

BURKINA FASO
Unité-Progress-Justice

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (M.E.S.S.R.S.)

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO (U.P.B.)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT
RURAL (I.D.R.)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE (C.N.R.S.T.)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES (I.N.E.R.A.)

CENTRE REGIONAL DE RECHERCHES
ENVIRONNEMENTALES ET AGRICOLES DE L'OUEST
(CRREA-OUEST)

STATION DE FARAKO-BA

Thème
1056
HIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLÔME D'INGÉNIEUR DU DÉVELOPPEMENT RURAL

Option : **AGRONOMIE**

THEME :

**CARACTERISATION ET CLASSIFICATION
DE LIGNEES DE MAÏS (*Zea mays* L.)**



Directeur de Mémoire : **Dr SOMDA Irénée**

Codirecteur de Mémoire : **M. DAO Bégué**

Maître de stage : **Dr SANOU Jacob**

MENTION BIEN

HIEMA S. Clovis

Juin 2005

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à toute la famille Hiéma



A Nicole ma maman chérie qui a toujours pris soin de nous et pour toutes ses prières,

*A Félix mon père pour son écoute, ses conseils et son soutien,
A mes frères et sœurs Casimir, David, Esther et Clémence,*

A mes neveux Judicaël et Fidèle,

*A la mémoire de ma grand-mère chérie
Bernadette CARAMA, qu'elle repose en paix!*

MENTION BIEN

ON BIEN

REMERCIEMENTS

La présente étude n'aurait été possible sans le concours de certaines personnes. A travers les premières pages du présent document, nous voudrions exprimer notre reconnaissance à l'endroit de toutes ces bonnes volontés qui d'une manière ou d'une autre ont contribué au bon déroulement et à l'aboutissement de notre travail. Nos remerciements s'adressent particulièrement :

- ❖ Au **Dr DABIRE Rémy** pour nous avoir accepté en tant que stagiaire à la station de recherche de l'IN.E.R.A./Farako-Bâ .
- ❖ Au **Dr SANOU Jacob**, chef du programme Céréales Traditionnelles et maître de stage du présent mémoire pour sa disponibilité, ses conseils, les enseignements aussi bien théoriques que pratiques et sa grande sympathie. Il a été «vraie lumière » pour nous tout au long de ce stage. Notre reconnaissance lui est toute particulière !
- ❖ Au **Dr SOMDA Irénée** et **M. DAO Bégué** pour leurs conseils et leur soutien.
- ❖ A l'ensemble du **corps professoral de l'IDR**, pour son encadrement technique et scientifique au cours de notre formation.
- ❖ Au **Dr KAMBIRE Hyacinthe** qui nous a fait profiter de son expérience pour l'essai fertilisation ; à son technicien SANKARA Constantin pour son aide dans la conduite de l'essai.
- ❖ A **M. SANDWIDI Raymond**, chef d'antenne de la Vallée du KOU pour avoir accepté de nous compter parmi ses passagers quotidiens et pour l'ambiance conviviale dont il a le secret ! Que toute l'équipe de l'antenne trouve ici l'expression de notre gratitude !
- ❖ A toute **l'équipe de la section AP/Maïs**, notamment les techniciens **PARE Pascal, SANOU Mamadou, ZOURE Grégoire, SANOU Lucien et SANOU Séssoum** pour l'ambiance cordiale et fraternelle qui a régné entre nous, aussi pour leur concours inestimable à la conduite des travaux sur le terrain.
- ❖ Aux collègues stagiaires et aux camarades de classe pour tous les bons moments passés et aussi les moments de galère traversés ensemble.
- ❖ A tout le personnel de l'IN.E.R.A./Farako-Bâ pour l'amitié et la fraternité dont on a bénéficiées.
- ❖ A tous ceux qui de quelque manière que ce soit ont contribué à l'aboutissement du présent mémoire.

Merci à tous !

RESUME

La productivité du maïs au Burkina se heurte à de nombreuses difficultés : pluviométrie capricieuse, maladies fongiques, baisse de fertilité des sols, faible pouvoir d'achat des producteurs... Le programme amélioration du maïs se justifie de ce fait ; car dans ce contexte, la solution génétique reste la plus économique, la plus écologique, puis la moins compliquée pour les producteurs.

Cette étude a pour objet la caractérisation morpho-génétique de 588 lignées obtenues à partir de 6 matériels différents et représentant différentes générations d'autofécondations (S1 à S12). La caractérisation inclut le comportement des lignées en conditions normales de culture, mais également en conditions de stress hydrique et de stress fertilisant.

Les principaux résultats obtenus concernent donc la description phénotypique et génétique effective des 588 lignées en conditions de culture normale et sous culture stressante (stress hydrique, stress fertilisant).

Pour la résistance au stress hydrique, 3 lignées ont été sélectionnées sur 96 lignées en générations avancées. 492 lignées de première génération de Obatanpa (S1) ont montré une sensibilité totale à la sécheresse.

Sur les 96 lignées en générations avancées, 53 lignées (ou 79,41% de ce matériel) sont résistantes à la curvulariose et 13 lignées (ou 20,6%) allient un bon potentiel de rendement et une bonne précocité. 5 lignées sur 50 de ces lignées en générations avancées présentent une biomasse racinaire importante tant en absence qu'en présence de fertilisants. Elles présentent une bonne aptitude d'extraction des éléments minéraux du sol.

La caractérisation génétique indique que la variabilité des lignées issues des groupes MAKKA et SER est faible : elles sont fixées. Une faible variation au sein de lignées S1 Obatanpa est également observée : la ségrégation des caractères pour ce matériel n'est pas encore visible à cette génération d'autofécondation.

MOTS-CLES : maïs, génotype, phénotype, stress, sélection variétale.

SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse factorielle en Composantes Principales

AGPM: Association Générale des Producteurs de Maïs

AP/maïs : Amélioration des Plantes, section maïs (Station de Farako-Bâ)

BOSTID : Board on Science and Technology for International Development

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

CIRAD: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CV : coefficient de variation

DGCI : Direction Générale de la Coopération Internationale (Belgique)

DGPSA: Direction Générale des Prévisions et des Statistiques Agricoles (Burkina Faso)

ENSA: Ecole Nationale Supérieure Agronomique (France)

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

IITA: International Institute of Tropical Agriculture

INRA : Institut National de Recherche Agronomique (France)

IPR/IFRA : Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (Mali)

MAHRH : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (Burkina Faso)

MSV : Maize Streak Virus (striure ou maladie des bandes du maïs)

ORSTOM: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

S1: selfing number 1 (première autofécondation)

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

SIB: sister X brother (sœur X frère; méthode des croisements consanguins)

SG 2000: Sassakawa-Global 2000

WECAMAN: West and Central Africa Maize Collaborative Research Network

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I-REVUE BIBLIOGRAPHIE	2
1.1 GENERALITES SUR LE MAÏS.....	2
1.2. LES MALADIES DU MAÏS.....	6
1.3 APERÇU SUR LA SECHERESSE.....	9
1.4. FERTILISATION	11
1.5. QUALITE NUTRITIVE DU MAÏS	13
1.6. JUSTIFICATION ET OBJECTIFS DES TRAVAUX	15
II-MATERIEL ET METHODES	17
2.1 MATERIEL	18
2.2 METHODOLOGIE	22
2.3. SITE ET CONDUITE DES ESSAIS.....	32
III- RESULTATS-DISCUSSIONS-CONCLUSIONS	33
3.1 DESCRIPTION PHENOTYPIQUE DES GROUPES DE LIGNEES	33
3.2 CARACTERISATION GENETIQUE DES LIGNEES	41
3.3 COMPORTEMENT DES LIGNEES EN SITUATION DE STRESS.....	51
CONCLUSION GENERALE	66
BIBLIOGRAPHIE.....	68
ANNEXES	71

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau I : Liste du matériel des cinq lots de lignées (CRDT, SER, MAKKA, ERL1N et QPMF).....	21
Tableau II: Résultat de l'analyse de variance des lignées pour la description ...	33
Tableau III: Résultat de l'analyse de variance des 492 lignées S1	34
Tableau IV : Résumé de l'ACP des lignées en fonction des variables	35
Tableau V : Résumé de l'ACP des lignées en fonction des variables	36
Tableau VI : Description phénotypique du matériel.....	38
Tableau VII: Caractéristiques moyennes des lignées S1	39
Tableau VIII : Résultat de l'analyse de variance des témoins par bloc des 5 groupes de lignées	41
Tableau IX : Résultat de l'analyse de variances des témoins des lignées Obatanpa	42
Tableau X : Variances génétiques de Tzi 35 plata	44
Tableau XI: Moyennes phénotypiques, les écarts types génétiques et environnementaux des lignées.....	46
Tableau XII: Résumé de l'analyse des nuées dynamiques	48
Tableau XIII: Résultat de l'analyse de variance selon le niveau d'irrigation.....	51
Tableau XIV : Analyse de variance des moyennes en fonction du niveau d'irrigation	52
Tableau XV : Résultat de l'analyse de variance selon le niveau d'irrigation	52
Tableau XVI : Matrice de corrélation des variables des 5 groupes de lignées.....	53
Tableau XVII : Matrice de corrélation des variables des lignées S1	54
Tableau XVIII: Résumé de l'ACP des 5 groupes de lignées.....	54
Tableau XIX: Résumé de l'ACP des lignées S1	55
Tableau XX: Lignées sélectionnées	56
Tableau XXI : Résultat de l'analyse de variance en fonction des maladies.....	57
Tableau XXII : classification des lignées par rapport à la curvulariose	58
Tableau XXIII: Résultat de l'analyse de variance des lignées en fonction du niveau de fertilisation	60
Tableau XXIV: Valeurs moyennes des différentes mesures des lignées par niveau de fertilisation	62

FIGURES

Figure 1 : Distribution des lignées (générations avancées) en fonction des 2 principaux axes	35
Figure 2 : Représentation de la distribution des lignées S1 en fonction des deux principaux axes	36
Figure 3 : Evolution de l'effet fertilisation	63

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La sécurité alimentaire est un souci majeur dans les pays en voie de développement. Pourtant des potentialités en terme de ressources vivrières existent: une grande diversité de cultures est pratiquée et les céréales occupent une place de choix. Le maïs dans ce lot se classe dans le groupe de tête. En effet, dans le monde il occupe le troisième rang des céréales après le blé et le riz ; en Afrique orientale et australe il représente 41% des superficies plantées en céréales, 21% en Afrique occidentale et centrale (SG, 2002) et 11% au Burkina selon la DGSPA/MAHRH cité par SANON (2003).

En dépit de cette situation, l'Afrique doit faire face à des pénuries alimentaires chroniques, ce qui pose avec acuité le problème de productivité de notre agriculture. Les causes semblent multiformes. Au Burkina par exemple l'on est confronté à des problèmes à plusieurs niveaux à savoir :

- un raccourcissement des saisons pluvieuses et une baisse de la pluviosité ;
- les maladies qui restent également une grande préoccupation. A titre d'exemple nous pouvons citer l'helminthosporiose, une maladie fongique qui cause des pertes pouvant atteindre jusqu'à 40% du rendement ;
- la baisse de fertilité des sols qui n'est pas en reste. Face au faible pouvoir d'achat des paysans, qui, très souvent sont d'un faible niveau de technicité, les sols ne reçoivent pas toujours les doses de fertilisation recommandées. Pire, les jachères sont écourtées, voire supprimées.

Pour remédier à ces nombreuses difficultés, l'une des solutions pour un développement durable à travers l'agriculture est la sélection génétique. Il s'agit de mettre au point des variétés qui capitaliseront l'effort (investissements financier et physique) fourni par les paysans.

Les présents travaux s'inscrivent dans cette optique. En effet, il est question de décrire et de caractériser six groupes de lignées de maïs, de les évaluer par rapport au stress hydrique, aux maladies et à un test de fertilisation pour en retenir les meilleurs.

Pour ce faire, l'ossature de notre travail s'articulera en trois parties :

- dans un premier temps, nous traiterons des généralités sur le maïs,
- dans un second temps, nous présenterons les matériels et méthodes de l'étude,
- en troisième lieu enfin, nous exposerons les résultats auxquels nous sommes parvenus.

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I-REVUE BIBLIOGRAPHIE

1.1 Généralités sur le maïs

1.1.1-Origine du maïs

L'origine du maïs a suscité de nombreuses polémiques. Les uns soutiennent qu'il serait originaire du vieux monde correspondant actuellement à l'Europe, l'Asie et l'Afrique ; cela parce qu'il était déjà cultivé dans le bassin méditerranéen bien avant la découverte du continent américain en 1492. D'autres, sans doute les plus nombreux pensent qu'il serait originaire de l'Amérique centrale, plus précisément des hauts plateaux mexicains où de nombreux échantillons témoigneraient de sa présence à plus de 5000 ans avant Jésus-Christ (GAY, 1984).

En somme, l'origine du maïs reste encore imprécise même si l'on s'accorde à dire que son évolution vers les formes actuelles s'est essentiellement déroulée en Amérique Centrale.

1.1.2-Taxonomie

Le maïs est une monocotylédone de la grande famille des GRAMINEAE. Il est classé dans la tribu des MAYDEAE encore appelées TRIPSACEAE. Cette tribu se subdivise en huit (8) genres dont cinq (5) sont originaires d'Asie : COIX, SCHLERACHNE, POLYTOCA, CHIONACME ET TRILOBACHNE ; les trois (3) autres (EUCHLOENA, TRIPSACUM et ZEA) sont originaires d'Amérique.

Le genre ZEA reste le plus exploité. Il renferme des espèces annuelles et pérennes, des formes sauvages (les téosintes) et une forme cultivée (*Zea mays*).

Selon l'une des plus récentes classifications, celle de ILTIS et DOEBLEY que rapportent MARCHAND *et al.* (1997), l'espèce *Zea mays* regroupe quatre sous-espèces que sont *Zea mays* subsp. *huehuetenangensis*, *Zea mays* subsp. *parviglumis*, *Zea mays* subsp. *mexicana* (qui compte les races Chalco, Plateau Central, Nobogame et Durango), enfin, *Zea mays* subsp. *mays* (L.). Ce dernier est la forme actuelle du maïs consommé.

1.1.3-Génétique

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).

Quatre vingt-six (86) gènes ont pu être situés exactement sur les chromosomes tandis que 108 autres ont été repérés mais sans localisation précise (LE CONTE, 1950). COE *et al.* (1977) ont trouvé des variations entre espèces attribuables aux facteurs génétiques (il y aurait entre 600 et 1000 loci incriminés, ou même plus de façon imprécise dont 350 sont clairement définis). MARCHAND *et al.* (1997) avancent le chiffre d'un millier de loci contrôlant des caractères qualitatifs, dont 575 sont rigoureusement localisés.

Entre autres gènes on note O_2 (opaque 2) responsable de la haute teneur des grains en lysine sur le 7^e chromosome à la place 16, *Ht* responsable de la résistance à *Helminthosporium turcicum* sur le chromosome n°2 en position 121 ou encore *Hm* responsable de la sensibilité à *Helminthosporium maydis* qui domine *hm2* en position 64 sur le chromosome n°9.

EMERSON *et al.* cités par LE CONTE (1950), ont étudié plus de 200 paires de facteurs mendéliens. Il s'est agit pour le grain des caractères amidon, cireux, ridé,...de la couleur du péricarpe, de l'endosperme,...des embryons abortifs aux embryons miniatures en passant par les graines sans germes. Pour la racine, un gène récessif qui empêche ou inhibe le développement des racines secondaires est connu.

Ces différents éléments offrent une large manœuvre à la sélection ; il est possible d'explorer les différents paramètres pour élaborer le maïs souhaité. Ce travail d'exploration passe par diverses méthodes de croisements dont l'essentiel est :

- La sélection massale qui, avec ses différentes variantes, est une méthode sans contrôle de pollinisation basée sur l'appréciation visuelle des meilleurs épis.
- La méthode de l'épi à la ligne, basée sur le choix des plantes mères et des meilleures plantes de leurs descendances. Cette méthode est l'amorce de la sélection moderne.

1.1.4-Morphologie

Le maïs se compose de deux parties essentielles qui sont l'appareil végétatif et l'appareil reproducteur.

1.1.4.1 L'appareil végétatif

Il comporte :

- la tige : d'une hauteur qui varie de 1,5 à 2,5 m, elle présente des entre-nœuds presque cylindriques et a un diamètre d'environ 3 à 4 cm. Le

diamètre constitue un paramètre de sélection à la résistance contre la sécheresse.

- les feuilles : elles sont alternes et présentent chacune une gaine embrassante munie de poils plus ou moins abondants en fonction des variétés. On compte en général entre 8 à 20 feuilles. Le limbe est très développé et parsemé de cellules très aptes à la plasmolyse, ce qui provoque l'enroulement de la feuille. Cet enroulement est un signe de sensibilité au stress hydrique.

- le système racinaire : est du type fasciculé avec la racine principale issue des racines séminales, des racines secondaires constituant la partie fonctionnelle et les racines d'ancrage qui aident à consolider la fixation de la plante au sol.

1.1.4.2 L'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 retrouve 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 s'insèrent 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 raflé. Un épillet renferme 2 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.

1.1.5- L'écologie du maïs

Le maïs est une plante très exigeante en lumière. En région tropicale la durée du jour est toujours inférieure à 14 heures, cela entrave l'extériorisation de photopériodisme. Néanmoins on peut observer une protandrie plus importante ou même un retard de la floraison chez certaines variétés. Des mécanismes d'assimilation chlorophyllienne performants confèrent au maïs de grandes possibilités dans la synthèse de l'amidon.

En revanche c'est une culture très sensible aux températures élevées qui plafonnent son rendement. En effet, la fécondation est perturbée dès qu'on dépasse 35°C. Cependant un minimum de 10°C est requis pour sa germination ; quand le sol est mal humidifié, les hautes températures deviennent défavorables. La température a une influence non négligeable sur la durée du cycle végétatif (ROUANET, 1984).

Le maïs est très sensible aux variations de la fertilité du sol. Il répond bien aux apports d'engrais et notamment d'azote. Il affectionne particulièrement les sols riches en matière organique, sains, profonds et doués de bonnes propriétés physiques (ANONYME, 1980). Il est tolérant à l'acidité (sols de pH 5,5 à 7).

La culture du maïs nécessite une pluviométrie supérieure à 700 ou 800mm ; ces quantités dépendent toutefois du climat (hygrométrie) et de la durée du cycle de culture (PODA, 1979). Au Burkina on estime les besoins en eau à environ 5,2 – 5,5 mm/jour jusqu'au 60^{ème} jour (floraison), 6 mm/jour du 60^{ème} au 90^{ème} jour et moins de 4 mm après le 90^{ème} jour.

1.1.6. Les 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. Ils 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 un 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 mais, il fait remarquer sa restauration après un croisement de

ces lignées. HALLAUER et MIRANDA cités par MARCHAND *et al.* (1997) abondent dans le même sens en précisant que les hybrides issus de croisements entre lignées homozygotes (hybrides simples) sont 200 à 300% supérieurs 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 pose alors un problème de rentabilité économique des semences pour les producteurs. L'utilisation d'hybrides variétaux ou d'hybrides double voie, respectivement fruits de croisements entre variétés et entre hybrides simples est 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 la super-dominance pour expliquer l'hétérosis.

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

Notons au passage le «top-cross» qui est un procédé rapide d'évaluation de l'aptitude à la recombinaison des lignées (ROUANET, 1984).

1.2. Les maladies du maïs

1.2.1. Classification

Les maladies peuvent être classées en deux catégories selon qu'elles sont provoquées par des parasites ou non.

La première catégorie rassemble plusieurs groupes selon la nature de l'agent pathogène et la partie de la plante affectée. Un classement en fonction

des stades de croissance des plantes au moment de l'agression est aussi possible. C'est en cela que ROUANET (1984) distingue des maladies au stade de la levée : il s'agit de la « fonte de semis » due à des champignons. Des maladies du feuillage et de la tige pendant la période végétative avec des pertes importantes de rendement et, des maladies des épis à la période reproductive ou même en stockage.

Quant à la seconde catégorie des maladies, on y retrouve les déficiences en éléments nutritifs du milieu.

Nous nous intéresserons particulièrement dans ce chapitre à la première catégorie.

En se fondant sur la nature de l'agent pathogène on note les maladies fongiques ou cryptogamiques, les maladies bactériennes et les maladies virales. Ces maladies agressent les plantes à différents niveaux que ce soit les épis, les feuilles, les tiges ou les racines. C'est ainsi que RISTANOVIC (2001) souligne en Afrique la présence généralisée de pourritures de l'épi, de brûlures des feuilles, de pourritures des tiges et des bandes sur les feuilles.

En Afrique tropicale francophone, note ANONYME (1980), le maïs cultivé est en général bien adapté à son milieu quoique des pertes dues à la persistance de certaines maladies foliaires et des conditions de stockage demeurent encore.

1.2.2. Cas du Burkina

Au Burkina les maladies foliaires fongiques sont les plus importantes et peuvent engendrer des pertes considérables.

Aux comptes de celles-ci les brûlures de feuilles ou helminthosporiose qui sont capables d'occasionner des baisses de plus de 40% du rendement. On a l'helminthosporiose provoquée par :

Helminthosporium maydis : c'est une maladie des régions chaudes et humides. On observe des taches de petite taille et de forme rhomboïde qui s'allongent progressivement. Elles sont limitées dans leur croissance par les nervures adjacentes ce qui donne des lésions rectangulaires (2-3 cm de long) qui en se rejoignant engendrent de larges portions brûlées. Cette description est caractéristique de la race « O ». Il existe la race « T » qui se distingue par des taches ovales et plus larges se retrouvant même au niveau des bractées et des gaines. Cette race « T » a fait des ravages aux USA sur le maïs ayant reçu le facteur « Texas » de l'androstérilité (DE LEON 1978)

MENTION BIEN

Helminthosporium turcicum est rencontré dans les régions très humides avec des températures qui restent basses. Les taches sont légèrement ovales, de consistance aqueuse. En se rejoignant, ces taches forment des zones nécrotiques allongées et fuselées.

Helminthosporium carbonum est plutôt spécifique des climats tempérés, on y retrouve deux races. La race I avec des taches zonées et brunâtres sur toute la plante ; les épis pourrissent et deviennent noirs. La race II présente des taches allongées, étroites avec aussi des possibilités de pourritures des épis.

En plus des brûlures, on a les taches foliaires provoquées par *Curvularia lunata* et *Curvularia pallescens*. Ces champignons occasionnent des taches jaunâtres ou brunes entourées d'un halo clair. Au stade de développement complet, ces taches sont d'environ 0,5 cm de diamètre. Cette maladie sévit dans les régions chaudes et humides. DE LEON (1986) fait remarquer qu'elle peut aussi causer des dommages considérables.

Outre ces maladies cryptogamiques, on note la maladie des bandes ou striure du maïs. Elle a connu une recrudescence en 1983 en Afrique de l'Ouest dans plusieurs pays dont le Burkina (ROUANET, 1984). Provoquée par le MSV (maize streak virus), elle forme des petites taches rondes sur les jeunes feuilles. Plus tard, au développement complet c'est une chlorose accompagnée de stries jaunes parallèles aux nervures. Le virus est inoculé par la piqûre de *Cicadulina mbila* en particulier. L'alimentation en elle-même du vecteur d'après ORTEGA (1988) ne pose pas de véritables dégâts économiques. Les larves et adultes se tiennent dans les verticilles foliaires et transmettent le virus. En Amérique centrale cette maladie provoque des baisses de 43% du rendement.

1.2.3.Lutte

Un ensemble de techniques, de traitements chimiques et de pratiques culturales ont permis un contrôle satisfaisant des maladies du maïs. Cependant comme l'avance RISTANOVIC (2001), le recours aux ressources génétiques constitue une méthode plus rentable et moins nuisible pour l'environnement. Il est soutenu par ULLSTRUP (1977) qui remarque que les dégâts économiques connaissent une baisse significative avec l'utilisation de variétés résistantes. Les variétés résistantes sont alors la voie de recherche privilégiée. Selon VANDER PLANK cité par PODA (1979) on note trois types de résistance :

- la résistance verticale qui consiste en une résistance à certaines races de l'agent pathogène ;

- la résistance horizontale qui est la résistance à toutes les races d'un pathogène donné ;

- l'immunité qui est la résistance totale face à une maladie.

Les variétés résistantes réagissent soit en combattant, soit en atténuant ou encore en surmontant les atteintes de l'agent pathogène grâce à différents mécanismes comme la pilosité, la rugosité, la tunique cireuse de la tige et la sécrétion de substances chimiques.

