noter les très fortes valeurs de tallage obtenues chez les parents (et aussi chez les hybrides à 60 jours).

Calcul d'Héritabilité

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 4,88$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 8,22$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 13,10$$

$$\sigma^2_p = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 18,05$$

$$H^2 = 0,72$$

$$h^2 = 0,27$$

H^2 est assez élevé (0,72), par contre $h^2 = 0,27$. le caractère nombre de talles à 60 jours est déterminé génétiquement, mais sa transmissibilité des parents à leurs descendance est faible.

TABLEAU XIX : Nombre de talles au 30^{ème} jour (2^{ème} date).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	13,37			
Bloc	1	2,70	2,70	5,92	S
Mâle	3	0,62	0,20	0,45	NS
Femelle	2	1,28	0,64	1,40	NS
Mâle x femelle	6	3,74	0,62	1,36	NS
Résiduelle	11	5,08	0,46		

$$\bar{x} = 0,94$$

$$CV = 71,73 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 1,20$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 1,13$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 0,97$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 0,71$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 0,64$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 1,04$$

$$\bar{X} \text{ 1441} = 0,87$$

Le coefficient de variation pour le caractère est trop élevé (71,73 %). L'essai est inexploitable pour le calcul des héritabilités.

TABLEAU XX : Nombre de talles à 60 jours (2^{ème} date).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	335,33			
Bloc	1	0,16	0,16	0,01	NS
Mâle	3	31,05	10,35	0,83	NS
Femelle	2	39,69	19,85	1,60	NS
Mâle x femelle	6	128,03	21,34	1,72	NS
Résiduelle	11	136,39	12,40		

$$\bar{x} = 11,56$$

$$CV = 30,46 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 11,70$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 10,75$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 9,92$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 10,31$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 13,06$$

$$\bar{X} \text{ 1437} = 11,94$$

$$\bar{X} \text{ 1441} = 13,23$$

Le coefficient de variation de l'essai est un peu élevé (30,46). Il explique en partie l'impossibilité ici de mettre en évidence une signification des facteurs de l'analyse de variances.

Les valeurs de tallage à 60 jours sont comme la 1^{re} date très élevées.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 30,20$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 21,34$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 51,54$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_c = 63,94$$

$$H^2 = 0,80$$

$$h^2 = 0,46$$

Si l'héritabilité au sens large est assez élevé (0,79), la transmissibilité du caractère nombre de talles à 60 jours est médiocre car $h^2 = 0,46$.

TABLEAU XXI : Date d'apparition de la ligule de la dernière feuille

(1^{re} date).ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	5681,84			
Bloc	1	1,34	1,34	0,06	NS
Mâle	3	4245,53	1415,17	67,08	HS
Femelle	2	664,96	342,48	15,76	HS
Mâle x femelle	6	537,96	89,66	4,25	S
Résiduelle	11	232,00	21,09		

$$\bar{x} = 101,74$$

$$CV = 4,51 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 94,30$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 106,00$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 105,74$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 110,00$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 105,18$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 79,00$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 111,87$$

Le coefficient de variation est très intéressant (4,51 %). Il dénote l'homogénéité de l'essai. Les effets parentaux sont hautement significatifs (67,08 pour le mâle et 15,16 pour la femelle) avec une interaction mâle x femelle faible (4,25) juste significative.

On remarque que les parents sauvages présentent une plus grande variabilité de cycle que les femelles. On remarque aussi que chez ces parents sauvages, c'est le génotype le moins tropical G.1437 venant d'Egypte qui, par rapport à l'hivernage, a son cycle le moins modifié.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 1747,65$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 89,66$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 1837,31$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_c = 1858,36$$

$$H^2 = 0,99$$

$$h^2 = 0,94$$

$H^2 = 0,99$ montre que le caractère date d'apparition de la ligule de la dernière feuille est fortement déterminé par les effets génétiques parentaux surtout ceux du mâle.

Sa transmissibilité des parents à leurs descendance se révèle facile en raison d'une héritabilité au sens étroit élevée ($h^2 = 0,94$).

TABLEAU XXII : Date d'apparition de la ligule de la dernière feuille de la tige principale (2^{ème} date).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	2461,02			
Bloc	1	25,81	25,81	0,70	NS
Mâle	3	1024,79	341,60	9,26	HS
Femelle	2	607,38	303,69	8,26	HS
Mâle x femelle	6	397,14	66,19	1,79	NS
Résiduelle	11	405,90	36,90		

$$\bar{x} = 82,45$$

$$CV = 7,36 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 76,08$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 82,82$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 88,38$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 85,36$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 82,89$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 71,96$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 79,66$$

Le coefficient de variation est bon (7,36 %). L'effet bloc est non significatif. Quant aux effets parentaux, ils sont hautement significatifs. Ils sont de 9,26 pour le mâle et de 8,26 pour la femelle. L'interaction mâle x femelle est non significative (1,79).

Par rapport à la 1^{ère} date, les cycles végétatifs ont été raccourcis (effet du rechauffement des températures ?). Les sorghos sauvages ont plus de variabilité. Le parent sauvage égyptien est là encore celui dont le cycle par rapport à l'hivernage est le moins modifié.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 645,30$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 66,19$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 711,49$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 748,38$$

$$H^2 = 0,95$$

$$h^2 = 0,86$$

H^2 est relativement élevée (0,95). h^2 est aussi élevé (0,86). Ces résultats confirment ceux obtenus avec la première date.

TABLEAU XXIII : Date de 50 % éplaison (1^{ère} date).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	4552,95			
Bloc	1	1,04	1,04	0,03	NS
Mâle	3	3444,12	1148,04	38,10	HS
Femelle	2	521,08	260,54	8,65	HS
Mâle x femelle	6	255,25	42,54	1,41	NS
Résiduelle	11	331,59	30,13		

$$\bar{x} = 105,71$$

$$CV = 5,19 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 99,12$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 107,66$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 109,25$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 116,33$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 108,75$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 85,66$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 113,16$$

Le coefficient de variation est satisfaisant (5,19 %). Les effets parentaux, mâle (38,10), femelle (8,65) sont hautement significatifs. L'interaction mâle x femelle (1,41) est non significative. Avec un effet bloc non significatif, l'effet environnement dû au terrain joue peu sur le caractère.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 1408,58$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 42,54$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 1451,12$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 1481,25$$

$$H^2 = 0,98$$

$$h^2 = 0,95$$

Les héritabilités sont très fortes. Avec $H^2 = 0,98$ le caractère date de 50 % épiaison est très fortement influencé par les effets génétiques surtout ceux distribués par les parents sauvages. A cause de h^2 également très forte (0,95), il est facilement transmissible des parents à leurs descendance.

TABLEAU XXIV : Date de 50 % épiaison (2^{ème} date).ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	1417,33			
Bloc	1	66,66	66,66	1,76	NS
Mâle	3	365,66	121,88	3,21	NS
Femelle	2	250,58	125,29	3,30	NS
Mâle x femelle	6	317,08	52,85	1,39	NS
Résiduelle	11	417,33	37,94		

$$\bar{x} = 89,66$$

$$CV = 6,87 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X}_{IS.2807} = 85,12$$

$$\bar{X}_{G.1428} = 90,50$$

$$\bar{X}_{IS.9508} = 92,37$$

$$\bar{X}_{G.1429} = 90,83$$

$$\bar{X}_{69-20} = 91,50$$

$$\bar{X}_{G.1437} = 83,33$$

$$\bar{X}_{G.1441} = 94,00$$

Malgré un bon coefficient de variation (6,87 %), l'essai est non significatif pour les blocs, les mâles, les femelles et l'interaction mâle x femelle.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 247,17$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâle} \times \text{femelle}} = 52,85$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 300,02$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 337,96$$

$$H^2 = 0,89$$

$$h^2 = 0,73$$

Le calcul des héritabilités donne des résultats avec des valeurs élevées quoiqu'un peu inférieures à celles obtenues avec la 1^{ère} date.

