

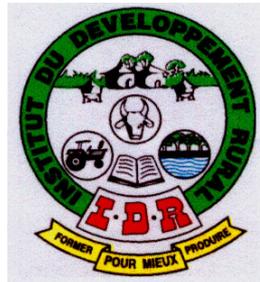
BURKINA FASO

Unité- Progrès- Justice

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur du Développement Rural

Option : Agronomie

THEME : Amélioration de la variété Espoir de maïs en vue de l'intensification de sa culture

Présenté par ZOMA Wendelassida Olive

Directeur de mémoire : Pr SOMDA Irénée

Maître de stage : Dr SANOU Jacob

JUIN 2010

N° :...2010 /AGRO

DEDICACE

Je dédie ce mémoire,

A ma chère Grand-mère pour son affection

A ma chère tante Mme ZONGO Marie grâce à qui, je suis

allé à l'école et pour ses conseils spirituels

TABLE DES MATIERES

PAGES

TABLE DES MATIERES	i
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES PHOTOS	v
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
RESUME.....	vii
Introduction générale.....	1
Première Partie : Revue Bibliographique	3
Chapitre I : Généralités sur le maïs.....	3
1.1. Origine du maïs	3
1.2. Description systématique	3
1.3. Génétique du maïs.....	3
1.3.1. Caractérisation génétique du maïs.....	3
1.3.2. Méthode d'amélioration du maïs.....	3
1.3.2.1. Méthodes rapides d'efficacité limitée	4
1.3.2.2. Méthodes complexes longues et efficaces	4
1.3.3. Création de lignées de maïs et leurs utilisations.....	5
1.4. Morphologie	6
1.4.1 Appareil végétatif	6
1.4.2. Appareil reproducteur.....	7
1.5. Exigences du maïs.....	8
1.5.1 Exigences climatiques	8
1.5.2. Sol et éléments fertilisants.....	9
1.6. La culture du maïs au Burkina Faso.	9
Chapitre II : Situation des variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso	11
2.1. Aperçu sur les principales variétés vulgarisées.	11
2.1.1. Les variétés extra précoces.....	11
2.1.2. Les variétés précoces.....	11
2.1.3. Les variétés intermédiaires	11
2.2. Généralités sur la variété Espoir.....	12
2.2.1. Origine	12
2.2.2. Raisons pour s'appeler Espoir	12
2.2.3. Caractéristiques	12
2.2.3.1. Description	12
2.2.3.2. Technique de production.....	12
2.2.4. Utilisation	14
2.2.5. Caractères de résistance.....	14

Chapitre III : Généralités sur la sécheresse.....	15
3.1. Définition et typologie.	15
3.2. Causes de la sécheresse.	15
3.3. Conséquences de la sécheresse sur le maïs.....	15
3.4. Mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse.....	16
3.5. Point de quelques travaux sur l'amélioration du maïs pour la résistance à la sécheresse.	16
Deuxième Partie : Etude du thème : Amélioration de la variété de maïs Espoir en vue de l'intensification de sa culture.	18
Chapitre I : Création du matériel.....	18
1.1. Objectifs	18
1.2. Matériel	18
1.2.1. Matériel végétal.....	18
1.2.2. Site expérimental.....	18
1.2.2.1. Situation géographique.....	18
1.2.2.2. Climat et végétation	18
1.2.2.3. Etude édaphique du site.....	19
1.3. Méthodes	19
1.3.1. dispositif expérimental	19
1.3.2. Conduite des essais.....	20
1.3.2.1. Le semis.....	20
1.3.2.2. La fertilisation	21
1.3.2.3. Les opérations de croisement	21
1.4. Résultats	22
Chapitre II : Evaluation des lignées S1 de la variété Espoir pour la résistance à la sécheresse	23
2.1. Objectif.....	23
2.2. Matériels.....	23
2.2.1. Matériel végétal	23
2.2.1.1. Matériel testé	23
2.2.1.2. Le matériel de référence	23
2.2.2. Site expérimental	24
2.2.2.1. Situation géographique.....	24
2.2.2.2. Climat et végétation	24
2.2.2.3. Etude édaphique du site.....	24
2.3. Méthodes	25
2.3.1. Dispositif expérimental	25
2.3.2. Conduite de l'essai	26
2.3.2.1. Le semis.....	26
2.3.2.2. La fertilisation	26
2.3.3. Variables étudiées.....	27
2.3.3.1 : Caractères agro- morphologiques	27
2.3.3.2 . Caractères physiologiques pour la résistance.....	28
2.3.4. Méthodes statistiques d'analyse	28
2.3.5. Critère de sélection	29

2.4. Résultats	29
2.4.1. Analyse de variances	29
2.4.2. Identification des variables pertinentes pour la sélection.....	30
2.4.2.1. Etude de la corrélation des variables.....	30
2.4.2.2. Recherche des variables principales.....	31
2.4.3. Processus de sélection des lignées S1 résistantes à la sécheresse	32
2.4.3.1. Etude de la productivité des lignées S1 en condition normale.....	32
2.4.3.2. Sélection des Lignées S1 par rapport aux variables physiologiques.....	33
2.4.3.3. Identification des lignées résistantes à la sécheresse et productives.....	34
2.5. Discussion	35
2.6. Conclusion Partielle	36
Chapitre III : Evaluation de l’aptitude à la combinaison des lignées S1	38
3.1. Objectif	38
3.2. Matériel	38
3.2.1. Matériel végétal	38
3.2.2. Site.....	38
3.3. Méthodes	38
3.3.1. Dispositif expérimental	38
3.3.2. Conduite de l’essai	38
3.3.2. Variables étudiées.....	38
3.3.3. Méthodes statistiques d’analyses.....	39
3.3.4 Critère de sélection	39
3.4. Résultats	39
3.4.1. Détermination des meilleurs hybrides.....	39
3.4.2. Détermination de l’aptitude à la combinaison des lignées S1 sélectionnées.....	40
3.5. Discussion	41
3.6. Conclusion partielle	41
Chapitre IV : Extraction des lignées endogames de la variété Espoir	43
4.1. Objectif	43
4.2. Matériel	43
4.2.1. Matériel végétal	43
4.2.2. Site.....	43
4.3. Méthodes	43
4.3.1. Dispositif expérimental	43
4.3.2. Conduite de l’essai	44
4.4. Résultats	44
4.4.1. Obtention des F1	44
4.4.2. Extraction des familles S1	44
4.5. Conclusion partielle	45
Conclusion générale et Perspectives	46
Bibliographie	47

ANNEXES

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce travail a été rendue possible grâce à la contribution de plusieurs personnes. Nous profitons de cette occasion pour leur témoigner notre profonde reconnaissance et leur adresser nos vifs remerciements pour leurs inestimables contributions à la réussite de notre travail. Nos remerciements s'adressent particulièrement :

- ❖ Au **Dr SANOU Jacob** chef de centre de la station de recherches de l'INERA/Farako-Bâ et notre maître de stage pour son encadrement exemplaire et ses conseils scientifiques durant ce stage. Durant notre stage il nous a initié à la recherche et surtout à travailler avec rigueur. Notre reconnaissance lui est toute particulière !
- ❖ Au **Pr SOMDA Irénée**, Directeur de ce Mémoire pour ses conseils et son encouragement durant les moments difficiles de ce stage.
- ❖ A l'ensemble du corps professoral de l'IDR, pour son encadrement technique et scientifique au cours de notre formation.
- ❖ A M. **DAO Abdalla** et **YAMEOGO Louis** pour leur soutien.
- ❖ A mon collègue stagiaire **MILLOGO Gnama** qui a travaillé avec le même maître de stage que moi pour ces moments de partage et d'encouragement que nous avons passés ensemble.
- ❖ A M. **SANDWIDI Raymond**, chef d'antenne de la vallée de KOU pour ses encouragements et le suivi de nos essais implantés à la vallée de KOU. Que toute l'équipe de l'antenne trouve ici l'expression de notre gratitude !
- ❖ A toute l'équipe de la section AP/Maïs, notamment **ZOURE Grégoire**, **PARE Pascal**, **Mme SIB**, **SANOU Mamadou**, pour leur concours à la conduite des travaux sur le terrain.
- ❖ Aux collègues stagiaires et camarades de classe pour le temps passé ensemble.
- ❖ A tout le personnel de l'INERA Farako-Bâ pour son soutien moral et ses encouragements
- ❖ A la famille **ZOMA Joël** de m'avoir accueilli dans leur famille et prendre soins de moi pendant ces trois ans de formation.
- ❖ A tous ceux qui de quelque manière que ce soit ont contribué à la réalisation de ce mémoire MERCI !

LISTE DES TABLEAUX

	PAGES
Tableau I : Les principales variétés vulgarisées au Burkina Faso.....	11
Tableau II : Récapitulatif du matériel obtenu.....	22
Tableau III : Comparaison des températures des trois premiers mois des années 2000 et 2010	25
Tableau IV: Répartition des lignées selon la note de la sénescence foliaire et de la reprise ...	29
Tableau V: Résultats de l'analyse de variances des lignées.....	29
Tableau VI: Résumé de l'ACP des lignées S1	32
Tableau VII : Liste des lignées S1 productives en poids épis en condition normale	33
Tableau VIII : Les lignées présélectionnées sur la base des variables SNF et RP.....	34
Tableau IX: Réponse des lignées S1 issues de la variété Espoir aux traitements Ts (sécheresse)	35
Tableau X : Meilleurs Hybrides de Espoir avec Tzi18 et Tzi35 plata	40
Tableau XI : Les lignées S1 résistants et capables de se recombiner	40
Tableau XII: Liste des F1	44
Tableau XIII: Nombre d'épis récoltés et sélectionnés des familles S1	45

LISTE DES FIGURES

Figure I: Plan de la parcelle de croisement	20
Figure II: Répartition mensuelle de la pluviométrie de Farako-Bâ en 2009	21
Figure IV : Plan ½ de l'ACP sur les familles S1 de la variété Espoir.....	31

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Morphologie du maïs (source : Alveis de Oleveira)	8
-------------------------------------------------------------------	---

SIGLES ET ABREVIATIONS

CIMMYT : Centro de Cooperación de Mejoramiento de Maiz Y Trigo (Centre International pour l'amélioration du maïs et du blé).

CIRAD : Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement.

CRREA : Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles.

DGPSA : Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles.

ICRISAT: International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics

IITA: International Institute of Tropical Agriculture.

INERA: Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles.

IRAT: Institut des Recherches Agronomiques et des Cultures Vivrières.

MAHRH: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques.

SAFGRAD: Semi-Arid Food Grain Research And Development (Recherche et Développement sur les cultures vivrières dans les zones semi-Arides).

SOMIMA : Programme Sorgho, Mil, Maïs

RESUME

Le rendement du maïs en zone semi-aride est faible en raison de fréquentes périodes de sécheresse et de maladies intervenant au cours de la culture.

Les objectifs de cette étude étaient d'abord la sélection de lignées S1 de la variété Espoir pour la résistance à la sécheresse, puis l'étude de la possibilité de recombinaison de ces lignées et enfin l'extraction de lignées pures de la variété Espoir. Les travaux ont été conduits à la station de Farako-Bâ en saison humide 2009 pour la création du matériel et à la vallée du Kou en saison sèche 2010 où le criblage pour la sécheresse a été réalisé selon un dispositif incluant une irrigation à l'Evapotranspiration Maximale (ETM) et une privation d'eau de 15 jours à la floraison du maïs.

La sélection a concerné 143 lignées S1 au départ et 134 lignées ont été retenues comme productives en condition normale. De ces 134 lignées, 25 lignées ont un bon comportement sous stress hydrique selon les données des variables de sécheresse telles que la reprise des plantes (RP) et la sénescence (SNF). A l'issue de la sélection en se basant sur le rapport T_s/T_o , 21 lignées se sont distinguées par leurs résistances à la sécheresse et par leurs productivités.

L'évaluation des Top cross fait ressortir que deux lignées S1 sélectionnées se croisent bien avec les testeurs. Donc elles sont capables de se recombiner.

Le processus d'extraction des lignées nous a permis d'obtenir les familles S1, donc il reste une seule autofécondation pour aboutir aux lignées pures de la variété Espoir. Ces résultats constituent une étape importante dans l'amélioration de la variété Espoir vis-à-vis de la sécheresse. Les lignées S1 de la variété Espoir sélectionnées serviront à la création d'un pool résistant à la sécheresse.

Mots clés : variété de maïs Espoir, sécheresse, intensification

INTRODUCTION GENERALE

Au Burkina Faso, le maïs constitue la 3^{ème} céréale tant du point de vue de la superficie cultivée que de la production, après le sorgho et le mil. Il occupe 16% des superficies cultivées (DGPSA/MAHRH, 2009). Les céréales constituent la base de l'alimentation des populations burkinabé. Quant au maïs, outre sa contribution à l'alimentation directe, il peut fournir d'autres débouchés tels que : le développement du petit élevage, l'exportation vers d'autres pays, diverses utilisations industrielles, y compris en brasserie (BONO, 1981)

Parmi les céréales traditionnelles, le maïs offre le potentiel de rendement le plus élevé (BONO, 1981). En effet le rendement du maïs pour la campagne 2009 /2010 est de 1524kg/ha contre 970kg/ha pour le sorgho blanc, 1069kg/ha pour le sorgho rouge et 785kg/ha pour le mil.

La production du maïs de la même campagne est estimée à 894558 tonnes pour une superficie de 585230 ha (DGPSA/MAHRH, 2009). Cette production est inférieure à celle de la campagne précédente qui était de 1013634 tonnes (DGPSA/MAHRH, 2008).

Mais d'une manière générale la production du maïs connaît une augmentation ces dernières années. De la campagne 1999/2000 à la campagne 2008 /2009 la production du maïs a passé de 377000 tonnes pour une superficie emblavée de 271405 ha à 1013634 tonnes pour une superficie de 608368 ha (MAHRH, 2000 et 2008).

Cette croissance de la production va de pair avec celle de la superficie, mais elle est aussi liée à l'amélioration des rendements de la culture. Selon SANOU (1996) de toutes les grandes cultures, le maïs possède le potentiel nécessaire à l'intensification de sa culture dans le cadre d'une politique d'autosuffisance alimentaire.

Toute fois, la culture du maïs rencontre de nombreuses contraintes de production dont les plus importantes sont : la sécheresse, la faible fertilité des sols, l'infestation par le striga, les maladies, et les insectes ravageurs.

La sécheresse est considérée comme le principal handicap à la production du maïs dans la zone semi-aride. Depuis les années 70, la zone subtropicale semi-aride connaît des périodes de sécheresse (SIVAKUMAR et GNOUMOU 1987). La sécheresse entraîne d'importantes pertes de rendement chez le maïs. Des études ont montré qu'une sécheresse intervenant à la période de la floraison peut causer des pertes de rendement de l'ordre de 50% en moyenne (SARR, 1975, ROBELIN 1983).

Suites aux sécheresses des années 70 la recherche menée par SAFGRAD entre 1978-1991, a donné des acquis sur le plan variétal avec la mise au point de variétés à cycle précoce, extra précoce , intermédiaire adaptées et sur le plan agronomique avec l'amélioration des techniques de conservation de l'humidité du sol. Aussi d'autres variétés ont été proposées par le programme SOMIMA en collaboration avec des partenaires (IITA, CIMMIT, CIRAD).

Les solutions envisagées connaissent des limites car les variétés à cycle court posent un problème de rentabilité et aussi en cas de saison favorable, la conservation se trouve compromise. En outre les techniques culturales sont difficilement maîtrisables à cause du niveau d'instruction des paysans.

La sélection de variétés de maïs résistantes aux conditions de stress hydrique semble être la voie appropriée pour lutter contre la sécheresse.

Dans le cadre de notre étude il est question d'améliorer la variété Espoir en vue d'intensifier sa culture. Pour cela une évaluation de la résistance à la sécheresse de lignées S1 et de leur aptitude à la combinaison permettra de retenir les meilleures. Les meilleures lignées serviront pour une éventuelle recombinaison pour la création d'une variété Espoir résistante à la sécheresse.

Le présent document comprend une première partie qui est consacrée à une étude bibliographique sur le maïs et sur la sécheresse. La seconde partie porte sur la création et l'évaluation du matériel végétal. Nous terminons par une conclusion et des perspectives.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralités sur le maïs

1.1. Origine du maïs

L'origine du maïs reste toujours mal connue, mais la plupart des auteurs (WILKIES, 1979 ; GAY 1984) attestent que le maïs est originaire d'Amérique centrale, car de nombreux échantillons témoignent de sa présence au Mexique à plus de 5000 ans avant Jésus-Christ.

1.2. Description systématique

Le maïs est une monocotylédone de la grande famille des *Poaceae*. Il est classé dans la tribu des *Maydae* ou *Tripsaceae* et se répartit en huit genres. Cinq de ces genres (*COIX*, *SCHLERACINE*, *POLYTOCA*, *CHIONACME* et *TRILOBACHNE*) proviennent de l'Asie et les trois autres (*EUCHLAENA*, *TRIPSACUM*, *ZEA*) sont originaires d'Amérique (LE CONTE, 1950)

Le genre *ZEA* est le plus important avec *Zea mays* la forme cultivée.

1.3. Génétique du maïs

1.3.1. Caractérisation génétique du maïs

Chez le maïs, le nombre de chromosomes diploïdes typiques est de $2n=20$. On peut rencontrer des variations pour certaines variétés avec des plantes de 21 à 28 chromosomes comme souligne CARLSON (1977)

Les 10 chromosomes de la garniture normale ont reçu un numéro d'ordre dans le sens des longueurs décroissantes. Le chromosome n°9 a la particularité d'offrir un bouton chromosomique terminal à l'extrémité du bras long. La longueur du chromosome peut être souvent le reflet de disfonctionnement mitotique (SARR, 1975)

1.3.2. Méthode d'amélioration du maïs

Le maïs est une plante naturellement allogame. Pour chaque plante, une forte hétérogénéité existe et le maïs s'est adapté à cet état. On peut croiser le maïs, l'autoféconder aussi, mais une forte pression de consanguinité interdit l'utilisation directe des lignées homozygotes. Ces particularités permettent un large de méthodes d'amélioration qui se

fondent sur une variabilité génétique préexistante naturelle ou induite. Les méthodes de sélection se différencient par trois éléments :

- le degré de contrôle de la pollinisation ;
- le niveau de contrôle génétique des caractères concernés ;
- la durée du cycle de sélection.

L'efficacité d'une méthode de sélection est proportionnelle à sa durée et sa complexité. Plus la méthode est longue et complexe plus elle est efficace. Ainsi on distingue deux groupes de méthodes :

1.3.2.1. Méthodes rapides d'efficacité limitée

-la sélection massale : c'est la plus anciennement connue de toutes les méthodes de sélection. Elle consiste à choisir des plants dans une population, sur leur aspect phénotypique. La semence des plants retenus est mélangée pour le cycle suivant.