1.3 Aperçu sur la sécheresse

1.3.1. Définitions et typologie

Selon SAARINEN (1966) cité par SIVAKUMAR (1991), une quarantaine de définitions de la sécheresse ont été proposées. SIVAKUMAR a remarqué que le déficit hydrique est commun à toutes les définitions. Il le retient alors comme élément majeur dans la sécheresse. Sur cette base deux catégories de sécheresse ont été dégagées : une période sèche qui compte au moins quinze jours consécutifs sans une pluie journalière d'une hauteur de 1 mm ou plus ; une sécheresse absolue qui débute après quinze jours consécutifs sans une pluie journalière supérieure à 0,25 mm.

On observe une sécheresse intermittente qui survient à tout moment du développement de la culture et une sécheresse terminale ou de fin de cycle. Cette dernière est typique aux saisons sèches dans les zones semi-arides (SANOU, 1996).

1.3.2. Conséquences de la sécheresse

Les conséquences de la sécheresse se font sentir à plusieurs niveaux. Les plus évidents sont la réduction de la productivité 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% (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.

1.3.3.Méthodes de lutte contre la sécheresse et mécanismes de résistance

Depuis les grandes sécheresses qui ont marqué les années 1970, des travaux ont été menés pour préserver ou améliorer la productivité du maïs en condition de stress hydrique. Il s'agit de travaux qui ont concerné les stratégies d'optimisation de la gestion de l'eau. IITA (1983), après des travaux menés au Burkina Faso, conseille un travail plus profond du sol, des billons cloisonnés et des cultures associées maïs/ légumineuses. Le domaine que constitue la limitation de la transpiration des plantes par l'installation de brise-vent, d'ombrage a été exploré. Des résultats satisfaisants sont également obtenus par l'utilisation de produits nanisant ou d'anti-transpirants dont l'usnate de potassium selon GUENOLA cité par SANON (2003). En dehors de ces actions, la plante développe des mécanismes de résistance qui sont pris pour certains comme critères de sélection.

Une plante peut être apte à pousser correctement dans des conditions de déficit hydrique. Elle développe alors une résistance. On peut citer :

- L'échappement qui est le mécanisme par lequel la plante échappe à la sécheresse en réalisant tout son cycle avant le stress hydrique important. Cela est envisagé pour les sécheresses de fin de cycle. Dans ces conditions, le critère de sélection est la précocité.

- L'esquive qui permet aux plantes de maintenir leur potentiel hydrique faiblement négatif en condition de stress hydrique ; ceci évite la déshydratation des tissus.

- La tolérance qui confère à la plante l'aptitude à supporter l'abaissement de son potentiel hydrique tissulaire. Cette stratégie est rencontrée dans les zones caractérisées par une fréquence élevée de sécheresse intermittente, de durée et d'intensité variables.

Les sièges de ces mécanismes sont localisés dans les différents organes de la plante:

- * au niveau des feuilles, en réaction à un déficit hydrique sévère, les génotypes sensibles développent des nécroses. Par contre l'enroulement foliaire associé à la capacité de reprise est un bon indicateur de résistance à la sécheresse.

- * au niveau de la tige, le stock de sucre constitue une zone tampon entre le grain et le sol puis maintient temporairement des conditions hydriques

favorables dans les feuilles, en période de déficit hydrique. La tige de maïs est la source principale d'assimilats pour le remplissage des grains en cas de longue sécheresse.

* au niveau de l'appareil reproducteur et du grain, le stress hydrique est responsable d'une augmentation de l'écart entre la floraison mâle et femelle. Cela influence le pourcentage de fécondations et le nombre de grains formés. MONNEVEUX cité par DABIRE (2000) propose la sélection du génotype à courtes périodes de remplissage du grain.

* au niveau des racines, la résistance à la sécheresse se traduit par une plus forte extraction de l'eau du sol. Seules des racines à grande vitesse de pénétration en profondeur et à large expansion ont cette possibilité de forte extraction. Le nombre des racines est également à prendre en considération. Les travaux de FISCHER *et al.* (1981) ont mis en évidence qu'une sélection sur le maïs pour une masse racinaire importante aboutit à une augmentation du rendement grain en condition de stress hydrique. Par contre, une sélection pour l'augmentation de la longueur des racines est plus intéressante dans les cas de stress sévères.

1.4. Fertilisation

1.4.1. Concept

Pour ROUANET (1984), il faut parler de « fertilisation raisonnée » qui consiste à apporter aux plantes les quantités d'éléments nutritifs qu'elles ne sont pas à mesure de trouver dans le sol. RISTANOVIC (2001) dans le même sens suggère l'application des engrais en fonction de la teneur du sol en ces différents éléments, du taux d'humidité du sol et de la période de maturation des cultivars.

L'handicap majeur dans la production du maïs dans la savane au nord de la Guinée demeure l'infertilité des sols. En effet les sols de culture sont souvent épuisés par une exploitation intense sans apport conséquent d'éléments fertilisants (RISTANOVIC, 2001).

1.4.2. Besoins

Le maïs a de gros besoins en éléments nutritifs ; ces besoins pour la culture (plante entière, racines y compris) ayant une récolte de 6500 kg de grains sont de l'ordre : N 210 kg, P₂O₅, 90 kg, K₂O 170 kg, chaux 35 kg, magnésie 40 kg, soufre 25 kg.

Ces besoins ne sont pas constants. Ils passent par un maximum avant la floraison. En effet, dans la période de 30 à 40 jours autour de la pollinisation, la plante absorbe 75% de tous les éléments essentiels. GROS (1974) rapporte qu'au cours de la période critique (1 semaine avant apparition des panicules mâles à 4 semaines après celle-ci) le maïs absorbe les 2/3 de P_2O_5 et les 3/4 de N nécessaires pour toute la végétation.

Le maïs répond bien à la fumure organique. La teneur en matière organique est une des clés de la culture du maïs en ce sens que non seulement elle améliore les qualités physiques du sol, permet une activité microbienne, maintient en réserve de l'eau mais aussi contribue à la libération de l'azote minéral. Des doses de 30 à 40 t/ha de fumier enfoui, de 30 à 80 m³ pour le lisier sont souhaitables ; l'enfouissement des tiges peut apporter 6 à 12 kg d'azote par tonne (PODA, 1979).

1.4.3. Carences et impacts

Généralement le premier facteur limitant d'après ANONYME (1980) serait l'acide phosphorique. Selon ROUANET (1984), grossièrement il y a risque de carence pour la potasse ou le phosphore assimilable lorsque les teneurs dans le sol sont inférieures à 100 ppm (0,01%). Une carence en K_2O peut entraîner une verse racinaire due au mauvais développement des racines d'ancrage, ou la casse due à une désintégration du parenchyme. P_2O_5 favorise un développement du système racinaire, la fécondité et la maturité. Cependant, le facteur qui requiert une attention particulière tout le long du cycle est l'azote.

1.4.4. Solutions

Pour une culture réussie, il faut donc veiller à la fumure d'entretien, à celle de redressement surtout en ce qui concerne le phosphore et procéder à un amendement calcique ou calco-magnésien lorsque le pH est inférieur à 5. Une rotation faisant précéder le maïs d'une légumineuse est aussi bénéfique quant à la teneur du sol en azote.

Les ressources génétiques peuvent aussi constituer une solution pour ce problème de fertilité des sols. Comme MARCHAND *et al.* (1997) l'indiquent, parmi les critères de sélection génétique de variétés il faut inclure :

- la recherche de résistance ou de tolérance à l'acidité ;
- la recherche de résistance ou de tolérance à la toxicité aluminique ;
- une meilleure utilisation de l'azote.

1.5. Qualité nutritive du maïs

1.5.1. Le grain de maïs et ses constituants

Pour l'alimentation humaine, les principaux composants du grain sont les hydrates de carbone (amidon et sucre), les protéines, les graisses ou huiles (dans l'embryon) et les éléments minéraux.

A peu près 75% du grain est constitué d'amidon. Ce taux varie de 60 à 80% selon le type de grain (denté, dur, cireux). L'amidon est la principale source d'énergie.

Le maïs cireux contient 100% d'amylo-pectine, tandis que le maïs normal contient seulement 72% d'amylo-pectine et 28% d'amylose. Des hybrides de maïs contenant plus de 70% d'amylose ont été produits (RISTANOVIC, 2001).

L'endosperme aussi a une composition qui peut être modifiée pour répondre à différents besoins.

Dans le maïs, la quantité de protéines est relativement basse et varie entre 8 et 15% pour un grain normal. Les protéines du maïs ont un pourcentage élevé en acides aminés soufrés (méthionine et cystéine), mais ne contiennent que très peu d'acides aminés essentiels comme la lysine et le tryptophane. Il existe des variations héréditaires substantielles concernant la quantité et la qualité des protéines.

Le maïs couramment rencontré renferme 4 à 5% d'huile dans l'embryon du grain. L'huile du maïs est hautement poly-insaturée. Les variétés à haute teneur en huile présentent généralement une meilleure qualité protéique. Cela permet de combler à la fois les besoins en calories et en éléments plastiques. Le grain de maïs contient en outre de grandes quantités de carotènes et xanthophylles ; mais on est confronté à une déficience en vitamines B (BOSTID, 1988).

1.5.2. Maïs et malnutrition

Plus de la moitié des populations présentant des signes de malnutrition vivent dans les pays dont la nourriture de base est le maïs. Cela s'explique par le fait que le maïs renferme une faible proportion de lysine et de tryptophane, d'où une faible quantité de protéines assimilables par l'homme. Ce même constat est fait en Europe à l'introduction du maïs chez les couches sociales qui l'utilisent comme base de leur alimentation. Le kwashiorkor et le marasme sont largement

répandus dans ces milieux. D'autres problèmes de malnutrition comme la pellagre due à la déficience en vitamines « B » y sont légion.

1.5.3. Amélioration de la valeur nutritive du maïs : variété QPM (maïs à qualité protéique)

L'amélioration du maïs est possible depuis la découverte du gène opaque «O₂». Ce gène modifie les proportions des différents éléments du grain dans le sens de l'augmentation du taux des acides aminés essentiels (ALEXANDER, 1977). La teneur de la lysine est doublée. Elle passe de 1,7 à 3,6 g pour 16 g d'azote dans l'albumen. Il en est de même pour la méthionine qui passe de 0,3 à 0,7 g et du tryptophane qui va de 1,6 à 2,1 g dans 16 g d'azote. Par contre, le taux de zéine, protéine pauvre en lysine baisse de moitié. Il passe de 55,1 à 22,9% des protéines du grain. Il semblerait que le caractère richesse en protéine soit partiellement récessif et pluri-factoriel (PODA, 1979).

La teneur en protéines dans le grain est aussi sous l'influence des conditions de l'environnement. Ainsi, le manque d'eau à la maturité provoque un échaudage des grains avec augmentation de la part de protéine. Il en est de même pour tout mécanisme qui entrave l'accumulation des glucides. L'apport de dose supplémentaire d'azote après l'anthesis peut aussi favoriser l'augmentation du taux de protéines dans certaines variétés de maïs.

1.5 4. Limites des QPM

Cette augmentation de la part de protéine est accompagnée de quelques problèmes. Le gène opaque «O₂» donne des grains qui se dessèchent moins vite, donc susceptibles d'attaques fongiques. Effectivement il est noté une sensibilité des grains «O₂» aux maladies et aux attaques d'insectes (DABIRE, 1979). En outre, le poids spécifique des grains contenant «opaque 2» est faible, ce qui se traduit par une baisse d'environ 10 à 15% du rendement. Des gènes analogues «floury 2», «opaque 7», présentent les mêmes problèmes de sensibilité aux maladies fongiques et de baisse de rendement. Cela a contribué à l'abandon des travaux sur les grains riches en protéine même si des esquisses de solutions ont été trouvées. Le CIMMYT, l'une des rares institutions qui continuent à travailler dans l'amélioration de la valeur nutritive du maïs, exploite ces voies. Ce sont l'association des gènes de suppression de la texture farineuse, la combinaison de gènes mutants de l'albumen, et enfin la sélection récurrente pour la teneur en lysine.

1.6. Justification et objectifs des travaux

1.6.1. Justification

De ces généralités, il apparaît que parmi les céréales cultivées au Burkina, le maïs est celle qui a le meilleur indice de rendement (SANOU, 1996). Malheureusement, plusieurs contraintes limitent sa production ; les plus importantes sont :

- les stress hydriques persistants ou occasionnels (SIVAKUMAR, 1991). Dans les pays semi-arides d'Afrique, 40% des surfaces de maïs subissent des sécheresses occasionnelles faisant baisser la production de 10 à 25%. Dans cette même zone, 25% des surfaces subissent des stress hydriques fréquents provoquant des pertes de rendement de 25 à 50% (CIMMYT, 1991).

- les ennemis de la culture. Dans ce groupe nous avons les maladies foliaires dont les plus importantes sont fongiques (helminthosporiose, curvulariose) selon SERE et DIEME (1990). Dans certaines conditions de production au Burkina Faso, elles peuvent entraîner des pertes de plus de 40% du rendement, voire une absence totale de production (SANON, 2003).

- la pauvreté des sols en éléments majeurs et l'encroûtement de leur surface (IITA, 1983) ;

- les contraintes techniques. Ce sont le faible niveau de technicité et d'équipement des producteurs. En sus, ces producteurs sont en majorité analphabètes;

- les contraintes d'ordre économique et structurel. Ce sont le coût élevé des facteurs de production (engrais, herbicides, semences...) et l'insuffisance des infrastructures (route, magasins).

Au regard de la multiplicité et de la diversité des contraintes, une conjonction des efforts de différents secteurs est nécessaire pour les juguler. Ce sont les secteurs intervenant directement ou non dans la production comme la vulgarisation des nouvelles techniques, l'alphabétisation des paysans, la mise au point de variétés résistantes aux stress majeurs de la culture,...

Dans le volet génétique, les actions menées concourent à maximiser la production dans les zones propices à la culture d'une part, à la sécuriser dans les zones marginales d'autre part. Elles visent l'augmentation de la productivité, des superficies par la création de variétés adaptées aux diverses contraintes et répondant au double besoin des producteurs et des consommateurs.

La stratégie de recherche mise en œuvre tient compte de trois éléments fondamentaux (SANOU, 1991). Il s'agit des conditions écologiques du pays, de la technicité de l'agriculteur et des besoins des consommateurs.

La mise en œuvre de cette stratégie a abouti à une grille d'une vingtaine de variétés de maïs (composites, synthétiques et hybrides) qui sont proposées à la vulgarisation. Ces variétés sont supérieures au moins de 25% par rapport aux écotypes locaux tout en conservant les mêmes avantages organoleptiques.

1.6.2. Objectifs

Des centaines de lignées en générations avancées (de 4 à 12) ont été extraites de variétés de maïs. Leur description, leur comportement face à divers stress sont inconnus. Il est particulièrement question du stress hydrique, des maladies foliaires et de l'utilisation des fertilisants. Dans la lancée de l'augmentation de la production et de la productivité maïsicoles, il est question de procéder dans ce matériel à la sélection de lignées stables, présentant une bonne agro-morphologie et qui possèdent une résistance aux principales contraintes de production. Ces lignées pourraient être inscrites à la grille variétale de l'INERA.

A moyen terme, il s'agira de faire des croisements pour l'obtention d'hybrides, de synthétiques ou composites qui allieront une tolérance à la sécheresse et aux principales maladies fongiques, puis, une utilisation optimale des éléments nutritifs. Grâce à l'hétérosis, on pourrait compter sur un accroissement sensible de rendement.

Le maïs est essentiellement utilisé pour la nutrition humaine au Burkina Faso. Outre l'augmentation de la production et de la productivité, une amélioration de la valeur nutritive du maïs est tout à l'intérêt des populations. Ainsi, l'autre volet de ces travaux est l'amélioration de la qualité nutritive d'une variété QPM (Obatanpa) par l'augmentation du taux de grains riches en acides aminés assimilables par l'homme. Cette amélioration passe par la mise au point de lignées Obatanpa qui seront par la suite croisées.

Cette variété provenant du Ghana, il est aussi entamé un processus d'adaptation à l'écologie du Burkina. De ce fait, sera renforcée sa tolérance à la sécheresse comme pour les lignées en générations avancées.

II-MATERIEL ET METHODES

MENTION BIEN

MATERIEL

2.1 Matériel

L'étude n'a porté que sur du matériel végétal . Ce matériel est composé de deux grands groupes que sont le matériel testé (ce sont les lignées étudiées) et le matériel de référence (ou encore témoins).

2.1.1 Matériel testé

Il se compose de 588 lignées de maïs, issues de 4 variétés vulgarisées. Ce sont les variétés MAKA, FBC 6, ESPOIR et OBATANPA.

* 40 lignées issues de Maka. Cette variété est une «variété population » à grain jaune corné, avec un rendement moyen en essai de 3,1 t/ha. Elle est tolérante à la sécheresse et aux maladies fongiques (helminthosporiose, rouille). Elle est précoce et dotée d'une rusticité appréciable. Maka a une bonne qualité gustative. Cependant, elle a une homogénéité insuffisante. Les lignées extraites de Maka se subdivisent en trois sous-groupes :

- 4 lignées SER : qui résultent de la sélection sur des épis à longs pédoncules qui basculent à maturité vers le bas, d'où leur nom *Sélection pour Epis Renversés*. Cette sélection, outre les qualités reconnues à Maka, a pour objectif de parer aux attaques de certains oiseaux et d'éviter un pourrissement du grain à cause de l'humidité trop forte due aux dernières pluies.

- 22 lignées CRDT ou lignées maximisant les *Composantes de Rendement*. Elles sont sélectionnées pour leurs performances au niveau des différentes composantes du rendement. On peut citer, le nombre de rangs par épis, le nombre de grains par rang, la longueur de l'épi, le diamètre de l'épi. Pour chaque paramètre, il est élaboré des lignées.

- 14 lignées Maka : issues d'une sélection fondée sur les caractéristiques de la variété ; elle vise principalement une homogénéisation de la variété et un renforcement de sa réaction face aux maladies (surtout l'helminthosporiose).

* 26 lignées ERL1N issues de FBC 6 : ce sont des lignées obtenues par une méthode d'*Extraction Rapide de Lignées à grains Normaux*. Il s'agit d'un croisement de FBC 6 avec des lignées de maïs sucré à grains «ratatinés» (SANOU, 2000).

FBC 6 est généré par un brassage de huit (8) composites. Elle présente l'avantage d'une bonne précocité (91 jours), une tolérance aux viroses (Streak) et aux maladies fongiques. Elle a une bonne qualité gustative et un potentiel de

rendement assez élevé (5,6 t/ha). La variété FBC 6 possède des grains cornés-dentés de couleur jaune à jaune-orangé. Son point faible est son imparfaite homogénéité.

Les lignées ERL1N visent une amélioration des qualités de la variété et une correction de ses faiblesses.

*492 lignées de première génération (S1) issues de la variété Obatanpa à partir de 250 familles Obatanpa sélectionnées sur une production avec comme critère la conformité des épis aux normes Obatanpa.

Obatanpa est une variété QPM (Maïs à Qualité Protéique) composite à grains blanc-denté (près de 10% plus riche en protéines assimilables par les mono gastriques que le maïs couramment rencontré), elle présente une résistance à la maladie des bandes ou striure. Elaborée au Ghana en 1992, avec un rendement moyen d'environ 4,8 t/ha, elle est rebaptisée «ma songo» au Burkina Faso.

Mise au point des 492 lignées de première génération (S1) Obatanpa riches en protéines assimilables

Table lumineuse

Chacune des 250 familles est d'abord passée à «la table lumineuse» qui permet de juger du pourcentage de protéine contenu dans le grain. Le gène responsable de la présence des protéines est récessif et dit «opaque»; les grains «opaques» sont plus légers que les grains cornés normaux. Les protéines étant plus opaques que l'amidon, ce dernier laisse donc passer beaucoup plus facilement la lumière.

La table lumineuse est un appareil muni d'un néon et recouvert d'un plexiglas. Le grain une fois posé sur le plexiglas coté germe laisse voir des parties plus sombres qui représentent donc les protéines.

Il a été choisi dans chaque famille, les grains ayant entre 25% et 50% de protéines. Cela permet d'avoir aux générations de lignées plus avancées en autofécondations, des épis riches en protéines dans les proportions de 50% à 100%, ce qui affectera faiblement le rendement.

Dispositif

Il s'agit d'un dispositif standard. Chaque famille retenue après passage à la table lumineuse, donc à grain de 25 à 50% de protéine, est semée sur une ligne de 5 m avec les écartements 0,80 m X 0,25 m à raison d'un pied par poquet. Des autofécondations sont réalisées sur chaque entrée.

Pour la suite des travaux, il a été choisi de façon aléatoire 2 épis autofécondés par famille soit les 492 lignées.

* 30 lignées QPM issues de la variété « Espoir ». C'est une variété composite à grain jaune ou jaune-orangé de texture cornée-dentée. Elle est issue de Pop. 66 SR du CIMMYT/IITA. Elle présente surtout une richesse en protéine (lysine et tryptophane) assimilable par l'homme et les animaux ; de même, elle est riche en provitamine A. Sa production exige un isolement pour maintenir sa richesse en protéine. Son rendement-grain est estimé à 6,5 t /ha pour un cycle semis-maturité de 97 jours. Ces lignées sont extraites dans le but d'une amélioration des qualités de la variété.

Ces 30 lignées QPM extraites de la variété ESPOIR ont été obtenues par la même méthode que celle des 492 lignées S1 Obatanpa. Les lignées QPM sont au moins à 4 générations d'autofécondations. Le génotype des différentes lignées en générations avancées est indiqué au tableau I.

2.1.2 Matériel de référence

FBH 34 SR : *Farako-Bâ Hybrid 34 Streak Resistant* qui est un hybride variétal issu du croisement EV 8444 SR x SR 22. Il présente une résistance au MSV et a un bon potentiel de rendement (6,5 t/ha) avec des grains blancs et semi-cornés. Compte tenu de son homogénéité, il sert pour l'évaluation de l'effet environnemental.

Tzi 35 plata : lignée fixée pour aider à déceler l'existence de possibles variations de l'environnement.

Tableau I : Liste du matériel des cinq lots de lignes (CRDT, SER, MAKA, ERLIN et QPMF)

LIGNEES	N° D'ENTREES	LIGNEES	N° D'ENTREES
QPMF 21-2-1-1	1	CRDTnaine-1-pro-1-4-1	49
QPMF 41-1-2-1	2	CRDT 22-1-2-1-1-3-1-1	50
QPMF 6-2-1-1	3	CRDT 29-3-2-1-5-3-1	51
QPMF 25-4-1-2-1	4	CRDT 5-5-3-bifide-2-3-6-1	52
QPMF 21-2-1-10-1	5	SER 143-11-1-2-1-1	53
QPMF 25-4-1-1-1	6	SER 164-3-3-1-2-1-1	54
QPMF 21-2-1-3-1	7	SER 164-1-36-1-6-2-5-1	55
QPMF 21-2-1-2-1	8	SER 143-11-1-5-1-1	56
QPMF 12-1-4-1-1	9	ERLIN 31-1-3-1-1	57
QPMF 21-2-1-1	10	ERLIN 6-3-1-3-1	58
QPMF 21-2-1-8-1	11	ERLIN 28-3-2-1-1	59
QPMF 25-4-2-2-1	12	ERLIN 8-1-4-2-1	60
QPMF 21-2-1-6-1	13	ERLIN 9-5-1-2-1	61
QPMF 3-3-3-1	14	ERLIN 27-1-2-3-1-1	62
QPMF 12-1-1-1-1	15	ERLIN 31-3-2-1-1	63
QPMF 21-2-2-1-1	16	ERLIN 31-1-4-5-5-1	64
QPMF 21-2-3-2-1	17	ERLIN 26-3-2-4-1	65
QPMF 21-2-1-5-1	18	ERLIN 6-4-1-1-1	66
QPMF 16-1-1-1	19	ERLIN 31-5-1-2-1	67
QPMF 21-2-2-1-1	20	ERLIN 8-3-3-7-1-1	68
QPMF 21-2-3-1	21	ERLIN 31-1-4-1-1	69
QPMF 20-2-1-1	22	ERLIN 23-1-1-3-1	70
QPMF 29-2-1-1	23	ERLIN 23-2-2-1	71
QPMF 24-1-1-1	24	ERLIN 6-4-3-6-1	72
QPMF 21-2-2-2-1	25	ERLIN 8-3-3-2-1	73
QPMF 25-2-1-1-1	26	ERLIN 10-5-1-4-1	74
QPMF 21-2-1-7-1	27	ERLIN 7-3-2-3-2-1	75
QPMF 3-1-1-1	28	ERLIN 9-2-2-1-1	76
QPMF 11-1-2-1	29	ERLIN 9-3-1-4-1	77
QPMF 14-3-1-1	30	ERLIN 23-1-3-2-1	78
CRDT 17-5-3-1-5-1-2-1	31	ERLIN 27-1-1-4-1	79
CRDT 5-5-3-bifide-2-6-2-1	32	ERLIN 9-1-1-8-1	80
CRDT 5-5-3-bifide-2-6-1-1	33	ERLIN 6-2-1-11-1	81
CRDT 5-5-3-bifide-1-7-1-1	34	ERLIN 6-4-2-1-1	82
CRDTnaine-1-pro-2-2-1	35	MAKA 19-5-4-1-2-1-2-1-3-2-1	83
CRDT 5-5-3-bifide-2-2-2-1	36	MAKA 1-9-2-1-1-5-2-2-1-1	84
CRDT 29-3-2-1-2-2-5-2-1	37	MAKA 1-10-1-1-2-1-1-2-2-1-1	85
CRDT 17-5-3-1-4-1-3-1-1	38	MAKA 19-5-4-1-2-1-2-2-3-4-1	86
CRDT 28-4-1-1-3-1-1-1	39	MAKA 19-5-4-1-2-1-2-1-3-1-1	87
CRDT 5-5-3-bifide-3-9-2-1	40	MAKA 51-7-1-4-4-5-1-1-1-3-1-1	88
CRDT 5-5-3-bifide-3-9-3-1	41	MAKA 69-7-2-2-1-3-1-5-6-1-1	89
CRDT 5-5-3-bifide-2-3-2-1	42	MAKA 19-5-4-1-2-1-2-2-3-1-1	90
CRDTnaine-1-pro-1-3-2-1	43	MAKA 1-10-1-1-2-1-2-2-1-1	91
CRDTnaine-1-pro-2-3-1	44	MAKA 69-7-2-4-1-2-1-1	92
CRDT 18-4-3-1-1-1-2-2-1	45	MAKA 19-5-4-1-2-1-2-2-2-1-1	93
CRDT 29-1-2-1-1-3-3-1	46	MAKA 81-8-1-5-1-1-1-1-1	94
CRDT 29-1-2-1-1-3-2-1	47	MAKA 1-9-2-1-1-4-3-1-1-1	95
CRDT 29-3-2-1-2-1-2-1-1	48	MAKA 1-10-1-1-2-1-2-4-3-1	96

METHODES

2.2 Méthodologie

Les méthodes suivies pour mener à bien ces travaux sont décrites par expérimentation.