TABLEAU XXV : Rang de la dernière feuille (1^{ère} date).ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	459,27			
Bloc	1	7,50	7,50	3,48	NS
Mâle	3	351,73	117,24	54,44	HS
Femelle	2	34,22	17,11	7,95	HS
Mâle x femelle	6	42,12	7,02	3,26	S
Résiduelle	11	23,69	2,15		

$$\bar{x} = 22,20$$

$$CV = 6,60 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 20,72$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 22,15$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 23,64$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 22,35$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 22,25$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 16,74$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 27,56$$

Le coefficient de variation est satisfaisant (6,60 %). L'effet bloc (3,49) est non significatif. Les effets parentaux sont hautement significatifs. L'effet dû aux sorghos sauvages (54,44) est plus important que celui dû aux sorghos cultivés (7,95). L'interaction mâle x femelle est non significative.

On note une plus grande variabilité du caractère chez les sorghos sauvages que chez les sorghos cultivés. En liaison avec la longueur de la phase végétative, les génotypes les plus tardifs donnent plus de feuilles que les plus précoces. Ainsi l'écotype le plus rapide à épier (G.1437) est celui qui donne le moins de feuilles.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 134,35$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 7,02$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 141,37$$

$$\sigma^2_p = \sigma^2_G + \sigma^2_c = 143,52$$

$$H^2 = 0,98$$

$$h^2 = 0,93$$

Les héritabilités sont toutes deux très fortes. $H^2 = 0,98$ témoigne de la forte influence des effets génétiques sur ce caractère. Il se transmet très facilement des parents à leurs descendances avec $h^2 = 0,93$. Le caractère nombre de feuilles paraît peu influencé par les facteurs environnementaux non maîtrisés.

TABLEAU XXVI : Rang de la dernière feuille (2^{ème} date).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	159,71			
Bloc	1	0,62	0,62	0,25	NS
Mâle	3	67,34	22,44	9,09	HS
Femelle	2	33,30	16,65	6,74	S
Mâle x femelle	6	31,27	5,21	2,11	NS
Résiduelle	11	27,17	2,47		

$$\bar{X} = 20,27$$

$$CV = 7,75 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 18,78$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 19,43$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 21,66$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 21,65$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 20,37$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 17,94$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 22,05$$

Le coefficient de variation (7,75 %) est satisfaisant. L'effet bloc est non significatif et les effets dus à l'environnement sont faibles.

Les effets parentaux sont marqués. L'effet mâle est hautement significatif (9,09) et l'effet femelle, significatif (6,74). Il y a une faible interaction mâle x femelle (2,11) qui est non significative.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 39,09$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 5,21$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 44,30$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 46,77$$

$$H^2 = 0,95$$

$$h^2 = 0,83$$

Ces résultats sont conformes à ceux obtenus avec la 1^{ère} date.

TABLEAU XXVII : Longueur de la 3^{ème} feuille sous la panicule.

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	3048,22			
Bloc	1	267,33	267,33	2,80	NS
Mâle	3	910,03	303,33	3,18	NS
Femelle	2	50,90	25,45	0,27	NS
Mâle x femelle	6	769,89	128,31	1,34	NS
Résiduelle	11	1050,07	95,46		

$$\bar{x} = 70,30$$

$$CV = 13,89 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 69,30$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 77,92$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 72,36$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 65,22$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 69,24$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 63,34$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 74,72$$

Le coefficient de variation de l'essai est satisfaisant (13,89 %) mais tous les effets sont non significatifs. La diversité du caractère est, là encore, plus grande chez les parents sauvages que chez les cultivés (voir valeurs des moyennes).

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 328,79$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 128,31$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 457,10$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_c = 552,28$$

$$H^2 = 0,82$$

$$h^2 = 0,59$$

Les mesures d'héritabilités aboutissent à des valeurs moins élevées que les caractères précédents surtout celle de l'héritabilité au sens étroit (0,59).

TABLEAU XXVIII : Largeur de la 3^{ème} feuille sous la panicule.

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Signification
Totale	23	34,42			
Bloc	1	0,33	0,33	1,00	NS
Mâle	3	19,48	6,49	19,41	HS
Femelle	2	4,94	2,47	7,38	HS
Mâle x femelle	6	5,99	0,99	2,98	NS
Résiduelle	11	3,68	0,33		

$$\bar{x} = 6,57$$

$$CV = 8,79 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 6,47$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 7,51$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 7,17$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 6,39$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 6,07$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 5,18$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 7,21$$

Le coefficient de variation de l'essai est intéressant (8,79 %). Les effets environnementaux non maîtrisés n'ont pas beaucoup affecté l'essai. L'effet mâle (19,41) et l'effet femelle (7,38) sont hautement significatifs. L'interaction mâle x femelle est non significative (2,98). On note une plus grande variabilité des

parents sauvages.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 8,96$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâle} \times \text{femelle}} = 0,99$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 9,95$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 10,28$$

$$H^2 = 0,96$$

$$h^2 = 0,87$$

L'héritabilité au sens large (H^2) est très élevée (0,97). Donc le caractère largeur de la 3^{ème} feuille en dessous de la panicule est influencé par les effets génétiques surtout ceux associés aux parents mâles (sauvages). $h^2 = 0,87$ indique que le caractère est assez facilement transmis des parents à leurs descendance.

TABLEAU XXIX : Longueur de la panicule (cm).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	963,11			
Bloc	1	14,82	14,82	1,14	NS
Mâle	3	396,03	132,01	10,13	HS
Femelle	2	306,86	153,43	11,78	HS
Mâle x femelle	6	102,07	17,01	1,31	NS
Résiduelle	11	143,33	13,03		

$$\bar{x} = 39,25$$

$$CV = 9,20 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 34,80$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 36,41$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 39,40$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 34,34$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 43,55$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 44,52$$

$$X G.1441 = 41,72$$

Le coefficient de variation de l'essai est peu élevé (9,20%). L'effet bloc et l'interaction mâle x femelle sont non significatifs. Les effets résiduels sont à peu près de même ordre de grandeur que l'effet bloc dont la variance est égale à 13,03 contre 14,82 pour le bloc. Les effets parentaux sont hautement significatifs (effet mâle = 10,13, effet femelle = 11,78).

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 285,44$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 17,01$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 302,45$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_c = 315,48$$

$$H^2 = 0,96$$

$$h^2 = 0,90$$

Les héritabilités sont très élevées. $H^2 = 0,96$ et $h^2 = 0,90$. Le caractère LOP est non seulement fortement influencé par les effets génétiques mais aussi, il peut être facilement transmis des parents aux descendance à condition que les parents l'aient dans leurs génomes.

TABLEAU XXX : Diamètre de la tige principale.