Il n'y a donc ni test de descendance, ni contrôle de la fécondation. C'est une méthode efficace pour des caractères fortement héréditaires (WOODWORTH *et al*, 1952)

-la sélection généalogique : cette méthode consiste à choisir des plants sur leur aspect phénotypique et à tester leurs descendance en essai. Il n'y a pas de contrôle de la pollinisation

1.3.2.2. Méthodes complexes longues et efficaces

-la production de synthétiques

Ce sont des hybrides formés de plus de 4 lignées pures. C'est donc des hybrides à formule fixe.

-les composites

Un composite est une variété constituée par un nombre élevé de diverses composantes (populations, lignées, hybrides, etc.), dans le but d'obtenir une large base génétique.

De ce fait, les composites constituent des réserves de gènes en vue de la sauvegarde des acquis des écotypes et pour les opérations d'amélioration génétique (DJIDO, 1984).

-la sélection d'hybrides contrôlés

La création d'hybrides se repose sur l'obtention des lignées homozygotes par autofécondations successives, suivie d'une sélection intra et inter-familles ensuite intervient le croisement des lignées pour revenir à un niveau d'hétérozygotie élevé (SPRAGUE et DUDLEY, 1988). On distingue plusieurs types d'hybrides selon le nombre de lignées

intervenues dans leur élaboration et l'arrangement des géniteurs : les hybrides simples, doubles, trois voies, multiples, les top-cross, les back-cross.

1.3.3. Création de lignées de maïs et leurs utilisations

Une lignée est le fruit des descendants successifs par voie sexuée d'un même individu selon ROUANET (1984). LE CONTE (1950) définit une lignée comme étant un générateur de gamètes uniformes.

En effet les lignées sont des individus présentant une très grande homogénéité sur le plan génétique. Elles sont homozygotes pour la presque totalité des caractères.

Si l'on procède à l'autofécondation d'une plante de maïs et de sa descendance, on aboutit au bout de sept à huit générations à une « lignée pure » qui est stable et très homogène. C'est la « méthode pedigree » que rapportent SPRAGUE *et al.* (1977). D'autres méthodes comme le « S.I.B-crossing » qui est le croisement entre des pieds frères (situés dans le même poquet) permettent l'obtention de lignée (GAY, 1984).

Cependant une lignée ne doit exister qu'en fonction des croisements dans lesquels on se propose de la faire entrer ; et pour cause il a été constaté une baisse de leur vigueur. Plusieurs auteurs cités par LE CONTE (1950) le soulignent : SHAMEL a noté sur un matériel ayant subi quatre générations d'autofécondations une baisse de la vigueur essentiellement marquée sur le rendement ; SCHULL confirme une dépression de la vigueur avec les autofécondations du maïs, il fait remarquer sa restauration après un croisement de ses lignées. HALLAUER et MIRANDA cités par MARCHAND *et al.* (1997) abondent dans le même sens en précisant que les hybrides issus de croisement entre lignées homozygotes (hybrides simples) sont 200 à 300% supérieures à leurs parents.

Toute l'utilisation de la création de lignées réside en l'hybridation. L'hybridation consiste en des croisements orientés entre lignées en fonction des objectifs visés. C'est l'exploitation pratique de l'hétérosis qui désigne cette vigueur accrue des hybrides par rapport aux lignées parents.

En revanche, les semences d'hybrides simples reviennent très chères. Il se passe alors un problème de rentabilité économique des semences pour les producteurs. L'utilisation d'hybrides variétaux ou d'hybrides double voie, respectivement fruits de croisement entre variétés et entre hybrides simples et une alternative suggérée. L'amélioration des différents types d'hybrides passe par l'amélioration des lignées. Les différents travaux pour cette amélioration se regroupent selon l'explication théorique que donnent les uns et les autres du phénomène de l'hétérosis comme relève LE CONTE (1950) : il note la sélection gamétique de

STADLER en 1944 et la sélection récurrente de HULL en 1945, en passant par la sélection récurrente réciproque de COMSTOCK, ROBINSON et HARVEY en 1949 qui se fondent sur le superdominance pour expliquer l'hétérosis.

Au nombre de ceux qui adoptent la complémentarité comme explication, LE CONTE (1950) compte HAYES et IMMERS en 1942 qui proposent la sélection convergente, RICHEY suggérant la sélection multiple convergence SPRAGUE qui, avec la sélection cumulative a pu passer de 5% à 16% la teneur en huile des grains en deux cycles. La variété synthétique est aussi l'illustration de cette théorie.

Notons au passage le « top crosses » qui est un procédé rapide d'évaluation de l'aptitude à la recombinaison des lignées (ROUANET, 1954)

1.4. Morphologie

La plante du maïs comprend deux parties essentielles qui sont : l'appareil végétatif et l'appareil reproducteur

1.4.1 Appareil végétatif

L'appareil végétatif de la plante comporte une tige, des feuilles et des racines. Ces différentes parties de la plante peuvent présenter des caractéristiques pouvant intervenir dans la sélection de matériel résistant à la sécheresse.

-La tige : d'une hauteur qui varie de 1,5 à 2,5 m (PODA, 1979), elle est généralement unique avec un diamètre d'environ 3 à 4 cm. La tige comporte plusieurs entre-nœuds, droits presque cylindriques dans la partie supérieure. Dans la partie inférieure les entre-nœuds présentant une face alternativement aplatie. Le diamètre de la tige de maïs est utilisé comme critère de sélection pour la résistance à la sécheresse.

-Les feuilles : elles sont alternes de 8 à 40 selon les variétés, mais plus généralement de 8 à 20, le limbe est très développé (30 à 60 cm de long, 5 cm à 15 cm de large). Chaque feuille présente une gaine embrassante munie de poils courts sur son bord supérieur.

La structure de la feuille présente un parenchyme homogène et un épiderme ventral parsemé de cellules bulbiformes disposées en bande longitudinale dont la membrane très perméable, permet une plasmolyse rapide entraînant l'enroulement de la feuille. Les stomates repartis sur les deux faces sont plus nombreux sur la face inférieure. La résistance à l'enroulement foliaire est un indice de sélection variétale de matériels résistants au stress hydrique

-Le système racinaire : est du type fasciculé et comprend trois catégories de racines :

- ❖ Les racines séminales : elles sont formées à partir de la radicule et se développent en formant la racine principale avec de courtes ramifications. Les racines séminales disparaissent dès l'apparition des racines secondaires.
- ❖ Les racines secondaires ou adventives : elles apparaissent très tôt à la base des entrenœuds de la jeune tige qui s'est allongé ; ces racines constituent presque la totalité de l'appareil racinaire fonctionnelle de la plante.
- ❖ Les racines d'ancrage : elles apparaissent beaucoup plus tard au niveau des premiers nœuds situés au dessus du sol. Leur rôle principal est d'améliorer la fixation et la stabilité de la plante. Il faut cependant signaler que toutes les plantes d'une même variété ne possèdent pas de racines d'ancrage. Cette caractéristique pourrait être liée à une variabilité génétique.

Les travaux de FISHER *et al*, (1981 ; 1983), ont mis montré qu'une sélection sur le maïs pour une masse racinaire importante aboutissait à une augmentation du rendement en condition de faible stress hydrique alors que la sélection pour l'augmentation de longueur de racines était plus intéressante dans les cas de stress hydrique sévère. Ces résultats témoignent de l'importance du système racinaire du maïs dans un travail de sélection pour la résistance à la sécheresse.

1.4.2. Appareil reproducteur

Le maïs normal est une plante monoïque avec un gradient physiologique sexuel : le caractère mâle domine au sommet avec une panicule regroupant les fleurs mâles. Le caractère femelle se trouve au tiers moyen de la plante sous forme d'épis, un en général, constitué de fleurs femelles.

L'inflorescence mâle est plus ou moins ramifiée, sur chaque racème sincère par paire des épillets biflores ; chaque paire comprend un épillet pédicellé plus âgé et un épillet sessile. Chaque épillet est composé de deux fleurs enveloppées dans une paire de glumes ciliées. Ces deux fleurs comportent chacune trois étamines.

L'épi est porté par un pédoncule de longueur variable. Il est enveloppé par 10 ou 20 spathes. Chaque épi est un ensemble d'épillets insérés sur un rachis ou rafle. Un épillet renferme deux fleurs femelles insérées sur des glumes courtes. La fleur supérieure en général plus âgée est la seule fertile et entourée de glumes. Chaque fleur comporte un ovaire surmonté d'une longue soie.

En général, les fleurs mâles arrivent à maturité avant les fleurs femelles de la même plante: c'est la protandrie.

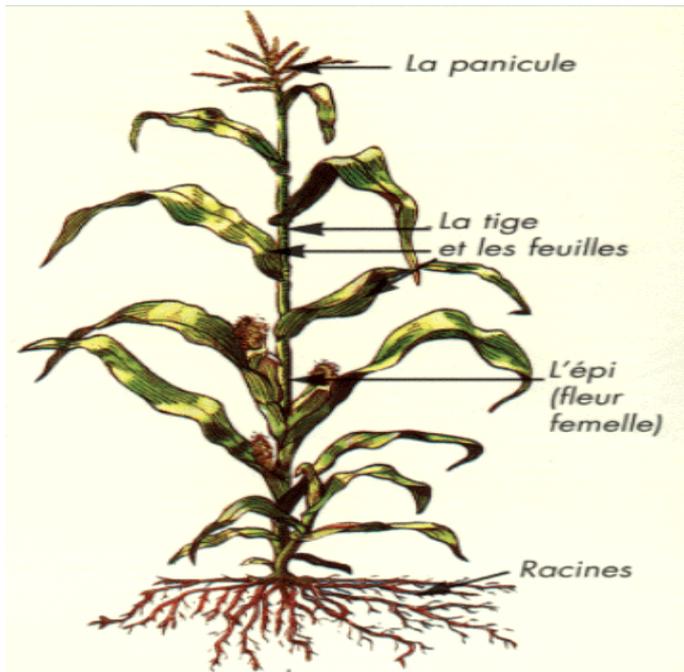


Photo 1 : Morphologie du maïs (source : Alveis de Oleveira)

1.5. Exigences du maïs

1.5.1 Exigences climatiques

❖ **La température** : selon ELLIS *et al.* (1992), la température optimum pour le développement du maïs tropical dans les basses terres et moyennes altitudes est d'environ 30 à 34°C. Elle est d'environ 21°C pour les hautes terres

A la germination, le maïs a besoin d'une température minimale de 10° à 12°C. Il est incapable de germer à une température inférieure à 5°C. Toutefois, le maïs tropical est fortement sensible aux températures en dehors de la plage d'adaptation des cultivars (en dessous de 15°C et au delà de 44°C) (NORMAN *et al.* 1995).

❖ **La lumière** : le maïs est classé parmi les plantes de jours courts. La photopériode peut affecter le temps nécessaire à la floraison du maïs. La floraison est retardée par des photopériodes supérieures 12,5 heures (KINIRY *et al.* 1983). La plupart des cultivars tropicaux sont photosensibles, mais le degré de sensibilité varie énormément (de 1 à 12 jours de retard. de l'anthèse par heure d'allongement de la durée du jour). La photopériode permet également une protandrie plus prononcée.

❖ **L'eau** : la culture du maïs peut se faire durant toute la saison à condition que l'eau

soit disponible. En pratique, le maïs est normalement cultivé entre 750 à 1750 mm d'eau par an (NORMAN et al.1995). Le maïs cultivé dans les basses terres tropicales a besoin d'au moins 500 mm de précipitations bien réparties durant la saison hivernale. Chez cette plante, l'anthèse est la période la plus critique du point de vue exigence en eau. Les besoins maximum en eau s'estiment à environ 45% du total et se situent de 15 à 20 jours avant et 15 à 20 jours après la floraison mâle.

1.5.2. Sol et éléments fertilisants.

Selon CIMMYT (1988), le sol et les éléments fertilisants constituent des facteurs abiotiques qui ont une incidence sur la production du maïs et doivent par conséquent être pris en compte pour une adaptation dans les divers environnements des pays en voie de développement.

Le maïs peut pousser sur tous les sols, pourvu que ces sols soient sains et profonds. Il préfère les sols assez riches en éléments fins, humifères, frais et à capacité de rétention élevée. Il pousse sans inconvénient dans un sol de pH 5,5 à 7. Cependant, selon SANCHEZ et al (1977) sa croissance sur la plupart des sols acides tropicaux est limitée par la toxicité de l'aluminium.

1.6. La culture du maïs au Burkina Faso.

La culture du maïs au Burkina Faso est essentiellement pluviale (IDDI.1987).Toutefois un effort est entrepris par la petite irrigation ces dernières années. Selon LE CONTE (1957), cette culture est caractérisée par trois types de champs dans lesquels, le maïsiculteur utilise différents cultivars locaux.

❖ Les champs de case : situés à proximité immédiate des habitations, le maïs y est produit en épi immature pour la consommation en période de soudure. Pour cette raison, les cultivars utilisés ont généralement un cycle court et se rencontrent dans tout le pays (SANOU, 1996)

❖ Les champs de village : plus éloignés des concessions, ils sont moins fertiles que les champs de case. Ils sont ensemencés en cultivars de cycles intermédiaires quand les pluies sont bien installées.

❖ Les champs de brousse : très éloignés des concessions, ils sont généralement pauvres et le plus souvent cultivés en monoculture. Le cultivar rencontré est différent des précédents et est appelé « cultivar de plein champ ». Selon SANOU (1996), ce maïs est plus

tardif que celui des champs de case. Il a des grains blancs et est destiné à la préparation du « tô ».

Selon TRAORE (1997), la distribution naturelle du maïs au Burkina est fortement tributaire des conditions climatiques prévalant dans différentes zones du pays. Les variétés sont donc recommandées prioritairement en fonction de la zone écologique, des besoins du consommateur, mais selon le niveau du producteur. Le risque climatique, notamment la sécheresse en fin de cycle est pris en compte dans la localisation des variétés.

Chapitre II : Situation des variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso

2.1. Aperçu sur les principales variétés vulgarisées.

Au Burkina Faso une dizaine de variétés de maïs ont été vulgarisées (Tableau I). Parmi ces variétés il y'a entre autre des variétés extra précoces, précoces, intermédiaires. Le tableau donne la liste de ces variétés et leurs rendements.

2.1.1. Les variétés extra précoces

Ce sont de variétés qui ont un cycle compris entre 70 et 84 jours. Les principales variétés extra précoces sont au nombre de trois (KEB , KEJ , Barka). De ces trois variétés, la variété Barka est celle qui résiste à la sécheresse.

2.1.2. Les variétés précoces

Elles ont un cycle de 85 à 94 jours. Les variétés KEB, KPJ, FBC6, Wari sont les principales variétés précoces. La variété Wari aussi résistante à la sécheresse.

2.1.3. Les variétés intermédiaires

Il y'a cinq principales variétés intermédiaires telles que les variétés SR 21, SR22, Obatanpa, Espoir, Bondofa. Le cycle de ces variétés est de 95 à 110 jours. La variété Obatanpa et la variété Espoir sont riches en protéines. Le statut des variétés intermédiaires par rapport à la sécheresse n'est pas connu.

Tableau I : Les principales variétés vulgarisées au Burkina Faso.

Variétés	Rendements (tonnes/ha)
KEB	3,1
KEJ	3,2
Barka	5,5
KPB	3,4
KPJ	3,4
FBC6	5,6
Wari	6,4
SR22	4,2
SR21	5,1
Obatanpa	3,8
Espoir	6,5
Bondofa	6,5

2.2. Généralités sur la variété Espoir

2.2.1. Origine

Espoir est une variété composite à pollinisation libre, mise au point par l'I.N.E.R.A à partir de Pop 66 SR (du CIMMYT/IITA).

2.2.2. Raisons pour s'appeler Espoir

La variété Espoir est ainsi appelée à cause de cinq principales raisons qui sont les suivantes :

- Rester verte de la levée à la récolte
- Faire bénéficier d'un bon fourrage les animaux
- Assurer une bonne récolte pour lutter contre la pauvreté
- Améliorer le bol alimentaire en protéines assimilables et en vitamine A des consommateurs
- Intégrer l'élevage et l'agriculture pour résoudre les conflits d'espace et intensifier sa production.

2.2.3. Caractéristiques

2.2.3.1. Description

La variété Espoir est de couleur jaune à jaune orangé, d'un cycle semis-récolte de 97 jours. Son potentiel de rendement de 6,5 t/ha en fait une variété d'intensification. Elle est adaptée en culture pour les zones de 900 mm ou en irrigué. Espoir se caractérise par le *stay green* car son feuillage reste vert à maturité de l'épi (photo 1, 2 et 4), et constitue en cela un excellent fourrage pour les animaux. La richesse du grain en carotène, précurseur de la vitamine A et en protéine facilement assimilable par l'homme (lysine et tryptophane) place cette variété au premier plan de la lutte contre la malnutrition des enfants (kwashiorkor) et des adultes.

2.2.3.2. Technique de production

La production de la variété est possible en campagne humide (Juin à Octobre) comme en campagne sèche (Octobre à Mai).

L'itinéraire technique de la culture de la variété Espoir consiste à :

- Une préparation du champ

La préparation est faite de préférence en fin cycle, avec enfouissement des résidus de récolte. Le sol est labouré suivi de hersage avec une charrue à traction animale ou motorisée.

Un épandage de 10t /ha de compost et 400kg/ha de Burkina Phosphate est réalisé tous les 2 ans.

➤ Un semis

En campagne pluvieuse le semis se fait dans la période de Juin - 15 juillet, après 20 mm d'humidité.

Une dose de 20kg/ha et un écartement de 0.80 m x 0.40 m, avec 3-4 graines/poquet sont recommandés.

La densité finale est de 62 500 plantes/ha.

➤ Une application d'herbicide

- Appliquer un herbicide maïs de prélevée si le champ ne comporte aucune herbe au moment de l'application ;
- Utiliser 3-4l/ha selon le produit (voir notice de l'herbicide).

Si le champ présente des herbes, même de petite taille, il faut ajouter 250 ml (1/4 l) d'un herbicide de contact par litre de l'herbicide de prélevée.

L'application de l'herbicide de prélevée se fait du semis au 3ème jour après semis

NB. : Un sarclage bien fait est plus bénéfique qu'un désherbage chimique

➤ Un démariage

Il consiste à éliminer la moins vigoureuse des trois plantes par poquet entre le 15ème et le 20ème jour après semis.

➤ Une fertilisation

La fertilisation minérale doit être appliquée impérativement aux périodes indiquées

Engrais Base Date d'application Quantité de fertilisants

NPK 14-23-14 du semis au 15ème jour après semis 200 kg/ha

KCl ou K₂S₀₄ 0-0-60 du semis au 15ème jour après semis 50 kg/ha

Urée 1 46-0-0 du 25 au 30ème jour après semis 100 kg/ha

Urée 2 46-0-0 du 40 au 45ème jour après semis 50 kg/ha

1. localiser l'engrais à 10 cm des poquets, le long de la ligne de semis
2. Refermer l'engrais après l'épandage
3. Faire un buttage après l'apport de la dernière dose d'urée

➤ Une récolte

- Récolter au 35ème jour après la floraison générale du champ de maïs ;

- Le fourrage est coupé et séché à l'ombre juste après le 100ème jour.