2.2.1 Description phénotypique des lignées

Objectif

Des groupes de lignées ont été mis au point ; il est maintenant question d'étudier leur homogénéité, de les décrire et de les classer en fonction de paramètres suivis (cycle, architecture, composantes de rendement...).

2.2.1.1 Dispositif expérimental

C'est un dispositif de type «Bloc Fisher ». La parcelle élémentaire d'étude correspond à une ligne de trois mètres (3 m) et comporte un seul matériel végétal. Le dispositif compte cinq répétitions.

Les semis ont été réalisés avec les écartements de 0,80 m x 0,25 m, à raison d'un pied par poquet, soit une densité de 50 000 plantes/ha.

Les parcelles sont convenablement irriguées (à l'ETM).

Les observations ont concerné cinq (5) plantes par parcelle utile ou par matériel végétal.

2.2.1.2 Variables étudiées

Les variables mesurées sont :

Floraison mâle (FM) : c'est l'estimation de la période d'anthèse par comptage des jours après semis où les plantes choisies émettent du pollen.

Floraison femelle (FF) : il s'agit d'une estimation de la période de floraison de l'épi marquée par une émission des stigmates (soies).

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 (absence de vert sur les spathes).

Hauteur moyenne de la plante (HT) : c'est la mesure en centimètre de la hauteur des plantes après anthèse depuis la base de la plante jusqu'au dernier nœud avant la panicule.

Hauteur moyenne d'insertion de l'épi (HIE) : c'est la mesure en centimètre de la hauteur d'insertion de l'épi depuis la base de la plante au nœud d'insertion de l'épi sur la tige.

Nombre total de feuilles (NTF) : il s'agit du comptage des feuilles des pieds choisis en faisant attention aux deux premières feuilles de la base (souvent tombées).

Nombre de feuilles au-dessus de l'épi (FSE) : c'est le comptage des feuilles situées au-dessus de l'épi principal.

Présence ou absence de feuille sur l'épi (FE) : il s'agit de constater au niveau de l'épi la présence ou l'absence de feuilles qui peuvent contribuer au remplissage des grains ; la présence est notée = 1 et l'absence = 0.

Présence ou absence de ligule (LIG) : La ligule est la petite feuille observée sur la dernière gaine; en cas de :

présence = 1

absence = 0

Intensité de la pubescence (PUB) : Il s'agit des poils au niveau des gaines foliaires :

absence de poils = 0

faible pubescence = 1

forte pubescence = 2

Nombre d'épis (NE) : c'est le comptage des épis que porte une plante.

Section moyenne de la tige (ST) : c'est la mesure en millimètres de la section moyenne des tiges marquées au niveau du tiers moyen (juste en dessous de l'épi).

Pourcentage de verse (PV): ce pourcentage indique le taux de plantes "versées" à maturité pour chaque entrée; il s'agit des plantes couchées depuis la base (au niveau des racines), ce qui traduit la faiblesse ou même l'absence des racines d'ancrage.

Pourcentage de casse (PC): c'est le taux de plantes qui ont la tige cassée à maturité; ce taux traduit la sensibilité de l'entrée à la carence en potassium.

Rendement (RDT) ; c'est l'estimation en tonne/ha de la quantité de maïs-grains produite par parcelle. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$RDT = PE \times \left[\frac{PgE}{PeE} \right] \times \left[\frac{100 - H}{85} \right] \times \frac{10}{S}$$

S : superficie de la parcelle en mètre-carré (2,4 m²).

H: humidité relative des épis à la récolte.

PE : poids en kilogramme des épis de la parcelle.

PeE: poids en Kg des épis de l'échantillon.

PgE: poids grain en Kg des épis de l'échantillon.

Une biométrie sur les épis au laboratoire après récolte est réalisée. Les caractères concernés sont :

- Nombre de rangées par épi (NR),**
- Nombre de grains par rangée (NGR),**
- Longueur en centimètres de l'épi (LE),**
- Section en millimètres de l'épi (SE).**

2.2.1.3 Analyses statistiques

Les analyses suivantes sont effectuées :

- Une analyse de variance avec le logiciel SAS version 6.0 en fonction des effets répétitions et des effets lignées. Elle permettra de cerner le niveau de variation du matériel pour chacune des variables ou caractères notés.

La variable PUB est une donnée de classe, LIG et FE sont des données binomiales. Pour ces deux types de variables une transformation préalable est nécessaire pour avoir une distribution de variances normale. Cependant l'analyse de variances sur ces variables donne le même niveau de signification que celle issue des variables transformées. Pour ces variables le niveau de signification seul est indiqué.

- Une analyse en composantes principales sur XLSTAT pour déceler d'éventuels regroupements du matériel testé.

2.2.1.4 Critères de classification pour description

Les lignées seront décrites et classées par groupe selon le découpage du résultat de l'analyse en composantes principales. Il sera donc pris en compte les variables contribuant le plus aux deux principaux facteurs de séparation (2 premiers axes de l'ACP).

2.2.2 Caractérisation génétique des lignées

Objectif

Cette caractérisation vise à apprécier la stabilité génétique de chaque groupe testé. Ainsi, il sera possible de mieux orienter les futurs travaux: continuer les autofécondations ou entreprendre des top-cross pour celles qui présentent une bonne agro-morphologie.

2.2.2.1. Dispositif expérimental

C'est un dispositif de type «collection testée» définie par SANOU *et al.* (2001) permettant de cribler un nombre élevé de matériels. Notre collection est constituée de six blocs (6). Un bloc comporte quatre (4) colonnes (sous-blocs) ; une colonne est constituée de six (6) lignes de trois mètres (3 m), une ligne correspond à la parcelle élémentaire d'étude et comporte un seul matériel végétal. Au début et à la fin de chaque bloc est placé le témoin environnemental représenté par FBH 34 SR permettant de cerner l'effet environnement entre blocs. Dans chaque bloc on retrouve FBH 34 SR randomisé en fonction des sous-blocs, soit quatre témoins-environnement dans le bloc permettant cette fois-ci d'évaluer l'effet environnement à l'intérieur du bloc. Le témoin-lignée Tzi 35 plata est aussi randomisé dans les blocs, chaque sous-bloc ayant un témoin-lignée (annexe 1).

Les semis ont été réalisés avec les écartements de 0,80 m x 0,25 m, à raison d'un pied par poquet, soit une densité de 50000 plantes par hectare.

Les parcelles sont irriguées à l'évapotranspiration maximale (ETM).

Les observations ont concerné cinq (5) plantes par ligne.

2.2.2.2 Variables étudiées (ce sont des variables quantitatives)

Les variables mesurées sont la hauteur des tiges, la section des tiges, la hauteur d'insertion de l'épi, le nombre total de feuilles par pied, le nombre de feuilles supérieures à l'épi, le nombre d'épis, les floraisons mâle et femelle et enfin la maturité.

Toutes ces mesures sont faites de la même façon que pour l'expérimentation portant sur la description phénotypique du matériel.

2.2.2.3 Analyses statistiques

Les analyses suivantes sont effectuées :

* Une analyse de variance sur les témoins (FHB 34 SR et Tzi 35 plata) d'abord pour tout l'essai, ensuite par bloc pour situer d'éventuels gradients de l'environnement d'étude.

* Un calcul des variances de l'environnement grâce à l'hybride FBH 34 SR sur SAS. Cet hybride est stable génétiquement, sa variance génétique est donc nulle. Or le phénotype est la résultante du facteur génétique combiné à celui de l'environnement. La variance génétique nulle implique que la variance phénotypique correspond à la variance environnement.

Soit P la valeur du phénotype (V_p sa variance), G la valeur du genotype (V_g sa variance) et E la valeur de l'environnement (V_e sa variance).

$$P = G + E$$

$$V_p = V_g + V_e$$

$$V_g = 0 \Leftrightarrow V_p = V_e$$

* Un calcul des variances génétiques du témoin Tzi 35 plata qui permettra de déterminer la précision de la méthode de calcul. Tzi 35 plata est une lignée stable, sa variance génétique pour les différentes variables observées doit être proche de zéro.

* Un calcul des variances génétiques de chaque lignée. Ce calcul fournit le niveau de stabilité des différentes lignées.

* Un calcul de nuées dynamiques à partir des variances génétiques des lignées pour chaque caractère étudié sur XLSTAT. Ces nuées nous permettent de former des classes homogènes. Les lignées de la même classe que la lignée Tzi 35 plata sont les lignées fixées.

2.2.24 Critère de classification

Les lignées seront classées en fonction de leur stabilité génétique pour les différentes variables étudiées. Les lignées ayant une variance génétique nulle, donc un écart type génétique nul pour un caractère donné, seront considérées comme fixées pour ce caractère. Une variance nulle signifie une absence de variabilité génétique qui traduit la fixation pour le caractère en question.

2.2.3 Comportement des 5 groupes de lignées face au stress hydrique

Objectif

Cet essai vise à sélectionner des lignées présentant une certaine résistance à la sécheresse dans notre contexte de déficit pluviométrique fréquent. Ces lignées pourront servir pour mettre au point à court et moyen termes des hybrides ou composites qui conservent une grande part de leur potentiel de rendement même en cas de déficit hydrique.

2.2.3.1 Dispositif expérimental

Le dispositif en « blocs Fisher » à 5 répétitions a été choisi. Un ensemble de blocs constituent le traitement témoin (T_0) qui sont convenablement irrigués pendant tout le cycle des plantes, c'est-à-dire à l'ETM (l'évapotranspiration

maximale). L'autre ensemble similaire constituant le traitement test (Ts) subi un stress hydrique qui consiste en un arrêt total de l'irrigation pendant trente (30) jours autour de la floraison mâle.

2.2.3.2 Variables étudiées

Les variables mesurées sont :

La sénescence (SNF) : c'est une estimation de la surface foliaire enroulée ou desséchée sous l'effet du stress hydrique. Elle est notée sur une échelle de 0 à 10 (échelle proposée par l'IITA et modifiée pour notre étude). Chaque unité de l'échelle représente 10% de la surface affectée. La sénescence est notée 21 jours après l'arrêt de l'irrigation.

La reprise des plantes (RP) : est une estimation de la mortalité des plantes due au stress hydrique ; elle est effectuée à 14 jours après la reprise de l'irrigation dans les parcelles stressées. C'est le pourcentage des plantes par matériel ayant survécu au stress.

Le décalage entre la floraison mâle et femelle (EF) : c'est la différence de jours entre les floraisons mâle et femelle 50% au sein d'un même matériel dans un niveau d'irrigation. Plus cet intervalle est important, moins le matériel considéré fleuri de manière synchrone, ce qui provoque une baisse de rendement.

Les floraisons mâle et femelle, la maturité, la hauteur des tiges ainsi que celle d'insertion de l'épi, la section des tiges et enfin le rendement sont obtenus selon les mêmes modalités que précédemment (description phénotypique et caractérisation génétique).

2.2.3.3 Analyses statistiques

* 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'irrigation et d'évaluer la variabilité inter-lignée.

La variable SNF est une donnée de classe et subit une transformation comme pour les données binomiales; il s'agit de retrouver une distribution de variances normale.

* Des calculs des matrices de corrélation réalisées avec le logiciel Winstat2 entre les variables qui ont un effet stress significatif permettront de découvrir celles qui sont fortement corrélées. Des variables fortement corrélées apportant la même information, il en sera choisi une seule. Le choix entre les variables

MENTION BIEN

fortement corrélées est orienté par la précision des variables (faible 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 des études.

* Une analyse en composantes principales sur WINSTAT. Ce logiciel prend en compte les variables issues des calculs de corrélation et identifie les variables pertinentes, c'est-à-dire celles qui contribuent le plus à la constitution des principaux axes de la distribution des variables et des individus.

2.2.3.4 Critères de sélection

Le critère de sélection est déterminé à l'issue des calculs de corrélation et de l'analyse en composantes principales.

Les lignées obtenant un ratio T_s/T_o pour les deux variables contribuant le plus à la constitution des deux axes de l'ACP au moins de 0,7 sont sélectionnées pour la résistance à la sécheresse. Cela correspond à une récupération d'au moins 70% du rendement potentiel des différentes variétés en cas de sécheresse qui adviendrait lors de la campagne. Les normes du réseau sous-régional de la recherche sur le maïs (WECAMAN) sont d'au moins 50% du potentiel rendement.

2.2.4 Comportement des lignées face aux maladies fongiques

Objectif

Les maladies fongiques sont des ennemis redoutables de la culture du maïs au Burkina Faso. En exemple, *Helminthosporium maydis* (champignon le plus destructeur du maïs) peut causer des dégâts qui remontent à 40% du rendement. L'objectif de cette étude est de mettre au point des lignées résistantes aux pathogènes cryptogamiques dans l'optique d'obtenir des variétés ayant un bon comportement face à ces ennemis.

Les 492 lignées Obatanpa de première génération n'ont pas été notées. La période de leur implantation correspondait à la très forte canicule qui est hostile à l'expression de *Helminthosporium maydis*.

2.2.4.1 Dispositif

Pour mener cette expérimentation, un dispositif Blocs Fisher à 5 répétitions est adopté.

2.2.4.2 Variable suivie

La seule variable suivie est la notation des symptômes provoqués par **les maladies fongiques** (curvulariose (**CURV**), helminthosporiose (**HELM**)) : Les symptômes sont notés selon une échelle préconisée par le CIMMYT (1985) graduée de 1 à 5 correspondant aux proportions suivantes :

1 = infection nulle très légère (0-10%) marquée par très peu ou pas de lésions foliaires situées généralement sur les premières feuilles ;

2 = infection légère (11-25%) caractérisée par un nombre faible ou modéré de lésions situées en dessous de l'épi mais jamais au-dessus de celui-ci ;

3 = infection modérée (26-50%) marquée par un nombre modéré ou important de lésions sur les feuilles situées en dessous de l'épi et peu de lésions sur les feuilles situées au-dessus de l'épi ;

4 = infection forte (51-75%) matérialisée par un nombre important de lésions sur les feuilles situées en dessous de l'épi et un nombre modéré ou important de lésions sur les feuilles situées au-dessus de l'épi ;

5 = infection très forte (76-100%) présentant un nombre important de lésions sur toutes les feuilles du plant.

2.2.4.3 Critère de classification

Pour le comportement face aux maladies, il est effectué un groupage des lignées similaire à celui proposé par SANON (2003) selon la note moyenne de chaque lignée. Cette classification va de lignées résistantes à lignées sensibles en passant par les tolérantes :

- lignées résistantes : $1 \leq \text{notes moyennes} < 2,5$
- lignées tolérantes : $2,5 \leq \text{notes moyennes} < 3,5$
- lignées sensibles : $3,5 \leq \text{notes moyennes} \leq 5$.

2.2.5 Comportement des lignées en condition de stress fertilisant (essai en pots)

Objectif

Face au problème grandissant de fertilité de nos sols, la solution pourrait être la sélection de lignées qui maximisent l'extraction des minéraux du sol. Cette étape permettrait d'avoir ne serait-ce qu'un indice, vu sa durée (30 jours pour cet essai), sur le comportement des différentes lignées quant à leur efficacité d'extraction des éléments minéraux.

Vu le dispositif utilisé (pots en nombre limité) il a été choisi parmi les lignées MAKa, SER, CRDT, ERL1N et QPM, celles qui ont bien levées en parcelles pour les différentes expérimentations, soit 50 lignées.

2.2.5.1 Dispositif

C'est un dispositif factoriel (blocs Fisher) : les deux facteurs sont les «lignées » et la «fertilisation ».

Le facteur «fertilisation » comporte deux traitements : un traitement sans apport de fertilisants et un autre avec un apport de 0,3 g de NPK qui vise à couvrir les besoins de 50 mg/Kg de sol en azote, 60 mg/Kg de P_2O_5 et 40 mg/Kg de K_2O . L'apport se fait au 10^{ème} jour après semis. Chacun des traitements est répété trois fois pour une lignée.

Le facteur «lignée » compte 96 traitements, chaque traitement correspondant à une lignée, on a donc 96 traitements répétés trois fois.

2.2.5.2 Mise en pot

Les échantillons de sol utilisés proviennent de la couche de surface (0-20cm) d'un sol faiblement ferrallitique, à texture sablo-limoneuse caractéristique des sols de la station de Farako-Bâ. Le sol prélevé est tamisé à deux (2) mm et 0,8 kg de sol est placé dans chaque pot.

2.2.5.3 Mesure de la capacité maximale de rétention du sol (CMR)

Elle consiste à placer un entonnoir sur une éprouvette graduée de 100cm³, à mettre un papier filtre dans l'entonnoir sur lequel sont placés les 100 g de terre de l'échantillon à tester. Le papier filtre doit être préalablement imbibé d'eau pour éviter qu'il retienne de l'eau qu'on pourrait imputer au 100 g de terre. Ensuite on laisse percoler 100 cm³ d'eau, et on attendra que le liquide ne goutte plus à la pointe de l'entonnoir pour lire le volume d'eau en cm³ dans l'éprouvette. La CMR s'obtient alors par la différence entre le volume de départ et celui retenu dans l'éprouvette. La valeur de la CMR obtenue est de 35 ml pour 100g de terre. L'humidité des sols est maintenue au $\frac{3}{4}$ de la CMR ce qui correspond à 26,25 ml pour 100g de sol.

2.2.5.4 Semis

La surface du sol dans le pot est soigneusement aplanie. Le semis est fait à la main, à raison d'un grain par pot. La semence est ensuite recouverte d'une mince couche de terre.

2.2.5.5 Dose d'arrosage

L'humidité du sol est maintenue aux 4/9 de la capacité de saturation soit 15,56 ml d'eau pour 100g de sol et l'arrosage se fait jusqu'à la levée. Au cours de la végétation, ce pourcentage est amené progressivement aux deux tiers de la CMR (23,33 ml) pour des raisons physiologiques : il faut tenir compte du développement des racines tout en évitant le problème d'asphyxie.

2.2.5.6 Variables étudiées

Hauteur de la tige (HT) : il s'agit de mesurer la taille du plant de sa base au sommet de la tige aux 20^{ème} (**HT1**) et 30^{ème} (**HT2**) jours après semis. Cela permet de calculer la croissance (**CR**) du plant en cette période.

Masse racinaire : c'est la mesure au 30^{ème} jour du poids frais des racines du plant (**RF**) ; après nettoyage et séjour à l'étuve (105° C pendant 24 h), on mesure le poids sec (**RS**).

Masse aérienne : ce sont les mêmes opérations que pour les racines (pesée au 30^{ème} jour de la partie aérienne des plants (tiges et feuilles) pour apprécier le poids frais (**TF**), ensuite séjour à l'étuve pour le poids sec (**TS**)).

2.2.5.7 Analyses statistiques

Il s'agit de faire une analyse de variance qui prend en compte les effets «répétitions», «fertilisation» et «lignées». Elle permettra de mettre en évidence ou non les effets des différents niveaux de fertilisation et d'évaluer la variabilité inter lignée.

2.2.5.8 Critères de sélection

Le premier critère consiste à retenir les lignées qui présentent une biomasse racinaire (RS) en traitement sans NPK supérieure à la moyenne de ce traitement. Il est ensuite calculé le rapport (R) entre biomasse racinaire (RS) du traitement avec apport de NPK et la biomasse racinaire (RS) du traitement sans NPK. Ce rapport désigne le facteur de multiplication que la fertilisation engendre pour chacune des lignées. Les lignées ayant un rapport supérieur au rapport moyen du matériel testé sont choisies.

En somme sont sélectionnées les lignées qui ont une biomasse racinaire supérieure à la moyenne en condition d'aucun apport d'engrais et ayant un facteur multiplicateur de la fertilisation au dessus de la moyenne. Ces lignées correspondent au matériel qui aura un bon comportement en cas de «stress fertilisation» et qui répond bien à l'apport d'engrais.

2.3. SITE ET CONDUITE DES ESSAIS

2.3.1. Site

Tous les travaux (hormis ceux de l'essai en pots) ont été menés à la Vallée du Kou pendant la saison sèche.

La Vallée du Kou est une plaine aménagée située à 25 kilomètres de Bobo-Dioulasso, à 10°20 latitude nord, 4°20 longitude ouest. Elle est à 450 mètres au-dessus du niveau de la mer. Selon la classification climatique et le découpage phyto-géographique réalisés par GUINKO (1984), la Vallée du Kou se trouve dans le district Ouest Volta Noire du domaine soudano-soudanien. Le climat est de type soudano-guinéen. La végétation est faite de larges galeries forestières au sein desquelles s'épanouissent de nombreuses espèces guinéennes telles que *Carpa procera*, *Antizris africana*, *Dialum guineense*, *Chlorophora regia*. Les sols sont de types ferrugineux tropicaux, très hydromorphes et acides et se distinguent par une texture très limoneuse (36,7%). Ce sont des sols limono-sableux à argilo-sableux avec un lessivage actif des éléments nutritifs causant des problèmes de fertilité. Ils sont sujets à des problèmes de toxicité ces dernières années BADO (1991). Ils ont une bonne concentration en bases échangeables et une faible teneur en phosphore.

2.3.2. Conduite des essais

Le labour, le concassage des mottes et le hersage ont été réalisés au tracteur suivi de la confection des canaux d'irrigation. Le semis a été manuel après un rayonnage. Les lignées SER, MAKKA, CRDT, ERL1N et QPM ont été semées le 07 janvier et les 492 « lignées S1 » le 17 février. Quant à l'essai en pots, il a été mis en place le 05 avril. Des sarclages à la demande ont été nécessaires pour contenir les adventices du maïs avant la réalisation du buttage. La fertilisation a consisté à l'épandage de NPK (15-25-15) à raison de 200 Kg/ha et du K₂SO₄ à 50 Kg/ha. L'apport d'urée a été fractionné en deux : 100 Kg/ha à 30 jours après semis (jas) et 50 Kg/ha à 45 jas suivi du buttage. Les engrais sont épandus en «side-dressing ».

RESULTATS - DISCUSSIONS - CONCLUSIONS

III- RESULTATS-DISCUSSIONS-CONCLUSIONS

Une panne de la climatisation de la banque de conservation des semences de la section a altéré le pouvoir germinatif de certaines lignées.

Le matériel non germé ou très peu levé n'a pas été comptabilisé dans les analyses et résultats qui suivent.

Les résultats sont présentés et discutés par expérimentation. Les 492 lignées n'ayant pas été mises en place au même moment que les autres lignées sont analysées à part. Leurs résultats seront aussi présentés dans des tableaux aux cotés de ceux des autres lignées.