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	1,31			
Bloc	1	0,002	0,002	0,06	NS
Mâle	3	0,40	0,13	3,40	NS
Femelle	2	0,11	0,05	1,47	NS
Mâle x femelle	6	0,36	0,06	1,51	NS
Résiduelle	11	0,43	0,04		

$$\bar{x} = 1,29$$

$$CV = 15,30 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 1,34$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 1,39$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 1,35$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 1,08$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 1,20$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 1,31$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 1,42$$

L'analyse fait ressortir un coefficient de variation satisfaisant (15,30 %). Tous les effets blocs, mâle, femelle, interaction mâle x femelle sont non significatifs.

La variabilité des parents sauvages est plus grande que celle des cultivés car leurs moyennes sont beaucoup plus étalées, de 1,08 cm à 1,42 cm alors que pour les cultivés, elles vont de 1,20 cm à 1,35 cm.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 0,18$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 0,06$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 0,24$$

$$\sigma^2_p = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 0,28$$

$$H^2 = 0,85$$

$$h^2 = 0,64$$

Les valeurs d'héritabilité sont moins élevées que celles que nous avons l'habitude d'obtenir à quelques exceptions près.

TABLEAU XXXI : Nombre d'entre-noeuds.

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	113,63			
Bloc	1	0,90	0,90	1,66	NS
Mâle	3	71,85	24,00	44,20	HS
Femelle	2	25,15	12,57	23,21	HS
Mâle x femelle	6	9,77	1,63	3,01	NS
Résiduelle	11	5,96	0,54		

$$\bar{x} = 10,50$$

$$CV = 7,01 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 9,40$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 10,25$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 11,86$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 11,17$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 10,22$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 7,90$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 12,66$$

Le coefficient de variation est satisfaisant (10,01) ; l'effet bloc et l'interaction mâle x femelle sont non significatifs. Avec une variance résiduelle faible les effets environnementaux aléatoires ont peu d'influence sur la variabilité. Les effets dûs aux mâles (44,20) et aux femelles (23,21) sont hautement significatifs.

Ainsi qu'il en était avec le caractère nombre de feuilles,, il y a influence de la longueur du cycle végétatif sur le caractère ici étudié. Les variétés les plus précoces ont le moins d'entre-nœuds tandis que les plus tardives en ont le plus. Il y a également une plus grande variabilité du caractère chez les sorghos sauvages.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 36,57$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 1,63$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 38,20$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 38,74$$

$$H^2 = 0,98$$

$$h^2 = 0,94$$

Les héritabilités sont très élevées $H^2 = 0,98$ et $h^2 = 0,94$. NEN est fortement influencé par les effets génétiques surtout paternels et sa transmissibilité peut être très facile des parents à leurs descendances. Cette transmissibilité est conditionnée à la présence du caractère dans les génomes parentaux.

TABLEAU XXXII : Nombre de feuilles à la récolte.

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	159,97			
Bloc	1	0,67	0,67	0,29	NS
Mâle	3	66,80	22,26	9,71	HS
Femelle	2	32,20	16,10	7,02	S
Mâle x femelle	6	35,08	5,84	2,55	NS
Résiduelle	11	25,21	2,29		

$$\bar{x} = 10,89$$

$$CV = 13,90 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 10,09$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 11,50$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 12,53$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 11,47$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 10,05$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 8,09$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 12,50$$

Le coefficient de variation est satisfaisant (13,90). L'effet bloc ainsi que l'interaction mâle x femelle sont non significatifs. L'effet mâle est hautement significatif (9,71) et l'effet femelle significatif (7,02). Les effets environnementaux aléatoires sont assez faibles avec une variance égale à 2,29.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 38,36$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 5,84$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 44,20$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_c = 46,49$$

$$H^2 = 0,95$$

$$h^2 = 0,82$$

Avec $H^2 = 0,95$ les effets génétiques influencent NFR dont la transmissibilité des parents à leurs descendances est facile avec $h^2 = 0,82$.

TABLEAU XXXIII : Nombre de talles fructifères à la récolte.

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significati on
Totale	23	170,42			
Bloc	1	0,31	0,31	0,08	NS
Mâle	3	104,24	34,74	9,26	HS
Femelle	2	0,44	0,22	0,06	NS
Mâle x femelle	6	24,14	4,02	1,07	NS
Résiduelle	11	41,29	3,75		

$$\bar{x} = 4,76$$

$$CV = 40 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 2,50$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 5,23$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 2,30$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 10,50$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 2,40$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 6,37$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 2,08$$

Le coefficient de variation de l'essai est très élevé (40%). Ceci rend inexploitable l'exploitation des données. Si l'on compare l'étalement des moyennes parentales, les valeurs des parents sauvages vont de 2,08 à 10,50 alors que pour les cultivés elles vont de 2,30 à 2,50.

TABLEAU XXXIV : Hauteur de la tige principale (cm).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Significat ion
Totale	23	57436,38			
Bloc	1	266,13	266,13	0,97	NS
Mâle	3	27023,40	9007,80	32,90	HS
Femelle	2	21219,66	10609,82	38,75	HS
Mâle x femelle	6	5915,35	985,89	3,60	S
Résiduelle	11	3011,84	273,80		

$$\bar{X} = 166,54$$

$$CV = 9,93 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 27,85$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 120,85$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 131,30$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 135,50$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 77,50$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 116,45$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 196,00$$

Le coefficient de variation de l'essai est bon (9,93). L'effet bloc est non significatif. Les effets parentaux sont hautement significatifs. L'effet mâle (32,90) et l'effet femelle (38,75) ont des valeurs assez proches. L'interaction mâle x femelle est significative avec pour valeur 3,60.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 19617,62$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâle} \times \text{femelle}} = 985,89$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 20603,51$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_e = 20877,31$$

$$H^2 = 0,98$$

$$h^2 = 0,94$$

Les effets génétiques influencent très fortement HT à cause de $H^2 = 0,98$. Le caractère peut être facilement transmis des parents à leurs descendances car sa forte héritabilité au sens étroit (0,94) signifie que son déterminisme est de nature additive.

TABLEAU XXXV : Longueur du pédoncule (cm).

ANALYSE DE VARIANCE

Source	ddl	S. des C.	Variance	F.	Signification
Totale	23	3472,76			
Bloc	1	11,08	11,08	0,12	NS
Mâle	3	847,80	282,60	3,08	NS
Femelle	2	242,28	121,14	1,32	NS

Mâle x femelle	6	1361,95	226,99	2,47	NS
Résiduelle	11	1009,64	91,78		

$$\bar{x} = 54,72$$

$$CV = 17,50 \%$$

Moyennes parentales

$$\bar{X} \text{ IS.2807} = 51,05$$

$$\bar{X} \text{ G.1428} = 53,76$$

$$\bar{X} \text{ IS.9508} = 54,32$$

$$\bar{X} \text{ G.1429} = 52,22$$

$$\bar{X} \text{ 69-20} = 58,50$$

$$\bar{X} \text{ G.1437} = 64,46$$

$$\bar{X} \text{ G.1441} = 48,45$$

Le coefficient de variation de l'essai est acceptable (17,50). Tous les effets testés (bloc, mâle, femelle et l'interaction mâle x femelle) sont non significatifs. Les valeurs parentales chez les espèces sauvages sont beaucoup plus étendues, de 48,45 cm à 64,46 cm. Chez les parents cultivés, les valeurs vont de 51,05 cm à 58,50 cm.