2.2.4. Utilisation

La variété Espoir est utilisée dans l'alimentation humaine (tô, couscous, bouillie, grillade) et animale (fourrage et grain). Elle a aussi des usages agro-industriels (semoulerie).

2.2.5. Caractères de résistance.

La variété Espoir présente une bonne résistance aux maladies courantes du maïs (helminthosporiose, rouille, curvulariose et striure).

La résistance de la variété aux foreurs de tige n'est pas encore testée. Quant à la résistance de la variété aux insectes de stock et au striga les tests sont en cour. Le statut de la variété par rapport à la sécheresse est aussi inconnu, ce qui fera l'objet de notre étude.

Chapitre III : Généralités sur la sécheresse

3.1. Définition et typologie.

La sécheresse définit l'état de pénurie hydrique dont souffre un végétal (SARR, 1975). Elle englobe plus un aspect climatique que physiologique (WERY, 1987) ; c'est ce qui la différencie du déficit hydrique ou stress hydrique qui est la perte importante d'eau par transpiration chez la plante par rapport au prélèvement effectué au niveau du sol. A l'intérieur d'une sécheresse interviennent plusieurs stress hydriques d'intensités différentes. Selon LUDLOW and MUCHOW (1990), on distingue deux types de sécheresse : une sécheresse intermittente pouvant intervenir à tout moment du développement de la culture et une sécheresse terminale ou de fin de cycle typique aux saisons sèches des zones semi-arides (SANOU, 1996).

3.2. Causes de la sécheresse.

La sécheresse est la conséquence de l'absence des précipitations. Il existe deux causes essentielles de la genèse de la sécheresse :

-Les mouvements descendants de l'air sont nuls ou trop faibles pour produire des condensations,

-L'humidité de l'air est trop faible ce qui rend impossible la saturation.

L'une ou l'autre des conditions peut être à elle seule suffisante pour interdire toute précipitation, mais les deux conditions peuvent être concomitantes. (LE CLECH *et al*, 2000)

3.3. Conséquences de la sécheresse sur le maïs.

La sécheresse a pour effet direct la déshydratation des cellules, qui reste réversible jusqu'à une teneur limite en eau. Au-delà de ce seuil, des dégâts apparaissent. La plante subit un stress hydrique et son rendement peut être affecté (LE CLECH, 2000). Les conséquences les plus évidentes sont la réduction de la production en matière sèche du fait de la réduction de la surface foliaire et de l'activité photosynthétique. L'Afrique subsaharienne connaît des sécheresses fréquentes avec des pertes moyennes de 25 à 50% de production (CIMMYT, 1991) ; ces pertes peuvent atteindre 60% si le stress survient à la période critique (20 jours avant la floraison et se poursuit 10 jours après). Pendant cette période, le maïs mobilise 45% de ses besoins en eau.

3.4. Mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse.

En condition de déficit hydrique les plantes réagissent de diverses manières pour survivre ou pour produire afin d'assurer leur pérennité. La résistance au déficit hydrique peut être définie comme l'aptitude d'une plante à pousser correctement dans des conditions de déficit hydrique (WERY, 1987).

Le niveau de résistance peut s'évaluer par le pourcentage de perte de rendement par rapport à une plante ne subissant pas de déficit. Il existe une large gamme de mécanisme qui ne sont pas exclusifs les uns des autres et qui peuvent être complémentaires. L'aptitude à résister à la contrainte hydrique peut être associée à un système racinaire abondant, à une fermeture rapide des stomates, à une grande efficacité dans l'utilisation de l'eau ou au maintien d'un potentiel de turgescence élevé ou en fin à une modification des composés biochimiques. Selon LE CLECH (2000) on distingue trois stratégies de résistance des plantes aux sécheresses.

- ❖ L'esquive qui consiste à faire son cycle pendant la période favorable.
- ❖ Le contournement de la déshydratation qui se traduit par une augmentation de l'absorption racinaire, une limitation des pertes d'eau et un ajustement osmotique.
- ❖ La tolérance de la déshydratation qui se traduit par la capacité des tissus à supporter des potentiels hydriques très négatifs.

L'amélioration génétique utilise aujourd'hui de nombreux outils (les indicateurs physiologiques, les marqueurs moléculaires, le séquençage, la transgénèse) pour améliorer la tolérance des plantes à la sécheresse en s'appuyant sur cette diversité de réaction.

3.5. Point de quelques travaux sur l'amélioration du maïs pour la résistance à la sécheresse.

Depuis les grandes sécheresses qui ont marqué les années 1970, des travaux ont été menés pour préserver ou améliorer les productivités du maïs en condition de stress hydrique. Ces travaux sont divers allant des techniques culturales à l'amélioration variétale. Dans les zones semi-arides, les moyens de lutter contre le déficit hydrique sont des stratégies d'optimisation de la gestion de l'eau. L'IITA (1987) a entrepris des travaux de conservation des eaux du sol sur le maïs par la pratique des billons cloisonnés. La limitation de la transpiration des plantes par l'installation des brises vents, d'ombrage a été exploré. Des résultats satisfaisants ont été également obtenus par l'utilisation des produits manifsants ou d'anti-transpirants dont l'usage de potassium selon GUENOLA cité par SANOU (2003). Parmi les solutions proposées, l'utilisation de la variabilité génétique incluse dans les écotypes est importante. Ces maïs ont

une adaptation aux conditions de leur milieu de diversification (BRANDOLINI, 1969 cités par SANOU, 1996). L'adaptation de ce matériel en fait un élément important pour l'amélioration variétale en matière de stabilité de la production, mais également comme un matériel de choix pour réduire l'impact de certains facteurs défavorables à la production. Les travaux de DABIRE (2000) et de OUEDRAOGO (2008) sur certaines variétés de maïs, ont montré l'existence d'une héritabilité pour l'aptitude à résister à la sécheresse.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU THEME : AMELIORATION DE LA VARIETE DE MAÏS ESPOIR EN VUE DE L'INTENSIFICATION DE SA CULTURE.

Chapitre I : Création du matériel

1.1. Objectifs

- créer des lignées S1 dans la variété Espoir ;
- créer des hybrides de la variété Espoir avec les lignées Tzi18 et Tzi ;
- créer des hybrides de la variété Espoir avec FBMS1 ;
- créer des endogamies.

1.2. Matériel

1.2.1. Matériel végétal

Le matériel est constitué de la variété Espoir et de trois testeurs qui sont : Tzi18, Tzi35 plata, FBMS1 ou maïs sucré

1.2.2. Site expérimental

1.2.2.1. Situation géographique

La station de Farako-Bâ se situe à 10km au Sud Ouest de Bobo Dioulasso. Elle s'étend le long de la route de Bobo –Banfora. Elle se situe à 11°06' latitude nord, 4°20' longitude ouest et son altitude par rapport à la mer est de 405m.

1.2.2.2. Climat et végétation

❖ Le climat

Dans la classification climatique effectuée par GUINKO (1984), la zone Sud-Ouest du Burkina dans laquelle sont situés nos essais appartiennent au climat du type soudano-guinéen. Les pluviométries moyennes se situent entre 1000 et 1400 mm, avec 4 à 6 mois de saison sèche (SIVAKUMAR et GNOUMOU, 1987). La figure I donne la répartition mensuelle des pluies pour l'année 2009. Il y a deux saisons fraîches dans cette zone ; la première, de novembre à février lorsque les températures minimales baissent en dessous de 21°C sous l'influence des alizés avec alternance de l'harmattan, et une deuxième en août lorsque la mousson fraîche prédomine. Selon SIVAKUMAR et GNOUMOU (1987), la variation annuelle de la température est faible avec cependant des températures de l'air relativement élevées en saison sèche (moyenne mensuelle supérieure à 23°C au cours de l'année), pendant

la saison pluvieuse, l'amplitude diurne des températures diminue (entre 8 et 13°C) ; la température maximale se situe entre 29 et 34°C et la température minimale est d'environ 21°C.

L'évapotranspiration varie au cours de l'année suivant l'insolation et les mouvements de l'air. Elle est de 8,7 mm par jour entre janvier et février et de 3,7 mm par jour en août.

❖ La végétation

Le découpage phytogéographique effectué par GUINKO (1984), classe notre zone d'étude dans le domaine soudanien et plus précisément dans le secteur soudanien méridional. Ce secteur est subdivisé en quatre districts ; la station de Farako-Bâ étant dans le district Ouest Volta Noire. La végétation y est caractérisée par de larges galeries forestières où on retrouve de nombreuses espèces guinéennes telles : *Carpa procera*, *Antizoris africana*, *Dialum guineense*, *Chlorophora regia*,

1.2.2.3. Etude édaphique du site

Les sols de Farako-Bâ sont des sols rouges ferrallitiques lessivés, profonds et non graveleux. La texture est sablo- limoneuse en surface à argilo- sableuse en profondeur. Le pH se situe entre 5 et 5,5 avant la mise en culture (MORANT, 1984). La pente moyenne du terrain est estimée à 2%. Les sols sont également caractérisés par une bonne perméabilité et une très grande sensibilité à l'érosion.

1.3. Méthodes

1.3.1. dispositif expérimental

Le dispositif est une parcelle de croisement avec irrigation constituée d'un premier bloc de trois bandes (56 m sur 2 m) pour la variété Espoir et d'un deuxième bloc scindé en trois parties (16,8 m sur 6,5 m) pour les trois testeurs Tzi18, FBMS1 et Tzi35 plata.

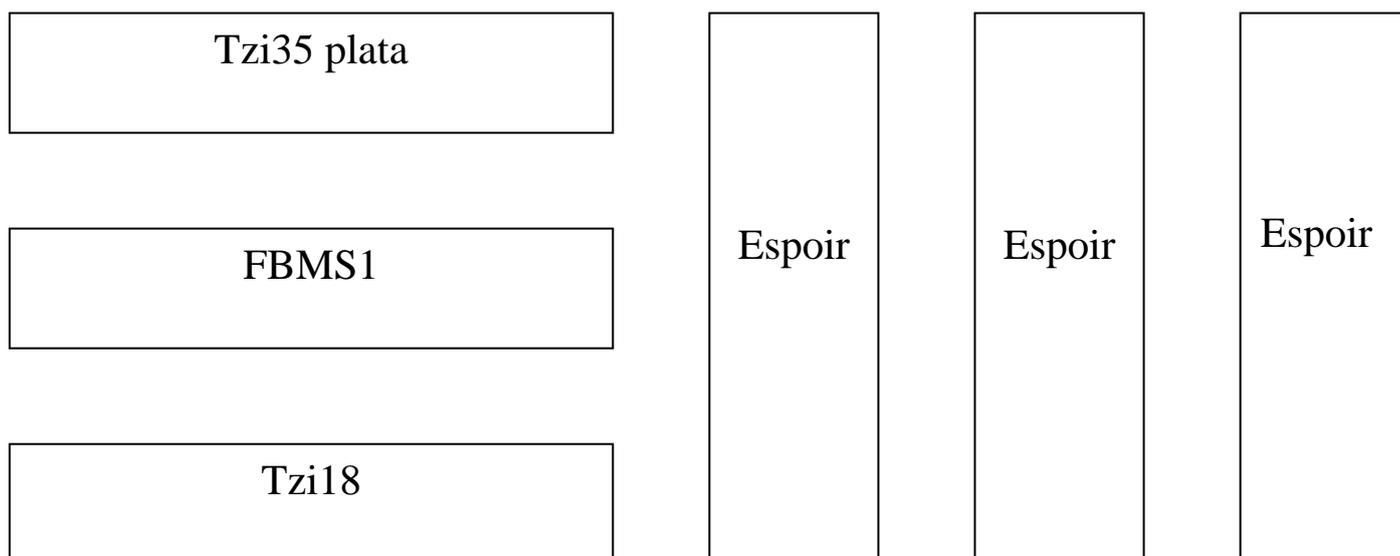


Figure I: Plan de la parcelle de croisement

1.3.2. Conduite des essais.

Toutes les opérations sont réalisées manuellement. Le demariage est réalisé au moins deux semaines après semis. Les sarclages sont réalisés à tout moment que le besoin se fait sentir. Il y a eu aussi des opérations de croisement.

1.3.2.1. Le semis

Le semis est réalisé selon les écartements (0,80m x 0,20m) avec une plante par poquet. Les essais ont été menés à la fin de la saison pluvieuse. Ils ont été semés le 3 Septembre 2009 et ont reçu une pluviométrie d'environ 197,5 mm sur un total 908,9 mm (Figure II). Pour cela nous avons fait une irrigation d'appoint pour permettre aux plantes de maïs de boucler leur cycle.

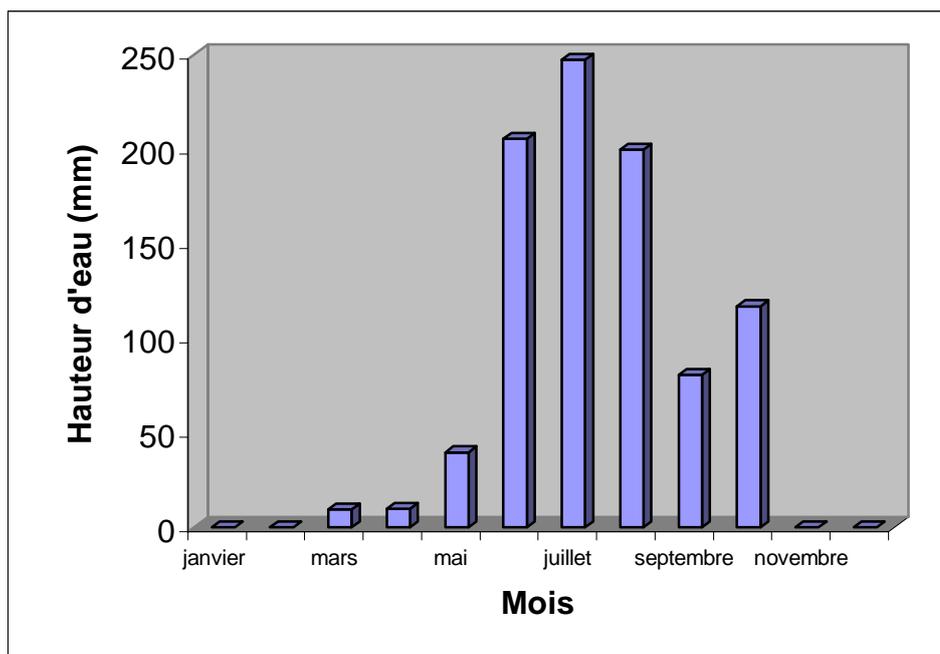


Figure II: Répartition mensuelle de la pluviométrie de Farako-Bâ en 2009

1.3.2.2. La fertilisation

Les éléments suivants ont été apportés :

- Le NPK (23-13-13+3.6S+2,6 MgO(S) +0,32 Mn) en raison de 200kg/ha à 15 jours après semis,
- L'urée (46-0-0) a été apportée de manière fractionnée en deux (02) :
 - ✧ 100 kg/ha à 28 jour après semis (jas),
 - ✧ 50 kg/ha à 45 jour après semis (jas).

L'épandage des engrais a été fait en « side dressing » dans des raies côtoyant les plantes. Le buttage a été effectué lors du second épandage de l'urée.

1.3.2.3. Les opérations de croisement

Ces travaux ont consisté d'abord à protéger les épis avec des sachets de papier kraft pour éviter la pollution.

Pour la création des lignées S1 de la variété Espoir, nous procéder à des autofécondations où le pollen de chaque plante est utilisé pour féconder son épis.

L'hybridation a consisté à prélever le pollen de chaque plante dans la variété Espoir et féconder une plante dans les trois testeurs Tzi18, FBMS1, Tzi35 plata.

Pour réaliser les endogamies le mélange du pollen des plantes de chaque bande de la variété Espoir est utilisé pour féconder les plantes des deux autres bandes.

1.4. Résultats

La création de matériel durant la campagne pluvieuse nous a permis d'obtenir les résultats consignés dans le tableau III. Nous avons pu réaliser des autofécondations, des endogamies dans la variété Espoir, des hybrides de la variété Espoir avec les testeurs Tzi18, Tzi35plata, FBMS1. .

Tableau II : Récapitulatif du matériel obtenu

Croisements	Nombre total	Récoltés
Autofécondations	287 familles S1	227 familles S1
Endogamies	281 épis endogames	229 épis endogames
Hybrides AXB	134 hybrides	94 hybrides
Hybrides AXC	149 hybrides	101 hybrides
Hybrides AXD	139 Hybrides	88 hybrides

AXB : Espoir x Tzi18

AXC : Espoir x Tzi35plata

AXD : Espoir x FBMS1

CHAPITRE II : EVALUATION DES LIGNEES S1 DE LA VARIETE ESPOIR POUR LA RESISTANCE A LA SECHERESSE

2.1. Objectif

Evaluer vis-à-vis du stress hydrique le comportement de familles de S1 extraites de la variété Espoir

2.2. Matériels

2.2.1. Matériel végétal

Pour mener cette étude, nous avons utilisé du matériel reparti en deux catégories : le matériel testé (lignées S1) et le matériel de référence (témoins)

2.2.1.1. Matériel testé

Le matériel soumis au test de résistance à la sécheresse est composé de 143 lignées issues d'une seule autofécondation d'une variété vulgarisée (Espoir)

Espoir est un composite issu d'une amélioration de la Pop 66 SR du CIMMYT/IITA. Ce composite se caractérise par la couleur jaune à jaune orangé de ses grains et une texture cornée dentée. Sur le plan nutritionnel, il est riche en provitamine A et présente surtout une richesse notable en acides aminés essentiels (lysine et tryptophane) assimilables par les animaux et les hommes.

C'est une variété intermédiaire de 97 jours avec un potentiel de rendement de 6,5 t/ha. La production nécessite un isolement pour conserver la qualité protéique de la variété

2.2.1.2. Le matériel de référence

Le matériel de référence est composé de quatre variétés : Espoir, Wari, SR21, Bondofa, de deux lignées : TZI18, TZI35 plata, et un Hybride TZI18xTZI35 plata

❖ Espoir

❖ Wari : créé au Burkina Faso à la station de recherche de Farako-Bâ, Wari résulte du brassage de 10 lignées résistantes à la sécheresse extraites de FBC6. Il est caractérisé par la couleur jaune de ces grains et une texture cornée. La variété résiste à certaines maladies telles que l'Helminthosporiose, la rouille, la Striure du maïs.

C'est une variété qui a un cycle de 91 jours avec un potentiel de rendement de 6,4 t/ha.

- ❖ SR21 est un composite résistant à la striure du maïs et originaire du Nigeria. Ces grains sont de couleur blanche de type corné denté. Il a un cycle de 93 jours avec un rendement moyen de 5,1 t/ha
- ❖ Bondofa: c'est un hybride variétal issu du croisement de EV8444 SR et SR22. C'est une variété à cycle intermédiaire à grains blancs semi-cornés et cunéiformes. Il se caractérise par une bonne résistance aux maladies telles que l'helminthosporiose, la rouille et la virose du maïs. Sa culture est recommandée dans les zones à pluviométrie supérieure à 900 mm et dans les périmètres irrigués. Il présente un rendement potentiel de 6,5 t/ha (SANOU, 1993).
- ❖ Tzi18 et Tzi35 plata sont des lignées pures venant de l'IITA.
- ❖ Tzi18xTzi35 plata est un hybride issu du croisement entre Tzi18 et Tzi35 plata.