3.1 DESCRIPTION PHENOTYPIQUE DES GROUPES DE LIGNEES

En rappel, cette description nous permet de retrouver les lignées présentant une bonne agro-morphologie.

3.1.1. Détection de variations phénotypiques au sein du matériel selon les caractères étudiés

Dans le but de déterminer s'il y a une variabilité phénotypique au sein du matériel, une analyse de variance des caractères suivis a été entreprise. Le résumé de cette analyse (pour les lignées MAKa, CRDT, ERL1N, QPM et SER dans un premier temps) est consigné dans le tableau II et les valeurs moyennes de chaque lignée pour les caractères suivis sont en annexe 2.

Tableau II: Résultat de l'analyse de variance des lignées pour la description

VARIABLES	LIGNEES	REPETITIONS	MOY	E_RES
FE	***	ns	0,227	-
FF	6,3***	1,08ns	69,968	3,193
FM	12,68***	0,69ns	67,786	2,507
FSE	5,73***	0,87ns	4,886	0,809
HIE	12,01***	0,49ns	62,058	11,066
HT	16,17***	1,51ns	121,62	14,611
LE	5,05***	0,55ns	12,575	2,203
LIG	***	ns	0,101	-
MAT	8,29***	0,44ns	94,619	3,674
NE	2,88***	1,85ns	1,321	0,451
NGR	5,96***	0,94ns	25,039	5,742
NR	4,39***	1,46ns	13,258	1,608
NTF	6,33***	0,84ns	13,03	1,299
PUB	***	ns	-	-
SE	3,73***	2,42ns	34,786	6,691
ST	1,48*	0,91ns	29,164	10,528

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

L'effet répétition est non significatif quel que soit le paramètre. C'est la traduction de l'homogénéité du terrain.

Tous les caractères sont hautement marqués par l'effet « lignée » sauf ST qui est tout de même significatif à 5%. Il existe donc une variabilité phénotypique dans le matériel pour toutes les variables observées. De ce fait, nous pouvons procéder à une description d'éventuels regroupements de ces 5 groupes de lignées.

L'analyse des 492 lignées Obatanpa vu la taille des données a été réalisée par groupe de 100 lignées (mémoire insuffisante pour l'ensemble). Cette fragmentation relève tout aussi bien les éventuelles variations.

Tableau III: Résultat de l'analyse de variance des 492 lignées S1

GROUPES	VARIABLES	LIGNEES	REPETITIONS	MOY	E_RES	CV
1	HIE	5,39***	1,68ns	70,586	10,004	14,17
	HT	5,95***	0,46ns	159,13	16,109	10,12
	NE	1,74***	0,02ns	1,129	0,326	28,84
	ST	2,71***	0,02ns	38,874	7,693	19,79
2	HIE	5,68***	1,12ns	72,808	10,617	14,58
	HT	6,66***	0,73ns	155,39	17,324	11,15
	NE	2,39***	0,39ns	1,152	0,361	31,32
	ST	4,98***	2,67*	38,762	6,681	17,24
3	HIE	6,19***	1,14ns	72,22	10,625	14,71
	HT	4,99***	0,67ns	156,22	17,143	10,97
	NE	1,57***	2,71*	1,198	0,441	36,83
	ST	3,75***	0,13ns	41,166	7,193	17,47
4	HIE	2,48***	2,23ns	73,69	10,036	13,62
	HT	5,45***	1,2ns	158,69	14,012	8,83
	NE	2,53***	1,12ns	1,224	0,382	31,2
	ST	2,48***	4,92*	40,018	7,145	17,86
5	HIE	5,09***	0,65ns	69,891	10,153	14,53
	HT	6,61***	0,72ns	149,82	15,053	10,05
	NE	2,14***	0,54ns	1,223	0,413	33,79
	ST	3,6***	3*	40,165	7,398	18,42

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

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 très hautement significatif pour toutes les variables et pour tous les groupes. Il existe une variabilité du matériel pour ces caractères.

3.1.2. Classification phénotypique du matériel

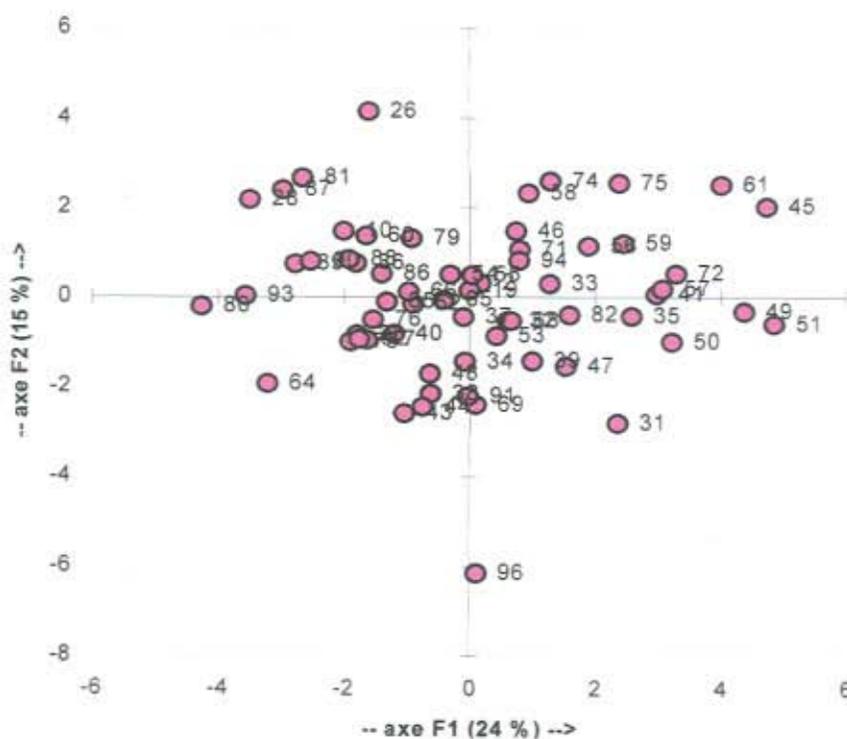
Une analyse en composantes principales nous a permis de cerner la distribution des lignées selon les variables les plus pertinentes.

Pour les 5 groupes de lignées, des variables (RDT, PV et PC) ne pouvant pas faire l'objet d'analyse de variance car portant sur la moyenne des cinq répétitions, ont été rajoutées pour l'ACP. Le tableau IV récapitule l'ACP (résultat en annexe n°3); il est suivi de la figure 1 qui illustre la distribution des lignées en fonction des principaux axes.

Tableau IV : Résumé de l'ACP des lignées en fonction des variables

FACTEURS	VARIABLES	CONTRIBUTION (en %)	PART (%) DANS L'EXPLICATION DU COMPORTEMENT
facteur 1 (F1)	NGR	14,22	24
	HT	13,24	
	HIE	11,22	
facteur2 (F2)	FF	20,53	15
	FM	19,43	
	MAT	19,23	

Figure 1 : Distribution des lignées en fonction des 2 principaux axes

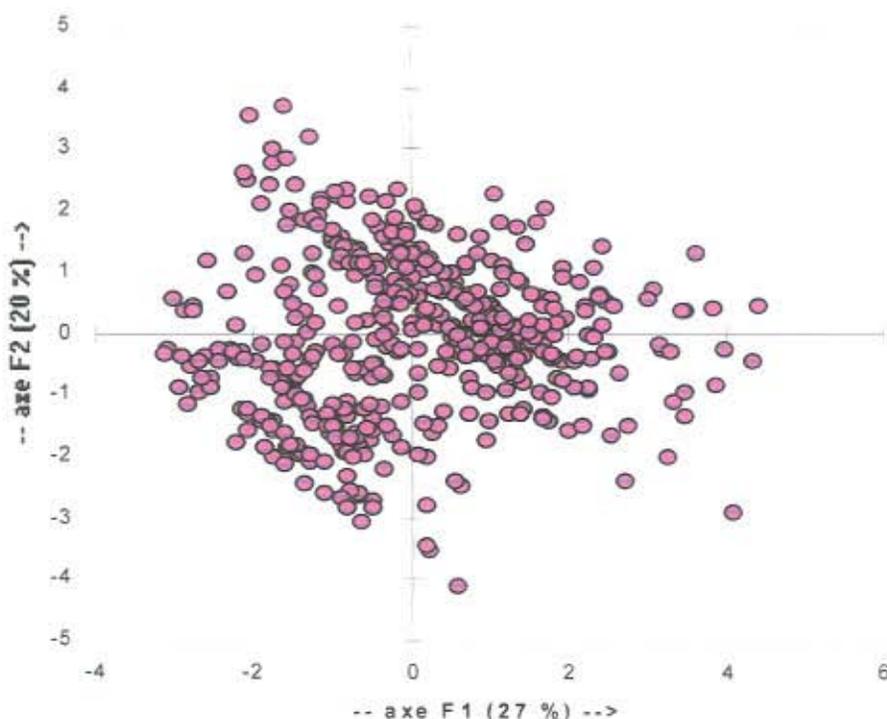


Comme pour les 5 groupes de lignées, pour les lignées SI Obatanna les variables PV, PC, FM et FF ne pouvant pas faire l'objet d'analyse de variance, car non répétées, ont été rajoutées pour l'ACP. Le résumé de l'ACP est au tableau V. La figure 2 illustre cette ACP.

Tableau V : Résumé de l'ACP des lignées en fonction des variables

FACTEURS	VARIABLES	CONTRIBUTION (en %)	PART (%) DANS L'EXPLICATION DU COMPORTEMENT
facteur 1 (F1)	FF	25,35	27
	FM	23,66	
	HT	20,30	
facteur2 (F2)	FM	25,68	20
	FF	24	
	HIE	22,12	

Figure 2 : Représentation de la distribution des lignées en fonction des deux principaux axes



La distribution des 5 groupes de lignées est fonction des deux principaux axes (F1 pour axe n°1 et F2 pour axe n°2). Ces axes expliquent 39% du comportement des lignées.

Les variables qui contribuent le plus à la constitution de l'axe n° 1 sont NGR à 14,22%, HT à 13,24% et HIE à 11,21%. Quant à l'axe n° 2 ce sont les variables FF à 20,53%, FM à 19,43% et MAT à 19,23%.

L'axe n° 1 est dominé par un facteur lié au rendement tandis que le deuxième est dominé par un facteur lié au cycle. Ainsi, la distribution par rapport à l'axe 1 indique les regroupements fondés sur le facteur rendement majoritairement. Pour l'axe 2, les regroupements sont essentiellement en fonction du cycle.

L'axe n°1 est marqué par des individualités dans la partie positive : il s'agit des lignées qui présentent les meilleurs potentiels de rendement du matériel ; ce sont les lignées 51-49-45 (CRDT) et 61 (ERL1N). Le sous-groupe de lignées dans les valeurs négatives de l'axe sont celles qui sont les plus défavorisées du matériel pour le rendement.

Quant à l'axe n°2, nous pouvons distinguer deux groupes de part et d'autre du zéro. Le groupe de la partie négative est constitué par les lignées qui ont une bonne précocité. Dans cette partie inférieure à zéro, la lignée 96 (MAKA) se démarque des autres: elle est alors la plus précoce du matériel. Le groupe de la partie positive rassemble les lignées tardives. Dans ce lot, c'est la lignée 26 (QPM) qui se détache: elle est de ce fait la lignée qui présente le plus long cycle.

En définitive, on peut classer le matériel selon le phénotype et particulièrement en fonction du cycle et du potentiel de rendement. Le tableau V désigne cette classification.

MENTION BIEN

Tableau VI : Description phénotypique du matériel

(cette classification est fondée sur les coordonnées des individus dans la distribution de la figure 1 : ces coordonnées sont indiquées en annexe 4)

LIGNEES (il s'agit des n° d'entrées)	POTENTIEL DE RENDEMENT		CYCLE	
	BON	DEFAVORABLE	TARDIF	PRECOCE
CRDT	31 32 33 35 39 41 45 46 47 49 50 51	34 36 37 38 40 43 44 48 52	33 36 41 45 46	31 32 34 35 37 38 39 40 43 44 47 48 49 50 51 52
MAKA	94 96	85 86 87 88 89 90 91 92 93	86 87 88 89 90 93 94	85 91 92 96
SER	53 56 55	54	54 55 56	53
QPMF	2	2 17 19 23 26 28	2 10 19 26 28	17 23
ERL1N	57 58 59 61 68 69 71 72 74 75 82	60 64 65 66 73 76 79 80 81	57 58 59 60 61 66 71 72 74 75 79 81	64 65 68 69 73 76 80 82

Nous pouvons ainsi retenir les lignées les plus intéressantes en fonction du rendement et de leur cycle. Ces lignées sont celles qui présentent une bonne précocité avec un bon potentiel de rendement. Elles sont au nombre de treize (13 correspondant à 20,6% du matériel étudié); ce sont les lignées n°31-32-35-39-47-49-50 et 51 pour les CRDT (soit 38,1% des CRDT), les lignées n°68-69 et 82 pour les ERL1N (15% des ERL1N), la lignée n°53 pour les SER (25% des SER) et enfin la lignée n° 96 (9,1%) des MAKA.

Les lignées CRDT présentent le meilleur pourcentage de lignées intéressantes. En effet, ces lignées sont sélectionnées pour leurs performances quant aux différents paramètres de rendement ; ce sont la longueur et la section de l'épi, le nombre de rangées par épi ou encore le nombre de grains par rangée (NGR). Ce dernier se trouve être le paramètre dominant du premier facteur pour cette distribution des individus. Pour le deuxième facteur, les lignées CRDT sont issues de la variété MAKA qui présente elle-même une bonne précocité. Ces lignées CRDT allient donc les deux qualités prises en compte par l'ACP réalisée.

Pour résumer, les 5 groupes de lignées présentent une grande variabilité phénotypique aussi bien entre groupes de lignées qu'entre lignées d'un même groupe. Des potentialités d'amélioration existent donc sur les plans architecture, rendement, qualité des épis et cycle.

La variabilité génétique étant source et moteur d'amélioration des variétés (LE CONTE, 1950), ce matériel constitue un potentiel non négligeable pour la

mise au point de variétés adaptées aux différents milieux agro-écologiques du Burkina Faso.

Quant au comportement des lignées S1 Obatanpa, il est expliqué à 47% par la distribution présentée (figure n°2). Les variables FF, FM et HT constituent de façon primordiale le premier facteur de séparation. Le second facteur est formé principalement sur la base des variables respectivement selon leur degré de contribution FM, FF et HIE.

Les deux axes de cette distribution sont guidés par des caractères de cycle et dans une moindre mesure de l'architecture. Toutefois, l'axe n°1 (F1) est dominé par la floraison femelle (FF) et l'axe n°2 (F2) par la floraison mâle (FM).

De la distribution, nous pouvons observer un nuage de points « très ramassé » : les points sont superposés pour la majorité. En effet, ces points sont tous confinés dans un espace réduit. En exemple, malgré le très grand nombre de points (490), les abscisses sont comprises entre -3,1 et 4,4 (en rappel, pour les 5 groupes de lignées, avec seulement 63 individus les abscisses variaient entre -4,3 et 4,8). Les points représentant les lignées S1 Obatanpa, nous pouvons donc constater l'existence de doublons quant aux caractères phénotypiques pris en compte.

C'est la traduction du fait qu'une seule autofécondation ne suffit pas pour une ségrégation des gènes ; ces lignées S1 ont gardé presque le même patrimoine génétique. Cela s'exprime par un phénotype semblable pour tout le matériel. Ce phénotype est consigné dans le tableau VII

Tableau VII: Caractéristiques moyennes des lignées S1

VARIABLES	MOYENNES	E-RES	CV
HT	155,8498	15,9282	10,2
HIE	71,839	10,287	14,3
NE	1,1852	0,3846	32,5
FM	56	5,3	10,6
FF	56	5	11,2
ST	39,797	7,222	18,1

Il s'agit des moyennes générales de toutes les lignées S1.

Ces résultats abondent dans le sens de l'assertion de SPRAGUE *et al.* (1977) qui stipule que sept à huit générations d'autofécondations sont nécessaires pour une ségrégation suffisante de gènes. A ce stade, on aboutit à la mise au point de « lignées pures ».

3.1.3 CONCLUSION PARTIELLE

Le matériel testé constitué des cinq groupes de lignées présente une variabilité phénotypique inter-groupe et intra-groupe. Cette variabilité est surtout guidée par le facteur composantes de rendement et ensuite par des facteurs de cycle (floraison et maturité).

Les lignées S1 présentent une certaine homogénéité sur le plan phénotypique. La ségrégation des gènes n'est pas encore bien poussée. Il faudrait alors encore d'autres autofécondations pour observer l'expression des différents gènes que renferme le matériel.

3.2 CARACTERISATION GENETIQUE DES LIGNEES

Cette expérimentation a pour objet de déterminer la stabilité génétique des différents groupes de lignées. Le phénotype exprimé (donc la morphologie précédemment observée) est en grande partie gouverné par le génotype. Ainsi, suite à la description morphologique, il est maintenant question de retenir les lignées les plus stables.

3.2.1 Appréciation de l'effet de l'environnement dans l'expression des lignées

L'appréciation de l'environnement est fonction de l'analyse de variance des hauteurs de tige des témoins. La hauteur de tige est le paramètre que nous avons jugé être le plus apte pour rendre compte des éventuelles variations du milieu. Les témoins étant stables sur le plan génétique, les variations des hauteurs de tige s'expliquent par la variation du milieu.

Le tableau VIII résume le résultat de l'analyse de variance des hauteurs de tige des témoins par bloc des 5 groupes de lignées. Il en est de même pour les lignées Obatanpa dans le tableau IX.

Tableau VIII : Résultat de l'analyse de variance des témoins par bloc des 5 groupes de lignées

BLOCS	VARIABLE	TEMOINS	SOUS-BLOCS	E_RES	MOY
1	HT	101,11***	5,36**	14,073	144,13
2	HT	70,65***	0,48ns	16,937	147,95
3	HT	5,79*	4,78**	27,699	140,39
4	HT	50,42***	4,90**	15,055	145,39
5	HT	81,42***	3,30*	11,63	136,28
6	HT	95,01***	1,15ns	12,174	139,1

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

De cette analyse on note un effet significatif à hautement significatif du milieu sur HT (hauteur de tige) entre les différents sous-blocs dans 4 blocs. Le milieu n'a pas d'influence sur les sous-blocs dans 2 blocs. L'effet génotype est significatif pour tous les blocs.

Cette analyse confirme bien la différence entre les deux témoins que sont FBH 34 SR et Tzi 35 plata. En outre, elles soulignent que le milieu d'étude varie

d'un bloc à l'autre et à l'intérieur des blocs, même si les blocs n°6 et 2 présentent une certaine homogénéité en leur sein.

En résumé, le milieu varie de façon significative. Ceci implique que les valeurs phénotypiques observées pour les différentes lignées testées sont influencées par le milieu.

Tableau IX : Résultat de l'analyse de variances des témoins des lignées Obatanpa

BLOCS	VARIABLE	TEMOINS	SOUS-BLOCS	MOY	E_RES	CV
1	HT	4,69*	12,24***	171,818	17,119	9,96
2	HT	0,64ns	4,10*	168,919	20,640	12,22
3	HT	0,25ns	4,72**	168,158	20,574	12,23
4	HT	2,25ns	1,83ns	178,500	18,955	10,62
5	HT	1,29ns	1,22ns	160,641	20,379	12,69
6	HT	2,27ns	2,37ns	155,143	25,606	16,51
7	HT	1,57ns	1,86ns	171,216	22,227	12,98
8	HT	0,55ns	3,73*	182,500	17,913	9,82
9	HT	1,81ns	,***	172,833	19,670	11,38
10	HT	5,52*	0,49ns	177,679	14,612	8,22
11	HT	0,85ns	3,61*	178,500	16,838	9,43
12	HT	10,49**	2,20ns	181,833	14,938	8,22
13	HT	2,30ns	2,26ns	173,333	16,850	9,72
14	HT	0,23ns	0,74ns	173,448	18,880	10,88
15	HT	0,19ns	9,54***	171,500	14,757	8,60
16	HT	0,37ns	8,92**	157,167	22,630	14,40
17	HT	0,07ns	0,64ns	162,000	13,828	8,54
18	HT	1,79ns	6,72**	171,552	13,905	8,11

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

Il existe un effet « sous-bloc » statistiquement significatif dans la majorité des parcelles, tandis que l'effet génotypique représenté dans le tableau IX par « témoins » n'existe que pour 3 des 18 sous-blocs.

Somme toute, le milieu expérimental est hétérogène dans son ensemble.

Les deux témoins que sont FBH 34 SR et « Obatanpa-mère » ont presque les mêmes hauteurs de tiges ; les différences statistiques observées dans les blocs n°1 – 10 et 12 pour HT sont liées à leur hétérogénéité.

La caractérisation génétique passe par l'estimation des variances génétiques du matériel testé et nécessite d'abord un calcul des variances environnementales. Ces variances environnementales seront soustraites des

variances phénotypiques observées. Cette opération est réalisée grâce au témoin hybride inclus dans chaque sous bloc et qui rend compte de l'effet de l'environnement. Etant donné son homogénéité génétique, les variances phénotypiques observées du témoin (FBH 34 SR) pour chacun des caractères étudiés correspondent aux variances du milieu pour ces caractères. (résultat du calcul des variances de l'environnement pour les 5 groupes de lignées en annexe 5 ; le même calcul qui ne sera pas présenté vu la taille des données est aussi réalisé pour les lignées Obatanpa)

3.2.2. Appréciation de l'approche de calcul

Les variances génétiques sont calculées pour chacun des sous-blocs grâce à la formule indiquée en matériels et méthodes ($V_g = V_p - V_e$).

Les variances phénotypiques (V_p) sont calculées à partir des valeurs phénotypiques mesurées pour chacun des paramètres étudiés. Les variances génétiques sont générées en ôtant des variances phénotypiques obtenues les variances de l'environnement (variances de FBH 34 SR = V_e). Il s'agit de respecter les calculs par sous-bloc (les V_e d'un sous-bloc donné sont soustraites des V_p obtenues dans le même sous- bloc).

Le tableau X donne les variances génétiques calculées pour le témoin-lignée Tzi 35 plata en fonction des blocs et sous-blocs.

Notre propos va s'articuler autour des écarts types parce qu'ils sont exprimés dans l'unité de mesure des variables. Ils permettent ainsi de mieux cerner les variations du phénotype liées à la génétique. Les écarts types sont obtenus en faisant la racine carrée des variances génétiques calculées.

Nous pouvons constater que les écarts types pour un même caractère sont différents d'un emplacement de Tzi 35 plata à l'autre. Un écart-type génétique nul signifie qu'il n'y a aucune variation génétique, donc que le caractère est fixé ou encore « agronomiquement stable ».

Les pourcentages des parcelles de Tzi 35 plata présentant des écarts types nuls pour les différentes variables vont de 79,1% (pour HT) à 33,3% (pour NTF). Aucun emplacement du témoin ne présente une stabilité pour tous les caractères.

Cependant, il faut tenir compte de la précision des mesures. Par exemple, les hauteurs de tiges sont mesurées par une toise graduée tous les 5 cm. Un écart-type inférieur à 5 cm pour HT ne peut donc pas être détecté par nos

mesures. Ainsi, cet écart type n'est pas significatif pour notre étude. La prise en compte de cette imprécision des mesures nous donne finalement des pourcentages de stabilité des caractères variant de 100% (pour NE) à 62,5% (pour NTF) et 4 témoins-lignées sont fixés pour toutes les variables, soit 16,7% de l'ensemble des parcelles de Tzi 35 plata.