CALCUL D'HERITABILITE

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{\text{mâle}} + \sigma^2_{\text{femelle}} = 403,74$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{\text{mâlexfemelle}} = 226,99$$

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D = 630,73$$

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_c = 722,51$$

$$H^2 = 0,87$$

$$h^2 = 0,56$$

L'héritabilité au sens large est élevée (0,87) et l'héritabilité au sens étroit est moyenne (0,56). La prévision de transmission du caractère, dans ces conditions, est difficile.

TABLEAU XXXVI : RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE DES CARACTERES
 ETUDIES A SAMANKO.

	F				
	Bloc	Mâle	Femelle	MxF	CV
Tallage 30j (1)	57,59**	1,01	0,89	0,77	52,10
Tallage 60j (1)	6,10*	0,36	0,62	1,66	21,50
Tallage 30j (2)	5,92*	0,45	1,40	1,36	71,70
Tallage 60j (2)	0,01	0,83	1,60	1,72	30,50
Ligule (1)	0,06	67,08**	15,76**	4,25*	4,50
Ligule (2)	0,70	9,26**	8,28**	1,79	7,40
10% épiaison (1)	0,03	38,10**	8,65**	1,41	5,20
10% épiaison (2)	1,76	3,21	3,30	1,39	6,90
Rang dernière feuille(1)	3,48	54,44**	7,95**	3,26*	6,60
Rang dernière feuille(2)	0,25	9,09**	6,74*	2,11	7,80
Longueur 3è feuille (1)	2,80	3,18	0,27	1,34	13,90
Largeur 3è feuille (1)	1,00	19,41**	7,38**	2,98	8,90
Longueur pédoncule (1)	0,12	3,08	1,32	2,47	17,50
Longueur panicule (1)	1,14	10,13**	11,78**	1,31	9,20
Diamètre tige princ. (1)	0,06	3,40	1,47	1,54	15,30
Nombre d'entre-noeuds(1)	1,66	44,20**	23,20**	3,01	7,01
Hauteur tige princip.(1)	0,97	32,90**	38,75**	3,60*	9,93
Nombre talles fructifères	0,31	34,74**	0,22	0,02	40,00
Nombre feuilles récolte(1)	0,29	9,71**	7,02*	2,55	13,90

* significatif
 ** hautement significatif
 (1) 1^{ère} date
 (2) 2^{ème} date

DISCUSSION GENERALE DES ANALYSES DE VARIANCE

Dans l'ensemble, nous avons réalisé de façon satisfaisante l'expérimentation qui a abouti (excepté pour ce qui concerne les caractères nombre de talles à 30 jours, à 60 jours et talles fructifères à la récolte) à des coefficients de variation acceptables (inférieurs à 20 %) parfois même très bons (inférieurs à 10 %).

L'homogénéité de l'essai pour beaucoup de caractères a été observée car presque toujours les effets terrains, tels que peut les évaluer le facteur bloc ne sont pas significatifs.

Les faibles coefficients de variation en liaison avec la faible signifiante du facteur bloc montrent que les caractères étudiés (sauf ceux concernant le tallage) ont été peu sensibles aux effets environnementaux, donc ont été sous la dépendance des effets génotypes au sens large.

Ces effets génotypes auraient été certainement mieux mis en valeur si nous avions travaillé avec beaucoup plus de répétitions (la variance résiduelle aurait alors sûrement diminué et permis une plus grande précision des analyses). Les effets génotypes montrent que ce sont essentiellement le facteur mâle (parents sauvages) puis le facteur femelle (parents cultivés) qui exercent un effet significatif sur l'expression de la plupart des variables étudiées.

En revanche, les interactions mâle x femelle sont peu fréquemment significatives. C'est le cas que pour deux caractères: date d'apparition de la ligule à la première date de semis et le rang de la dernière feuille de la première date de semis. Pour les autres caractères, la non interaction mâle x femelle montre que l'effet d'un parent quelconque tend à se conserver quelque soit le partenaire avec lequel il est croisé.

Généralement le facteur parent mâle conduit à des effets plus fortement significatifs que le facteur parent femelle. La part des parents sauvages dans l'établissement des valeurs des hybrides pour les variables étudiées est plus importante que celle prise par les parents cultivés à quelques exceptions près. Les caractères faisant exception sont : le nombre de talles à 60 jours (1^{ère} et 2^{ème} dates de semis), 50 % épiaison (1^{ère} date), longueur de la panicule et hauteur de la tige principale. Il y a là l'indice d'une plus forte expression et variabilité génétique des parents sauvages vérifiée, par ailleurs, avec l'étude des moyennes parentales. Dans la plupart des cas, les valeurs des parents sauvages sont non seulement les plus élevées mais aussi les plus étalées.

TABLEAU XXXVII : RECAPITULATIF DES CALCULS D'HERITABILITE.

CARACTERES ETUDIES	H^2	h^2
--------------------	-------	-------

Tallage 30 j 1 ^{ère} date	-	-
Tallage 60 j 1 ^{ère} date	0,7 2	0,2 7
Tallage 30 j 2 ^{ème} date	-	-
Tallage 60 j 2 ^{ème} date	0,7 9	0,4 6
Apparition ligule 1 ^{ère} date	0,9 9	0,9 4
Apparition ligule 2 ^{ème} date	0,9 5	0,8 6
50 % épiaison 1 ^{ère} date	0,9 8	0,9 5
50 % épiaison 2 ^{ème} date	0,8 9	0,7 3
Rang dernière feuille 1 ^{ère} date	0,9 8	0,9 3
Rang dernière feuille 2 ^{ème} date	0,9 5	0,8 3
Longueur 3 ^{ème} feuille sous panicule	0,8 1	0,5 9
Largeur 3 ^{ème} feuille sous panicule	0,9 7	0,8 7
Longueur de la panicule	0,9 5	0,9 0
Diamètre de la tige principale	0,8 5	0,6 4
Nombre d'entre-noeuds	0,9 5	0,9 0
Hauteur de la tige principale	0,9 5	0,9 0
Nombre de feuilles à la récolte	0,8 5	0,6 4
Longueur du pédoncule	0,8 5	0,6 4

DISCUSSION GENERALE SUR LES CALCULS D'HERITABILITE

De tous les caractères étudiés, seules les caractéristiques de tallage ne semblent pas fortement déterminées par les facteurs génétiques. Ceci est notamment vrai pour les mesures de tallage à 30 jours et tallage fructifière à la récolte où les coefficients de variation trop élevés respectivement 52,12 % (1^{ère} date), 71,73 % (2^{ème} date), 40,00 %, ne permettent pas de tester d'abord les effets parentaux puis les calculs d'héritabilité.

Avec les mesures de tallage au 60^{ème} jour les coefficients de variation s'améliorent [21,50 % (1^{ère} date) et 30,46 % (2^{ème} date)]. Ceci traduit que le tallage à 60 jours est moins soumis aux effets environnementaux non maîtrisés, donc est déterminé par les facteurs pris en compte dans notre dispositif. Nous avons alors effectué des calculs d'héritabilité qui ont abouti néanmoins à des valeurs faibles pour l'héritabilité au sens étroit (0,27 et 0,46). Le caractère $TAL_{(60)}$ reste donc peu soumis aux facteurs génétiques héréditaires.

Les variables très liées à la réaction thermo-photopériodique (longueur cycle semis-ligule de la dernière feuille, 50 % épiaison, rang de dernière feuille, nombre d'entrenoeuds) donnent toutes de très fortes valeurs d'héritabilité au sens large et au sens étroit. Tous ces caractères apparaissent très déterminés génétiquement et leur déterminisme est de nature additive ; donc ils pourraient être facilement transmis aux descendances à condition que les parents aient les allèles nécessaires à leur expression (QUINBY, 1973).