2.2.2. Site expérimental

2.2.2.1. Situation géographique

Située à 25 km de Bobo-Dioulasso, la plaine de la vallée du Kou est localisée à 10°20' de latitude nord, 4°20' de longitude ouest et se trouve à 450 m au dessus du niveau de la mer (GUINKO, 1984). Cette plaine est entièrement aménagée sur 1200 ha, avec irrigation du type gravitaire sans pompage. La station de Farako-Bâ y dispose d'une antenne de recherche comportant 60 hectares pour les expérimentations et les productions. C'est dans ce domaine que notre expérimentation a été conduite pendant la saison sèche, afin d'éviter tout biais lié à la pluie non souhaitée lors de l'application du stress hydrique.

2.2.2.2. Climat et végétation

La vallée du Kou se trouve dans le département de Bama, province du Houet située dans le bassin du Mouhoun, partie intégrante du domaine soudano-soudanien. Le climat est du type soudano-guinéen. La végétation est faite de larges galeries forestières au sein desquelles s'épanouissent de nombreuses espèces guinéennes telles que *Carpa procera*, *Antizoris africana*, *Dalium guineense*, *Chlorophora regia* (GUINKO, 1984).

2.2.2.3. Etude édaphique du site

Les sols de la vallée du Kou sont de type ferrugineux tropicaux, hydromorphes, acides et se distinguent par une texture limoneuse (36,7%). Ce sont des sols limoneux sableux à argilo sableux marqués par un lessivage actif des éléments nutritifs, causant quelques fois des problèmes de fertilité. Ils sont sujets à des problèmes de toxicité (BADO, 1991). Ils ont

néanmoins une bonne concentration en bases échangeables avec une capacité d'échanges cationiques de 5meg/100g et une faible teneur en phosphore.

2.3. Méthodes

Il est question dans cette partie de décrire le dispositif et d'expliquer les méthodes utilisées pour réaliser l'expérimentation devant permettre d'atteindre chacun des objectifs précédemment énumérés.

2.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental à deux facteurs (facteur hydrique, et facteur variétés) avec trois répétitions. Le facteur 1 en bloc est l'absence ou la présence du stress hydrique, le facteur 2 en sous bloc est le matériel végétal variétal. Le matériel végétal étant constitué de 143 S1 de Espoir et 7 témoins (Espoir, Wari, SR21, Bondofa, Tzi18, Tzi35 plata, Tzi18 x Tzi35 plata) complètement randomisés.

Les témoins vont permettre de relever les variations liées à l'environnement car leurs statuts génétiques sont déjà connus. Chaque matériel est semé sur ligne 5m avec la parcelle élémentaire égale à la parcelle utile. L'écartement est de 0.4m entre les plantes sur la ligne et de 0.8m entre les lignes. Chaque matériel est représenté par 26 plantes par ligne.

Le facteur 1 comprend deux sous blocs, un sous bloc To irrigué à l'ETM tout au long de l'expérimentation et un sous bloc Ts où un stress hydrique de 15 jours est appliqué au moment de la floraison. Nous avons décidé d'appliquer 15 jours de sécheresse au lieu de 30 jours comme nos précédents, car les températures de l'année 2010 étaient élevées par rapport à celles des années antérieures. Le tableau III donne l'écart entre les températures de trois mois pour les années 2000 et 2010 et la figure III montre l'évolution au cours des dix dernières années.

Tableau III : Comparaison des températures des trois premiers mois des années 2000 et 2010

ANNEE	TEMPERATURES		
	JANVIER	FEVRIER	MARS
2000	34	33,8	37,4
2010	36	39,3	39,95
ECART	2	5,5	2,55

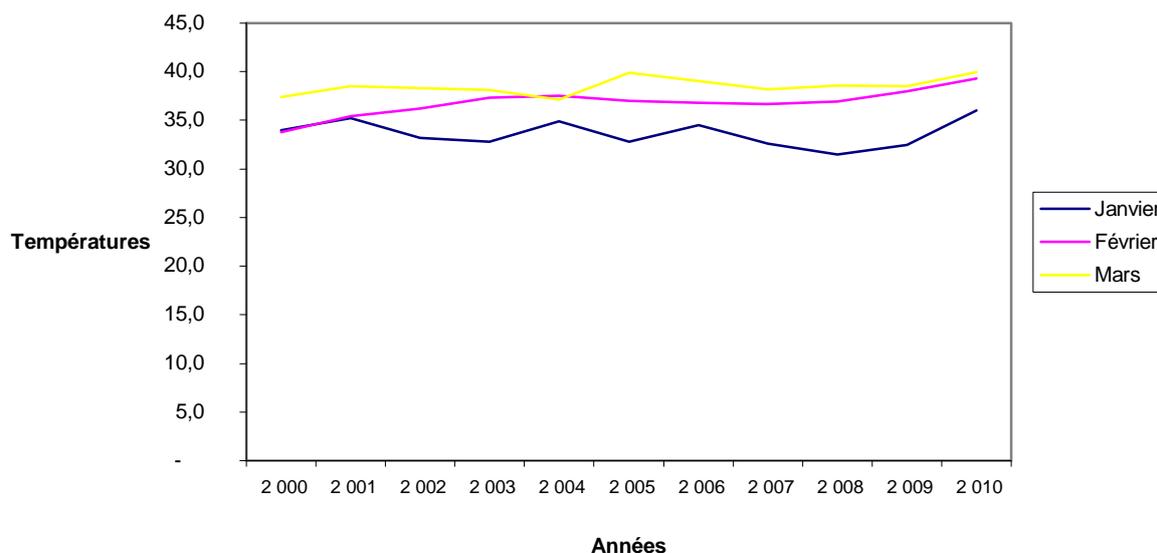


Figure III: Evolution des températures des trois premiers mois des années 2000 à 2010

2.3.2. Conduite de l'essai

La préparation du lit de semis a consisté à un labour puis un hersage au tracteur. Le démariage est réalisé au moins deux semaines après semis. Les sarclages sont réalisés à tout moment que le besoin se fait sentir.

2.3.2.1. Le semis

Le semis est réalisé selon les écartements recommandés (0,8m x 0,4m) sur les essais maïs. Après semis, le sol a été traité à l'aide du gramoxone super pour le contrôle des mauvaises herbes afin d'éviter toutes compétitions avec les jeunes plantes de maïs. A Farako-Bâ, les essais ont été menés à la fin de la saison pluvieuse. Ils ont été semés le 3 Septembre 2009 et ont reçu une pluviométrie d'environ 197,5 mm sur un total 908,9 mm (Figure I). Pour cela nous avons fait une irrigation d'appoint pour permettre aux plantes de maïs de boucler leur cycle.

2.3.2.2. La fertilisation

Afin d'assurer une bonne expression du potentiel génétique de chaque matériel et autoriser une sélection peu biaisée des meilleures familles S1, une fertilisation indépendante de la teneur du sol en éléments fertilisants a été appliquée. Bien que les sols de l'antenne de la Vallée de Kou soient relativement fertiles, la fertilisation a consisté à apporter aux plantes les quantités d'éléments nutritifs suffisants qu'elles pourraient ne pas trouver dans le sol.

contrairement à ce que suggère RISTANOVIC (2001) en demandant une application des engrais en fonction de la teneur du sol en ces différents éléments. Pour ce faire, nous avons réalisé les apports suivants :

- Le NPK (23-13-13+3.6S+2,6 MgO(S) +0,32 Mn) en raison de 200kg/ha à 15 jours après semis,
- L'urée (46-0-0) a été apportée de manière fractionnée en deux (02) :
 - ✧ 100 kg/ha à 28 jour après semis (jas),
 - ✧ 50 kg/ha à 45 jour après semis (jas).

L'épandage des engrais a été fait en « side dressing » dans des raies côtoyant les plantes. Le buttage a été effectué lors du second épandage de l'urée. Le sarclage est effectué à l'aide de la daba, et à tout moment lorsque la parcelle est enherbée.

2.3.3. Variables étudiées

2.3.3.1 : Caractères agro- morphologiques

- **Le nombre total de feuilles (NTF)** ; c'est le comptage des feuilles des plantes choisies en tenant compte des feuilles situées à la base (souvent tombées).
- **Le nombre de feuilles au dessus de l'épi (FSE)** ; c'est le comptage du nombre de feuilles au dessus de l'épi.
- **La hauteur moyenne de la plante (HMP)** ; c'est la mesure en centimètre de la hauteur des plantes après l'anthèse. Cette hauteur est obtenue à l'aide d'une toise allant de la base de la plante jusqu'au dernier nœud avant la panicule.
- **La hauteur moyenne d'insertion de l'épi (HMIE)** ; elle correspond à la mesure en centimètre de la hauteur d'insertion de l'épi depuis la base de la plante jusqu'au nœud d'insertion de l'épi.
- **La floraison mâle (FM)** à 50% ; c'est une estimation de la période d'anthèse d'au moins 50% des plantes. C'est également le nombre de jours écoulés entre le semis et la floraison des épillets des fleurs mâles de la moitié de la parcelle utile.
- **La floraison femelle (FF)** à 50% ; c'est une estimation de la période de floraison de l'épi marquée par une émission des stigmates (soies) à 50% des plantes de la parcelle.
- **La maturité (MAT)** ; c'est le nombre de jours écoulés entre le semis et le jour où toutes les spathes des épis des plantes choisies sont sèches.
- **Poids en (Kg) des épis de la parcelle (PE)** ; c'est la pesée du poids de tous les épis récoltés par parcelle.

2.3.3.2 . Caractères physiologiques pour la résistance

Il s'agit de 2 caractères observés (SNF, RP) et d'un caractère calculé (ASI). Leur description est la suivante :

- **La sénescence des feuilles (SNF)** : c'est une estimation de la surface foliaire desséchée ou enroulée en condition de stress hydrique. Cette estimation se fait selon une échelle préconisée par l'IITA et notée de 1 à 10 où 1 correspond à 10% de la surface desséchée, 2 correspond à 20%, ainsi de suite jusqu'à 10 correspondant à un dessèchement total de la surface foliaire. Les observations sont réalisées à 14 jours (SNF1) après arrêt de l'irrigation.

- **La reprise des plantes (RP)** : c'est une estimation de la mortalité des plantes due au stress hydrique. Cette évaluation est effectuée à 14 jours après la reprise de l'irrigation. Elle est effectuée à partir d'une notation de 1 à 5 où 1 correspond à une reprise totale des plantes d'une entrée et 5 à aucune reprise.

- **Le décalage entre les floraisons mâle et femelle (ASI)** : c'est la différence de jours entre les floraisons mâle et femelle à 50% au sein d'un matériel. Plus cet intervalle est important, moins le matériel considéré fleuri de manière synchrone. Cet intervalle est influencé par le stress hydrique. L'écart entre la floraison mâle et femelle est très important en amélioration variétale car il influence directement la fécondation des fleurs femelles et donc la formation de grains.

2.3.4. Méthodes statistiques d'analyse

Les analyses suivantes ont été effectuées :

- Une analyse de variance sur le matériel testé qui prend en compte les effets "irrigations" et "lignées". Elle permet de mettre en évidence ou non les effets des différents niveaux d'irrigations et la variabilité phénotypique au sein des lignées.
- Des calculs des matrices de corrélation réalisés avec le logiciel XLSAT 2010 entre les variables qui ont un effet stress significatif permettront de découvrir celles qui sont fortement corrélées. Les variables fortement corrélées apportant la même information, il en sera choisi une seule. Le choix entre les variables fortement corrélées est orienté par la précision des variables (faible valeur du coefficient de variation noté CV). Cela permet d'éliminer les redondances et de déterminer les principales variables fortement corrélées en plus de celles indépendantes ou peu corrélées pour la suite de l'étude.
- Une analyse en composantes principales sur XLSAT pour identifier les variables morphologiques discriminantes au niveau du matériel testé. Cette analyse permet de

suivre la répartition des individus d'un matériel donné. Ces variables servent de critère de sélection.

2.3.5. Critère de sélection

Le critère de sélection consiste à choisir dans un premier temps des S1 ayant un bon comportement en bonne condition. Ensuite nous avons effectué un choix parmi les S1 retenus mais qui sont en condition de stress hydrique par rapport aux variables de sécheresse (la reprise des plantes et la sénescence des feuilles). Cette sélection est faite selon les critères du tableau IV

Tableau IV: Répartition des lignées selon la note de la sénescence foliaire et de la reprise

Groupes	Notes (SNF)	Notes (RP)
Lignées résistantes	1 à 2,5	1 à 2,5
Lignées tolérantes	2,6 à 4	2,6 à 3,5
Lignées sensibles	>4	>3,5

Suite à ces deux premières étapes, les lignées présélectionnées obtenant un ratio T_s/T_o pour les deux variables contribuant le plus à la formation des deux axes de l'ACP au moins 0,75 sont sélectionnées pour la résistance à la sécheresse. Cela correspond à une récupération d'au moins 75% du rendement potentiel de la variété en cas de sécheresse qui adviendrait lors de la campagne.

2.4. Résultats

2.4.1. Analyse de variances

Dans le but de déterminer s'il y a une variabilité au sein du matériel, et aussi l'impact des différents niveaux d'irrigation sur les lignées, une analyse de variances des caractères suivis a été entreprise. Le résumé est consigné dans le tableau V. Il présente les valeurs de la constante de Fisher et leur signification statistique pour les répétitions, les génotypes, le facteur1 (niveaux d'irrigation) et l'interaction génotype - niveau d'irrigation.

Tableau V: Résultats de l'analyse de variances des lignées.

Sources de variation	DL	HP1	ASI	FM	FF	NP	HP2	HIE	FSEPI	NTF	SNF	RP	MAT
Répétitions(A)	8.29 **	1.47	19.87 ***	3.25	4.26	29.73 ***	9.04 **	7.76 **	0.69	2.12	6.4 *	0.25	7.18 **
Facteur1 (B)	28.19 ***	266.52 ***	95.69 ***	90.08	82.52 ***	4.22	441.51 ***	37.37 ***	0.03	0.07	718.62 ***	454.12 ***	23.79 ***
Génotype(C)	1.24	1.11	0.95	1.12	1.61	1.08	0.81	0.98	0.99	0.57	1.34 *	1.64 ***	1.15
Interaction (BxC)	0.88	0.83	1.13	0.74	0.87	1.26	1.00	0.89	1.03	0.55	1.35 *	1.64 ***	1.02
E-Res													
Moyenne	19.92	122.93	5.02	63.42	68.42	1.98	142.53	78.22	5.65	13.44	2.32	1.45	99.03
CV(%)	20.59	14.89	44.88	4.5	3.69	36.59	10.11	14.83	10.13	11.32	51.32	35.01	2.62

*, **, *** significatif à 5%, 1% et 0,1% respectivement

DL : densité à la levée, HP1 : hauteur des plantes à la 1^{ère} date, ASI : écart entre la floraison mâle et femelle, FM : floraison mâle, FF : floraison femelle, NP : aspect des plantes, HP2 : hauteur des plantes à la 2^{ème} date, HIE : hauteur d'insertion de l'épis, FSEPI : feuilles au dessus de l'épis, NTF : nombre total des feuilles, SNF : sénescence des feuilles, RP : reprise des plantes, MAT : maturité, PE : poids brut.

L'effet répétition est significatif pour certaines observations. Cela traduit une certaine hétérogénéité du milieu et atteste la justesse du choix de notre dispositif. Quant à l'effet « lignée », il est non significatif pour la plupart des variables, sauf la reprise des plantes (RP) qui est hautement significatif. Il n'existe donc pas une variabilité phénotypique au sein des lignées S1 pour l'ensemble des caractères.

L'incidence des différents niveaux d'irrigation est hautement marquée sur presque tous les paramètres. Ainsi, la réponse exprimée au niveau des différentes variables varie selon que le matériel est sous stress ou non (convenablement irrigué). L'interaction génotype – facteur1 est significative pour les variables (RP, SNF, PE).

2.4.2. Identification des variables pertinentes pour la sélection.

2.4.2.1. Etude de la corrélation des variables.

Dans le but d'éviter de travailler sur des variables qui apportent la même information, il est calculé la matrice de corrélation des variables agro morphologiques (Annexe). Les variables fortement corrélées sont dites redondantes et une d'entre elles est retenue

Le résultat des calculs de corrélation entre les différents caractères agro morphologiques des lignées fait ressortir l'existence d'une forte corrélation entre la floraison femelle (FF) et la floraison mâle (FM) puis entre la hauteur 2 et la hauteur d'insertion de l'épi. Il existe aussi une corrélation moyenne entre la hauteur 1 (HP1) et la hauteur 2 (HP2) ainsi qu'entre le décalage entre les floraisons mâle et femelle et la floraison femelle (FF). Les autres corrélations sont faibles.

Le choix des variables à éliminer pour la suite des travaux est indexé par les CV (coefficient de variation) les plus élevés de l'analyse de variance. Un CV élevé traduit une imprécision importante de la mesure.

2.4.2.2. Recherche des variables principales

Les variables retenues sur la base des corrélations et du plus faible CV sont FF, HP2, FSEPI, NTF, MAT, PE.

Ces variables et les lignées sont soumises à une analyse en composantes principales avec pour objectif, l'identification des caractères les plus pertinents expliquant l'information génétique structurant les lignées S1 de la variété Espoir. Cette analyse est faite essentiellement sur les données moyennes obtenues en culture non stressée. La connaissance de ces caractères permettra de les utiliser comme base dans la sélection des lignées performantes. Les résultats de l'ACP sont présentés dans la figure IV et dans le tableau VI.

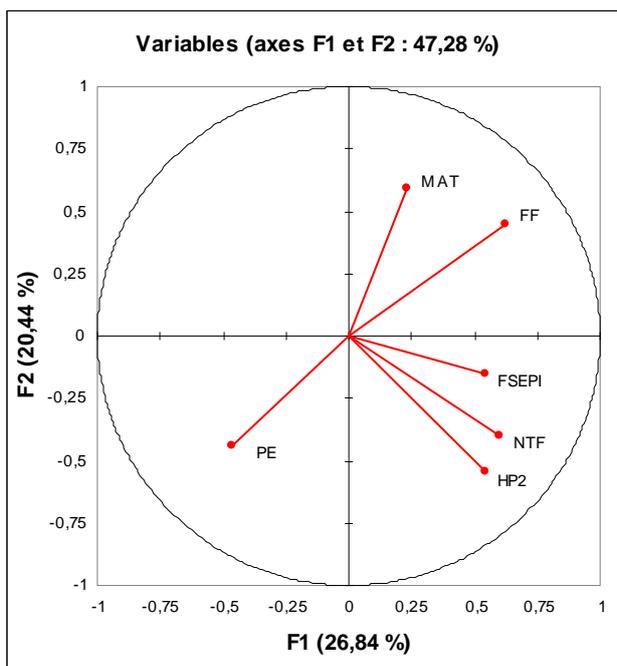


Figure IV : Plan 1/2 de l'ACP sur les familles S1 de la variété Espoir

Tableau VI: Résumé de l'ACP des lignées S1

Facteurs	Variables	Contribution (en%)	Part (%) dans l'explication Du comportement
Facteur 1	FF	24,25	26,84
	NTF	22,44	
Facteur2	MAT	28,75	20,44
	HP2	24,47	

FF : floraison femelle, NTF : nombre total des feuilles, MAT : maturité, HP2 : hauteur des plantes à la 2ème date.