Tableau X : Variances génétiques de Tzi 35 plata

TEMOINS	FACTEUR		HT		HIE		ST		NTF		FSE		NE		FM		FF		MAT	
	BLOCS	SBLOCS	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG
Ta1-1	1	11	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1,2	1,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,8	0,9
Ta2-1	2	21	0	0,0	0	0,0	3,54	1,9	0,2	0,4	0,2	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta3-1	3	31	0	0,0	0	0,0	40,94	6,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8,72	3,0
Ta4-1	4	41	0	0,0	0	0,0	44,83	6,7	0	0,0	0,2	0,4	0	0,0	2,5	1,6	3,8	1,9	24	4,9
Ta5-1	5	51	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3,3	1,8	5,2	2,3	0,4	0,6	0	0,0	1,25	1,1	5,25	2,3
Ta6-1	6	61	155	12,4	22,08	4,7	0	0,0	1,3	1,1	0	0,0	0,2	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta6-2	6	62	0	0,0	487,5	22,1	180,2	13,4	10	3,2	1,9	1,4	0,2	0,4	16,3	4,0	11,1	13,3	20,6	4,5
Ta5-2	5	52	127,5	11,3	0	0,0	60,1	7,8	1,1	1,0	0,3	0,5	0,1	0,3	6,9	2,6	0	0,0	0	0,0
Ta4-2	4	42	0	0,0	0	0,0	71,29	8,4	0	0,0	0,5	0,7	0,3	0,5	0	0,0	7,8	2,8	0	0,0
Ta3-2	3	32	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta2-2	2	22	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2,1	1,4	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	3	1,7	7,2	2,7
Ta1-2	1	12	210	14,5	112,5	10,6	0	0,0	1,7	1,3	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta1-3	1	13	0	0,0	0	0,0	145,7	12,1	0	0,0	0,4	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8	2,8
Ta2-3	2	23	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta3-3	3	33	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,3	0,5	0,3	0,5	0	0,0	0	0,0	7,4	2,7	1,5	1,2
Ta4-3	4	43	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,0	0,3	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15,2	3,9
Ta5-3	5	53	0	0,0	80	8,9	92,4	9,6	0,6	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta6-3	6	63	0	0,0	621,7	24,9	126,6	11,3	0,2	0,4	0	0,0	0	0,0	5,9	2,4	7,17	2,7	5,47	2,3
Ta6-4	6	64	135	11,6	0	0,0	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2,63	1,6	1,2	1,1
Ta5-4	5	54	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	2,4	1,5	0	0,0	11,2	3,3
Ta4-4	4	44	507,5	22,5	0	0,0	0	0,0	1,5	1,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2,2	1,5	4	2,0
Ta3-4	3	34	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,5	0,7	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta2-4	2	24	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,6	0,8	0	0,0	0,4	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Ta1-4	1	14	0	0,0	5	2,2	23,95	4,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0

VG : variance génétique ; ETG : écart-type génétique ; SBLOCS : sous-blocs

Tout compte fait, au moins 62,5% des lignées Tzi 35 plata sont fixés pour tous les caractères suivis et 77,8% des caractères sont fixés pour au moins 80% des individus.

Une lignée stable n'est pas parfaitement homozygote pour tous les caractères, mais pour leur grande majorité (LE CONTE, 1950). Ainsi, les calculs nous confirment comme le suggère LE CONTE, que Tzi 35 plata est une lignée stable. Ce résultat atteste la fiabilité de l'approche de calcul des variances génétiques.

3.2.3 Variances génétiques des lignées testées

Le tableau XI regroupe les valeurs phénotypiques moyennes de chacune des lignées des 5 groupes, couplées à leur écart type génétique. Ces écarts types sont obtenus comme précédemment en appliquant la formule : $V_g = V_p - V_e$; ensuite on prend la racine carrée de la variance génétique (V_g).

L'écart type environnement de chaque caractère est indiqué au bas de la colonne correspondante. Ainsi, pour chaque caractère suivi et pour chaque lignée, il est possible de retrouver le phénotype observé avec la contribution d'une part du génotype et d'autre part du milieu à ce phénotype.

Les valeurs phénotypiques moyennes des caractères de chaque lignée Obatanpa couplées à leur écart type génétique ont été classées dans un tableau similaire à celui des 5 groupes de lignées (vu la taille très importante des données, ces calculs ne seront pas présentés).

Notons que le stade de ségrégation de ce matériel (les lignées Obatanpa) est faible et se trouve en première génération d'autofécondation. Les variations génétiques attendues sont faibles. Dans les générations plus avancées, ce qui semblera homogène en S1 (cette étape), serait sans doute plus hétérogène.

Les lignées (MAKA, CRDT, SER, QPM et ERL1N) présentent un taux de fixation stricte (sans tenir compte des écarts types différents de zéro mais négligeables à cause de l'imprécision des mesures) pour les variables étudiées de 51,4% pour ST à 73,5% pour HIE qui est le caractère le plus fixé. Aucune lignée ne présente une stabilité stricte pour tous les caractères.

En ajoutant le facteur de l'imprécision des mesures, les pourcentages passent de 67,7% pour HT qui devient le caractère le moins fixé à 100% pour NE. En outre, nous retrouvons 10 lignées (soit 14,7% des 5 groupes de lignées) qui peuvent être considérées stables pour tous les caractères étudiés. Ce sont les lignées 29-39-46-48-50-59-60-65-83 et 86. En revanche, aucun matériel ne reste instable pour toutes les variables étudiées.

Cependant, il existe une grande variabilité entre les lignées et cela pour toutes les variables (HT 56,25 cm à 167 cm, FSE 1 à 6,8, ST 10,9 mm à 41,94mm,...).

Tableau XI: Moyennes phénotypiques, les écarts types génétiques et environnementaux des lignées

Lignées	HT		HIE		ST		NTF		FSE		NE		FM		FF		MAT	
	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG
2	115,00	39,59	46,67	10,04	37,77	11,06	14,67	1,01	5,67	0,00	1,67	0,36	64,67	3,00	68,33	4,43	94,33	0,00
4	112,50	0,00	37,50	0,00	25,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,00	8,26	73,50	0,00	94,00	5,69
8	97,50	13,42	40,00	0,00	26,75	0,00	13,50	0,00	5,00	0,00	1,50	0,71	63,00	0,00	71,50	7,73	92,50	0,00
10	151,00	37,08	75,00	0,00	32,46	11,92	14,80	0,00	5,00	2,83	1,00	0,55	0,00	75,00	0,00	101,00	1,16	
17	86,67	10,04	30,00	0,00	29,10	8,95	11,33	0,91	4,67	0,00	1,33	0,17	66,67	0,00	72,00	4,00	96,00	0,00
19	104,00	10,00	55,00	17,18	24,88	0,00	10,40	1,05	4,40	0,00	1,40	0,00	69,50	5,76	73,75	0,00	102,50	0,00
23	112,00	0,00	55,00	0,00	24,74	0,00	11,60	0,00	4,20	0,00	1,60	0,32	68,20	0,00	70,20	0,00	98,00	2,16
25	97,50	0,00	97,50	0,00	35,60	0,00	11,00	0,84	5,00	0,00	1,00	0,00	68,00	3,51	71,00	0,00	108,00	0,00
26	90,00	14,40	42,50	7,42	26,08	0,00	16,40	0,77	6,80	0,71	1,00	0,00	77,75	0,35	78,20	0,00	102,40	0,00
28	93,00	0,00	31,00	0,00	26,84	11,34	12,40	1,00	5,00	0,45	1,20	0,00	76,40	0,00	77,00	0,00	103,20	7,04
29	107,50	0,00	55,00	0,00	28,65	0,00	11,00	0,55	4,50	0,00	1,50	0,45	65,50	0,00	68,00	0,00	90,00	0,00
31	129,00	0,00	129,00	0,00	27,26	7,58	12,00	0,00	4,00	0,00	1,40	0,00	61,60	0,00	63,00	3,24	87,20	0,00
32	127,00	0,00	52,00	0,00	25,12	0,00	13,00	1,92	5,80	1,22	1,40	0,00	64,40	0,00	68,80	0,00	94,60	4,38
33	148,00	11,83	70,00	0,00	33,64	0,00	13,20	0,00	5,20	0,00	1,20	0,00	66,40	1,61	68,25	0,00	96,00	3,98
34	104,00	9,22	43,00	5,70	33,40	0,00	11,20	0,00	4,40	0,00	1,40	0,00	66,40	0,00	67,80	2,77	92,20	0,00
35	142,00	0,00	72,00	0,00	31,60	1,05	13,60	1,14	5,00	0,00	1,00	0,00	65,20	0,00	68,00	3,24	89,00	0,00
36	112,00	0,00	45,00	0,00	36,84	0,00	12,60	0,00	1,00	2,00	0,20	0,00	71,75	0,00	71,00	0,00	104,00	0,00
37	120,00	0,00	53,75	0,00	28,06	14,10	13,40	0,89	5,20	0,00	1,20	0,45	66,20	0,00	68,40	7,47	93,40	5,24
38	120,00	0,00	49,00	0,00	16,90	0,00	10,60	0,00	4,40	0,55	1,20	0,00	66,80	0,00	69,40	1,52	88,40	1,76
39	142,00	0,00	58,00	3,54	23,16	0,00	12,80	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	62,80	0,00	65,60	0,00	90,00	0,00
40	105,00	0,00	61,00	0,00	20,70	0,00	11,00	0,55	4,00	0,71	1,60	0,32	69,00	3,78	72,20	2,86	96,40	1,90
41	148,00	0,00	80,00	11,69	33,82	0,00	13,40	1,05	5,40	0,32	1,00	0,00	64,00	1,54	65,50	0,00	94,00	7,43
43	111,00	0,00	47,00	0,00	18,10	0,00	11,40	1,58	4,40	0,00	1,20	0,00	65,60	0,00	67,20	0,00	88,80	0,00
44	87,50	9,96	32,50	0,00	21,40	0,00	12,25	1,43	5,00	0,00	1,00	0,00	66,00	3,63	68,50	3,63	88,00	0,00
45	156,00	3,16	84,00	7,75	36,46	0,00	15,00	0,89	5,60	0,00	1,40	0,32	67,20	3,08	69,40	1,62	98,40	1,41
46	145,00	0,00	75,00	0,00	31,40	0,00	14,60	0,77	5,60	0,71	1,40	0,00	69,80	0,00	71,00	0,00	96,00	0,00
47	143,00	0,00	69,00	0,00	34,34	0,00	12,80	0,00	5,20	0,45	1,40	0,32	62,80	0,00	65,00	0,00	88,80	0,71
48	108,00	0,00	50,00	0,00	25,74	3,95	11,20	0,00	4,20	0,00	1,00	0,00	65,80	0,00	68,40	0,00	94,00	0,00
49	165,00	0,00	77,00	0,00	33,34	0,83	14,60	0,00	5,80	0,00	1,00	0,00	62,80	0,00	65,80	0,00	87,40	0,00
50	166,00	0,00	70,00	0,00	23,38	3,30	12,80	0,00	5,20	0,45	1,20	0,00	64,60	0,00	65,40	0,00	91,20	0,00
51	159,00	0,00	78,00	8,37	35,70	2,43	14,20	1,18	5,00	0,00	1,80	0,00	63,40	1,22	65,00	0,00	90,20	4,64
52	118,00	17,39	55,00	10,25	24,24	11,33	13,00	2,19	5,40	0,77	1,00	0,00	65,80	2,63	68,60	0,00	98,00	0,00
53	138,00	0,00	67,00	10,37	33,32	5,71	13,00	0,00	4,60	0,32	1,60	0,00	64,60	0,00	67,60	0,00	92,40	0,00
54	143,00	0,00	78,00	11,95	31,86	0,00	13,60	0,00	4,60	0,00	1,40	0,32	69,40	0,00	71,80	0,00	95,60	0,00
55	147,00	0,00	73,00	0,00	35,18	0,00	13,80	0,00	5,60	0,71	1,00	0,00	67,80	0,00	71,20	2,95	90,40	0,00
56	148,00	0,00	79,00	0,00	39,26	0,00	14,80	0,00	5,00	0,00	1,60	0,32	67,50	0,00	68,80	0,00	93,80	2,90
57	164,00	0,00	96,00	0,00	26,42	0,00	15,00	0,45	5,20	0,00	1,80	0,00	66,60	0,00	68,00	0,00	90,60	0,77
58	139,00	14,49	71,00	0,00	21,94	0,00	14,40	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	71,80	3,54	74,00	1,34	102,00	0,00
59	83,00	0,00	83,00	0,00	28,22	5,85	14,40	0,00	5,20	0,00	1,60	0,32	67,40	0,00	71,40	0,71	96,40	0,00
ETE		15,23		14,55		9,76		1,20		0,69		0,47		2,87		3,41		3,61

MOY : moyenne phénotypique; ETG : écart type génétique; ETE : écart type environnemental

MENTION BIEN

Tableau XI: Moyennes phénotypiques, les écarts types génétiques et environnementaux des lignées (suite et fin)

Lignées	HT		HIE		ST		NTF		FSE		NE		FM		FF		MAT	
	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG	MOY	ETG
60	100,00	0,00	51,25	0,00	30,44	0,00	14,00	0,00	5,60	0,89	1,00	0,00	71,00	0,00	74,20	0,00	96,40	0,00
61	164,00	32,94	100,00	0,00	38,64	11,60	14,00	1,82	5,20	0,45	1,40	0,32	69,60	0,00	73,60	0,00	99,20	4,89
64	76,67	21,23	28,33	0,00	17,20	12,31	9,67	0,00	4,67	0,00	3,00	0,84	68,33	4,80	71,00	0,00	100,00	1,10
65	125,00	0,00	62,00	0,00	23,74	0,00	12,80	0,00	5,00	0,00	1,40	0,32	68,40	0,00	68,40	0,00	98,20	0,00
66	64,00	0,00	64,00	0,00	28,54	8,46	14,00	0,00	6,40	0,00	1,00	0,00	66,20	0,00	69,20	2,43	93,60	4,69
68	128,75	7,22	62,50	0,00	35,88	18,58	12,25	0,53	4,25	0,00	1,75	0,00	63,75	2,69	67,25	0,00	98,00	0,00
69	101,00	0,00	48,00	0,00	28,96	8,20	11,20	2,74	4,80	0,00	1,80	0,63	64,60	0,00	66,40	0,00	87,00	0,00
71	140,00	0,00	73,33	0,00	32,43	11,09	14,33	0,00	5,00	0,00	1,33	0,36	68,67	0,00	71,67	0,00	92,67	0,00
72	134,00	0,00	72,00	0,00	35,82	0,00	14,00	0,00	4,80	0,00	2,00	0,00	67,20	0,00	68,80	0,00	92,60	3,32
73	86,00	0,00	31,00	0,00	28,20	12,65	12,40	0,00	5,00	0,00	1,40	0,32	66,00	0,00	66,25	0,00	94,50	2,98
74	152,00	0,00	78,75	0,00	24,56	1,97	15,60	1,58	6,80	0,63	1,40	0,00	69,80	0,00	72,40	3,02	100,00	2,51
75	167,00	11,29	78,00	0,00	35,54	5,33	15,80	1,22	6,20	0,63	1,80	0,00	68,80	0,71	70,60	1,41	99,00	0,00
76	81,67	22,71	22,50	21,51	19,43	13,38	11,67	3,21	5,33	1,24	1,00	0,00	67,33	5,82	69,00	2,14	100,33	6,94
79	115,00	0,00	55,00	4,18	29,70	11,64	12,67	0,00	5,00	0,55	1,33	0,17	72,67	0,17	74,00	0,00	100,67	2,56
80	56,25	17,99	32,50	0,00	22,08	0,00	10,75	0,94	4,00	0,00	1,00	0,00	71,67	3,55	75,00	4,28	96,00	0,00
81	113,00	17,75	55,00	8,22	28,60	5,39	14,40	0,77	5,40	0,77	1,00	0,00	77,00	0,45	76,60	0,00	102,00	1,34
82	150,00	4,47	58,75	0,00	28,90	10,21	10,60	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	64,60	0,00	72,60	2,97	97,60	6,48
83	102,50	0,00	55,00	4,47	21,60	0,00	13,00	0,00	5,00	0,00	1,50	0,45	78,00	0,00	78,50	0,00	97,00	0,00
85	120,00	0,00	60,00	8,54	22,92	8,00	13,20	0,63	4,60	0,00	1,40	0,32	67,20	0,00	70,20	0,00	99,20	0,00
86	105,00	0,00	67,00	0,00	41,94	0,00	13,40	0,00	3,80	0,00	1,60	0,32	74,40	0,00	73,00	0,00	91,20	0,00
87	106,00	0,00	60,00	0,00	31,44	9,43	14,20	0,00	4,80	0,00	1,20	0,00	74,60	0,00	77,75	0,00	96,40	0,00
88	100,00	0,00	37,50	0,00	24,45	0,00	14,50	0,00	5,50	0,36	1,00	0,00	69,00	0,00	71,00	0,00	99,25	0,00
89	89,00	9,22	53,00	0,00	38,54	0,00	12,20	0,00	4,40	0,00	1,80	0,00	75,25	0,97	73,40	0,00	96,80	1,55
90	93,00	0,00	56,00	0,00	35,12	6,82	12,00	0,00	3,60	0,32	1,40	0,00	74,60	0,32	73,00	0,00	96,60	1,10
91	126,00	0,00	69,00	0,00	24,64	8,01	11,20	1,00	3,80	0,45	1,20	0,00	66,00	0,00	68,20	0,00	89,40	0,00
92	100,00	0,00	47,00	0,00	32,92	12,51	11,40	0,00	3,60	0,00	1,20	0,00	66,80	0,00	69,60	0,00	91,60	0,98
93	89,00	8,51	48,00	2,74	29,90	3,46	13,00	0,00	4,00	0,00	1,40	0,00	74,80	0,00	74,80	0,00	90,00	0,00
94	137,00	12,75	58,00	9,08	26,84	0,00	14,00	1,58	6,00	0,00	1,20	0,00	68,20	0,00	68,75	0,00	97,20	1,24
96	105,00	13,87	46,00	0,00	20,96	0,00	10,40	0,00	3,80	0,45	1,60	0,32	55,00	0,00	57,80	2,32	78,60	0,00
ETE		15,23		14,55		9,76		1,20		0,69		0,47		2,87		3,41		3,61

MOY : moyenne phénotypique; ETG : écart type génétique; ETE : écart type environnemental

Quant aux lignées S1 Obatanpa, elles ont un taux de «fixation stricte » pour HT de 65,51% et les hauteurs varient de 84 cm à 207 cm. Quand on inclut l'imprécision des mesures ce taux passe à 67,76%. Ce caractère est le moins fixé au sein du matériel d'étude.

Le taux de stabilité le plus haut est rencontré pour NE. Il est de 82,45% au sens strict de fixation et 98,37% en considérant l'imprécision des mesures. Le nombre d'épis par pied fluctue entre 1 et 2,5 en moyenne dans ce matériel testé.

On note 123 lignées Obatanpa qui présentent une stabilité stricte pour tous les caractères étudiés (soit 25,1% du matériel) et aucun de ce matériel ne reste instable pour toutes les variables étudiées. Les variations génétiques sont très faibles. Pour le nombre d'épis par pied en exemple, on est à un taux de fixation de 98,37%.

3.2.4 Caractérisation génétique des différents groupes

Pour la caractérisation des différents groupes de lignées, il sera pris en compte la classification résultant de l'analyse en « nuées dynamiques » à partir des écarts types génétiques des lignées pour chaque caractère. (résultat de l'analyse en annexe 6)

Tableau XII: Résumé de l'analyse des nuées dynamiques (numéros d'entrées des lignées)

Classe	Classe1	Classe2	Classe3	Classe4	Classe5
Inertie intra-classes	98,56	113,76	47,11	16,29	125,56
Effectif	10	38	8	2	12
Numéros d'entrées des lignées	8	23 49 79	4	10	2
	17	29 50 83	19	36	26
	37	31 53 85	25		28
	64	33 54 86	40		32
	66	34 55 87	44		41
	68	35 56 88	45		51
	69	38 57 89	58		52
	71	39 59 90	80		61
	73	43 60 91			74
	82	46 65 92			76
		47 72 93			81
		48 75 96			94
		0 100			

lignée n°0 : moyenne des lignées Tzi 35 plata / lignée n°100 : prototype lignée strictement fixée

L'analyse des « nuées dynamiques » a formé 5 classes de lignées avec respectivement pour individus centraux les lignées 17 (QPM 21-2-3-2-1), 0 (Tzi 35 plata), 25 (QPM 21-2-2-2-1), 10 (QPM 21-2-1-1) et enfin 81 (ERL1N 6-2-1-11-1).

Tzi 35 plata, le témoin lignée, se retrouve dans la même classe que la lignée n°100 qui est le prototype de la lignée rigoureusement fixée pour tous les caractères (écart type nul pour tous les caractères). Cela confirme les résultats précédents qui montraient que Tzi 35 plata est une lignée stable.

MENTION BIEN

En sus, Tzi 35 plata est l'individu central de la classe 2. Or, comme démontré, Tzi 35 plata est une lignée stable. Les regroupements se faisant par affinité, alors toutes les lignées de la classe 2 ont les mêmes caractéristiques que Tzi 35 plata et peuvent donc être considérées comme des lignées fixées.

La classe 1 par analogie à l'individu central (lignée 17), regroupe les lignées non fixées pour HT, ST et FSE. La classe 3 rassemble les lignées instables pour FM, la classe 4 assemble celles instables pour HT, ST et FSE. Enfin, la classe 5 renferme les lignées non encore fixées pour HT et HIE.

Tout compte fait, 36 lignées sont fixées, soit 53% du matériel. Ces 36 lignées se répartissent en 12 lignées CRDT, 11 lignées MAKKA, 7 lignées ERL1N, 4 lignées SER et 2 lignées QPM. En terme de pourcentage par groupe, les lignées SER arrive en tête avec 100% de lignées fixées, suivent respectivement les lignées MAKKA (92%), les CRDT (57%) les ERL1N (35%) et enfin les lignées QPM (18%).

En bref, les lignées QPM sont les moins stables contre les lignées SER qui sont les plus fixées. Ces différences s'expliquent par la différence de générations d'autofécondations par groupe de lignées.

En effet, les lignées issues de la variété MAKKA (MAKKA, SER et CRDT) ont les meilleurs pourcentages de lignées fixées. Ces lignées sont généralement au moins, autour de huit (8) générations d'autofécondations.

Quant aux lignées QPM qui sont les moins stables, elles sont entre quatre (4) et cinq (5) autofécondations. C'est aussi le cas des lignées ERL1N qui se placent tout de même avant les QPM en terme de taux de fixation.

Les lignées ERL1N sont extraites par une méthode rapide d'obtention de lignées au bout de trois à quatre générations de croisements (SANOU, 2001) ; ces résultats accordent du même coup un crédit à ce procédé rapide qui peut faire gagner du temps et économiser des ressources financières.

Les lignées issues de la variété MAKKA sont pratiquement toutes fixées. Seules les lignées CRDT, pourtant en générations très avancées (S11 pour certaines), semblent encore à la traîne (même si plus de la moitié est fixée). Ceci peut s'expliquer par une probable pollution des semences de ce groupe.

Les lignées MAKKA et SER peuvent donc être introduites dans un programme de top-cross. Les lignées QPM, ERL1N et CRDT (bien que le taux de fixation est assez élevé pour ce dernier groupe) pourraient être soumises encore à des autofécondations pour l'amélioration de leur degré de stabilité.

Néanmoins, des attentes réelles peuvent être fondées sur ce matériel vu sa diversité (source et moteur d'amélioration génétique) et la stabilité génétique de bon nombre de lignées (utilisation de l'hétérosis).

Le pourcentage de lignées S1 fixées suite à la classification de l'analyse en « nuées dynamiques » est de 63%. Ce taux pourrait traduire une stabilité de ces lignées. Mais l'explication de cette stabilité qui est fictive, tient plutôt au faible stade de ségrégation des gènes à cette étape d'autofécondations. Des calculs sur les générations futures nous permettront de vérifier cette hypothèse.

3.2.5 Conclusion partielle

Le taux d'homozygotie des lignées issues de la variété MAKKA (SER et MAKKA surtout) montrent qu'elles sont fixées et peuvent être introduites dans des travaux d'élaboration de nouvelles variétés. Les lignées QPM, ERLIN et CRDT nécessitent encore quelques autofécondations pour être fixées.

Quant aux lignées Obatanpa, on note « une stabilité génétique apparente ». En effet, comme déduit de l'étude phénotypique, les gènes ne connaissent pas encore une ségrégation franche. Cette situation confère une certaine homogénéité à ces lignées qui pourrait être assimilée à une stabilité des caractères. Mais au regard de leur génération, cette stabilité ne peut qu'être apparente. Ce résultat stipule plutôt que la variation génétique est très faible lors des premières générations d'autofécondations et fortement masquée par la variation de l'environnement. Car, comme le soulignent SPRAGUE et *al.* (1977), ce n'est qu'au bout de sept à huit autofécondations qu'on obtient un matériel présentant une forte homozygotie.

3.3 COMPORTEMENT DES LIGNEES EN SITUATION DE STRESS

Après la description phénotypique des lignées en condition normale de culture et leur caractérisation génétique, une interrogation demeure : leur comportement en condition stressante. Il est vrai que le phénotype est dirigé par le génotype, mais ce phénotype est aussi modifié par le milieu. Alors a été entrepris la série d'expérimentations (stress hydrique, maladies fongiques et stress fertilisation) qui suit pour nous désigner celles qui ont un bon comportement en conditions stressantes.