Les caractères morphologiques (longueur, largeur de la 3^{ème} feuille sous paniculaire, diamètre de la tige principale et à une moindre mesure la longueur de la panicule) sont caractérisés par une héritabilité au sens étroit plus faible que dans le cas des caractères liés aux réactions de thermo-photopériodisme. Le déterminisme génétique de ces caractères morphologiques semble moins marqué que pour les caractères rendant compte de la sensibilité à la thermo-photopériode. Néanmoins les héritabilités au sens étroit sont suffisamment élevées pour garantir une efficacité dans une sélection qui concernerait ces caractères morphologiques.

Lorsque l'on compare les mesures d'héritabilité qui ont été faites aux deux dates de la contre saison, on remarque une diminution des valeurs à la deuxième date. Cette situation peut être due au fait qu'il s'agit à chaque fois de variables mesurant la réaction photopériodique. Celle-ci est moins marquée à la deuxième date de semis qu'à la première à cause de la moins grande variabilité des cycles végétatifs. Dans ces conditions, les facteurs génétiques se sont moins fortement exprimés.

III.2.2.2 Comparaison des moyennes par la méthode PPDS et calcul de l'hétérosis maximal

Ce travail a porté sur les caractères pour lesquels ont été mises en évidence de fortes héritabilités. Le calcul de l'hétérosis maximal a été effectué dans le même cadre.

Ces caractères ont été étudiés uniquement pour la 1^{ère} date et sont :

- date d'apparition de la ligule,
- date 50 % épiaison,
- rang de la dernière feuille,
- largeur de la 3^{ème} feuille sous la panicule,
- longueur du pédoncule,
- longueur de la panicule,
- nombre d'entre-noeuds,
- nombre de feuilles à la récolte,
- hauteur de la tige.

Pour une meilleure compréhension de cette comparaison, la décomposition suivante s'impose :

V1 = D1 = IS 2807
 V2 = D2 = IS 9508
 V3 = D3 = 69-20
 V5 = S1 = G.1428
 V6 = S2 = G.1429
 V7 = S3 = G.1437
 V8 = S4 = G.1441
 V9 = D1S1 = IS.2807 x G.1428
 V10 = D1S2 = "- x G.1429
 V11 = D1S3 = "- x G.1437
 V12 = D1S4 = "- x G.1441
 V13 = D2S1 = IS.9508 x G.1428
 V14 = D2S2 = "- x G.1429
 V15 = D2S3 = "- x G.1437
 V16 = D2S4 = "- x G.1441
 V17 = D3S1 = 69-20 x G.1428
 V18 = D3S2 = "- x G.1429
 V19 = D3S3 = "- x G.1437
 V20 = D4S4 = "- x G.1441

S = sauvage et D = cultivé.

Ces caractères ont été étudiés uniquement pour la 1ère date et sont :

Date d'apparition de la ligule

PPDS = 7,04

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₃ S ₄	117,20	a	1,04
D ₂ S ₁	115,90	ab	1,09
D ₃ S ₁	114,37	ab	1,07
D ₂ S ₂	114,00	ab	1,03
D ₂ S ₄	111,75	ab	0,99
D ₃ S ₂	108,75	ab	0,98
D ₁ S ₂	107,50	ab	0,97
D ₁ S ₄	106,66	b	0,95
D ₁ S ₁	87,75	c	0,82
D ₂ S ₃	81,30	c	0,76
D ₃ S ₃	80,40	cd	0,76
D ₁ S ₃	73,30	d	0,69

Pour ce caractère, 1 hybride combiné avec S₄ comme parent mâle se trouve dans le groupe a, S₁ et S₂ sont parents mâles des hybrides des groupes ab, b et c. S₃ se trouve dans les hybrides les plus hâtifs en combinaison avec D₂, D₃ et D₁ sont dans les groupes c, cd et d.

Le phénomène d'hétérosis existe car la moyenne des caractères de certains hybrides est supérieure à celle de leurs deux parents.

Date de 50 % d'épiaison

PPDS = 6,34

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₂ S ₂	120,50	a	1,03
D ₃ S ₂	117,50	a	1,01
D ₃ S ₄	115,50	a	1,02
D ₂ S ₁	115,50	a	1,05
D ₂ S ₄	115,00	a	1,01
D ₃ S ₁	114,00	a	1,04
D ₁ S ₂	111,00	a	0,95
D ₁ S ₄	109,00	a	0,96
D ₁ S ₁	93,50	b	0,86
D ₃ S ₃	88,00	b	0,81
D ₂ S ₃	86,00	b	0,79
D ₁ S ₃	83,00	b	0,83

Dans cette classification les trois hybrides les plus précoces ont pour parent mâle S₃ et se situe dans le groupe b. Tous les autres hybrides ayant S₁, S₂ et S₄ comme parents mâles sont dans le groupe a.

Rang de la dernière feuille

PPDS = 1,21

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₂ S ₄	27,75	a	1,01
D ₁ S ₄	27,50	a	0,99
D ₃ S ₄	27,45	a	0,99
D ₂ S ₁	25,45	b	1,07
D ₂ S ₂	24,16	c	1,02
D ₃ S ₁	23,37	c	1,05
D ₃ S ₂	21,50	d	0,96
D ₂ S ₃	17,20	e	0,72
D ₃ S ₃	16,70	e	0,75
D ₁ S ₃	16,32	e	0,78

S₄ est le parent mâle des hybrides du groupe a ayant le plus grand nombre de feuilles alors que les 3 hybrides du groupe e ont pour parent mâle S₃. Ils comportent un nombre réduit de feuilles. S₁ et S₂ sont les parents mâles des hybrides des groupes intermédiaires.

Largeur 3^{ème} feuille sous paniculaire

PPDS = 0,55

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₂ S ₁	8,50	a	1,13
D ₂ S ₄	8,30	a	1,15
D ₃ S ₁	7,56	ab	0,99
D ₁ S ₄	6,83	bc	0,94
D ₂ S ₂	6,70	bc	0,93
D ₁ S ₂	6,68	bc	1,03
D ₃ S ₄	6,50	bc	0,90
D ₁ S ₁	6,48	bc	0,86
D ₁ S ₃	5,91	cd	0,91
D ₃ S ₂	5,80	cd	0,90
D ₂ S ₃	5,20	de	0,72
D ₃ S ₃	4,45	e	0,73

S₁ et S₄ sont parents de trois hybrides dans les groupes a, ab. Les autres parents sauvages S₁, S₄ ainsi que les S₂ croisés avec les cultivés sont dans les groupes intermédiaires. S₃ en croisement avec D₂ et D₃ se retrouve dans le groupe cd, de et e.

Pour ce caractère, seuls trois hybrides sont supérieurs à leur meilleur parent, il s'agit de D₂S₁, D₂S₄ et D₁S₂. Leurs valeurs respectives de l'hétérosis maximal sont 1,13 ; 1,15 et 1,03.