Les deux principaux (facteurs) rendent compte à 47,28% du comportement des lignées. Les variables FF et NTF contribuent le plus à la formation de l'axe n°1 avec respectivement une contribution de 24,25% et 22,4%. Quant à l'axe n°2 les variables qui contribuent le plus à sa formation sont MAT avec 28,75% de part de contribution et HP2 avec une contribution de 24,47%.

2.4.3. Processus de sélection des lignées S1 résistantes à la sécheresse

2.4.3.1. Etude de la productivité des lignées S1 en condition normale

Pour déterminer les lignées S1 qui se comportent bien dans les meilleures conditions les poids bruts de ces lignées seront comparés avec celui du témoin parental Espoir. En effet, le temps ne nous a pas permis d'obtenir les rendements des lignées mais les poids bruts (PE) de leurs épis sont disponibles. Selon SIMPORE (2003), le poids brut des épis est fortement corrélé au rendement, ainsi pour l'étude de la productivité nous avons procédé à une comparaison entre le PE =1,6kg du témoin parental (Espoir) et les différentes lignées. Les lignées retenues sont celles qui ont un poids bruts compris entre 0,6 kg et 2,6 kg. Les résultats sont consignés dans le tableau VII.

Tableau VII : Liste des lignées S1 productives en poids épis en condition normale

N°lignées	PE	N°lignées	PE	N°lignées	PE	N°lignées	PE
1	0,6	37	0,95	73	1,1	110	0,8
2	1,05	38	1,15	74	1,4	111	0,7
3	0,7	40	1,4	75	0,8	112	0,8
4	0,95	41	0,75	77	0,6	113	0,95
5	1,35	42	1,05	78	1,45	114	1,3
6	1,1	43	0,95	80	1,05	115	0,7
7	1	44	0,8	81	1,55	116	0,85
8	1,35	45	0,8	82	1,2	118	2,05
9	0,95	47	0,9	83	1,1	119	0,8
10	1,1	48	1,9	84	1,1	120	0,7
12	1,3	49	1	85	1,05	121	1,05
13	0,9	50	1,15	86	0,75	122	1,6
14	1	51	1,55	87	1,35	123	0,75
15	0,9	52	0,65	88	0,6	124	1,1
16	0,75	53	0,75	89	0,65	125	1,55
17	1,1	54	0,85	90	0,7	126	1,1
18	1,3	55	0,95	91	1,6	127	0,7
19	1,4	56	0,9	92	1,3	128	1,1
20	1,45	57	1,1	93	0,95	129	0,9
21	1,4	58	1,2	95	1,4	130	1,2
22	0,7	59	0,6	96	1,4	131	1,3
23	0,95	60	1,25	97	1,25	132	1,2
24	1	61	0,65	98	1,55	133	1
25	2,05	62	1,05	99	0,8	134	1,4
26	0,6	63	0,95	100	0,7	136	1
27	1,5	64	1,1	101	1,7	137	0,9
28	0,95	65	1,05	102	0,65	138	1,1
29	1,4	66	1,1	103	0,9	139	1,85
30	0,8	67	0,7	104	1,15	141	0,95
32	0,85	68	1	105	0,9	142	0,95
33	0,7	69	0,85	106	1,25	143	1
34	0,7	70	1,2	107	1,1	Témoin	1,6
35	0,65	71	1,65	108	1,4		
36	0,85	72	1,1	109	1,3		

La plupart des lignées ont montré un bon comportement dans les conditions non stressées. Ainsi cette première étape de la sélection nous a permis de retenir 133 lignées S1 sur 143 soit 93% pour la suite du travail.

2.4.3.2. Sélection des Lignées S1 par rapport aux variables physiologiques.

Dans cette partie, les lignées qui ont eu de faibles notes de sénescence des feuilles (SNF) et de reprise des plantes (RP) sont les plus performantes. Le tableau VIII donne la liste des lignées qui se sont distinguées par leur bon comportement.

Tableau VIII : Les lignées présélectionnées sur la base des variables SNF et RP

N°lignées	SNF	RP
2	1,85	1,5
12	2,45	1,75
14	2,45	1,75
24	2,4	1,5
29	2,4	2,25
43	1,8	1,5
48	2,4	1,25
54	2,5	1,5
56	2,3	2,5
58	2,5	1,25
63	2,25	1,5
66	1,8	1,5
68	2,05	1,25
77	1,75	1,5
82	2,3	2
83	1,75	1,75
84	2,05	1,75
90	1,625	1,5
102	2,3	1,5
107	2,3	1,5
111	1,95	2
112	2,45	1,5
119	1,9	2,25
122	1,9	1,25
142	1,7	1,5

Parmi les 134 lignées productives en condition normale, 25 d'entre elles ont présenté une bonne reprise de plantes et une faible sénescence foliaire.

2.4.3.3. Identification des lignées résistantes à la sécheresse et productives.

Le critère de sélection consiste à examiner le rapport T_s/T_o pour les variables contribuant le plus à la distribution de lignées S1 en fonction des deux facteurs majeurs. Les variables FF (floraison femelle) et MAT (maturité) sont notées en nombre de jours donc elles ne conviennent pas pour le rapport T_s/T_o . Ces variables seront remplacées par les variables NTF (nombre total des feuilles) et HP2 (hauteur des plantes) respectivement pour le facteur 1 et le facteur 2. En plus, des études antérieures ont montré que la hauteur des plantes est un caractère positivement lié à la tolérance à la sécheresse (IITA, 1983). Les rapports T_s/T_o des lignées sélectionnées sont présentés dans le tableau IX avec les valeurs moyennes par traitement de ces lignées.

Tableau IX: Réponse des lignées S1 issues de la variété Espoir aux traitements Ts (sécheresse)

N°lignées	HP2			NTF			ASI	
	Ts	To	Ts/To	Ts	To	Ts/To	Ts	To
2	129,5	158	0,82	12,5	13,5	0,95	6	3
12	131	154	0,85	12,7	12,8	0,99	3	4
14	138,2	140,5	0,98	16,2	13,175	1,23	6	3
24	127	165,5	0,77	14,1	13,2	1,07	6	4,5
29	129,5	154,5	0,84	13,7	11,7	1,17	6	2,5
43	133,5	169	0,79	13,1	13,1	1	5,5	5
48	127,5	148	0,86	14,7	13,3	1,11	6	2
54	120,5	150	0,8	12,9	13,6	0,95	7	4
58	143,5	157,5	0,91	13,6	13,4	0,94	5,5	6
63	146	160,5	0,91	11,8	14,1	0,84	3	5,5
68	134,5	156,5	0,86	12,4	14,2	0,87	7	3,5
77	137,5	153	0,9	13,9	15,3	0,91	4,5	3
82	144,5	154,5	0,93	13,3	13,4	0,99	8	2
83	132	154	0,86	14,7	12	1,23	6,5	4
90	135	146	0,92	14,2	12,74	1,12	3	5
102	146	167	0,87	13,1	14,3	0,92	6	3
111	131,5	150,7	0,87	14,8	14	1,06	9,5	4,5
112	128,5	154,5	0,83	13,3	12,6	1,06	6	6,5
119	145,5	135,5	1,01	13,4	12,9	1,04	6	3,5
122	133	161	0,83	14,2	125,3	0,94	8	4
142	129,5	1693,5	0,79	13,7	14	0,98	6	3,5

HP2 : hauteur des plantes 2^{ème} date NTF : nombre total des feuilles, ASI : écart entre la floraison mâle et femelle
To : traitement sans stress hydrique Ts : traitement stress hydrique.

Dans l'ensemble des 143 lignées S1 de la variété Espoir, ayant subi le stress hydrique, 21 d'entre elles ont présenté à la fois un bon comportement vis-à-vis de la sécheresse et une bonne productivité. L'écart moyen entre les floraisons mâle et femelle tourne autour de 6 jours. En outre il n'existe pas une différence importante entre l'intervalle des floraisons de la culture sous stress et de la culture en condition normale. Bien qu'ayant subi la sécheresse, ces lignées ont pu produire 75% de rendement de leur génotype cultivé en condition normale.

2.5. Discussion

La hauteur des plantes est le paramètre le plus variable entre les génotypes. Ces variations sont liées d'une part à l'effet des traitements et d'autre part aux caractères intrinsèques à chaque génotype. Les génotypes résistants ont une croissance normale sous stress tandis que les génotypes sensibles subissent une diminution significative de leur taille normale. Selon GENTINETTA *et al.* (1986) et OUATTAR *et al.* (1987), cette aptitude des génotypes

résistants à croître sous stress hydrique serait liée à l'existence d'un gène majeur dominant, présent chez les génotypes résistants et responsable de l'accumulation de sucres dans la tige de maïs. Cette accumulation des hydrates de carbone (sucre) constitue une réserve importante en cas de déficit hydrique. En effet, la tige de maïs est la source principale d'assimilats pour le remplissage de grains en cas de longues périodes de sécheresse. Ces différentes observations montrent que les meilleurs génotypes sont les lignées qui n'ont pas subi de diminution significative de leur taille.

L'analyse sur la reprise des plantes et de la sénescence foliaire montre qu'il existe une différence significative entre les génotypes pour la plupart des matériels évalués. Cette aptitude d'une reprise accélérée tout comme cette capacité à limiter la surface foliaire desséchée chez les génotypes résistants peut contribuer à un rendement important par suite d'un niveau élevé de photosynthèse tardive. Ces résultats confirment ceux de MORIZET *et al.* (1984) qui a montré par mesure directe pendant la période sèche et également après, et en condition de fort éclaircissement, que la variété résistante Liza a une activité photosynthétique supérieure à celle de la variété sensible LG11.

Les résultats obtenus dans l'essai sur le décalage entre la floraison mâle et la floraison femelle, n'indiquent pas de différence significative entre les génotypes. Ces résultats confirment ceux de DABIRE (2000) et de OUEDRAOGO (2008). Par contre MORIZET *et al.* (1984) ont montré que le stade floraison est le seuil auquel la variabilité génotypique de la résistance à la sécheresse se manifeste. HERRERO et JOHNSON (1987) indiquent que le stress hydrique est responsable d'une augmentation de l'écart entre la floraison mâle et femelle chez les génotypes sensibles. La particularité de nos résultats serait liée d'une part à la capacité des génotypes à supporter la sécheresse et d'autre part à une application précoce ou la durée d'application du stress. En effet ROBELIN (1983) indique qu'un stress hydrique intervenant plus tôt avant le stade floraison n'a aucune conséquence significative sur la production du maïs.

2.6. Conclusion Partielle

L'étude du comportement des 143 lignées S1 de la variété Espoir vis-à-vis de la sécheresse fait ressortir que 134 sont productives dans les meilleures conditions. Parmi ces 134 lignées

productives 25 se sont révélées performantes par la bonne reprise de leurs plantes et le faible dessèchement de leurs feuilles sous le stress hydrique. A l'issue du criblage pour à la sécheresse des lignées S1 21 lignées ont été retenues. Pour s'assurer que ces lignées sont capables de se recombiner lors de leur brassage, nous étudierons la capacité de recombinaison des hybrides de ces lignées avec deux lignées pures Tzi18 et Tzi35 plata.

Chapitre III : Evaluation de l'aptitude à la combinaison des lignées S1

3.1. Objectif

Evaluer la performance de top crosses de lignées S1 avec les lignées testeurs Tzi 35 plata et Tzi18, en vue de l'amélioration de la performance de la variété Espoir.

3.2. Matériel

3.2.1. Matériel végétal

Le matériel d'étude est constitué de matériels testés qui sont les hybrides et de matériels de références. Les hybrides sont issus du croisement entre les plantes S0 ayant servis à l'extraction de lignées S1 de la variété Espoir et trois testeurs qui sont Tzi18, Tzi35 plata. Les témoins sont au nombre de cinq, à savoir Espoir, Tzi18, Tzi35 plata, Tzi18 x Tzi35 plata, et Bondofa.

3.2.2. Site

Le site d'étude était le périmètre irrigué de la vallée du Kou.

3.3. Méthodes

3.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif est le même pour les trois hybrides. Il s'agit d'un bloc Fisher complètement randomisé à 3 répétitions. Pour l'essai d'extraction de lignées, il s'agit d'une parcelle de croisement à une seule répétition et chaque hybride (Espoir x FBMS1) est semé sur une ligne.

3.3.2. Conduite de l'essai

La conduite est identique à celle de l'essai précédent.

3.3.2. Variables étudiées

- **Le nombre total de feuilles (NTF)** ; c'est le comptage des feuilles des plantes choisies en tenant compte des feuilles situées à la base (souvent tombées).
- **Le nombre de feuilles au dessus de l'épi (FSE)** ; c'est le comptage du nombre de feuilles au dessus de l'épi.

- **La hauteur moyenne de la plante (HMP)** ; c'est la mesure en centimètre de la hauteur des plantes après l'anthèse. Cette hauteur est obtenue à l'aide d'une toise allant de la base de la plante jusqu'au dernier nœud avant la panicule.
- **La hauteur moyenne d'insertion de l'épi (HMIE)** ; elle correspond à la mesure en centimètre de la hauteur d'insertion de l'épi depuis la base de la plante jusqu'au nœud d'insertion de l'épi.
- **La floraison mâle (FM)** à 50% ; c'est une estimation de la période d'anthèse d'au moins 50% des plantes. C'est également le nombre de jours écoulés entre le semis et la floraison des épillets des fleurs mâles de la moitié de la parcelle utile.
- **La floraison femelle (FF)** à 50% ; c'est une estimation de la période de floraison de l'épi marquée par une émission des stigmates (soies) à 50% des plantes de la parcelle.
- **La maturité (MAT)** ; c'est le nombre de jours écoulés entre le semis et le jour où toutes les spathes des épis des plantes choisies sont sèches.
- **Poids en (Kg) des épis de la parcelle (PE)** ; c'est la pesée du poids de tous les épis récoltés par parcelle.

3.3.3. Méthodes statistiques d'analyses

Le filtre du logiciel Excel est utilisé dans cette partie pour la sélection des meilleurs hybrides

3.3.4 Critère de sélection

Les hybrides issus du croisement de la variété Espoir avec les lignées Tzi18 et Tzi35plata qui ont leurs parents mâles sélectionnés c'est-à-dire les S1 seront évalués. L'évaluation va consister à une comparaison des poids bruts (PE) de ces hybrides avec le poids moyen des parents selon la formule ci-dessous.

$$PE \text{ hybrides} > (PE \text{ Espoir} + PE \text{ Tzi18 ou Tzi3})/2$$

Les meilleurs hybrides sont ceux qui ont obtenu un PE supérieur ou égal au PE moyen des parents.

En définitive, les lignées S1 qui seront retenues sont celles qui se combinent bien avec les deux lignées pures.

3.4. Résultats

3.4.1. Détermination des meilleurs hybrides

Tableau X : Meilleurs Hybrides de Espoir avec Tzi18 et Tzi35 plata

Espoir x Tzi18		Espoir x Tzi35 plata	
Hybrides	PE	Hybrides	PE
3	2,50	1	1,83
4	1,80	2	2,07
5	2,13	3	2,47
7	2,33	4	2,00
8	2,23	5	2,30
10	1,77	6	1,83
13	2,10	7	1,80
15	2,00	8	2,03
16	1,87	9	1,97
17	2,13	10	1,80
18	1,83	12	1,70
20	2,10	13	2,37
21	1,90	14	2,20
22	2,10	15	2,07
23	1,77	16	2,10
25	1,80	17	2,17
26	1,87	18	1,70
27	2,10	19	1,83
28	1,83	20	1,60
29	2,03	21	1,97
30	2,03	22	2,30
31	2,47	24	1,73
32	2,37	PE témoin	1,37
34	2,43		
PE témoin	1,74		

La majorité des hybrides a un bon comportement. Comme meilleurs hybrides nous avons retenu 24 sur 35 dans le croisement Espoir x Tzi18, 23 sur 25 dans le croisement Espoir x Tzi35 plata (tableau X). Ces résultats montrent que les lignées de Espoir se croisent avec les lignées pures donc sont capables de se recombiner.

3.4.2. Détermination de l'aptitude à la combinaison des lignées S1 sélectionnées.

Parmi les meilleurs hybrides, seulement 2 hybrides ont leurs parents S1 sélectionnés pour la sécheresse (Tableau XI) Les deux S1 correspondants sont capables de se recombiner, car ils se croisent bien avec les lignées pures Tzi18 et Tzi35 plata.

Tableau XI : Les lignées S1 résistants et capables de se recombiner

Espoir x Tzi18		Espoir x Tzi35 plata		S1 sélectionnés	
N°	Code	N°	code	N°	code
				2	13A
18	147A x 217 B	24	13A x 11D	24	147A

Ce faible nombre des S1 résistants et ayant une bonne aptitude à la combinaison s'explique par les raisons suivantes:

- Pendant les opérations de croisements les floraisons de la variété Espoir et des lignées n'ont pas très bien coïncidé, celle de la variété Espoir étant un peu en avance. Pour cette raison, nous avons réalisé plus d'autofécondations que d'hybridations dans le but d'éviter la perte de pollen et le vieillissement des soies qui étaient protégées. Ainsi certains S1 n'ont pas d'hybrides avec les lignées ;
- Des pertes de croisements sont enregistrées à cause des intempéries (pluies violentes avec de grands vents) ;
- A la mise en place de l'essai d'évaluation, certains matériels n'avaient pas assez de semences et n'ont pas pu être semés.

3.5. Discussion

Les hybrides que nous venons d'évaluer sont en réalité des <<Top Cross>>. Selon ROUANET (1984), le <<Top Cross >> est un procédé rapide d'évaluation de l'aptitude à la recombinaison des lignées. Ainsi en deux campagnes en utilisant comme testeurs les lignées TZI18 et Tzi35 plata nous avons évalué l'aptitude à la combinaison des lignées S1 de la variété Espoir. Les testeurs que nous avons utilisés sont des testeurs étrangers à base étroite. Ce type de testeur convient mieux dans l'étude d'une population qui sera utilisée comme parent d'un hybride (MAC GILL et LONNQUIST 1959, SPRAGUE *et al.* 1959) cité par WELHAUSEN (1965). Cependant notre objectif est de brasser les lignées sélectionnées. C'est la raison pour laquelle nous avons utilisé deux testeurs au lieu de la population elle-même comme recommande (LONNQUIST, 1968).