3.3.1 COMPORTEMENT DES LIGNEES EN SITUATION DE STRESS HYDRIQUE

3.3.1.1 Détermination de l'effet du niveau d'irrigation

Pour déterminer l'impact des différents niveaux d'irrigations sur les lignées, une analyse de variance sur les 5 groupes de lignées dans un premier temps dont le résultat est indiqué au tableau XIII a été menée.

Tableau XIII: Résultat de l'analyse de variance selon le niveau d'irrigation

VARIABLES	FSE	HIE	HT	NTF	SNF	ST
REPETITION	0,38ns	0,5ns	0,2ns	1,65ns	ns	0,57ns
TRAITEMENT	760,05***	4,25*	493,45***	22,91***	***	53,91***
LIGNEES	3,13***	12,29***	11,41***	5,86***	***	2,18***
MOY	3,044	61,667	103,82	12,643	-	26,027
E_RES	1,571	11,157	19,388	1,55	-	10,045
CV	51,6	18,09	18,67	12,26	-	38,59

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

L'effet répétition est non significatif pour toutes les variables. Le terrain de l'essai présente alors une bonne homogénéité.

L'incidence des différents niveaux d'irrigation de même que celle des différentes lignées est très hautement marquée sur tous les paramètres de l'étude. Ainsi, la réponse exprimée au niveau des différentes variables varie selon que le matériel est sous stress hydrique ou non (convenablement irrigué) . Mais cette réponse varie aussi d'une lignée à l'autre.

Certaines variables que sont EF et RDT portent sur la moyenne des cinq répétitions, ce qui nous a guidé vers une autre analyse de variance à partir des moyennes par traitement (stress ou non-stress). Cette analyse est au tableau XIV.

Tableau XIV : Analyse de variance des moyennes en fonction du niveau d'irrigation

VARIABLES	EF	FSE	HIE	HT	NTF	RDT	RP	SNF	ST
TRAITEMENTS	1,00 ns	291,92 ***	3,97 ns	133,51 ***	7,00 *	104,50 ***	166,24 ***	***	25,62 ***
LIGNEES	0,86 ns	1,23 ns	6,25 ***	3,22 ***	2,15 **	0,36 ns	0,81 ns	ns	1,03 ns
MOY	2,049	3,073	60,11	102,92	12,62	0,525	73,498	-	25,970
E_RES	2,449	1,173	8,096	17,261	1,237	0,660	23,558	-	6,841
CV	119,5	38,17	13,47	16,77	9,79	125,66	32,05	-	26,34

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

Cette analyse montre un effet non significatif du facteur «lignée » sur la majorité des variables (EF, RP, SNF, ST, FSE et RDT). Seulement les variables EF et HIE n'accusent pas l'influence du niveau d'irrigation. Nous retenons les résultats de EF et RDT pour cette analyse, respectivement non influencé et hautement influencé par le stress provoqué pour la suite des travaux. Cela implique une variabilité du matériel pour le rendement selon les conditions hydriques.

La comparaison de ces deux analyses permet d'apprécier positivement le niveau de précision de l'analyse des observations effectuées pied par pied qui soulignent des détails échappant aux «observations 50% » (observation des moyennes). C'est la raison qui nous amène à retenir les résultats de la première analyse pour les autres variables.

Pour juger aussi de l'effet du stress hydrique sur les lignées S1 Obatanpa, une analyse de variance est réalisée. Cette analyse est consignée dans le tableau XV.

Tableau XV : Résultat de l'analyse de variance selon le niveau d'irrigation

VARIABLE	EF	HIE	HT	NE	RP	SNF	ST
LIGNEE	0,59 ns	0,33 ns	5,05 *	4,71 *	0,06 ns	ns	2,73 ns
TRAITEMENT	14,04 ***	27,21 ***	141,07 ***	240,09 ***	11483,97 ***	***	19,25 ***
MOY	0,393	68,933	143,67	0,852	52,183	-	37,575
E_RES	3,04	10,786	18,504	0,308	6,933	-	6,377
CV	774,15	15,65	12,88	36,21	13,29	-	16,97

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

L'effet « traitement » est très hautement significatif pour toutes les variables. Pour l'effet « lignée », il est significatif que pour deux variables (HT et NE).

Ainsi, la réponse des lignées S1 Obatanpa pour tous les paramètres de l'étude est très variable selon qu'on est en condition de stress hydrique ou en condition d'irrigation convenable. Cette réponse moyenne varie d'une lignée à l'autre pour les variables HT et NE.

Tout compte fait, il existe une variabilité du matériel dans le comportement face au stress hydrique. Cet état de fait justifie une sélection dans le matériel pour l'obtention de lignées tolérantes à la sécheresse.

3.3.1.2. Elimination des variables redondantes

Dans le but d'éviter de travailler sur des variables qui apportent la même information, il est calculé la matrice de corrélation des variables d'abord pour les 5 groupes de lignées (au tableau XVI)

Tableau XVI : Matrice de corrélation des variables

	HT	HIE	ST	NTF	FSE	SNF	RP	RDT
HT	1,00							
HIE	0,76	1,00						
ST	0,56	0,49	1,00					
NTF	0,56	0,43	0,48	1,00				
FSE	0,72	0,83	0,53	0,50	1,00			
SNF	-0,71	-0,80	-0,56	-0,41	-0,88	1,00		
RP	0,35	0,28	0,20	0,15	0,32	-0,51	1,00	
RDT	0,66	0,62	0,31	0,34	0,64	-0,73	0,49	1,00

Il existe une corrélation moyennement forte ($|R| \geq 0,7$) entre HT - FSE - SNF et HIE d'une part, d'autre part entre RDT et SNF pour les 5 groupes de lignées. Ces variables apportent donc la même information.

L'élimination des variables qui apportent la même information pour les lignées Obatanpa passe aussi par le calcul de la matrice de corrélation (tableau XVII) des différentes variables.

Tableau XVII : Matrice de corrélation des variables

	HT	ST	NE	HIE	SNF	RP	EF
HT	1,00						
ST	0,28	1,00					
NE	0,42	0,27	1,00				
HIE	0,65	0,26	0,25	1,00			
SNF	-0,42	-0,28	-0,67	-0,23	1,00		
RP	0,43	0,32	0,64	0,28	-0,93	1,00	
EF	-0,12	-0,15	-0,27	-0,09	0,23	-0,25	1,00

La corrélation n'est moyennement forte qu'entre RP et SNF. Le coefficient de variation de SNF étant indéterminé (transformation pour l'obtention d'une distribution normale des variances), toutes les variables observées sur les lignées Obatanpa seront soumises à l'analyse en composantes principales.

Ces ACP nous fourniront les variables les plus pertinentes pour l'application du critère de sélection ($T_s/T_o > 0,7$).

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 grande imprécision de la mesure.

3.3.1.3. Détermination des variables pertinentes pour le critère de sélection

Les variables retenues sur la base des corrélations et du plus faible CV sont HT, RDT, ST, NTF, RP et SNF pour les 5 groupes de lignées (CRDT, MAKA, SER, QPM et ERL1N). En rappel, pour les lignées S1 toutes les variables sont retenues.

Les lignées avec les variables retenues sont soumises à une analyse factorielle en composantes principales (ACP). Ces ACP (tableaux XVIII et XIX) détermineront les variables qui expliquent le mieux la réponse de chacune des lignées face au stress hydrique. (tableau de l'ACP en annexe 7)

Tableau XVIII: Résumé de l'ACP des 5 groupes de lignées

FACTEURS	VARIABLES	CONTRIBUTION (en %)	PART (%) DANS L'EXPLICATION DU COMPORTEMENT
facteur 1	SNF	23,19	56,82
	HT	22,36	
facteur2	RP	38,97	17,343
	NTF	27,3	

Tableau XIX: Résumé de l'ACP des lignées S1

FACTEURS	VARIABLES	CONTRIBUTION (en %)	PART (%) DANS L'EXPLICATION DU COMPORTEMENT
facteur 1	RP	23,32	46,945
	SNF	22,66	
facteur2	HIE	43,29	17,149
	HT	23,86	

Pour les lignées S1, les deux principaux axes (facteurs) rendent compte à 64,1% du comportement des lignées. Les variables RP et SNF contribuent le plus à la constitution de l'axe n°1 avec respectivement une contribution de 23,32% et 22,66%. Pour l'axe n°2, ce sont les variables HIE avec 43,29% de part de contribution et HT avec 23,86%.

Quant aux 5 groupes de lignées, les deux principaux axes (facteur 1 pour axe n°1 et facteur 2 pour axe n°2) expliquent plus de la moitié du comportement des lignées (74,2%).

Les variables qui contribuent le plus à la constitution de l'axe n° 1 sont SNF à 23,19% et HT à 22,36%. Quant à l'axe n° 2 ce sont les variables RP à 38,97% et NTF à 27,3% qui contribuent le plus à sa constitution.

3.3.1.4. Sélection des lignées tolérantes à la sécheresse

Le critère de sélection consiste à examiner le rapport des valeurs Ts/To pour les deux variables contribuant le plus à la distribution des lignées en fonction des deux facteurs majeurs. Il s'agit en l'occurrence pour les lignées S1, de RP pour le facteur n°1 et de HIE pour celui n°2. L'observation de ce critère nous indique qu'aucune des lignées S1 ne présente une tolérance à la sécheresse

Dans le cas des 5 groupes de lignées il s'agit des variables SNF et RP. SNF a été substituée par HT du fait qu'elle présente une valeur nulle dans le To : il ne s'agit pas pour un rapport Ts/To. Le calcul des rapports pour ces 5 groupes nous fournit le résultat résumé dans le tableau XX (voir valeurs moyennes par traitement de ces lignées en annexe 7 : lignées sélectionnées marquées par *)

Tableau XX: Lignées sélectionnées

GENO	TTT	HT	HIE	ST	NTF	FSE	SNF	RP	EF	RDT	R1	R2
32*	2	118	.	23,3	14,2	0	8,8	77,8	.	0	0,93	0,78
	1	127	52	25,12	13	5,8	0	100	3	.		
89*	2	87	.	25,94	11,4	0	7,2	92,3	.	0	0,98	0,92
	1	89	53	38,54	12,2	4,4	0	100	-4	.		
91*	2	100	57,5	22,94	11,4	2	8,8	72,7	.	0	0,79	0,73
	1	126	69	24,64	11,2	3,8	0	100	3	.		

TTT 1:traitement sans stress hydrique TTT 2 :traitement stress R1 : Ts/To pour HT R2 : Ts/To pour RP

En définitive, seules trois lignées sont retenues comme présentant une tolérance à la sécheresse : une lignée CRDT (32) et deux MAKAs (89 et 91). En terme de pourcentage, le matériel ne contient que 0,9% de lignées tolérantes à la sécheresse avec 0% pour les lignées QPMF, S1 Obatanpa, SER et pour les ERL1N. 4,55% des lignées CRDT ont un bon comportement en condition de stress hydrique et 16,67% de lignées MAKAs. Ces dernières ont le taux le plus élevé de lignées tolérantes.

Ces faibles pourcentages trouvent leur explication dans la baisse de vigueur des lignées essentiellement marquée sur le rendement. Cette baisse de vigueur est constatée après seulement quatre séries d'autofécondations par SHAMEL cité par LE CONTE (1950). Aussi, la période de l'essai (mars - avril) correspondant avec la forte canicule, ces lignées ont subi un double stress. Cette canicule a été plus accrue pour les lignées S1 mises en place après les 5 groupes de lignées.

Les résultats semblent confirmer les caractéristiques de chacune des variétés-sources de lignées. En effet, les lignées CRDT et MAKAs sont issues de la «variété population MAKAs» qui possède une tolérance à la sécheresse et est dotée d'une bonne rusticité. Cette rusticité a été acquise par adaptation de la variété aux milieux très arides (Kaedi en Mauritanie d'où elle est originaire).

Ces lignées CRDT et MAKAs pourront servir de source de résistance à la sécheresse pour les autres lignées sensibles. Elles peuvent aussi être utilisées dans l'élaboration d'hybrides ou de synthétiques qui vont allier les propriétés de MAKAs et d'autres variétés ; en l'occurrence FBC 6 et ESPOIR par le biais des lignées ERL1N et QPMF. L'hétérogénéité de MAKAs s'en retrouvera supprimée et la résistance à la sécheresse de FBC 6 et ESPOIR en sortira renforcée, toute chose recherchée par la sélection.

De même, cette perspective d'amélioration et de renforcement des qualités des différentes variétés peut contribuer non seulement à augmenter la production de maïs par l'accroissement des zones de culture (utilisation de la précocité de la variété MAKKA), mais aussi à améliorer la productivité sachant que la sécheresse est l'entrave majeure dans la production de maïs au Burkina Faso.

3.3.2 COMPORTEMENT DES LIGNEES FACE AUX MALADIES

3.3.2.1. Détermination de l'impact des maladies sur les lignées

Pour apprécier l'impact des maladies sur le matériel, une analyse de variance est entreprise sur les « notes moyennes maladie » des individus. Cette analyse est consignée dans le tableau XXI.

Tableau XXI : Résultat de l'analyse de variance en fonction des maladies

VARIABLES	HELM	CURV
REPETITION	ns	ns
LIGNEES	ns	***

ns,*** respectivement non significatif et significatif à 0,1%

L'effet « répétition » n'est pas significatif, indiquant ainsi une homogénéité des conditions d'expérimentation. Quant au facteur « lignée », il présente des différences statistiquement significatives pour la curvulariose. Cette différence entre les lignées n'est pas observée pour l'helminthosporiose.

Les notes affectées pour l'helminthosporiose sont en moyenne très proches de 1. Ceci pourrait traduire une résistance des lignées à cette maladie. Cette alternative ne pourrait être vérifiée que pendant la saison humide. En effet, les observations étant menées durant la saison sèche, les conditions sont hostiles à l'expression de *Helminthosporium sp.* Pour la curvulariose, le comportement du matériel présente une très grande variabilité. Une classification des lignées en fonction de la réponse exprimée à la curvulariose peut donc être envisagée.

3.3.2.2. Classification des lignées

Sur la base de moyennes des notes curvulariose de chaque lignée, il est constitué des groupes selon un découpage proposé par DABIRE (2000) et repris par SANON (2003). Ce découpage a été adapté à notre étude et se présente comme suit :

- lignées résistantes : $1 \leq$ notes moyennes $< 2,5$
- lignées tolérantes : $2,5 \leq$ notes moyennes $< 3,5$
- lignées sensibles : $3,5 \leq$ notes moyennes ≤ 5 .

La classification du matériel est présentée au tableau XXII

Tableau XXII : classification des lignées par rapport à la curvulariose

LIGNEES	GROUPE	CURV	RESISTANCE	LIGNEES	GROUPE	CURV	RESISTANCE
2	QPM	1	R	64	ERL1N	1	R
4	QPM	1	R	65	ERL1N	1	R
10	QPM	1	R	68	ERL1N	1	R
19	QPM	1,8	R	69	ERL1N	1,6	R
23	QPM	1,5	R	71	ERL1N	1,67	R
25	QPM	1	R	72	ERL1N	1	R
28	QPM	2,4	R	73	ERL1N	1,4	R
29	QPM	1,5	R	74	ERL1N	1	R
31	CRDT	1	R	75	ERL1N	2,3	R
32	CRDT	1	R	79	ERL1N	1,83	R
33	CRDT	1,4	R	81	ERL1N	2,2	R
35	CRDT	2,1	R	82	ERL1N	1	R
36	CRDT	1	R	85	MAKA	1,2	R
37	CRDT	1	R	86	MAKA	1,2	R
38	CRDT	1,1	R	87	MAKA	1,3	R
39	CRDT	2	R	89	MAKA	2	R
40	CRDT	1,4	R	90	MAKA	1,5	R
41	CRDT	1	R	93	MAKA	1,5	R
43	CRDT	1,5	R	94	MAKA	1,1	R
45	CRDT	1	R	96	MAKA	1	R
46	CRDT	1,2	R	8	QPM	3,25	T
49	CRDT	1,6	R	17	QPM	3,5	T
50	CRDT	1,2	R	26	QPM	3,3	T
51	CRDT	1	R	34	CRDT	2,7	T
52	CRDT	1	R	47	CRDT	2,5	T
53	SER	1	R	48	CRDT	2,6	T
54	SER	1,4	R	66	ERL1N	2,7	T
55	SER	1	R	76	ERL1N	2,67	T
56	SER	1	R	80	ERL1N	3,25	T
57	ERL1N	1	R	83	MAKA	3	T
58	ERL1N	1	R	91	MAKA	3,1	T
59	ERL1N	1	R	44	CRDT	3,75	S
60	ERL1N	2,2	R	88	MAKA	4,63	S
61	ERL1N	1,3	R	92	MAKA	3,6	S

CURV : note moyenne curvulariose ; R: résistante, T: tolérante; S: sensible

La classification montre la présence des trois groupes « de sensibilité » dans le matériel d'étude. Les lignées résistantes occupent une place prépondérante : 79,41% des lignées sont classées résistantes, 16,18% sont tolérantes contre seulement 4,41% de lignées sensibles.

3.3.2.3. Caractérisation des différents groupes de lignées

A la lecture du tableau XXI, nous pouvons retenir pour les lignées QPM que 72,73%, soit 8 lignées, sont résistantes et 27,27%, soit 3 lignées, sont tolérantes ; il n'y a pas de lignées sensibles dans ce groupe.

Les lignées CRDT sont à 80,95% (7 lignées) résistantes, 14,29% (3 lignées) tolérantes et à 4,76% (1 lignée) sensibles.

Les lignées SER (au nombre de 4) sont à 100% résistantes.

Quant aux lignées ERL1N, on compte 85% de lignées résistantes (soit 17 lignées) et 15% de lignées tolérantes (soit 3 lignées). Comme pour les lignées SER et QPM, il n'existe pas de lignées sensibles.

Enfin, pour les lignées MAKKA, nous déchiffrons 66,67% de lignées (8 lignées) résistantes et 16,67% de lignées (2 lignées) aussi bien tolérantes que sensibles.

Tout compte fait, les lignées SER présentent le meilleur comportement face à la curvulariose et les lignées MAKKA sont le groupe le plus sensible. Tous ces deux groupes de lignées sont pourtant issus de la variété MAKKA. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que MAKKA est une «variété population», elle renferme alors une diversité de caractères en son sein.

Les différentes autofécondations auraient contribué à la ségrégation des caractères. Le caractère « sensibilité » qui se trouve donc «masqué »(dominé) dans la variété MAKKA s'exprime à travers les lignées MAKKA.

En effet, il a été relevé la dominance entre facteurs responsables de maladies fongiques. C'est le cas du gène *Hm* responsable de la sensibilité à *Helminthosporium maydis* qui domine *Hm2* en position 64 sur le chromosome n°9 (COE et NEUFFER, 1977).

Vu l'existence de résistance dans tous les groupes, des perspectives heureuses sont envisageables quant à la lutte contre la curvulariose qui, même si elle n'est pas la maladie la plus répandue, peut occasionner des pertes non négligeables (DE LEON, 1984).

La réponse des lignées face à la curvulariose connaît une variation. La majorité des lignées possèdent une résistance (79,41% des lignées sont classées résistantes) même si on note des lignées tolérantes et sensibles dans les différents groupes.

MENTION BIEN

3.3.3 COMPORTEMENT DES LIGNEES FACE A UN STRESS FERTILISATION

3.3.3.1. Détermination de l'influence du niveau de fertilisation et de la variabilité inter-lignée de l'essai

Pour saisir l'importance de la fertilisation pour le matériel étudié, une analyse de variance a été nécessaire. Le résultat est récapitulé dans le tableau XXIII.

Tableau XXIII: Résultat de l'analyse de variance des lignées en fonction du niveau de fertilisation

VARIABLES	HT1	HT2	RF	TF	RS	TS	CR
REPETITION	6,99**	12,77***	0,11ns	7,91**	0,11ns	3,92*	6,19*
TRAITEMENT	0,85 ns	284,46 ***	79,92 ***	293,88 ***	21,79 ***	230,26 ***	547,22 ***
LIGNEES x TRAITEMENT	4,02 *	17,09 ***	5,52 *	12,26 ***	4,21 *	10,25 **	15,52 ***
MOY	7,445	11,509	4,906	6,650	0,430	0,846	4,064
E_RES	1,505	2,153	2,689	3,956	0,298	0,478	1,493

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

Nous avons un effet significatif pour 75% des observations (HT1, HT2, TF, TS, CR) et un effet non significatif pour RF et RS en fonction du facteur « répétition ». Pour le facteur « lignée en fonction des traitements », toutes les variables subissent un effet significatif. Quant aux traitements, ils influencent très hautement tous les caractères à l'exception de HT1.

Ainsi, les répétitions sont hétérogènes. Le choix du dispositif expérimental impliquant des répétitions est justifié pour mener à bien l'évaluation des lignées. Pour le paramètre « traitement », il est constaté une nette différence d'un traitement à l'autre. L'apport de NPK entraîne alors une modification des conditions de culture. Seule HT1 n'est pas affectée par cet apport. Cela est certainement dû au temps de la première mesure des tiges qui se fait dix jours après l'application du NPK. Les plantes n'ont pas suffisamment de temps pour exprimer une réaction nette à l'apport d'engrais. Aucune différence significative n'est donc relevée pour cette observation. Les lignées présentent une variation entre elles selon qu'on a appliqué ou non le NPK. Une sélection de lignées qui présenteraient un bon comportement en milieu pauvre en fertilisants et qui répondent bien à l'apport d'engrais est donc possible dans ce matériel.

3.3.3.2. Caractéristiques des lignées

Les valeurs moyennes des variables en fonction du niveau de fertilisation pour les différentes lignées sont calculées et indiquées dans le tableau XXIV.

Une sélection en milieu contraignant permet d'obtenir des lignées qui optimisent l'extraction d'éléments nutritifs du sol, tandis qu'en milieu propice, la sélection favorise celles qui optimiseraient l'apport de fertilisants (GINKEL, 2001). Ce dernier cas est plus approprié pour une agriculture intensive qui met l'accent sur les apports de tous les intrants. Vu notre contexte d'agriculture traditionnelle, nous nous intéresserons de façon primordiale au comportement des lignées en milieu sans apport de NPK.

La croissance (CR) du matériel varie pour le milieu sans NPK de 0,3 cm (n°66, lignée ERL1N) à 3,37 cm (n°50, lignée CRDT). La moyenne de croissance dans ce traitement est 1,64 cm.

La biomasse racinaire (RS) varie de 0,09 cg (n°75, lignée ERL1N) à 0,88cg (n°49, lignée CRDT). La biomasse racinaire moyenne est de 0,33 cg.

Quant au facteur multiplicateur (R) de la biomasse racinaire par le NPK, il va de 0,31 (n°56, SER) à 4 (n°92, lignée MAKAKA) ; sa moyenne pour le matériel est 1,68.

Les plus fortes valeurs pour CR et RS sont enregistrées pour les lignées CRDT. En revanche les lignées ERL1N connaissent les plus faibles valeurs pour ces deux paramètres.

Les moyennes de chaque groupe de lignées en milieu stressant pour les trois paramètres (CR, RS et R) confortent les performances individuelles ci-dessus. Les valeurs pour la biomasse racinaire des lignées CRDT et SER (respectivement 0,4 cg et 0,38 cg) sont au-dessus des autres lignées. Pour la croissance, ce sont encore les lignées CRDT et SER (respectivement 1,76 cm et 1,64 cm) qui dominent. Enfin, pour le facteur multiplicateur « R » les lignées MAKAKA (2,16) se classent au-dessus du matériel.

Les lignées CRDT semblent présenter les meilleures caractéristiques pour ce qui est du comportement en condition de stress fertilisation.