Longueur pédoncule

PPDS = 5,52

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₃ S ₄	70,37	a	1,2
D ₂ S ₃	67,40	a	1,04
D ₃ S ₃	65,59	ab	1,01
D ₁ S ₃	60,40	ab	0,93
D ₂ S ₁	57,85	abc	1,06
D ₂ S ₂	55,29	abcd	1,01
D ₁ S ₂	53,37	abcd	1,02
D ₁ S ₁	52,18	abcd	0,97
D ₃ S ₁	51,25	abcd	0,87
D ₃ S ₂	48,00	bcd	0,82
D ₁ S ₄	38,25	dc	0,74
D ₂ S ₄	36,75	d	0,67

C'est le caractère pour lequel S₃ en combinaison s'affiche dans les groupes de tête (a, ab). Quant à S₄ en combinaison, il se trouve dans le groupe a comme le groupe dc et d. Les hybrides des autres parents mâles se trouvent dans les groupes abc, abcd, bcd.

L'hétérosis maximal est positif pour la moitié des hybrides de l'étude qui sont : D₃S₄, D₂S₃, D₃S₃, D₂S₁, D₂S₂, D₁S₂.

Longueur de la panicule

PPDS = 3,52

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₃ S ₃	50,60	a	1,13
D ₂ S ₃	47,60	ab	1,06
D ₃ S ₄	46,75	ab	1,07
D ₂ S ₄	40,75	abc	0,97
D ₃ S ₁	40,12	abc	0,92
D ₁ S ₄	37,66	bc	0,90
D ₃ S ₂	36,75	bc	0,84
D ₁ S ₃	35,37	bc	0,79
D ₂ S ₁	35,25	bc	0,89
D ₂ S ₂	34,00	bc	0,86
D ₁ S ₁	33,87	bc	0,93
D ₁ S ₂	32,29	c	0,92

Les deux premiers hybrides pour ce caractère ont pour parent mâle S₃ et appartiennent au groupe a et ab. Les deux suivants ont pour parents mâles S₄. Le caractère longueur de la panicule se manifeste peu avec S₁ et S₂ à quelques exceptions près.

L'hétérosis maximal se manifeste pour seulement 3 hybrides sur les 12 de l'étude.

Nombre d'entre-noeuds

PPDS = 0,99

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₂ S ₄	13,25	a	1,04
D ₂ S ₂	13,16	a	1,10
D ₁ S ₄	12,50	a	0,98
D ₂ S ₁	12,25	ab	1,03
D ₃ S ₄	12,25	ab	0,96
D ₃ S ₂	10,75	bc	0,96
D ₃ S ₁	10,50	c	1,02
D ₁ S ₂	9,61	cd	0,86
D ₂ S ₃	8,80	de	0,74
D ₁ S ₁	8,00	de	0,78
D ₁ S ₃	7,50	e	0,79
D ₃ S ₃	7,40	e	0,72

Pour le caractère NEN, S₄ en combinaison se trouve deux fois dans le groupe a et une fois dans le groupe ab. S₃ en combinaison est une fois dans le groupe de et deux fois dans le groupe e. Quant aux hybrides ayant comme parents mâles les autres sorghos sauvages, ils sont dans des groupes intermédiaires.

L'hétérosis maximal pour D₃S₃ est égal à 0,72 ; la moyenne de l'hybride présente pour NEN, une valeur inférieure à celle de ses deux parents (D₃ = 10,22) et S₃ = 7,90.

Nombre de feuilles à la récolte

PPDS = 1,16

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₂ S ₄	14,25	a	1,13
D ₁ S ₄	14,00	a	1,12
D ₂ S ₂	13,66	a	1,09
D ₂ S ₁	13,00	ab	1,03
D ₃ S ₁	12,25	abc	1,06
D ₃ S ₂	11,00	abcd	0,95
D ₁ S ₂	9,75	bcde	1,17
D ₁ S ₁	9,25	cde	0,80
D ₃ S ₄	9,25	cde	0,74
D ₂ S ₃	9,20	cde	0,73
D ₃ S ₃	7,70	de	0,76
D ₁ S ₃	7,37	e	0,73

S₄ est parent mâle des deux premiers hybrides du groupe a. S₃ en combinaison avec les trois variétés cultivées donne des hybrides qui ont le nombre le plus réduit de feuilles et sont dans les groupes cde, de, e. Les hybrides dont les parents mâles sont S₁ et S₂ sont classés dans les groupes ab, abc, abcd, bcde et cde. S₄ en combinaison avec D₃ appartient au groupe cde alors que S₂ en combinaison avec D₂ est de premier groupe.

Cinq hybrides sur les douze présentent une moyenne de nombre de feuilles à la récolte supérieure à celle de leur meilleur parent. Par contre, D₁S₃ et D₃S₃ ont des moyennes de nombre de feuilles inférieures de leurs deux parents.

Hauteur de la tige

PPDS = 22,45

Variétés	Moyenne	Classement	H max
D ₂ S ₄	248,75	a	1,26
D ₂ S ₂	220,08	ab	1,62
D ₃ S ₄	199,50	b	1,01
D ₃ S ₁	192,37	b	1,59
D ₁ S ₄	189,33	b	0,96
D ₃ S ₂	189,25	b	1,39
D ₂ S ₁	184,75	b	1,06
D ₂ S ₃	140,25	c	1,06
D ₃ S ₃	116,05	cd	0,99
D ₁ S ₁	113,12	cd	0,93
D ₁ S ₂	107,08	cd	0,79
D ₁ S ₃	97,95	d	0,84

S₄ en combinaison avec D₂ donne la plus grande hauteur et se trouve dans le groupe a. On le trouve aussi dans le groupe b en combinaison avec D₃ et D₁. S₁, S₂, S₃ en fonction des partenaires avec lesquels ils sont croisés donnent des hybrides dispersés dans les autres groupes.

La moyenne de l'hybride D₂S₄ (248,75 cm) est nettement supérieure à celle du meilleur parent S₄ (196,00 cm). Il en est de même pour D₂S₂ (220,08 cm) alors que la hauteur de S₂ est de 135,50cm. D₃S₄ a une moyenne de 189,50 cm. Son parent S₄ mesure 196,00 cm et D₃, 77,50 cm.

TABLEAU XXXVIII : RECAPITULATIF DES MEILLEURS HETEROSIS MAXIMA

CARACTERES	VARIETES	Hmax	RANG (Moyenne)
Ligule	D ₂ S ₁	1,09	3 ^{ème}
50 % épiaison	D ₂ S ₁	1,05	4 ^{ème}
Dernière feuille	D ₂ S ₁	1,07	4 ^{ème}
Largeur 3 ^{ème} feuille	D ₂ S ₁	1,15	2 ^{ème}
Longueur pédoncule	D ₃ S ₄	1,20	1 ^{ère}
Longueur panicule	D ₃ S ₃	1,13	1 ^{ère}
Nombre entre-noeuds	D ₂ S ₂	1,10	2 ^{ème}
Nombre feuilles récolte	D ₁ S ₁	1,17	7 ^{ème}
Hauteur tige	D ₂ S ₂	1,62	2 ^{ème}

CONCLUSION SUR LA COMPARAISON DES MOYENNES ET HETEROSIS

Il existe des différences significatives entre les hybrides dans les classements par les moyennes. On remarque pour beaucoup d'hybrides que ceux qui ont S_4 (G.1441) comme parent mâle présentent les meilleures moyennes. C'est le cas notamment de l'hybride D_3S_4 qui présente de fortes moyennes pour la plupart des caractères sauf pour le nombre de feuilles à la récolte pour lequel il est 9^{ème} dans le classement.

S_3 (G.1437) est le parent mâle impliqué dans les hybrides présentant une précocité pour les caractères liés au temps (date d'apparition de la ligule, 50 % épiaison).