3.6. Conclusion partielle

Les hybrides que nous venons d'évaluer sont en réalité des <<Top Cross>>. Selon ROUANET (1984), le <<Top Cross >> est un procédé rapide d'évaluation de l'aptitude à la recombinaison des lignées. Ainsi en deux campagnes en utilisant comme testeurs les lignées TZI18 et Tzi35 plata nous avons évalué l'aptitude à la combinaison des lignées S1 de la variété Espoir. Les testeurs que nous avons utilisés sont des testeurs étrangers à base étroite. Ce type de testeur convient mieux dans l'étude d'une population qui sera utilisée comme parent d'un hybride (MAC GILL et LONNQUIST 1959, SPRAGUE *et al.* 1959) cité par

WELHAUSEN (1965). Cependant notre objectif est de brasser les lignées sélectionnées. C'est la raison pour laquelle nous avons utilisé deux testeurs au lieu de la population elle-même comme recommande (LONNQUIST, 1968).

Chapitre IV : Extraction des lignées endogames de la variété Espoir

4.1. Objectif

Autoféconder des top crosses de plantes S0 de Espoir avec FBMS1, en vue d'obtention de lignées homogènes en vue de la performance de la variété Espoir.

4.2. Matériel

4.2.1. Matériel végétal

Pour extraire les lignées endogames, la variété Espoir et la variété FBMS1 ou maïs sucré ont été utilisées. Le caractère sucré du maïs est déterminé par l'allèle *su* à l'état homozygote. Celui-ci est en effet récessif et dominé par l'allèle *Su* caractérisant le grain non sucré. La variété FBMS1 a été croisée par la variété Espoir à grains normaux (*Su/Su*) pendant la campagne humide de l'année 2009. Les épis récoltés sont égrenés épi par épi ; les grains non sucrés de ces épis sont des grains issus d'hybridation et sont de génotypes *Su/su* car ils sont issus du croisement Espoir x FBMS1. Chaque lot de grains non sucrés ou <<grains normaux>> constitue un hybride qui servira de matériel d'extraction.

Pendant la campagne sèche 2010 une dizaine de plantes de chaque épi F1 a été autofécondée. Les épis S1 récoltés contiennent des grains sucrés et des grains normaux. Les grains non sucrés de chaque épi seront semés à la campagne humide 2010 et serviront suite à une deuxième autofécondation à l'obtention des lignées de la variété Espoir.

4.2.2. Site

Le site est la station de recherche de Farako-Bâ.

4.3. Méthodes

La méthode d'extraction rapide de lignées endogames est utilisée pour l'obtention des lignées de la variété Espoir au stade S2. La technique d'extraction rapide de lignées caractérisées par le gène dominant *Su* selon SANOU (1998) est schématisée en annexe IV.

4.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif est une parcelle de croisement avec irrigation constituée d'un seul bloc à 66 entrées.

4.3.2. Conduite de l'essai

La conduite de l'essai reste identique aux essais précédents.

4.4. Résultats

4.4.1. Obtention des F1

Le tableau XII regroupe 66 hybrides F1 obtenus dans l'hybridation de la variété Espoir et du <<maïs sucré>> ou FBMS1. Les nombres suivis de la lettre A représentent les codes affectés aux plantes de la variété Espoir, et les nombres suivis de la lettre C sont mis pour les plantes de <<maïs sucré>>.

Tableau XII: Liste des F1

N°	Code	N°	Code	N°	Code
1	386AX16C	23	150AX74C	45	131AX72C
2	160AX62C	24	26AX4C	46	312AX104C
3	300AX18C	25	147AX118C	47	86AX67C
4	18AX45C	26	104AX68C	48	80AX54C
5	66AX33C	27	13AX23C	49	93AX14C
6	314AX94C	28	45AX1C	50	260AX47C
7	199AX75C	29	99AX29C	51	316AX114C
8	182AX12C	30	65AX51C	52	250AX40C
9	114AX101C	31	215AX20C	53	81AX59C
10	163AX5C	32	189AX33C	54	116AX25C
11	170AX7C	33	351AX133C	55	349AX56C
12	412AX2C	34	299AX65C	56	79AX93C
13	210AX27C	35	339AX92C	57	55AX24C
14	230ZX21C	36	266AX19C	58	269AX137C
15	305AX82C	37	238AX85C	59	283AX140C
16	398AX109C	38	73AX50C	60	286AX108C
17	226AX9C	39	253AX61C	61	220AX58C
18	139AX46C	40	346AX34C	62	228AX62C
19	441AX111C	40	255AX53C	63	168AX55C
20	34AX35C	42	460AX143C	64	137AX20C
21	101AX146C	43	295AX120C	65	15AX78C
22	61AX30C	44	143AX17C	66	202AX44C

4.4.2. Extraction des familles S1

Les familles S1 obtenues présentent toutes environ $\frac{1}{4}$ de grains sucrés et $\frac{3}{4}$ de <<grains normaux>>. Les épis S1 sont issus de l'autofécondation des plantes de la F1.

Le tableau XIII regroupe l'ensemble des épis S1 obtenus et les épis sélectionnés.

Tableau XIII: Nombre d'épis récoltés et sélectionnés des familles S1

N°	S1 récoltés	S1 sélectionnés	N°	S1 récoltés	S1 sélectionnés	N°	S1 récoltés	S1 sélectionnés
1	14	6	23	8	6	45	8	4
2	11	5	24	2	1	46	13	3
3	2	0	25	3	2	47	11	4
4	6	3	26	1	0	48	7	3
5	4	3	27	7	4	49	8	5
6	5	3	28	6	3	50	3	2
7	9	3	29	5	4	51	4	2
8	5	3	30	6	2	52	2	1
9	2	2	31	2	2	53	3	2
10	7	5	32	5	3	54	3	2
11	11	3	33	6	3	55	5	2
12	8	1	34	3	1	56	6	2
13	3	2	35	6	3	57	3	3
14	4	2	36	7	3	58	4	2
15	2	1	37	6	2	59	3	1
16	3	0	38	5	4	60	3	3
17	7	1	39	6	4	61	6	3
18	5	2	40	4	2	62	2	2
19	3	2	41	8	4	63	9	6
20	7	3	42	9	3	64	4	2
21	2	2	43	5	3	65	1	0
22	7	2	44	5	4	66	5	2

4.5. Conclusion partielle

La durée de notre stage ne nous a pas permis d'obtenir des lignées pures de la variété Espoir. Cependant nous avons pu récolter les lignées S1. Il reste la dernière phase qui consiste à faire une deuxième autofécondation pour obtenir les lignées S2 qui contiennent les lignées endogames de la variété Espoir.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Notre travail avait pour objectif la recherche de lignées S1 de Espoir résistantes à la sécheresse et capables de se recombinaison lors de leur brassage.

Des résultats satisfaisants ont été obtenus. Des lignées S1 résistantes à la sécheresse ont été sélectionnées dans la variété Espoir. L'étude de l'aptitude à la combinaison n'a pas pris en compte la plupart des S1 sélectionnés car ces S1 ne sont pas impliqués dans la création des Top cross. Parmi les 21 S1 sélectionnés, l'aptitude à la combinaison de deux S1 est connue. De façon générale, ces résultats ne nous permettent pas de répondre avec exactitude à la question de la combinaison générale des 21 lignées résistantes, mais nous donnent une idée du fait que les autres S1 se combinent bien. Les meilleurs matériels S1 retenus seront recombinaison pour constituer un pool résistant à la sécheresse.

En outre nous avons pu entamer le processus d'extraction de lignées pures de la variété Espoir et obtenir des S1 issues de l'autofécondation des hybrides Espoir x FBMS1.

Ces résultats bien que préliminaires peuvent être d'un intérêt dans la création d'une variété Espoir résistante. Cela pourra constituer une alternative au problème des précarités des saisons pluvieuses en zone sahélienne.

En perspective nous suggérons :

- ✓ De réaliser un criblage des lignées sélectionnées contre les maladies telles que la rouille, le steak, la curvulariose, et l'helminthosporiose.
- ✓ D'effectuer un passage à la table lumineuse des lignées sélectionnées pour vérifier si elles ont conservé la richesse en protéine de la variété.
- ✓ De poursuivre l'extraction des lignées pures des S1.

BIBLIOGRAPHIE

ALVEIS DE OLIVEIRA, 2010: Morphologie du maïs, téléchargé le 15 juillet 2010 . Site :

<http://www2.vet-lyon.fr/ens/nut/webBromato/concepti.html>

BADO, B.V., 1991 : Etude de l'efficacité du Burkina phosphate en riziculture. Rapport d'activité. INERA, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 42p.

BONO, M., 1981: Amélioration variétale du maïs en Haute-Volta ; Bilan 1972-1980. L'Agronomie Tropicale n°4, Ouagadougou, Burkina Faso, 347-355.

CARLSON R. W., 1977: The cytogenetics of corn in Corn and corn improvement, Sprague G. F., Number 18 In the series AGRONOMY, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 225-293p.

CIMMYT; 1991: CIMMYT 1989/1990, Réalités et tendances: potentiel maïsicole de l'Afrique Subsaharienne, Mexico, Mexique, 71p.

DABIRE, F., 2000: Sélection inter et intra variétale pour la résistance à la sécheresse en cours de culture chez le maïs (*Zea mays* L.), Mémoire de fin de cycle, IDR, UPB, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 79p.

DGPSA/ MAHRH; 2008: Bilan de la campagne 2008/2009

DGPSA/ MAHRH; 2009: Bilan de la campagne 2009/2010

ELLIS, R.H., SUMMERFIELD, R.J., EDMEADES, G.O., ROBERTS, E.H.; 1992: Photoperiod, Temperature, and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. In le maïs en zone tropical: Amélioration des plantes. pp 97-108.

FISCHER K. S., JOHNSON E. C., EDMEADES G. O., 1981: Breeding and selection for drought resistance in tropical maize, CIMMYT, El Batan, Mexico, 110p.

GAY J. P.; 1984: Fabuleux maïs: histoire et avenir d'une plante, AGPM, Infocompo, Pau, 295p.

GENTINETTA, E., CEPI, D., LEPORIC, G., MOTTO, M., and SALAMINI, F. ; 1986: A major gene for delayed senescence *in* maize. Pattern of photosynthetates accumulation and heritance. Plant Breeding 97: 193-206.

HERRERO, M.P. and JOHNSON, R.R. ; 1981 : Drought stress and its effects on maize reproduction system. Crop Sc. 21: 105-110.

IDDI, A. O. ; 1987 : Contribution à l'étude d'une technique de criblage pour la résistance du maïs (*zea mays*.L) à l'*helminthosporium maydis*. Mémoire de fin d'étude. Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 110p.

IITA; 1987: Rapport annuel et point de la recherche de l'IITA Ed. IITA.

KINIRY, J.R., RITCHIE, J.T., MUSSER, R.L.; 1983: Dynamic nature of the photoperiod response in maize: *In* le maïs en zone tropicale: Amelioration des plantes pp 25-34.

LE CLECH, B. ; 2000 : agronomie, des bases aux nouvelles orientations, Ecole Nationale d'ingénieurs des travaux Agricoles de Bordeaux, 339p

LE CONTE, J. ; 1950: Le maïs hybride aux Etats - Unis d'Amérique : Archives de l'Institut des recherches agronomiques de l'Indochine, 187p.

LE CONTE, J. ; 1957: Enquête sur la culture et l'amélioration génétique des mils et des maïs cultivés en Haute-Volta. Compte rendu de missions réalisées du 15 au 20 octobre.

LONNQUIST J. H. (1968): Further evidence on test cross versus lines performance *in* maize – Crop Sc, 8, 50-53.

LUDLOW, M.M.; and MUCHOW, RC; 1990: A crystal evaluation of traits for improving crops yield in water limited environment. *Advances in Agronomy*, 43: 107-153

MAC GILL D.P. et LONNQUIST J.H. (1955): Effects of two cycles of recurrent selection for combining ability in an open pollinated variety of corn – Agron. J., 47, 319-323

MAHRH; 2000: Bilan de la campagne 1999/2000

MORANT, P. 1984 : Situation géographique de la station de Farako-Bâ. 6p

MORIZET, J., TRIBO, A.M., et POLLACSEK, 1984 : Résistance à la sécheresse chez le maïs : quelques mécanismes impliqués. Physiologie et production du maïs. INRA (PAU) France. 167-174

NORMAN, M.J., PAERSON, C.J., SEARLE, P. G.E.; 1995: The ecology of tropical food crops, New York, NY, USA, Cambridge University Press, 430p.

OUATTAR, S., JONES, R.J., CROOKSTON, R.K. and KAJEIOU, M. ; 1987a: Effect of water Deficit During Filling on the Pattern of maize Kernel Growth and Development. Crop Sci. 27: 726-730

OUEDRAOGO, N., 2008 : Amélioration variétale de la résistance à la sécheresse en cours de culture de quatre variétés de maïs riches en protéine : cas de Espoir, Obatanpa, FBQPM1et FBQPM2, Mémoire de fin de cycle, IDR, UPB, Bobo Dioulasso, Burkina Faso 43p

PODA E. 1979: L'amélioration du maïs pour la productivité et la valeur nutritionnelle, Etude de la prolificité en épis et des facteurs de richesse en lysine du grain, Mémoire de fin d'études, DESTOM, INRA Montpellier, 106p.

RISTANOVIC.D., 2001: Maïs dans Agriculture en Afrique Tropicale, DGCT, pp 44-69.

ROBELIN, M., 1983 : Fonctionnement hydrique et adaptation à la sécheresse. Colloque Physiologie du maïs, Royan 15-17 Mars 1983, INRA Paris

ROUANET G.; 1984: Le technicien d'agriculture tropicale: le maïs, 142p

- SANCHEZ, A.; NICHOLAIDES, J.J., et COUTO, W.; 1977:** Physical and chemical constraint to food production in tropics. In G. BIXLER & L.W. SHENILT; eds. Chemistry and World food supplies: The new frontiers, CHEMERAWN II, Los Banos Philippines, IRRI, pp 89-105.
- SANOUE J.; 1996:** Analyse de la variabilité génétique des cultivars locaux de maïs de la zone de savane Ouest africaine en vue de sa gestion et son utilisation, Thèse de Doctorat, ENSA Montpellier, France, 98p.
- SANOUE, J. ; 1993 :** Choisir sa variété de maïs au Burkina Faso. Doc CNRST/INERA, 1p.
- SANOUE, J. ; 1998 :** création de lignées endogames sucrés par la méthode d'extraction rapide dans FBMS1. Doc CNRST/INERA, 8p.
- SARR, A. ; 1975 :** Modèle d'étude d'une structure de population : Analyse de la variabilité des populations «naturelles » de maïs (zea mays. L.) du Sénégal. Thèse de doctorat-ingenieur. Université de paris-sud, 155p.
- SIMPORE, B.A. ;2003 :** Etude de la variabilité génétique des cultivars locaux de maïs (Zea mays L.) au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur agronome, IDR/UPB, Burkina Faso 50 p.
- SIVAKUMAR M.V.K et GNOUMOU ; 1987 :** Agroclimatique de l'Afrique de l'Ouest : Le Burkina Faso. ICRISAT, Bulletin d'information n°23
- SPRAGUE G.F., W.A. RUSSEL et L.H. Penny (1959):** Recurrent selection for specific combining ability and type of gene action involved in yield heterosis in corn – Agron. J., 51, 392-394.
- SPRAGUE G. F., EBERHART;1977:** Corn breeding in Corn and corn improvement, Sprague G. F., Number 18 in the series AGRONOMY, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp305-354.

SPRAGUE. G.F.S. and DUDLEY.J.W. 1988: Corn and corn improvement 3ème ed.
Madison, USA, American society of Agronomy, 986p.

TRAORE, N.S ; 1997 : Etude bioécologique des cicadelles du genre Cicadulina(Homoptra, Cicadellidae), vectrices de la striure du maïs au Burkina Faso. Implications épidémiologiques.
Thèse de Doctorat d'Etat. UNCI. 248p

WERY J. ; 1987 : Adaptation des plantes cultivées au déficit hydrique. Cours UB4 (Maîtrise de l'eau et du bioclimat). ENSA Montpellier

WILKIES, H. G.; 1979: Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and evolution of maize; In plant genetics resources, A Conservation Imperative. AAAS Selected Symp, 87. Pp1-13.Washington DC, American Association for advancement of sciences

ANNEXES

Annexe I : Les lignées S1 soumises au stress hydrique

N°	CODE	N°	CODE	N°	CODE
1	8A	51	251A	101	376A
2	13A	52	256A	102	377A
3	18A	53	257A	103	378A
4	19A	54	259A	104	382A
5	26A	55	261A	105	384A
6	34A	56	263A	106	386A
7	45A	57	264A	107	387A
8	49A	58	267A	108	389A
9	53A	59	268A	109	391A
10	61A	60	274A	110	394A
11	65A	61	275A	111	395A
12	66A	62	278A	112	398A
13	88A	63	279A	113	399A
14	89A	64	282A	114	400A
15	90A	65	284A	115	401A
16	99A	66	285A	116	402A
17	101A	67	287A	117	403A
18	104A	68	288A	118	406A
19	114A	69	289A	119	408A
20	116A	70	291A	120	412A

21	129A	71	296A	121	719A
22	136A	72	298A	122	422A
23	139A	73	300A	123	434A
24	147A	74	301A	124	439A
25	150A	75	303A	125	441A
26	155A	76	305A	126	442A
27	160A	77	306A	127	445A
28	163A	78	308A	128	449A
29	170A	79	311A	129	455A
30	172A	80	314A	130	456A
31	176A	81	318A	131	458A
32	178A	82	328A	132	468A
33	179A	83	330A	133	469A
34	180A	84	333A	134	470A
35	182A	85	336A	135	472A
36	189A	86	338A	136	474A
37	192A	87	343A	137	475A
38	199A	88	344A	138	477A
39	202A	89	348A	139	478A
40	207A	90	351A	140	480A
41	212A	91	352A	141	485A
42	215A	92	357A	142	487A
43	216A	93	360A	143	488A
44	226A	94	361A	144	ESPOIR

45	230A	95	362A	145	WARI
46	232A	96	365A	146	SR21
47	240A	97	367A	147	BONDOFA
48	241A	98	371A	148	TZI18
49	248A	99	373A	149	TZI35PLATA
50	249A	100	374A	150	TZI18XTZI35 PLATA