Les données nous permettent aussi d'observer l'évolution à la figure 3 de l'effet de la fertilisation sur la croissance du matériel (rapport : croissance apport NPK/croissance sans apport)

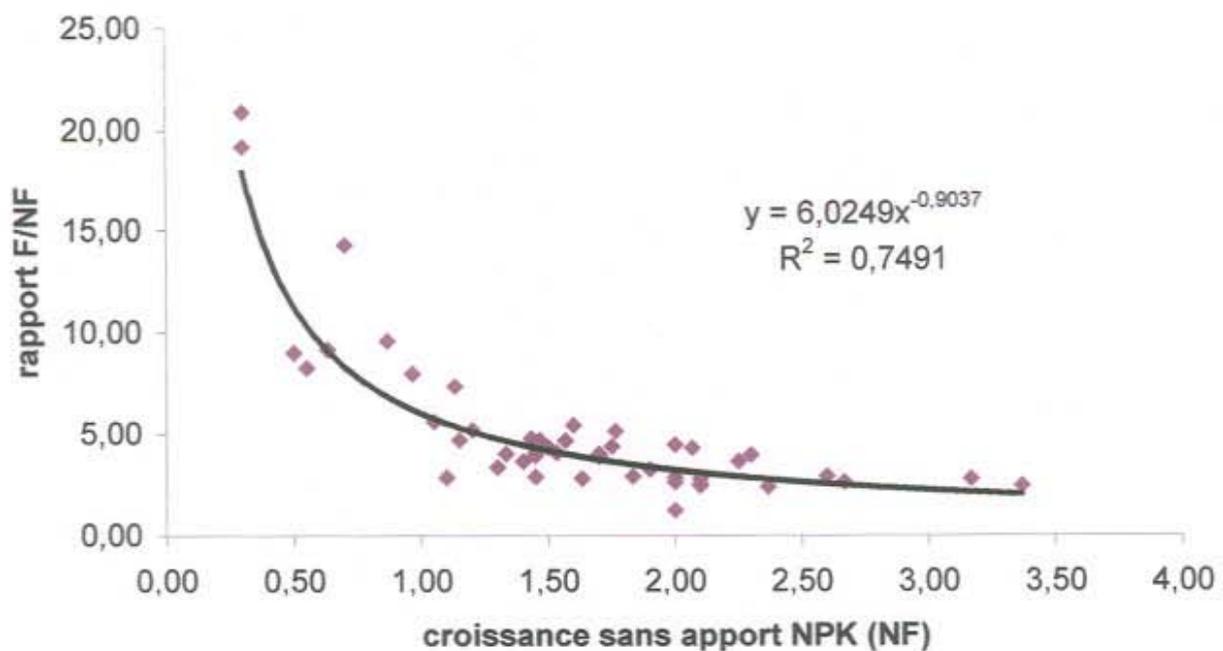
Tableau XXIV: Valeurs moyennes des différentes mesures des lignées par niveau de fertilisation

LIGNEES	TTT	HT1	HT2	TF	RF	TS	RS	CR	R
10°	1	5,63	7,73	1,43	2,3	0,3	0,18	2,1	1,8
	2	6,85	12,8	6,95	3,15	1	0,32	5,9	
19°	1	6,03	8,03	1,37	1,7	0,2	0,13	2	1,9
	2	6,63	11,9	5,43	4,07	0,6	0,25	5,3	
28	1	6,45	7	1,15	3,07	0,2	0,17	0,6	1
	2	5,95	10,5	4,8	2,85	0,6	0,17	4,6	
31*	1	8,7	10	2,9	5	0,6	0,55	1,3	1,4
	2	8,6	17,7	14	10,8	1,7	0,79	9,1	
32*	1	9,05	10,2	2,9	4,85	0,5	0,56	1,2	0,9
	2	8,6	14,8	11,2	6,63	1,3	0,48	6,2	
33**	1	8,1	9,93	2,87	3,2	0,4	0,37	1,8	1,7
	2	8,9	14,2	13,5	7,83	1,5	0,64	5,3	
34	1	6,47	9,63	1,97	4	0,3	0,29	3,2	1,2
	2	6,05	14,9	8,8	5,4	1,2	0,35	8,8	
35*	1	9,8	10,7	3	5,13	0,5	0,61	0,9	1,6
	2	7,6	15,9	11,3	7,77	1,4	0,97	8,3	
36°	1	6,83	9,5	1,8	1,63	0,3	0,17	2,7	2,2
	2	7,97	15	11,2	4,87	1,3	0,38	7	
37*	1	8,5	11,1	2,77	3,17	0,5	0,48	2,6	1,3
	2	9,8	17,4	15,1	8,1	1,9	0,6	7,6	
39**	1	7,97	10	2,47	2,7	0,4	0,34	2,1	1,7
	2	7,9	16,8	16,3	7,9	1,8	0,58	8,9	
40	1	7,05	8,6	2,23	3,55	0,3	0,29	1,6	1,2
	2	6,45	15,4	12,7	5,15	1,3	0,35	8,9	
41**	1	8,8	9,93	2	4,8	0,4	0,5	1,1	2,2
	2	8,83	17,2	21,9	12,3	2,7	1,09	8,3	
43	1	6,9	8,6	2	1,97	0,3	0,22	1,7	1,5
	2	6,57	13,2	10,7	4,2	1,2	0,33	6,6	
44	1	5,17	6,6	1	1,97	0,2	0,17	1,4	1,4
	2	4,93	11,8	7,57	3,33	0,8	0,23	6,8	
45*	1	8,73	10,3	1,93	4,03	0,3	0,35	1,5	1,4
	2	8,57	14,8	8,53	6	1,1	0,49	6,2	
46**	1	8,63	10,4	3,1	5,17	0,5	0,43	1,8	2,8
	2	9,57	18,7	19,5	10,3	2,5	1,2	9,1	
47*	1	8,5	10,1	3,1	6,37	0,5	0,55	1,6	1,4
	2	7,87	15,2	17,4	9,43	2,1	0,79	7,3	
48	1	7,65	9,4	2,5	3,45	0,4	0,32	1,8	1,6
	2	7,17	14,8	15,6	7,23	1,7	0,51	7,7	
49*	1	9,33	9,97	2,9	6,3	0,6	0,88	0,6	0,7
	2	10,5	16,3	17,9	10,1	2	0,65	5,8	
50*	1	7,47	10,83	2,53	4,57	0,43	0,41	3,37	1,6
	2	9,63	17,83	15,6	7,17	1,81	0,67	8,2	
51°	1	7,37	8,83	1,73	2,77	0,29	0,25	1,47	1,9
	2	7,93	14,83	9,9	5,5	1,3	0,48	6,9	
52°	1	6,47	8,17	2,23	1,27	0,36	0,29	1,7	3,1
	2	7,17	14	15,7	10,2	1,99	0,9	6,83	
53	1	5,63	8	2,13	1,97	0,62	0,25	2,37	1,2
	2	6,17	11,83	10,2	5,77	1,18	0,3	5,67	
54*	1	8,47	10,1	2,5	2,6	0,34	0,34	1,63	1,5
	2	7,43	12	8,33	7,57	1,09	0,52	4,57	
55	1	7,87	9,43	2,4	3,53	0,41	0,31	1,57	1,6
	2	7,17	12,87	9,5	6,77	1,24	0,51	5,7	
56*	1	8,17	9,13	2,07	5,1	0,51	0,62	0,97	0,3
	2	7,4	14,5	10	3,77	1,12	0,19	7,1	
59	1	6,95	8,4	1,75	3,75	0,26	0,28	1,45	1,5
	2	7,4	13,25	11,8	7,15	1,35	0,42	5,85	
60	1	5,67	7,07	1,77	2,53	0,28	0,23	1,4	1,6
	2	4,9	10	10,5	5,6	1,13	0,37	5,1	
65	1	7,2	8,65	1,85	1,3	0,33	0,13	1,45	1,6
	2	6,3	10,5	6,7	3,35	0,78	0,21	4,2	
66**	1	7,95	8,25	2,6	4,2	0,4	0,44	0,3	1,8
	2	7,9	14,17	17,6	9,93	1,82	0,78	6,27	
74*	1	7,33	8,67	3,63	5	0,36	0,52	1,33	1,5
	2	7,97	13,33	11,6	6,93	1,39	0,77	5,37	
75°	1	5,5	6,6	1,4	1,05	0,1	0,09	1,1	1,9
	2	6,8	10,83	8,23	4,6	0,6	0,17	4,03	
86°	1	6,17	7,63	0,9	2,7	0,23	0,2	1,47	3,6
	2	5,67	12	9,17	7,33	1,19	0,71	6,33	
87°	1	5,8	6,85	0,55	0,6	0,07	0,13	1,05	2,4
	2	6,1	12	6	5,1	0,82	0,31	5,9	
89	1	5,9	8	0,75	2,15	0,19	0,15	2,1	1,7
	2	5,75	10,9	5,2	4,2	0,69	0,25	5,15	
91	1	9	11,1	0,75	2,25	0,26	0,19	2,1	0,8
	2	9,2	14,53	3,77	2,6	0,51	0,16	5,33	
92°	1	5,53	7,77	0,5	0,6	0,12	0,1	2,23	4
	2	7,03	9,5	3,27	3,07	0,48	0,4	2,47	
96*	1	7,1	8,4	1,33	2,47	0,25	0,22	1,3	1,6
	2	7,03	11,4	6,73	4,63	0,85	0,35	4,37	
96	1	8,25	10,15	1,9	4,15	0,45	0,47	1,9	1,1
	2	9,3	15,5	8,4	6,75	1,31	0,51	6,2	

1 = TTT : sans apport de NPK ; 2 = TTT : apport de NPK ;

*:biomasse supérieure à la moyenne ; ° : facteur multiplicateur supérieur à la moyenne

HT1 et HT2:hauteur tige respectivement 20jas et 30jas;TF :poids frais tige ;RF :poids frais racine ;TS :biomasse tige ;RS :biomasse racine ; CR :croissance ;R=RS (TTT1)/RS(TTT2)



F : fertilisé ; NF : non fertilisé

Figure 3 : Evolution de l'effet fertilisation

La distribution des individus montrent que l'effet de l'apport est beaucoup plus marqué sur les lignées à faible croissance en absence d'apport de NPK. Ces lignées ont donc les meilleures réponses au NPK.

En sus, il apparaît que les 2 variables sont liées par une fonction de type puissance. En effet la distribution peut se résumer en l'équation :

$$Y = 6,0249 X^{-0,9037}$$

Il serait donc possible de déduire l'effet de la fertilisation sur la croissance des lignées à partir de leur croissance en milieu sans apport de fertilisants.

En bref, la réponse des lignées à l'apport de NPK est fonction de leur comportement en condition stressante. Les lignées connaissant déjà une bonne croissance en condition de stress fertilisation, réagissent moins bien par rapport à celles à faible croissance aux apports de fertilisants.

3.3.3.3. Choix de lignées performantes

Les lignées performantes sont celles qui présenteraient une biomasse racinaire supérieure à la moyenne en condition de «stress fertilisation» et possèderaient un facteur multiplicateur de la fertilisation (R) au-dessus de la moyenne.

Le critère de sélection « R » désigne le nombre d'unités par lequel l'apport de NPK a multiplié la biomasse racinaire qui est un indice pour le rendement grains comme le montrent les travaux de FISCHER *et al.* (1981). L'essai n'a porté que sur la période juvénile (les 30 premiers jours). Il faut cependant signaler qu'il existe une corrélation de l'aptitude à puiser les ions du sol entre les jeunes plantes (20 à 30 jours) et les plantes à la maturité (SARIC, 1981).

Nous pouvons sélectionner 17 lignées ayant une biomasse racinaire supérieure à la moyenne (marquées par * dans le tableau XXIV des valeurs moyennes) soit 43,59% du matériel. 15 lignées ont un facteur multiplicateur R au-dessus de la moyenne (marquées par ° dans le tableau XXIV), soit 38,46% du matériel. La combinaison de ces deux facteurs constituant le critère de sélection nous donnent 5 lignées.

Ainsi, seules cinq (5) lignées (ou 12,82% de l'ensemble) sont retenues pour leur aptitude à puiser les éléments nutritifs du sol (marquées par * et ° dans le tableau XXIV). Ce sont les lignées n°33-39-41-46 qui sont des lignées CRDT et la lignée n°66 (ERL1N). Sur les lignées retenues, 80% sont des lignées CRDT.

En résumé sont retenues 25% des lignées CRDT, 16,67% des lignées ERL1N et 0% pour les autres (MAKA, SER et QPMF).

Les lignées CRDT, et dans une moindre mesure, les lignées ERL1N, peuvent constituer des sources pour un pouvoir d'extraction optimale des éléments minéraux du sol. Des hybrides, synthétiques ou même composites pourront être élaborés. Ceci rentre ainsi dans les voies de recherche préconisées par MARCHAND *et al.* (1997), pour répondre au problème de fertilisation de nos sols qui demeure un des handicaps principaux de notre agriculture. Prenant en compte les gros besoins du maïs en fertilisants (GROS, 1974) et le niveau général des maïsiculteurs du Burkina (traditionnel 55-60 % et semi-traditionnel 35 %), on prend toute la mesure de l'intérêt que pourrait porter ces variétés.

3.3.4 CONCLUSION PARTIELLE

Face aux divers stress, les lignées répondent différemment selon le groupe.

Pour le stress hydrique, les lignées issues de la variété MAKA présentent le meilleur comportement. Les lignées S1 sont très sensibles à la sécheresse. Cette

sensibilité est cependant à relativiser à cause du double stress qu'elles ont subi lors de cet essai. Ce comportement attire quand même un intérêt certain pour les travaux d'amélioration de la réaction de ces lignées S1 au stress hydrique.

Quant à la curvulariose, il est relevé une bonne résistance du matériel testé. En effet, 79% des lignées (54 lignées) se comportent bien face à la curvulariose.

Enfin, pour ce qui concerne l'aptitude à extraire les éléments nutritifs du sol, 5 lignées (ou 13% du matériel testé) sont sélectionnées.

De ces différents résultats, aucune lignée ne présente un bon comportement pour tous les stress. La lignée 39 (CRDT 28-4-1-1-3-1-1-1) est la plus performante car son seul point faible est son comportement en condition de stress hydrique. Le bon comportement de chaque lignée est indiqué dans la liste du matériel d'étude en annexe 9 (marquée par * dans la colonne l'expérimentation en question).

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Somme toute, de cette étude il ressort des résultats satisfaisants. Les résultats obtenus peuvent être succinctement énumérés comme il suit :

- * Pour la description phénotypique, il est ressorti que les cinq groupes de lignées présentent une variabilité aussi bien inter que intra-groupe. Un regroupement des différentes lignées guidé par les principaux facteurs de discrimination (composantes de rendement et cycle) a été effectué. Les lignées S1 Obatanpa connaissent une certaine homogénéité phénotypique.

- * La réaction face un stress hydrique de 30 jours est pratiquement semblable pour les deux lots de lignées. En effet que ce soit les lignées S1 ou les cinq groupes de lignées, il est constaté une sensibilité à la sécheresse même si quelques-unes se comportent bien dans les cinq groupes de lignées.

- * La majorité des lignées des cinq groupes a montré une résistance à la curvulariose.

- * Un des volets d'étude des cinq groupes de lignées était l'efficacité à extraire des minéraux du sol. Ce volet révèle aussi une variabilité du matériel et désigne environ 13% de lignées présentant une bonne prédisposition à cette aptitude d'extraction.

- * Pour finir, la stabilité génétique vient confirmer l'existence de la variabilité ; toutes les lignées sont à différents niveaux de fixation selon les caractères pris en compte et selon le nombre de générations d'autofécondations. Quoiqu'on note un degré de stabilité proche de différentes générations pour certaines paramètres qui varient en fait très peu comme le nombre d'épis.

Ces résultats obtenus répondent aux différents objectifs qui étaient d'étudier l'homogénéité phénotypique, de décrire, d'évaluer le comportement face à divers stress et enfin de procéder à une caractérisation génétique des lignées mises au point.

Cependant, pour l'évaluation par rapport à l'helminthosporiose qui est la maladie la plus redoutable du maïs au Burkina Faso, il est recommandé de reconduire l'essai en saison humide qui est d'ailleurs la principale période de la production de maïs.

De même, une meilleure caractérisation génétique des lignées S1 demande une étude à des générations futures après ségrégation des différents caractères.

Le volet stress hydrique pourrait être aussi envisagé à des périodes qui accuseront moins l'effet de la canicule. D'autre part, la durée du stress pourrait être revue pour l'évaluation des lignées en générations avancées (à partir de S4). Compte tenu de la baisse de vigueur essentiellement marquée sur le rendement, une réduction de cette durée est préconisée. En effet, au bout des 30 jours de stress le rendement est nul pour toutes les lignées, ce qui constitue une perte de précision dans l'évaluation de cette mesure.

Nonobstant ces embûches, toutefois mineures, nous retenons que pour tous les stress il existe diverses réponses : certaines lignées se comportent bien et d'autres plus ou moins mal. Cet état de fait revêt une importance à plusieurs titres :

- quel que soit le stress évoqué, il existe une source d'amélioration de la réaction des diverses variétés;
- une disponibilité de matériel souhaité (sensible, tolérante ou résistante) pour les besoins d'expérimentations ;
- la possibilité d'élaborer de nouvelles variétés performantes sur la base de l'exploitation des qualités des lignées et de l'hétérosis.

En sus, les tableaux de caractérisation génétique comme souligné dans les commentaires constituent un outil de sélection non négligeable. Le choix de lignées adaptées dans le matériel pour une quelconque utilisation est facilité en ce sens qu'on peut directement estimer la valeur génétique des caractères étudiés.

Ces différentes voies mènent sur une alternative heureuse dans le développement durable du Burkina Faso quand on prend la mesure de l'importance de l'agriculture et la place qu'occupe le maïs dans cette agriculture.

En perspective, il serait opportun d'effectuer un «top-cross» des lignées fixées pour leur aptitude à la recombinaison. D'autre part, d'entreprendre le test de fertilisation pour toutes les lignées. Cela se justifie vu la simplicité du dispositif, le temps pour la réalisation du test et surtout le problème de fertilité des sols au Burkina Faso qui tend à être un facteur limitant à la production du maïs qui a de gros besoins nutritifs.

BIBLIOGRAPHIE

ALEXANDER D. E., CREECH G. R. ;1977: Breeding special industrial and nutritional types in Corn and corn improvement, Sprague G. F., Number 18 in the series AGRONOMY, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp363-386.

ANONYME ; 1980: Maïs dans Mémento de l'agronome, République française, Ministère de la coopération, Collection « Techniques rurales en Afrique », troisième édition, pp488-502.

BADO B. V.; 1991: Etude de l'efficacité du Burkina phosphate en riziculture, Rapport d'activités INERA, Ouagadougou, Burkina Faso, 42p.

BOSTID ;1988: Quality-protein maize, National Academy Press, Washington, 100p.

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, pp225-293.

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

CIMMYT; 1985: Managing trials and reporting data for CIMMYT's international maize testing program, Mexico, Mexique, 20p.

COE E. H.,JR., NEUFFER M. G.;1977: The genetics of corn in Corn and corn improvement, Sprague G. F., Number 18 in the series AGRONOMY, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp111-210.

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 d'études, IDR, UPB, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 79p.

DE LEON;1984: Maladies du maïs, Guide d'identification au champ, CIMMYT, Mexico, 114p.

DE LEON; 1978: Maize diseases: a guide for field identification, CIMMYT, Mexico, 92p.

MENTION BIEN

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

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

GROS A.;1974: Engrais: Guide pratique de la fertilisation, 436p.

GINKEL M., Ortiz-Monasterio, Trethowan R., Hernandez E. ; 2001 : Wheat research results :nitrogen use efficiency in modern cultivars, CIMMYT, 5p.

GUINKO S.; 1984: Végétation de Haute Volta, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux III, France, 97p.

IITA; 1983: L'amélioration du maïs et du niébé en Afrique semi-aride: contribution de l'Institut International d'Agriculture Tropicale au projet pour la recherche et le développement en zones semi-arides (SAFGRAAD) Ibadan, Nigeria, 44p.

LE CONTE J.; 1050: Le maïs hybride aux Etats-Unis d'Amérique, Archives de l'Institut des Recherches agronomiques de l'Indochine, numéro 5, 190p.

MARCHAND J., BERTHAUD J., CLERGET B., DINTINGER J., REYNAUD B., DZIDO J.;1997: Le maïs dans L'amélioration des plantes tropicales, CIRAD, ORSTOM, pp401-428.

ORTEGA A.;1988: Insectes ravageurs du maïs: guide d'identification au champ, CIMMYT, Mexico, 106p.

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, DGCI, pp44-69.

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

SANON M.; 2003: Sélection pour la résistance à l'helminthosporiose et à la sécheresse de lignées endogames extraites de quatre variétés de maïs, Mémoire de fin d'études, IPR/IFRA, Katibougou, Mali, 59p.

SANOÛ J., OUATTARA D., CUTTIER B., SOME K.;2001: La collection d'évaluation de base: un dispositif simple pour une évaluation préliminaire de la variance génétique de caractères quantitatifs chez le maïs dans Impact, challenges and prospects of maize research and development in West and Central Africa, Proceedings of a Regional Maize Workshop, IITA-Cotonou, Benin Republic, 4-7 May 1999, Badu-Apraku B., Fakorede M.A.B., Ouedraogo M, Carsky R.J., WECAMAN/IITA, pp163-173.

SANOÛ J., 2000 : Rapport d'activités de recherches 2000 : génétique et amélioration variétale du maïs (zone Ouest et Centre du Burkina). INERA, Ouagadougou, Burkina Faso, 32p.

SANOÛ 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.

SANOÛ J.; 1991: Rapport national du Burkina Faso sur l'amélioration variétale du maïs, INERA, Ouagadougou, Burkina Faso, 15p.

SARIC M. R.,1981: Genetic specificity in relation to plant mineral nutrition in Journal of plant nutrition, volume 3, number 5, pp743-766.

SERE Y., DIEME E.; 1990: Problèmes phytosanitaires du maïs au Burkina, INERA, Ouagadougou, Burkina Faso, 30p.

SG2000; 2002: Bulletin de l'Association Sasakawa pour l'Afrique, Nourrir l'avenir, numéro18, 20p.

SIVAKUMAR M. V. K.; 1991: Durée et fréquence des saisons sèches en Afrique de l'Ouest, Bulletin de recherche n°13, ICRISAT, Patancheru, Inde, 181p.

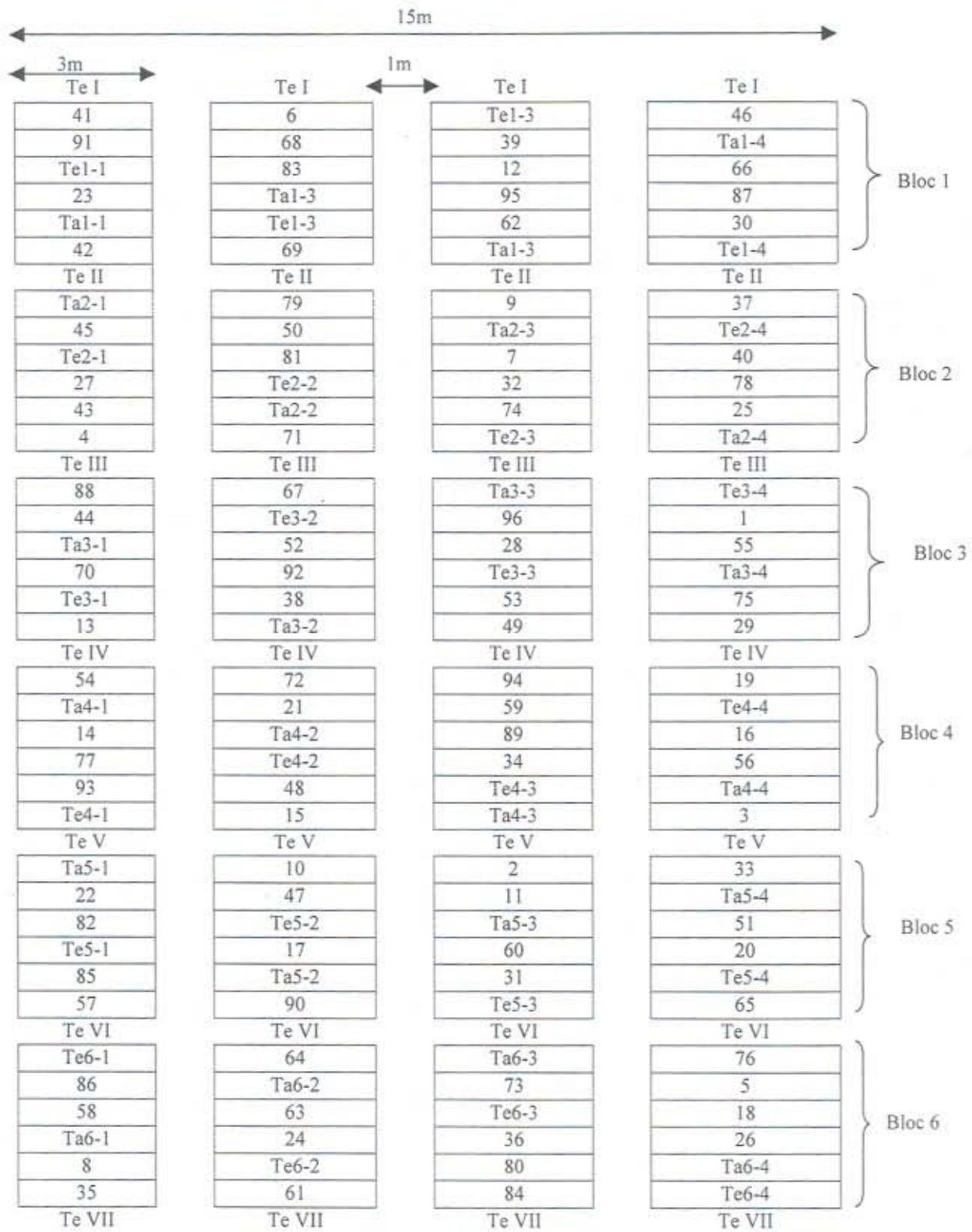
SPRAGUE G. F., EBERHART;1977: Corn breeding in Corn and corn improvement, Sprague G. F., Number 18 in the series AGRONOMY, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp305-354.