Quant aux autres parents sauvages S_1 (G.1428) et S_2 (G.1429) et les parents cultivés (IS.2807, IS.9508, 69-20), ils sont parents des hybrides que l'on trouve partout dans le classement en fonction des caractères utilisés.

Il existe aussi de l'hétérosis maximum dans les caractères étudiés. Cet hétérosis est, en moyenne, limité autour de 10% de supériorité de l'hybride sur son meilleur parent. Cependant, pour le caractère hauteur de tige, l'hybride D_2S_2 est 62 % supérieur à son meilleur parent.

Dans l'ensemble, ce sont les hybrides arrivant en tête qui donnent le plus fort hétérosis. Cependant, il y a des exceptions. Pour le caractère nombre de feuilles à la récolte, l'hybride qui a le plus fort hétérosis D_1S_1 avec $H_{max} = 1,17$ arrive en 7^{ème} position dans le classement des moyennes.

En général chez les variétés cultivées c'est le parent D_2 (IS.9508), un kafir, qui est le plus souvent impliqué dans les hybrides avec les plus fortes valeurs d'hétérosis alors que chez les variétés sauvages S_1 (G.1428) est le parent mâle des hybrides aux forts hétérosis maxima les plus fréquents.

CHAPITRE IV

CONCLUSION GENERALE

La présente étude a évalué des croisements entre sorghos sauvages et sorghos cultivés et ouvre des perspectives pour préservation de la variabilité des sorghos cultivés.

La réalisation de l'expérimentation a entraîné un certain nombre de difficultés :

- La mise en place de l'essai en contre-saison à Samanko a provoqué un très grand allongement des cycles avec l'obtention tardive des résultats ; ce qui n'a pas permis une exploitation complète des données acquises.
- Le nombre peu élevé de répétitions par date de semis (deux par date de semis) a limité la précision de l'expérimentation.

En dépit de ces difficultés, l'analyse des parents et hybrides montre qu'il n'existe aucune barrière reproductive entre les sorghos sauvages et cultivés. Cela vérifie l'appartenance au pool primaire de ces deux sous-espèces de sorgho utilisées.

Nous remarquons chez les parents sauvages plus de diversité agromorphologique que chez les cultivés. De plus, les sorghos sauvages marquent fortement les descendance de leurs croisements avec les cultivés.

Une analyse plus approfondie des résultats permet de tirer des enseignements sur les caractères étudiés :

- Caractères qualitatifs.

Les caractères qualitatifs des hybrides étudiés sont fortement marqués par les parents sauvages, sauf pour la caducité des graines de l'hybride V₁₅ (IS.9508 x G.1437). Pour cet hybride, le caractère non caducité s'est manifesté contre toute attente. Existerait-il chez la variété kafir IS.9508 des gènes dominant ceux de la variété sauvage G. 1437 ? Il se peut que le caractère ne soit pas définitif et il est possible que si les grains avaient mûri plus, ils auraient fini par s'égréner. Le temps a manqué pour vérifier cela. Il serait intéressant dans les générations à venir de suivre le déterminisme mendélien de ce caractère sur cet hybride. Il serait souhaitable de voir le comportement des autres caractères qualitatifs avec les variétés kafir. Si ce comportement s'avérait positif, on pourrait dans le cadre d'une sélection, utiliser préférentiellement cette race en croisement avec les sorghos sauvages.

- Caractères quantitatifs

* Discussions sur les c.v

Malgré le faible nombre de répétitions, seuls les tallages présentent des forts c.v et sont apparus très sensibles aux influences environnementales accidentelles. Pour les autres caractères, les c.v sont bons et montrent que les variables étudiées sont bien expliquées par les facteurs de la modélisation notamment les facteurs parentaux.

* Discussions sur les significations des effets de la modélisation.

Dans l'ensemble, les effets blocs et l'interaction mâle X femelle sont moins souvent significatifs que les effets mâles et femelles. Ce qui signifie que les valeurs des hybrides sont fortement dépendantes de celles des parents surtout sauvages. De ce fait, nous vérifions par la génétique quantitative que les parents sauvages marquent fortement leurs descendance.

* Discussions sur les héritabilités

Le calcul des héritabilités nous indique que les caractères liés aux réactions thermo-photopériodiques du matériel étudié ont la plus forte héritabilité, et paraissent très fortement déterminés génétiquement. Ces caractères sont, entre autres, la date d'apparition de la ligule de la dernière feuille, la date de 50 % d'épiaison, le rang de la dernière feuille et le nombre d'entre-noeuds.

* Discussions sur les moyennes des hybrides

En comparaison des moyennes des variétés étudiées par la méthode PPDS, nous observons des tendances de certains parents sauvages à s'afficher positivement ou négativement selon les caractères. Pour ceux rattachés au temps (date 50 % épiaison, date d'apparition de la ligule) à la longueur du pédoncule, de la panicule, la variété sauvage G. 1437 (S_3) semble donner une précocité et une importante longueur du pédoncule ainsi que de la panicule aux hybrides dont il est le parent mâle. Dans les sélections où le raccourcissement du cycle, l'allongement du pédoncule et de la panicule seraient un objectif, l'utilisation de cette variété pourrait être envisagée.

Pour les caractères tels le rang de la dernière feuille, la largeur de la 3ème feuille sous-paniculaire, le nombre de feuilles à la récolte, le nombre d'entre-noeuds de la tige, la variété sauvage G. 1441 (S_4) occupe une bonne place dans l'établissement de ces caractères. Dans une optique de sélection, S_4 pourrait être utilisé pour la sélection des caractères précédemment cités.

Pour les autres parents, G. 1428 (S_1) et G. 1429 (S_2), leurs comportements dans la comparaison des moyennes sont très variés. Ils sont les parents mâles d'hybrides qu'on retrouve tantôt dans

les groupes de tête, tantôt en position médiane ou dans les derniers groupes. De façon générale, certains parents sauvages marquent plus que d'autres leurs descendance.

L'utilisation de chacune de ces variétés étudiées, révèle le phénomène d'hétérosis pour un caractère ou un autre, c'est-à-dire l'existence de complémentarité intéressante et positive de gènes entre parents sauvages et cultivés. Comme ces complémentations de gènes s'opèrent en liaison avec de fortes héritabilités au sens étroit on peut raisonnablement penser qu'elles sont entre gènes à actions additives plutôt qu'entre allèles de gènes à effets dominants dont l'expression qui seraient détruits à la méiose des hybrides. Les possibilités de transfert des caractéristiques des sorghos sauvages aux cultivés sont élevées.

Il est cependant prudent de ne pas trop généraliser les résultats dans la mesure où nos géniteurs n'ont pas été choisis aléatoirement même s'ils sont représentatifs des races utilisées.

En conclusion, nous montrons que :

- l'on peut enrichir la diversité des sorghos cultivés par les sauvages.

- les gènes des sorghos sauvages se transmettent et s'expriment fortement chez les hybrides.

- les effets d'hétérosis, les fortes héritabilités au sens étroit donnent à penser que certaines caractéristiques jugées intéressantes chez les sorghos sauvages qui les possèdent peuvent être transmises à leurs descendance, s'ils sont croisés avec les sorghos cultivés.

- le principal problème restant la détermination des caractéristiques intéressantes des sorghos sauvages susceptibles d'être transmises.