Annexes II : Moyennes des variables en To

geno	Bloc	DL	FM	FF	NP	HP1	HP2	HIE	FSEPI	NTF	ASI	MAT	PE
1	1	13,5	63	74	2	108,9	156	84,5	5,6	13,4	11	103	0,6
2	1	17	63	66	1,5	136,9	158	89	5,3	13,2	3	97	1,05
3	1	14	63	66	3	139,9	153,5	83,5	6	13,5	3	96	0,7
4	1	23	65,5	72	1,5	119,7	158	86	5,2	14,6	6,5	105	0,95
5	1	21,5	62	66,5	1	120,7	136,5	65	5,6	12,7	4,5	98	1,35
6	1	20	63	69	2	122,4	152	84	5,8	13	6	96	1,1
7	1	24	63	67,5	2	138,5	155,2	85,5	5	13,5	4,5	99	1
8	1	22,5	63	66,5	1,5	137,3	168,7	88,5	5,5	13,7	3,5	99	1,35
9	1	18,5	63	68	2	136,5	165	78,5	6	14,2	5	100	0,95
10	1	17	62	66,5	1,5	146,5	162,5	83	5,6	13,1	4,5	98	1,1
11	1	17,5	66	70	2	131,5	151,5	75	6,3	14,1	4	98	0,1
12	1	16,5	61	65	2	146,1	154	76,5	5,4	12,8	4	96	1,3
13	1	21	64	68,5	1,5	135,4	161	81	5,9	13,6	4,5	98	0,9
14	1	18,5	60,5	63,5	1,5	142,3	140,5	69,1	6,3	13,175	3	97	1
15	1	19	63	68	1,5	149	165	79,5	5,6	12,6	5	99	0,9
16	1	12,5	64	68,5	2	127,8	150,5	74	6,2	12,4	4,5	97	0,75
17	1	21	63	66	1	137,4	165,5	87	5,3	12,5	3	97	1,1
18	1	21	62	68	1,5	156,6	169	91,5	5,3	13,3	6	98	1,3
19	1	19	67	69	2	122,4	162	84	6	13,4	2	100	1,4
20	1	20	62	66	1,5	141,6	164,3	88,5	5,2	13,6	4	97	1,45
21	1	22	61	64	1,5	147,2	157,2	81,5	5,7	13,7	3	97	1,4
22	1	18	66	72	2	118,9	148,7	77	5,9	13,4	6	98	0,7
23	1	24	62,5	68	1,5	143,1	157,5	97	4,9	13,7	5,5	99	0,95
24	1	15	63	67,5	2,5	147,4	165,5	89,5	5,5	13,2	4,5	96	1
25	1	25	60,5	64	2	148,9	145,5	83	5,2	13,2	3,5	98	2,05
26	1	20	66,5	70	1	129,8	154	83	5,5	13	3,5	106,5	0,6
27	1	17,5	64	68	2	142	171	88	6,1	13,6	4	98	1,5
28	1	13	63	67	3	145,3	151	71,5	5,5	12,9	4	99	0,95
29	1	21	62,5	65	2,5	137,3	154,5	81,6	4,9	11,7	2,5	97	1,4
30	1	21	62	66,5	1,5	145,7	170,5	90,5	5,6	13,2	4,5	96	0,8
31	1	16,5	64,5	68	2	134,2	175,5	87,5	5,8	13,7	3,5	98	0,55
32	1	17,5	64	68	2,5	138,2	151,5	75	6,8	14,4	4	99	0,85
33	1	14,5	64,5	68	2,5	134,9	154	86	5,3	13,1	3,5	101	0,7
34	1	24	65,5	69	1,5	127,7	152	81	5,5	13,5	3,5	105	0,7

35	1	17,5	64,5	68	2	145,5	162,5	83	5,8	13,1	3,5	98	0,65
36	1	17	62	65,5	3	131,2	139,8	66,5	5,9	13,7	3,5	97	0,85
37	1	23	62,5	68	2	118,2	154,5	79	5,9	13	5,5	97	0,95
38	1	14	67	69	2,5	147,9	173,5	91,5	6,4	15,6	2	98	1,15
39	1	20	63,5	64	2	136,2	152,7	82	5,7	14,8	2	101,5	0,55
40	1	24,5	60,5	64,5	1,5	146,3	153,5	78,5	5,2	13,6	4	99	1,4
41	1	13	62	66	3	144,3	150,1	72	5,7	13,6	4	99	0,75
42	1	24	62,5	66,5	2,5	135,5	160,2	80,5	6,1	14,4	4	100	1,05
43	1	22,5	64	69	1	146,9	169	81,5	5,8	13,1	5	99	0,95
44	1	20,5	63,5	68,5	2,5	123,2	156	76	6,3	14	5	98	0,8
45	1	16	65	68	2	130,1	166,5	88,5	5,8	13,8	3	97	0,8
46	1	13	63,5	67,5	3	146	167,5	89,5	5,5	12,9	4	99	0,5
47	1	17	62,5	70	3	126,7	149	89	5,2	12,8	7,5	97	0,9
48	1	21	64,5	66,5	1,5	120,2	148	87,5	5,4	13,3	2	100	1,9
49	1	13	63,5	63,5	2,5	130,7	144,5	65,5	5,9	12,8	0	96	1
50	1	22	63	66,5	2,5	156,2	162	86,5	5,5	14,3	3,5	99	1,15
51	1	20,5	61	66,5	2	152,7	156,9	81,5	5,8	13,9	5,5	98	1,55
52	1	22	67,5	67	1,5	103,3	143	81,5	5,2	13,8	1,5	99	0,65
53	1	20	65	66,5	1,5	144,9	147	89,5	5,2	13,4	2	98	0,75
54	1	21	63	67	1	135	150	66,5	6,6	13,6	4	99	0,85
55	1	20,5	61	67,5	2	150,8	163	90	5,3	14,5	6,5	98	0,95
56	1	21,5	65	69	2,5	121,5	157	90	5,3	13,4	4	98	0,9
57	1	19	59,5	63	2,5	132,3	144	64	5,8	13,1	3,5	96	1,1
58	1	21,5	64	70	2	139,1	157,5	92,5	5,2	14,4	6	97	1,2
59	1	17	68,5	72	2,5	83,2	138,5	63	6,2	13,5	3,5	100	0,6
60	1	16,5	64	68	1,5	129,2	148	74	5,5	14,5	4	99	1,25
61	1	15,5	61,5	66,5	3,5	144,9	150	69,5	6,3	12,8	5	97	0,65
62	1	13,5	62,5	66,5	2	131,9	144,5	80	5,3	13	4	98	1,05
63	1	16	62,5	68	3	130,3	160,5	85	5,7	14,1	5,5	97	0,95
64	1	20,5	61,5	66,5	2	131,4	146	72	5,5	12,7	5	97	1,1
65	1	18,5	62	66	2,5	146,1	154	67,2	5,3	12,6	4	97	1,05
66	1	18,5	64	68	3	134,9	167,5	93,5	5,4	13,4	4	97	1,1
67	1	15	64	67,5	2	132,5	170	90	5,7	13,3	3,5	96	0,7
68	1	18,5	61	64,5	2	138,8	156,5	67,5	6,5	14,2	3,5	98	1
69	1	19,5	63,5	70,5	1	135,9	153,5	86	5,2	13,8	7	98	0,85
70	1	19	62,5	67	2	139,6	150	71,1	5,3	12,9	4,5	97	1,2
71	1	24,5	64	68	1	139,9	165,8	77,5	5,5	14,5	4	99	1,65
72	1	16	63	66	2	151,6	171,5	88	6	13,1	3	99	1,1
73	1	15	61	65,5	2	125,4	141	66,5	5,5	12,6	4,5	98	1,1
74	1	19,5	64,5	68	2,5	146	168,5	90,5	6,2	14,4	3,5	97	1,4

75	1	21	63,5	69	1,5	131,3	157,5	85	5,8	13,7	5,5	96	0,8
76	1	14	64,5	69	2	111,8	145	67,5	5,8	13,8	4,5	98	0,4
77	1	24	66	69	2,5	112,7	153	83,5	5,1	15,3	3	97	0,6
78	1	18	64,5	67	1,5	147,8	154,5	89	5,5	13,4	2,5	98	1,45
79	1	21	62	65	1	152,5	146,8	95	4,6	13,3	3	98	7,25
80	1	21,5	61	65	2	152,9	168	86	5,8	13,1	4	98	1,05
81	1	23	64	68	1,5	149,6	165,5	89,5	5,8	12,5	4	97	1,55
82	1	21,5	64,5	66,5	2	134,3	154,5	83	5,9	13,4	2	98	1,2
83	1	24	65	69	1	110	154	61	6,4	12	4	98	1,1
84	1	23	63	66,5	1,5	131,2	157	83,6	5,7	13,1	3,5	98	1,1
85	1	19,5	65	69	2	152,5	158,2	78,5	6,2	14,2	4	101	1,05
86	1	21,5	60	63,5	1,5	147	149	71,875	5,5	12,5	3,5	99	0,75
87	1	20	62	65,5	1,5	129,5	153,5	81,5	5,5	12,9	3,5	98	1,35
88	1	22	65,5	70	2	127,2	149,5	73,5	6	13	4,5	98	0,6
89	1	18,5	62,5	66,5	2	119,8	140,5	70	6,1	13,8	4	102	0,65
90	1	20	64	69	1,5	124,5	146	75,5	5,7	12,7	5	98	0,7
91	1	20,5	62	66	1,5	142,7	154	87,5	5,3	14,5	4	98	1,6
92	1	22	65,5	68	1,5	132	162,5	80,5	6,2	12,6	2,5	103,5	1,3
93	1	20,5	64	67,5	2	122,5	143,5	78,5	4,9	12,3	3,5	99	0,95
94	1	23	64,5	71	1,5	130,3	165,5	88	6	13,7	6,5	98	0,35
95	1	21,5	63	66,5	2,5	147	156,5	83,5	5,3	13,4	3,5	98	1,4
96	1	13,5	64	67,5	2,5	128,8	151	76,5	5,6	12,6	3,5	98	1,4
97	1	22	62,5	66,5	2,5	142,3	144	76,5	5,8	14	4	98	1,25
98	1	18,5	64	69	2	129,2	168	86	5,6	13,8	5	97	1,55
99	1	19,5	63,5	68,5	2,5	132,1	154	76	5,6	12,5	5	97	0,8
100	1	12,5	63,5	69	2,5	142,2	151	81	5,3	14,3	5,5	97	0,7
101	1	26	62	69	3	148,4	171	90	5,8	14,8	7	100	1,7
102	1	18,5	68	71	1,5	148,5	167	90,5	6,2	14,3	3	98	0,65
103	1	25	63	69	2	124,6	148	88	5	13,8	6	98	0,9
104	1	23	65	67	1,5	116,3	139,5	86	5,1	12,6	2	97	1,15
105	1	21,5	62,5	65,5	1,5	140,8	157	77,5	5,9	13,2	3	104	0,9
106	1	17,5	62,5	65,5	2,5	141,6	148,5	76	5,4	13,6	3	99	1,25
107	1	15	64	69	2	149,6	162	86	5,9	14,2	5	98	1,1
108	1	20	62,5	67	1,5	124,6	151,5	79	4,9	12,6	4,5	99	1,4
109	1	21	62,5	67,5	1,5	146,6	160,5	85	5,6	14,7	5	98	1,3
110	1	23	65,5	71	1,5	120,3	147	79,5	5,4	13,5	5,5	103	0,8
111	1	12,5	62,5	67	3	141,1	150,7	78,5	5,8	14	4,5	99	0,7
112	1	16	62,5	69	2,5	134	154,5	84,5	5,7	12,6	6,5	97	0,8
113	1	22,5	62,5	66,5	3	150,7	165,5	84,5	6	12,4	4	98	0,95
114	1	22	64	69	1,5	145,4	150,7	83,5	5,6	13,3	5	98	1,3

115	1	13,5	63	65,5	2,5	140,625	159	86,5	5,4	14	2,5	97	0,7
116	1	15	61,5	66	2	146,9	150	72,6	5,8	12,8	4,5	96	0,85
117	1	17	63,5	66,5	2	142,3	159	79,3	5,1	13,7	3	98	0,55
118	1	24,5	61,5	65	2	138,1	135	75	5,8	13,4	3,5	102	2,05
119	1	14	64	67,5	2,5	96,3	135,5	62,5	6,2	12,9	3,5	96	0,8
120	1	21	63	67	3	128,4	142	83	4,8	11,4	4	100	0,7
121	1	17,5	63,5	68	2,5	150	170	92,5	5,5	12,3	4,5	97	1,05
122	1	24	62	66	1	153,4	161	92	5,8	15,8	4	96	1,6
123	1	24	62,5	65,5	2	135,5	152,5	77,5	5,9	13,4	3	97	0,75
124	1	18,5	64	67	3	126	160,5	77,5	5,7	12,7	3	97	1,1
125	1	20,5	62,5	66	2	152,2	163	70	6	14	3,5	101	1,55
126	1	18	64	67	2	149,8	141	65	5,2	11,4	3	100	1,1
127	1	22,5	61,5	65	2,5	140,4	151	73,5	5,6	12,3	3,5	97	0,7
128	1	16	65	69	2	151,5	167	82,5	5,9	14,3	4	98	1,1
129	1	21	63,5	67	1,5	135,4	148,7	77,5	5,5	13,7	3,5	99	0,9
130	1	18	62	67	3,5	135,1	143,5	84	5,7	13,1	5	98	1,2
131	1	18	63,5	66,5	1,5	145,3	156	78	5,4	12,8	3	98	1,3
132	1	24	62	69	2	164,1	183,5	107,5	5,6	14,1	7	96	1,2
133	1	14,5	64	68	2,5	125,7	146,5	81,1	5	15,1	4	98	1
134	1	19,5	66,5	69,5	2,5	114	158,4	84,5	5,9	13,4	3	106,5	1,4
135	1	16,5	62,5	65,5	2,5	131,4	160	85,5	5,8	13,4	3	97	0,4
136	1	17,5	62,5	67	2	128,8	141	80,1	5,4	13,2	4,5	98	1
137	1	15	62	66,5	2,5	129,6	148,8	66	6,2	14	4,5	100	0,9
138	1	14,5	62,5	67	2	156,5	164,5	80	5,6	13,2	4,5	97	1,1
139	1	20	60	63	2	160,3	164	86	6,5	14,8	3	99	1,85
140	1	17	66	70	3	138,9	167	89,5	5,7	14,8	4	99	0,55
141	1	17,5	63	69,5	2,5	123,3	140,5	75	5,5	12,6	6,5	99	0,95
142	1	19	63	66,5	1,5	134,9	163,5	92	5,4	14	3,5	96	0,95
143	1	12	63	66,5	3	128,5	144	80	5,8	13,2	3,5	96	1
144	1	20,5	61	65	2	141,8	158,2	83,5	5,8	14,1	4	103	1,6
145	1	21	63,5	69	2	136,9	161	85,5	5,4	13	5,5	99	1,2
146	1	14,5	62,5	66,5	3	144,2	155	68,6	5,5	10,93	4	97	0,45
147	1	23,5	64	68	2,5	143,2	168,5	86,5	5,6	13,2	4	96	1,2
148	1	21	65,5	70	2	127,3	149,7	81,5	5,9	13,4	4,5	98	0,95
149	1	16	64	69	1,5	142,3	168	83	5,6	15,5	5	97	0,7
150	1	22	67	69	2	120,4	147	77	5,2	13,2	2	106	0,7

Annexes III : Moyennes des variables en Ts

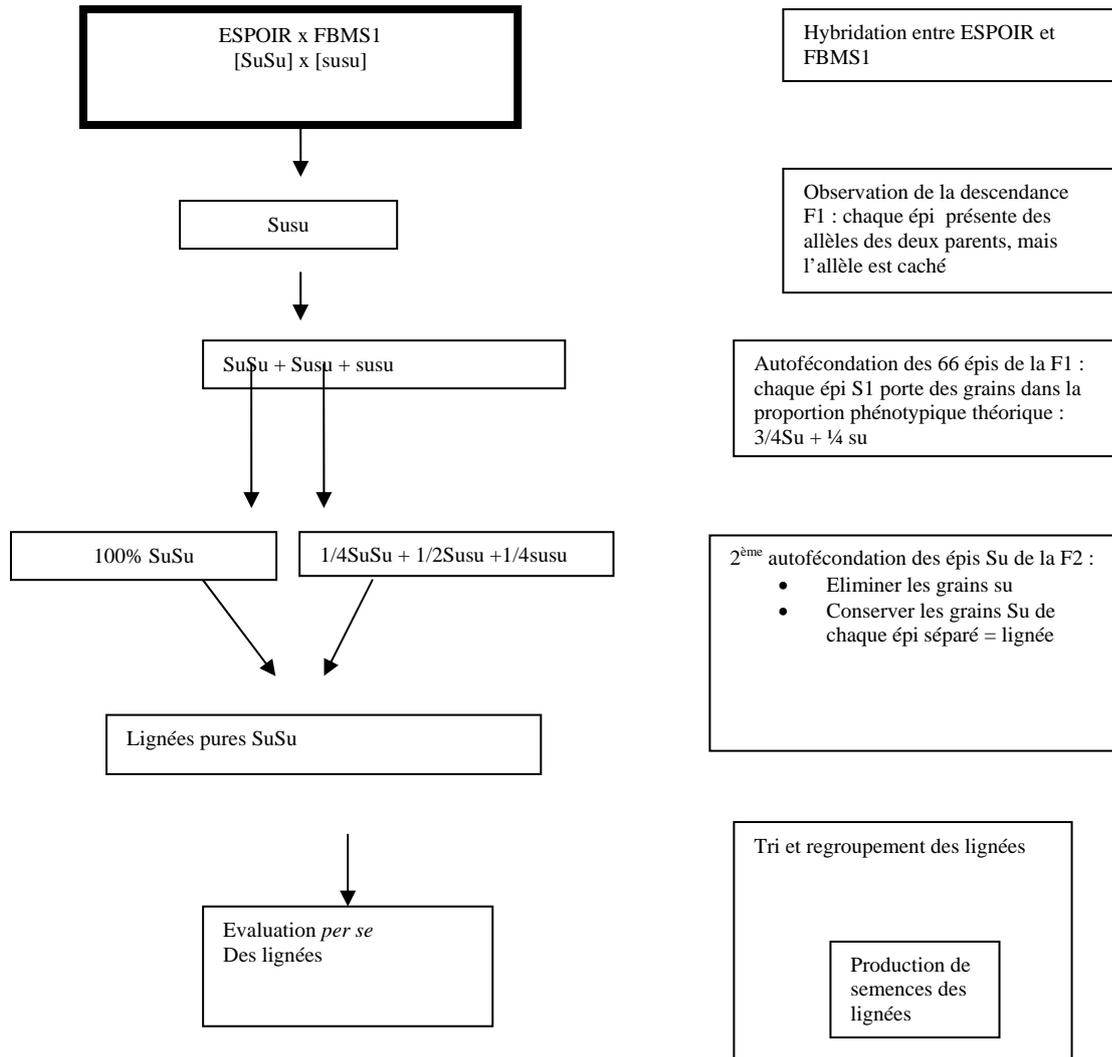
geno	Bloc	DL	FM	FF	NP	HP1	HP2	HIE	FSEPI	NTF	SNF1	SNF	RP	ASI	MAT	PE
1	2	20,5	65	68	2,5	101	119,5	70,5	5,4	12,9	6	5,4	2,75	4	99	0,35
2	2	21	63	69	2	120,6	129,5	81,5	5,8	12,5	2,5	1,85	1,5	6	99	0,75
3	2	20	62	68	1,5	118,5	118,5	73	5,7	13,9	2,5	3,2	1,5	6	99	0,75
4	2	23,5	66,5	70	1,5	92,5	129,5	71	6,1	13,9	6	5,35	2,75	3,5	99	0,25
5	2	19	63	68	2,5	113,9	131,5	75,9	5,5	13,1	2,5	3,25	1,25	5	98	0,9
6	2	14,5	63	69	2,5	110	132	78	5,3	12,7	5	4,8	2,5	6	99	0,55
7	2	19,5	62	72	2,5	119	125	81	4,6	13,6	2,5	3,2	2	10	99	0,35
8	2	22,5	62,5	70,5	1,5	103	123	66	6,5	13,3	4,5	3,55	2	8	100	0,35
9	2	19,5	66	69	1,5	113	127	78	5,7	12,7	3,5	4,05	2,25	3	101,5	0,75
10	2	18,5	62	70	1,5	122	133,5	81	5,7	12,9	3	3,5	1,5	8	98	0,5
11	2	20,5	60	69,5	1,5	106,2	132,5	70	6,3	14,1	3,5	2,6	1,75	9,5	98	0,4
12	2	11,5	64	67	3	105	131	65,5	5,4	12,7	2,5	2,45	1,75	3	99	0,2
13	2	19,5	61	67,5	1,5	107,6	115,5	63,5	6	13,8	3	4,65	2,25	6,5	98	0,6
14	2	21	61	67	1,5	123,2	138,2	74,8	6,4	16,2	2,5	2,45	1,75	6	99	0,8
15	2	19,5	64	69	3	103,5	143,5	77	6,2	14,6	2,5	2,8	2,25	5	100	0,4
16	2	25,5	64	69	1,5	105	122	79,5	5	13,3	3,5	5,8	2,25	5	99	1,1
17	2	21	61	68	1,5	115,5	131,5	80,5	5,8	14,3	4	4,2	2,25	7	98	0,9
18	2	21	65	71	1,5	91	117	66	5,5	11,4	5	7	3,25	6	99	0,4
19	2	22,5	63	71	1	92,5	129,2	77	5,4	14,8	3	3,8	2	8	104	0,75
20	2	18	63	69	1	110,5	118,5	78,5	5,2	12,3	3,5	4,9	2,25	6	98	0,5
21	2	24,5	65	70	1,5	104	100	65	5,3	13,1	2,5	2,9	1,75	4	100	0,4
22	2	24,5	66,5	71,5	1,5	92,5	120	74,5	5,7	13,8	4,5	4	2,75	5	100	0,35
23	2	24	61	67	2	121,7	135,5	91	5,8	14,6	3	4,55	1,5	6	98	0,55
24	2	21	61	67	1,5	122,5	127	64	5,8	14,1	2,5	2,4	1,5	6	99	1,1
25	2	22	64	69	2	122	146	84	5,3	13	2	3	1,25	5	98	0,65
26	2	20,5	62	67,5	2,5	124,3	143	78,5	6	14,4	2	2,6	1,5	5,5	101,5	0,9
27	2	22	62	69	1,5	100,6	122,5	68,5	6	12,5	3	4,4	1,5	7	99	0,8
28	2	23,5	63	70	2	124,5	148,5	84,5	6	13,5	2,5	3,3	1,75	7	98	0,35
29	2	23	63	69	1,5	113,9	129,5	79	5,8	13,7	3,5	2,4	2,25	6	98	0,95
30	2	22	61,5	69,5	2,5	114	141,5	82,5	5,4	13,2	4	4	2	8	105,5	0,75
31	2	22	66	74	2	94	112	67,5	5,3	13,2	6,5	7,05	4,25	8	105	0,1
32	2	20,5	62,5	69	2,5	116,5	127	73	5,8	12,7	2	3,9	1,5	6,5	101,5	0,8
33	2	22	60	69	1,5	112,9	121,5	73	5,6	13,3	3,5	3,9	2	9	99	0,75
34	2	24	64	69	1,5	110,8	126,5	72,5	5,5	12,9	3,5	3,85	2,5	5	99	0,9
35	2	19,5	63	70	1,5	106	137	85,5	5,7	14,5	4	5,35	1,5	7	99	0,5
36	2	22	65	71	3,5	93,7	116,7	66,5	5,4	13,1	3	4,2	2	6	98	0,35
37	2	19	67	72,5	3	96,8	125,5	62,5	5,4	12,9	3,5	5,05	2	5,5	99	0,5

38	2	22,5	66,5	73	2	125	152	91,5	5,4	14,1	2,5	3,85	1,75	6,5	102,5	0,6
39	2	22	62	70,5	2	110	138,5	77,5	6,5	15,1	3	3,3	2	8,5	99	0,4
40	2	24	62	68	3	125,9	131	68	5,9	13,1	3,5	2,6	1,75	6	98	0,5
41	2	19	62	69	2,5	109,5	127,5	73,5	6	13,6	3,5	4,15	2,75	7	99	0,5
42	2	21	64	71	1,5	106,2	123	68	5,8	13	4,5	6,5	2,75	7	99	0,3
43	2	19,5	62	67,5	2,5	120	133,5	84,5	5,2	13,1	3	1,8	1,5	5,5	98	0,85
44	2	26	71		1	56	118	71,2	6	12,6	9	9,5	4,5	0	100	0,05
45	2	22,5	65,5	71	2	108,5	122,5	79,5	5,4	13,7	4	5,85	2	5,5	101,5	0,2
46	2	19	67	75	2,5	77,5	107	62	5	10,9	6,5	7,95	3,25	3,5	99	0,05
47	2	23	64	69	1,5	115	140	71,3	6,1	13,8	3,5	3,3625	1,75	5	100	0,4
48	2	19,5	64	70	2,5	94,4	127,5	76	6,2	14,7	4,5	4,2	3	6	99	0,7
49	2	14	63	68	1,5	118,3	137,5	79	5,5	13,5	2	2,4	1,25	5	100	0,65
50	2	20,5	63	70	1	110,7	131,5	84,5	5,9	15	2	2,85	2	7	98	1,1
51	2	24	61	68	2	126	131,6	80	5,5	14,2	3	2,8	1,75	7	99	0,6
52	2	16,5	63,5	67,5	2	126,5	140,5	75,5	6	13,1	3,5	3,1	2	4	100	0,55
53	2	20,5	63,5	69	2,5	100,7	127,5	75,875	4,9	12,7	3	5,05	1,75	5,5	102,5	0,65
54	2	18,5	61	68	2	94,7	120,5	66,5	5,4	12,9	2,5	2,9	1,75	7	102,5	0,4
55	2	21	61,5	66	2	128,2	136,5	85,5	5,1	13,5	3	2,5	1,5	4,5	99	1
56	2	18,5	65,5	69	1,5	96,5	103	66	5,2	13,5	3,5	3,9	2,25	3,5	98	0,4
57	2	24,5	63	69	2,5	117,2	141	85	5	13,4	5	2,3	2,5	6	101,5	0,85
58	2	22	62	67,5	1,5	123,7	143,5	84	5,5	13,6	3	2,55	1,5	5,5	99	0,8
59	2	20,5	64	68	2	108,2	120,5	69	5,4	13,5	2	2,5	1,25	4	99	0,75
60	2	23	61,5	68	2	112	126	70,5	5,7	14,3	4,5	5,1	2,75	2,5	99	0,8
61	2	22	61	69,5	1,5	110,8	123	62,1	6,4	12,75	2,5	4,95	1,75	8,5	99	0,45
62	2	17	64	69,5	3	121,8	133,5	73	5,6	13,1	2,5	3,025	1,75	5,5	98	0,3
63	2	23,5	62	68	1	88	146	99	4,8	11,8	6,5	7,1	3,25	3	98	0,5
64	2	22	60	69	2,5	125,8	129	68,5	5,6	12,3	3,5	2,25	1,5	9	98	0,45
65	2	22	60	69	2	119,8	128,5	73,5	5,7	12,7	3,5	2,8	1,5	9	100	0,7
66	2	23	66	71	1	105,3	123	78	6,1	12,8	4	5,25	2	5	100	0,7
67	2	20,5	62,5	68	1,5	119	121,5	65,5	5,1	13,4	2	1,8	1,5	5,5	101,5	0,5
68	2	21,5	60	67	1,5	125,2	134,5	78	5,2	12,4	2,5	3,05	1,5	7	98	0,6
69	2	20,5	61	68	1,5	105,3	115,8	69,5	5,5	12,5	2	2,05	1,25	7	99	0,85
70	2	18,5	61	68	2	118,4	129	65,5	5,6	12,4	3	3,8	1,5	7	100	0,55
71	2	23,5	60	69	2	123,4	149,5	95,5	5,7	14,8	2,5	2,95	1,5	9	102,5	0,75
72	2	18,5	60	70	2	111,8	126	75,5	5,1	13,1	3	3,35	1,75	10	98	0,6
73	2	23,5	64	70	1,5	107,5	124,5	75	5,1	14,2	3,5	3,75	1	6	99	0,35
74	2	22,5	65	69	1,5	100,5	126,5	64,5	5,8	12,5	3,5	3,15	2,25	4	99	0,85
75	2	20,5	62,5	68	2	108,2	123	71,5	5,4	12,9	4	2,7	2,25	5,5	98	0,45
76	2	20	69,5	72,5	2	101,5	151,4	93	6	15,5	3,5	3,8	1,25	3	99	0,9

77	2	21,5	64,5	69	2	110,2	137,5	82	6	13,9	3,5	3,6	1,5	4,5	99	0,95
78	2	12	65,5	69,5	2,5	127	150	88	5,6	13,4	3	1,75	1,5	4	102,5	0,75
79	2	24	66	69	2	116,5	132	84,2	5,3	13,4	3	3,85	1,75	3	99	0,4
80	2	21	61	68	1,5	107,7	146,5	75,5	6	14,1	2,5	3,05	1,25	7	99	0,8
81	2	23,5	63	70	2	93,7	120	69	5,1	12,1	3	3,65	1,75	7	100	0,45
82	2	23,5	62	70	1,5	122,6	144	85	5,8	13,3	3	3,45	1,5	8	99	0,35
83	2	24	64,5	71	1,5	114,5	132	71,5	6,1	14,7	3	2,3	2	6,5	100	0,75
84	2	22,5	62,5	70	2	107,5	117	60,9	6,3	14	4	1,75	1,75	7,5	99	0,75
85	2	18,5	63,5	71,5	2	100	112,5	66	5,2	12,9	3	2,05	1,75	8	98	1,15
86	2	23	64	70	2	122,9	147,5	82,2	5,5	13,8	2	2,55	1,25	6	101,5	0,6
87	2	20	64	68	1,5	124,5	146,5	78	5,9	13,4	2	3	1,5	4	99	0,9
88	2	20,5	62,5	70	1,5	113,5	126	81,5	5,2	13	3,5	4,35	1,25	7,5	99	0,35
89	2	23,5	64	70,5	2,5	108,6	125	71,5	6	13,9	4,5	4,1	1,75	6,5	99	0,45
90	2	24	66	72	1	87,5	135	75	6	14,2	6,5	6,2	4,5	3	98	0,1
91	2	21	63,5	70	1	114	124,5	69,5	5,6	13,1	2,5	1,625	1,5	6,5	100	0,75
92	2	20	64	68	2	100,7	116,5	65	5,5	13,5	3	3,05	1,5	4	99	0,6
93	2	22	65	69,5	2	120,7	138,5	83	5,4	12,7	3	3,05	1,5	4,5	98	1,15
94	2	23	62	69,5	1	107	126	74	6,2	13,5	4	5	2,5	7,5	99	0,35
95	2	19	61	67	2	124,5	145	80,5	6	13,7	2	2,55	1,5	6	99	0,65
96	2	21,5	62,5	69	2	115	122,5	71,5	5,1	12,8	3	3,9	1,5	6,5	98	0,75
97	2	22	60	67	1	107,2	126,5	78	5,3	13,225	2,5	2,65	1,25	7	102,5	0,45
98	2	20	61	71	1	120,8	129,5	70,5	5,6	13,6	3	4,8	2	10	99	0,55
99	2	19,5	63	68	2,5	113,3	129	68,6	6,3	13,7	4	3,85	1,75	5	99	0,55
100	2	23	64,5	70	2	106,7	130	73	5,525	12,6	3	4,15	1,25	5,5	99	0,4
101	2	17,5	65	69	2	113,5	133,5	65,5	6,1	14,4	3	3,5	1,5	4	99	0,25
102	2	20	62	68	2,5	133,2	146	74	5,9	13,1	3	3,25	1,75	6	99	0,5
103	2	17,5	63	69	2,5	118,2	136,5	83,5	4,8	13,4	3	2,3	1,5	6	99	0,8
104	2	23,5	64	70	1,5	89,5	125	72	5,75	14	4,5	3,55	2	6	99	0,25
105	2	22	61	72,5	3	102,9	118,5	64	6,3	13,1	7	5	2,75	11,5	98	0,05
106	2	22,5	67	68	2,5	111,6	145,5	80	5,7	13,2	5	4,5	2,5	3	98	0,35
107	2	13,5	69,5	70	3	91,5	106	65	4	10,8	5	4,3	3,25	3	101,5	0,05
108	2	20	62	67	2	125,4	132,5	81,5	6,2	13,1	2,5	2,3	1,5	5	98	1
109	2	19,5	67	72,5	2	106	121	80,5	5,2	12,2	3,5	4,95	2	5,5	107,5	0,65
110	2	19,5	65	71	2,5	106	114,5	68	6,1	14,9	3	3,15	2	6	105	0,7
111	2	20	61	70,5	1	117,5	131,5	80,5	6,4	14,8	2	2,7	1,5	9,5	99	1
112	2	21	64	69	2,5	116,4	128,5	72	5,2	13,3	3,5	1,95	2	5	98	0,5
113	2	22	65,5	71,5	1,5	100,5	131	77,5	5,5	13,8	3	2,45	1,5	6	101,5	0,8
114	2	21,5	71		1,5	66,5	116	75	5,4	13,2	9	9,5	4,5	0	100	0
115	2	18	64	69	3	111,2	128	74,5	5,6	13,1	3,5	3,8	1,75	5	100	0,65

116	2	19	65,5	72,5	1,5	112	120	89,5	4,6	13	2,5	2,85	1,5	7	98	0,45
117	2	19	63	68	2,5	97,5	119	60,5	5,9	12,1	3,5	4,55	1,75	5	102,5	0,4
118	2	21	63	69	2	118,5	141,5	88	5,5	13,4	5,5	5,65	1,75	6	99	0,6
119	2	24,5	62	68	2	122,7	145,5	85,5	5,6	13,4	2	2,6	1,5	6	98	0,95
120	2	20,5	64	69,5	1,5	131,9	133	73,5	6	15	2	1,9	2,25	5,5	99	0,65
121	2	23	65	71,5	1,5	98,2	125	69,5	6,2	13,5	3,5	3,05	1,25	6,5	99	0,65
122	2	23	61	69	1,5	116	133	78	5,7	14,8	2,5	3,45	2	8	101,5	0,3
123	2	23,5	60	68	1	118,5	140,5	79,5	6,1	14	2	1,9	1,25	8	99	0,85
124	2	15,5	64	71,5	1,5	113	119,1	70	5,8	14,6	5	5,6	3,25	7,5	99	0,25
125	2	20,5	63	68	1,5	121,2	140	86,5	5,3	13,4	3,5	3	1,25	5	99	0,65
126	2	20	64,5	70	2	122,4	122,7	77	6,6	14,3	2	3,6	1,5	5,5	98	0,95
127	2	23	61	70	1,5	114,5	144,5	81	6,4	14,2	4,5	3,5	2,5	9	100	0,75
128	2	24	64,5	70	1	117	129,5	70	6	14,9	3	4,35	1,75	5,5	99	0,55
129	2	21,5	65	69	2,5	106,7	124,5	64,5	6	12,9	4,5	5,25	3,25	4	98	0,05
130	2	16	67	70	2,5	85,5	128	75,4	6	13,2	6,5	9	2,5	5	102,5	0,05
131	2	15	63	69	3	124	135,3	74,5	5,5	11,6	4	5,05	1	6	97	0,4
132	2	23,5	62	70	2,5	121,5	134	81,5	5,1	13,2	3	4,25	1,25	8	102,5	0,6
133	2	22,5	63,5	69	2	110	124	74	5,7	13,1	2,5	2,75	1,25	5,5	99	0,65
134	2	17,5	63	69	2	124,3	134	67,5	5,8	12	3	4	1,5	6	101,5	0,5
135	2	21,5	65	69	2	107	131	84,5	5,4	13,3	3	2,95	1,5	4	99	0,4
136	2	23,5	62	70,5	1,5	124,5	147,5	92	6	15,2	2,5	2,25	2,5	8,5	99	0,4
137	2	25	63	72,5	1	96,7	116,5	68	4,9	12,1	5,5	4,05	3,25	9,5	101,5	1
138	2	19,5	64	69	2,5	123,7	133,5	75,5	6,1	13,6	3,5	3,95	1,5	5	99	0,65
139	2	23,5	64	69	2	103	116,5	73	5,6	12,7	4	4,8	1,75	5	100	0,55
140	2	20	68	74	2,5	115	129	67	5,9	14,2	2	3,5	1,25	6	99	0,55
141	2	20	63	68	2	101,4	118,5	59,2	5,6	13,8	3	3,35	1,25	5	98	0,6
142	2	16	64	70	2	113,6	129,5	71,5	6,3	13,7	2	2,55	1,5	6	100	0,5
143	2	19	68	70	2,5	93,5	131	73	5,4	11,2	5,5	1,7	1,5	4	98	0,35
144	2	19,5	63	68	2,5	94,5	117,5	71,5	5,1	13	2	3,35	1,5	5	99	1,1
145	2	21	64	70	1	92	117,5	64	5,6	12,7	4	4,55	3	6	99	0,45
146	2	22	64	68	1,5	88	122	75	5,4	12	6	2,9	3	2	100	0,7
147	2	21	65	69	2	113,5	123	73	5,9	13	3,5	4,95	2	4	99	0,9
148	2	18	60	69	2	110,4	115	67	5,7	12,9	2,5	2,656	2	9	100	0,5
149	2	19,5	65	68	2,5	111,2	141	86	5,5	13,4	5	4,25	2,25	2	99	0,4
150	2	16,5	63	69	2	114	129	81,5	5,4	14,7	4,5	4,9	2,5	6	99	0,35

Annexes IV: Schéma d'extraction des lignées dans la variété Espoir



Annexe V : Matrice de corrélation des variables agro morphologiques

Variables	FM	FF	HP1	HP2	HIE	FSEPI	NTF	ASI	MAT	PE
FM	1									
FF	0.695	1								
HP1	-0.455	0.387	1							
HP2	0.075	0.162	0.510	1						
HIE	0.123	0.212	0.351	0.637	1					
FSEPI	0.093	0.042	-0.014	0.142	-0.321	1				
NTF	0.135	0.152	0.132	0.292	0.313	0.200	1			
ASI	-0.202	0.556	-0.020	0.120	0.156	-0.066	0.069	1		
MAT	0.306	0.234	-0.201	-0.103	-0.074	0.006	0.076	-0.026	1	
PE	-0.235	0.269	0.257	-0.007	0.207	-0.229	0.029	-0.111	-0.010	1

FM : floraison mâle, FF : floraison femelle HP1 : hauteur des plantes à la 1^{ère} date HP2 : hauteur des plantes à la 2^{ème} date, HIE : hauteur d'insertion de l'épis FSEPI : feuilles au dessus de l'épis, NTF : nombre total des feuilles ASI : écart entre la floraison mâle et femelle, MAT : maturité, PE : poids brut.