Pour la suite de l'étude, il serait intéressant de :

- continuer l'expérimentation pour suivre la ségrégation des caractères observés dans d'autres générations et de voir le comportement de certains autres caractères tels le rendement, la quantité de la masse végétale et le poids des 1000 grains.

- faire l'essai plusieurs années de suite pendant la même période de culture, en saison pluvieuse, afin d'éviter de grosses différences morphologiques et physiologiques dues aux facteurs thermo-photopériodiques de contre saison.

- s'intéresser aux caractères de résistance aux stress

abiotiques et aux ravageurs des cultures.

RESUME

Le sorgho, *Sorghum vulgare* est une plante mondialement cultivée. Afin de lutter contre son appauvrissement génétique et élargir sa variabilité, une étude de croisement entre des génotypes appartenant à des races sauvages et cultivées de sorgho a été menée.

L'appartenance au pool primaire du sorgho des génotypes sauvages et cultivés utilisés a été confirmée par la non existence des barrières reproductives entre eux. Les hybrides issus des croisements de l'étude ont été fortement marqués par les effets parentaux et surtout par ceux de leurs parents sauvages généralement plus variables que leurs parents cultivés.

Cela a été vérifié pour certains caractères qualitatifs (aristation, couleur des graines, couverture des glumes, caducité). Un hybride s'est cependant distingué par le caractère de non caducité de ses graines, donc par une dominance inattendue du phénotype cultivé.

Pour de nombreux caractères quantitatifs surtout ceux relatifs à la réaction thermo-photopériodique, des héritabilités élevées au sens étroit ont été obtenues. De ce fait, leur déterminisme apparaît essentiellement de nature génétique additive, et donc facilement transmissibles dans certaines conditions.

Les résultats bien qu'obtenus avec un échantillon limité de matériels, donnent à penser que les croisements entre sorghos sauvages et cultivés seraient efficaces pour élargir la variabilité génétique et aboutir à des progrès chez les caractères que nous avons étudiés.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLARD RW., 1960. Principles of plant breeding.
Library of Congress Catalog Card Number 60-14240.U.S.A.
- BUNASOLS, 1998. Etude pédologique de la station expérimentale de Gampela. Rapport technique n°52.
- CHANTEREAU J., NICOU R., 1991. Le sorgho. Maison neuve de Larose.
Paris, 159 pages.
- 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 Doctorat 201 pages.
- CHAUVET M., LEFORT M., 1994. L'indispensable conservation de la diversité génétique. La Recherche n°271. Décembre 1994, Volume 25, pages 1329-1332.
- DEGREMONT I., 1992. Evaluation de la diversité génétique et du comportement en croisement des sorghos (*Sorghum bicolor* L. Moench) de race guinea, au moyen de marqueurs enzymatiques et morphologiques.
Thèse de Doctorat en Sciences. Université de Paris XI, Oray, 189 pages.
- DEMARLY Y., 1963. Génétique et Amélioration des plantes
Amélior. Plantes, 13, 307-400.
- DEU M., HAMON P., 1994. Diversité des sorghos : application à la gestion des ressources génétiques et à la sélection.
Agriculture et développement n°3.
Août 1994, pages 25-31.
- DEU M. et HAMON P., 1994. Classification du sorgho. Agriculture et Développement n°3 pages 26-31.
- DOGGETT, 1988. Sorghum 2^{ème} édition. Tropical agriculture series.
Longman Scientific et Technical, 512 pages.
- FALCONER D.S., 1974. Introduction à la génétique quantitative.
Masson et Cie Editeurs. 120, Boulevard St Germain, Paris VI, 284 pages.
- GALLAIS A., 1989. Théorie de la sélection en Amélioration des plantes. Masson Ed. Paris, 588 pages.
- GARDNER C.O. et LONNQUIST J.H., 1959. Linkage and the degree of dominance of genes controlling quantitative characters

in maize. Agron. J., 51, 524-528.

- HARLAN J.R., DE WET J.M.J., 1972.** A simplified classification of cultivated plants. Taxon., 20 (4) 509 - 517.
- HOUSE L.R., 1980.** A guide to sorghum breeding ICRISAT Patancheru, INDIA, 224 pages.
- HOYT E., 1988.** La conservation des plantes sauvages apparentées aux plantes cultivées ISBN 2-88085-073-8. Bureau des Ressources Génétiques, 52 pages.
- L'HERITIER Ph, 1975.** Génétique. Edition Masson et Cie, Editeurs, 120 Boulevard St Germain, 75006 Paris, 309 pages.
- LINTS F., 1981.** Génétique. Office International de Librairie, 580 pages.
- MORDEN W.C., DOEBLEY J.F., SCHERTZ K.F., 1989.** Allozyme Variation in old world races of *Sorghum Bicolor* (Poaceae) American journal of Botany.
- MOURGES C., 1965.** Contribution à l'étude de l'héritabilité d'une fonction à plusieurs caractères. Thèse de Doctorat de Spécialité des Sciences Biologiques, 93 pages.
- OLLITRAULT P., 1987.** Evaluation génétique des sorghos cultivés (*Sorghum bicolor* L. Moench) par l'analyse conjointe des diversités enzymatique et morphologique. Relation avec les sorghos sauvages. Thèse de Doctorat de l'Université Paris XI. Oray, France, 187 pages.
- OUEDRAGO K.M., 1986.** Evaluation de quelques écotypes de sorgho Burkinabé. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur du Développement Rural.
- PERNES J. et al., 1984.** Manuel de Ressources génétiques. Agence pour la Coopération Culturelle et Technique (ed)
Tome I : Monographies 211 pages
Tome II : Manuel 446 pages
- QUINBY, J.R et MARTIN J.H. (1954).** Sorghum improvement Adv. Agr., 6, 305 - 59.
- ROBERT T., 1989.** Dynamique des flux de gènes entre formes sauvages et cultivées du mil (*Pennisetum thyphoides* STAPP et HUBB).
- SCHERTZ K.F. et PRING D.R., 1982.** Cytoplasmic Sterility Systems in Sorghum.

International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. Sorghum in the Eighties : Proceedings of the International Symposium on Sorghum.

- SNOWDEN J.D., 1986.** The cultivated races of sorghum. ADLARD and Son LTD, London.
- STEPHENS, J.C. (1937)** Male sterility in sorghum. Its possible utilization in production of hybrid seed.
- TANKSLEY S.D., 1983.** Molecular markers in Plant Breeding
Plant Mol. Biol., 1, 3-8.
- TRAORE S., 1979.** Etude de la prospection 1978-1979 des sorghos cultivés au Mali. Observations sur quelques caractères génétiques et leur variabilité.
- VAVILOV N.I., 1926.** Studies on the origin of cultivated plants. Leningrad.
- WILKES G., 1992.** Strategies for sustaining crop gersplam Preservation Enhancement and Use.
- ZANGRE G.R., 1986.** Contribution à l'étude de la domestication et à l'amélioration du Millet *Setaria italica* (L) PB : analyse de descendance d'un croisement *S. viridis* (L) PB X *S. italica* (L) PB. Thèse de Docteur Ingénieur : Université de Rennes, 88 pages.
- ZONGO J.D., 1977.** L'amélioration génétique du sorgho grain. Mémoire de fin de cycle D.A.A.
- ZONGO J.D., 1991.** Ressources génétiques des sorghos (*Sorghum bicolor* L. Moench) du Burkina Faso : Evaluation agromorphologique et génétique. Thèse de doctorat es Sciences, Sciences naturelles. Université d'Abidjan, 219 pages.