ULLSTRUP A. J.; 1977: Diseases of corn in Corn and corn improvement, Sprague G. F., Number 18 in the series AGRONOMY, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp391-483.

ANNEXES

MENTION BIEN

ANNEXE 1 : Dispositif de l'essai de caractérisation génétique des cinq groupes de lignées



ANNEXE 2 : Valeurs moyennes de chaque lignées pour la caractérisation

ENT	HT	HIE	ST	PUB	LIG	NTF	FSE	FE	NE	FM	FF	MAT	LE	SE	NR	NGR	PV	PC	RDT
2	115	46,67	37,8	0,67	0	14,7	5,67	0,3	1,7	64,7	68,3	94,33	,	,	,	,	0	0	.
10	151	75	32,5	1,13	0	14,8	5	0	1	,	75	101	6,5	22,1	10	12	0	100	.
17	86,67	30	29,1	1	0	11,3	4,67	0,3	1,3	66,7	72	96	10,6	28,6	18	22	.	.	.
19	104	55	24,9	1,5	0	10,4	4,4	0	1,4	69,5	73,8	102,5	12	49,5	16	36	20	20	.
23	112	55	24,7	0,9	0	11,6	4,2	0,6	1,6	68,2	70,2	98	10,3	39,62	11,6	15,8	0	42,9	1,8
26	90	42,5	26,1	1,2	0	16,4	6,8	0,2	1	77,8	78,2	102,4	,	,	,	,	0	0	.
28	93	31	26,8	1,6	0	12,4	5	0,4	1,2	76,4	77	103,2	5,9	31,07	14	11,67	0	0	.
31	129	129	27,3	1,2	0	12	4	0,2	1,4	61,6	63	87,2	13,82	36,1	13,6	28,8	25	75	3,6
32	127	52	25,1	1,6	0,2	13	5,8	0,2	1,4	64,4	68,8	94,6	11,26	28,3	15,6	24,4	0	20	.
33	148	70	33,6	1,1	0,2	13,2	5,2	0,2	1,2	66,4	68,3	96	14,33	30,1	14	26,67	0	9,1	.
34	104	43	33,4	1,3	0	11,2	4,4	0,4	1,4	66,4	67,8	92,2	13,36	32,92	14	26	0	33,3	.
35	142	72	31,6	1,6	0,4	13,6	5	0,2	1	65,2	68	89	12,9	33,36	14	32,8	0	41,7	5,3
36	112	45	36,8	1,2	0	12,6	1	0,2	0,2	71,8	71	104	15,4	24,9	12	25	0	0	.
37	120	53,75	28,1	1,7	0,4	13,4	5,2	0,4	1,2	66,2	68,4	93,4	8,5	31,2	11,5	17,25	0	62,5	.
38	120	49	16,9	1,4	0,2	10,6	4,4	0,2	1,2	66,8	69,4	88,4	11,38	39,4	13	16,75	0	25	.
39	142	58	23,2	1,3	0,8	12,8	5	0	1	62,8	65,6	90	11,33	31,17	11,33	19,33	0	12,5	.
40	105	61	20,7	1,2	0	11	4	0	1,6	69	72,2	96,4	9,83	40,03	16,67	21,67	20	0	.
41	148	80	33,8	1,4	0	13,4	5,4	0,2	1	64	65,5	94	14,7	42,98	14	34,8	14,3	0	5,2
43	111	47	18,1	1	0	11,4	4,4	0,2	1,2	65,6	67,2	88,8	8,86	30,38	17,2	25	7,7	23,1	3,1
44	87,5	32,5	21,4	1,5	0	12,3	5	0	1	66	68,5	88	12,5	26,55	15	28	0	100	.
45	156	84	36,5	1,3	0,6	15	5,6	0,4	1,4	67,2	69,4	98,4	16,6	44,3	15,2	37	8,3	16,7	7,4
46	145	75	31,4	1,6	0	14,6	5,6	0	1,4	69,8	71	96	12,9	34,86	12,4	26	0	0	2,9
47	143	69	34,3	1,4	0,4	12,8	5,2	0,2	1,4	62,8	65	88,8	12,5	36,2	14	19,25	0	28,6	2,0
48	108	50	25,7	1,2	0	11,2	4,2	0	1	65,8	68,4	94	14,9	34,18	13,6	26,4	0	30	2,0
49	165	77	33,3	1,5	0,4	14,6	5,8	0,4	1	62,8	65,8	87,4	14,5	42,78	15,6	38,4	9,1	27,3	.
50	166	70	23,4	1,6	0,4	12,8	5,2	0	1,2	64,6	65,4	91,2	16,2	44,76	14	30	0	12,5	4,2
51	159	78	35,7	2	0	14,2	5	0,4	1,8	63,4	65	90,2	16,3	36,48	17,6	39	0	37,5	6,7
52	118	55	24,2	1,5	0	13	5,4	0,4	1	65,8	68,6	98	9,75	30,58	12,5	18,75	0	23,1	2,8
53	138	67	33,3	1,2	0	13	4,6	0	1,6	64,6	67,6	92,4	16	28,65	12	17	0	20	.
54	143	78	31,9	1,1	0	13,6	4,6	0	1,4	69,4	71,8	95,6	13,3	37,64	12	20,6	20	40	2,0
55	147	73	35,2	1,3	0	13,8	5,6	0,6	1	67,8	71,2	90,4	11,25	23,15	13	15	0	50	.
56	148	79	39,3	1,3	0,4	14,8	5	1	1,6	67,5	68,8	93,8	12,4	32,4	13,2	27,6	0	0	1,4
57	164	96	26,4	2	0	15	5,2	0,2	1,8	66,6	68	90,6	14,44	34,84	11,6	34	33,3	66,7	5,5
58	139	71	21,9	1,5	0,2	14,4	5	0	1	71,8	74	102	14,52	34,88	13,6	32	20	0	5,7
59	83	83	28,2	1,7	0,2	14,4	5,2	1	1,6	67,4	71,4	96,4	15	36,52	14,4	37	0	12,5	5,3

ANNEXE 2 : Valeurs moyennes de chaque lignées pour la caractérisation (suite et fin)

ENT	HT	HIE	ST	PUB	LIG	NTF	FSE	FE	NE	FM	FF	MAT	LE	SE	NR	NGR	PV	PC	RDT
60	100	51,25	30,4	0,7	0	14	5,6	0	1	71	74,2	96,4	13,17	30,23	11,33	21,33	0	18,2	.
61	164	100	38,6	1,5	0,2	14	5,2	0,6	1,4	69,6	73,6	99,2	17,2	55,13	14	36,25	0	14,3	3,9
64	76,67	28,33	17,2	1	0	9,67	4,67	0	3	68,3	71	100	11,7	27,33	11,33	15,33	0	33,3	.
65	125	62	23,7	0,9	0	12,8	5	0	1,4	68,4	68,4	98,2	13,8	28,58	12,8	29	22,2	11,1	.
66	64	64	28,5	1,6	0	14	6,4	0,2	1	66,2	69,2	93,6	8,1	36,02	14,4	23,4	30	20	1,9
68	128,8	62,5	35,9	1,38	0	12,3	4,25	0,8	1,8	63,8	67,3	98	11,4	36,2	12,7	23,3	.	.	.
69	101	48	29	1,5	0	11,2	4,8	0	1,8	64,6	66,4	87	12,7	38,6	11,2	25,2	0	37,5	.
71	140	73,3	32,4	2	0	14,3	5	0	1,3	68,7	71,7	92,7	12,5	33,6	12	23	0	0	.
72	134	72	35,8	1,3	0	14	4,8	1	2	67,2	68,8	92,6	15,7	40,1	14	33,6	0	30	7,6
73	86	31	28,2	1,1	0	12,4	5	0,2	1,4	66	66,3	94,5	8,2	32,5	12,67	20,67	40	0	.
74	152	78,8	24,6	2	0	15,6	6,8	0,2	1,4	69,8	72,4	100	12,3	28,9	12,4	31	7,7	7,7	3,7
75	167	78	35,5	1,5	0,4	15,8	6,2	0	1,8	68,8	70,6	99	14,2	48,3	10,7	22,3	20	0	.
76	81,7	22,5	19,4	1,67	0	11,7	5,33	0	1	67,3	69	100,	,	,	,	,	0	0	.
79	115	55	29,7	1,17	0,3	12,7	5	0	1,3	72,7	74	101	12	31,8	14	21	0	25	.
80	56,2	32,5	22,1	1,38	0	10,8	4	0	1	71,7	75	96	10,8	25,6	9	12	0	0	.
81	113	55	28,6	1	0	14,4	5,4	0	1	77	76,6	102	8,3	33,4	14	14	20	40	.
82	150	58,8	28,9	1,1	0,2	10,6	5	0	1	64,6	72,6	97,6	17,3	50,2	12,8	28	0	42,9	4,6
85	120	60	22,9	1,1	0	13,2	4,6	0	1,4	67,2	70,2	99,2	10,6	36,6	13,2	16,8	50	37,5	.
86	105	67	41,9	1,1	0,2	13,4	3,8	0	1,6	74,4	73	91,2	10,1	28,0	10,8	19,8	0	80	.
87	106	60	31,4	1,3	0	14,2	4,8	0,4	1,2	74,6	77,8	96,4	7	25,6	11	11	20	10	.
88	100	37,5	24,5	1,13	0	14,5	5,5	0,3	1	69	71	99,2	10,9	23,1	13	18	0	20	.
89	89	53	38,5	0	0	12,2	4,4	0	1,8	75,3	73,4	96,8	12,3	34,0	10,8	19,8	22,2	44,4	.
90	93	56	35,1	1,1	0	12	3,6	0,2	1,4	74,6	73	96,6	10,8	23,4	13,6	18,8	33,3	0	.
91	126	69	24,6	1,1	0	11,2	3,8	0,2	1,2	66	68,2	89,4	13,5	34,8	14,5	20	7,7	53,8	.
92	100	47	32,9	1,1	0	11,4	3,6	0,8	1,2	66,8	69,6	91,6	13,5	21,1	10	13,5	0	0	.
93	89	48	29,9	0,6	0	13	4	0	1,4	74,8	74,8	90	10,2	27,8	11,6	19,8	30	40	1,3
94	137	58	26,8	1,1	0	14	6	0,4	1,2	68,2	68,8	97,2	13,3	34,9	13,6	30,6	12,5	12,5	3,8
96	105	46	21	1	0	10,4	3,8	0	1,6	55	57,8	78,6	11,1	35,5	12,8	18,2	9,1	27,3	.

ANNEXE 3 : ANALYSE FACTORIELLE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DESCRIPTION PHENOTYPIQUE DES 5 GROUPES DE LIGNEES

Les valeurs manquantes dans <Tableau> ont été estimées
 Pondération uniforme (par défaut)
 Coefficient de corrélation de Pearson (ACP normée, variances en 1/n)
 Sans rotation des axes
 Nombre de facteurs associés à des valeurs propres non triviales : 19

Estimation des valeurs manquantes :

Colonne	Nombre	Valeur
FM	1	67,873
LE	3	12,276
SE	3	33,861
NR	3	13,173
NGR	3	23,795
PVER	2	8,238
PCAS	2	25,169
RDT	39	3,895

Test de sphéricité de Bartlett :

Khi ² (valeur observée)	560,242
Khi ² (valeur critique) (ddl = 171)	202,513
p-value unilatérale	< 0,0001
Alpha	0,050

Conclusion :

Au seuil de signification alpha=0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation significative entre les variables.

Autrement dit, la corrélation entre les variables est significative.

Valeurs propres :

	F1	F2
Valeur propre	4,532	2,764
% variance	23,851	14,548
% cumulé	23,851	38,399

ANNEXE 3 : ANALYSE FACTORIELLE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DESCRIPTION PHENOTYPIQUE DES 5 GROUPES DE LIGNEES (suite et fin)

Variable	Moyenne	Ecart-type	Vecteurs propres	
			F1	F2
HT	120,532	27,137	0,364	0,105
HIE	60,426	18,792	0,335	0,117
ST	29,063	5,903	0,141	0,233
PUB	1,288	0,346	0,231	0,065
LIG	0,097	0,176	0,227	0,040
NTF	12,998	1,506	0,177	0,438
FSE	4,890	0,865	0,151	0,249
FE	0,223	0,267	0,143	0,083
NE	1,330	0,370	0,054	-0,101
FM	67,873	4,053	-0,251	0,441
FF	70,063	3,675	-0,239	0,453
MAT	94,899	4,925	-0,139	0,439
LE	12,276	2,561	0,330	-0,005
SE	33,861	6,943	0,285	0,018
NR	13,173	1,800	0,173	-0,084
NGR	23,795	7,227	0,377	0,049
PVER	8,238	12,063	-0,065	0,034
PCAS	25,169	23,898	0,001	-0,183
RDT	3,895	1,128	0,219	0,087

Variables	Contributions des variables (%)		Coordonnées	
	F1	F2	F1	F2
HT	13,247	1,104	0,775	0,175
HIE	11,215	1,363	0,713	0,194
ST	1,986	5,434	0,300	0,388
PUB	5,339	0,421	0,492	0,108
LIG	5,144	0,162	0,483	0,067
NTF	3,120	19,200	0,376	0,728
FSE	2,272	6,193	0,321	0,414
FE	2,040	0,697	0,304	0,139
NE	0,289	1,026	0,114	-0,168
FM	6,306	19,430	-0,535	0,733
FF	5,691	20,525	-0,508	0,753
MAT	1,937	19,231	-0,296	0,729
LE	10,895	0,003	0,703	-0,009
SE	8,096	0,033	0,606	0,030
NR	2,989	0,710	0,368	-0,140
NGR	14,220	0,243	0,803	0,082
PVER	0,428	0,114	-0,139	0,056
PCAS	0,000	3,362	0,001	-0,305
RDT	4,787	0,750	0,466	0,144

ANNEXE 4 : Coordonnées des individus de l'ACP description des cinq groupes de lignées

Coordonnées des individus :

Lignées	F1	F2
2	0,160	0,307
10	-2,011	1,471
17	-1,634	-0,953
19	-0,006	0,143
23	-1,803	-0,845
26	-1,621	4,151
28	-3,498	2,183
31	2,345	-2,804
32	0,596	-0,531
33	1,264	0,292
34	-0,083	-1,443
35	2,575	-0,420
36	-1,818	0,757
37	-0,107	-0,436
38	-0,627	-2,142
39	0,990	-1,421
40	-1,204	-0,818
41	2,969	0,060
43	-1,045	-2,583
44	-0,760	-2,436
45	4,716	2,017
46	0,731	1,465
47	1,524	-1,537
48	-0,639	-1,703
49	4,364	-0,328
50	3,208	-1,001
51	4,834	-0,597
52	-0,906	-0,148
53	0,416	-0,867
54	-0,314	0,507
55	0,035	0,488
56	1,879	1,125

Coordonnées des individus :

Lignées	F1	F2
57	3,063	0,174
58	0,935	2,319
59	2,441	1,190
60	-1,649	1,374
61	4,004	2,495
64	-3,219	-1,926
65	-0,415	-0,064
66	-0,971	0,123
68	0,650	-0,534
69	0,094	-2,402
71	0,795	1,054
72	3,279	0,521
73	-1,908	-0,997
74	1,277	2,589
75	2,374	2,547
76	-1,551	-0,493
79	-0,931	1,304
80	-4,271	-0,207
81	-2,657	2,669
82	1,578	-0,391
85	-1,331	-0,108
86	-1,402	0,508
87	-2,978	2,395
88	-1,925	0,840
89	-2,773	0,729
90	-2,534	0,790
91	-0,039	-2,199
92	-1,770	-0,944
93	-3,565	0,024
94	0,783	0,812
96	0,087	-6,150

ANNEXE 5 : Variances de l'environnement pour l'essai caractérisation génétiques des cinq groupes de lignées

			HT		HIE		ST		NTF		FSE		NE		FM		FF		MAT	
ENTREES	BLOCS	SBLOCS	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG	VG	ETG
1004	1	11	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1,2	1,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,8	0,9
1013	2	21	0	0,0	0	0,0	3,54	1,9	0,2	0,4	0,2	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1017	3	31	0	0,0	0	0,0	40,94	6,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8,72	3,0
1026	4	41	0	0,0	0	0,0	44,83	6,7	0	0,0	0,2	0,4	0	0,0	2,5	1,6	3,8	1,9	24	4,9
1031	5	51	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3,3	1,8	5,2	2,3	0,4	0,6	0	0,0	1,25	1,1	5,25	2,3
1040	6	61	155	12,4	22,08	4,7	0	0,0	1,3	1,1	0	0,0	0,2	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1045	6	62	0	0,0	487,5	22,1	180,21	13,4	10	3,2	1,9	1,4	0,2	0,4	16,3	4,0	11,1	3,3	20,6	4,5
1057	5	52	127,5	11,3	0	0,0	60,15	7,8	1,1	1,0	0,3	0,5	0,1	0,3	6,9	2,6	0	0,0	0	0,0
1064	4	42	0	0,0	0	0,0	71,29	8,4	0	0,0	0,5	0,7	0,3	0,5	0	0,0	7,8	2,8	0	0,0
1071	3	32	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1073	2	22	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2,1	1,4	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	3	1,7	7,2	2,7
1084	1	12	210	14,5	112,5	10,6	0	0,0	1,7	1,3	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1093	1	13	0	0,0	0	0,0	145,77	12,1	0	0,0	0,4	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	8	2,8
1097	2	23	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1105	3	33	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,3	0,5	0,3	0,5	0	0,0	0	0,0	7,4	2,7	1,5	1,2
1113	4	43	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	1,0	0,3	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	15,2	3,9
1119	5	53	0	0,0	80	8,9	92,43	9,6	0,6	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1127	6	63	0	0,0	621,7	24,9	126,68	11,3	0,2	0,4	0	0,0	0	0,0	5,9	2,4	7,17	2,7	5,47	2,3
1136	6	64	135	11,6	0	0,0	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2,63	1,6	1,2	1,1
1141	5	54	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,1	0,3	0	0,0	2,4	1,5	0	0,0	11,2	3,3
1148	4	44	507,5	22,5	0	0,0	0	0,0	1,5	1,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2,2	1,5	4	2,0
1152	3	34	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,5	0,7	0,1	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1163	2	24	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,6	0,8	0	0,0	0,4	0,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1171	1	14	0	0,0	5	2,2	23,95	4,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
		MVE	264,8		257,2		104,84		1,7		0,57		0,25		9,23		12,33		15,83	

ANNEXE 6 : Résultat des nuées dynamiques des écarts types génétiques des 5 groupes de lignées

XLSTAT 6.1.9 - Nuées dynamiques (k-means)

Les données sont centrées-réduites par colonnes

Pondération uniforme des individus (par défaut)

Pondération uniforme des variables (par défaut)

Nombre de classes : 5 Répétitions : 10

Itérations : 50 Convergence : 0,0001

Graine du générateur de nombres pseudo-aléatoires : 2877143102

Nombre de partitions utilisées pour identifier les formes fortes : 10

Décomposition de l'inertie pour la meilleure partition obtenue :

Inertie	Valeurs
Intra-classes	401,27
Inter-classes	228,73
Totale	630,00

Meilleure partition obtenue :

Individu	Classe	Forme forte
2	5	
4	3	
8	1	
10	4	
17	1	
19	3	
23	2	1
25	3	
26	5	
28	5	
29	2	1
31	2	
32	5	
33	2	
34	2	
35	2	
36	4	
37	1	
38	2	2
39	2	3
40	3	
41	5	
43	2	
44	3	4
45	3	
46	2	5
47	2	1
48	2	
49	2	3
50	2	2
51	5	
52	5	
53	2	
54	2	
55	2	

Individu	Classe	Forme forte
56	2	1
57	2	3
58	3	
59	2	1
60	2	5
61	5	
64	1	
65	2	1
66	1	
68	1	
69	1	
71	1	
72	2	3
73	1	
74	5	
75	2	
76	5	
79	2	
80	3	4
81	5	
82	1	
83	2	1
85	2	
86	2	1
87	2	6
88	2	3
89	2	3
90	2	6
91	2	
92	2	
93	2	3
94	5	
96	2	
0	2	
100	2	3

ANNEXE 6 : Résultat des nuées dynamiques des écarts types génétiques des 5 groupes de lignées (suite)

Composition des classes :

Classe	Classe1	Classe2			Classe3	Classe4	Classe5
Inertie intra-classes	98,56	113,76			47,11	16,29	125,56
Effectif	10	38			8	2	12
Numéros d'entrées des lignées	8	23	50	83	4	10	2
	17	29	53	85	19	36	26
	37	31	54	86	25		28
	64	33	55	87	40		32
	66	34	56	88	44		41
	68	35	57	89	45		51
	69	38	59	90	58		52
	71	39	60	91	80		61
	73	43	65	92			74
	82	46	72	93			76
			47	75	96		81
			48	79	0		94
			49		100		

ANNEXE 6 : Résultat des nuées dynamiques des écarts types génétiques des 5 groupes de lignées (suite et fin)

Barycentres des classes :

Classe	HT	HIE	ST	NTF	FSE	NE	FM	FF	MAT
Classe1	0,029	-0,515	1,262	-0,022	-0,557	1,050	-0,074	0,876	0,346
Classe2	-0,389	-0,208	-0,287	-0,439	-0,179	-0,138	-0,448	-0,268	-0,361
Classe3	0,173	0,166	-0,799	0,261	-0,376	-0,263	2,026	0,444	-0,101
Classe4	1,447	-0,515	0,376	-0,721	4,360	0,692	-0,506	-0,550	-0,365
Classe5	0,852	1,062	0,327	1,356	0,556	-0,377	0,215	-0,087	0,984

Individus centraux :

Classe	HT	HIE	ST	NTF	FSE	NE	FM	FF	MAT
Classe1 (17)	0,513	-0,515	0,966	0,533	-0,557	0,178	-0,506	1,768	-0,646
Classe2 (0)	0,053	-0,085	0,213	-0,128	-0,143	-0,393	-0,476	-0,326	-0,378
Classe3 (25)	-0,591	-0,515	-0,799	0,437	-0,557	-0,654	1,519	-0,550	-0,646
Classe4 (10)	3,486	-0,515	1,551	-0,721	5,205	2,039	-0,506	-0,550	-0,084
Classe5 (81)	1,360	1,282	0,264	0,340	1,011	-0,654	-0,247	-0,550	0,003

Bilan des 10 meilleures répétitions :

Répétition	Nbr. d'itér.	Intra ini.	Intra fin.
1	6	519,65	445,23
2	6	526,62	411,22
3	4	563,85	411,23
4	6	459,39	409,30
5	6	534,82	415,28
6	5	518,61	409,88
7	10	476,73	401,27
8	6	527,78	415,42
9	5	528,42	419,14
10	6	523,66	436,02

En gras, répétition correspondant à la meilleure solution trouvée par XLSTAT

ANNEXE 7 : ANALYSE FACTORIELLE EN COMPOSANTES PRINCIPALES STRESS HYDRIQUE
DES 5 GROUPES DE LIGNEES

Données centrées réduites

Variables actives : 6 supplémentaires : 0
 Individus actifs : 91 supplémentaires : 0
 Individus manquants : 39 Hors norme : 0

	VALEUR PROPRE	%	% CUMULE	HISTOGRAMME
001	3.409	56.820	56.820	-----
002	1.041	17.343	74.162	-----
003	0.564	9.402	83.565	----
004	0.522	8.698	92.263	----
005	0.258	4.295	96.558	==
006	0.207	3.442	100.000	=
TOTAL	6.000			

LES VARIABLES

COORD : COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES

COS2 : COORD*COORD (COSINUS CARRES)

CTR : PART (en %) DE LA VARIABLE DANS LA CONSTRUCTION DU FACTEUR

QLT : QUALITE DE LA REPRESENTATION D'UNE VARIABLE SUR LES AXES SELECTIONNES

VARIABLES ACTIVES	QLT	FACTEUR 01			FACTEUR 02		
		COORD	COS2	CTR	COORD	COS2	CTR
HT	77.8	-0.873	76.21	22.36	0.127	1.62	1.56
ST	67.5	-0.687	47.16	13.83	0.450	20.29	19.50
NTF	69.5	-0.641	41.13	12.06	0.533	28.41	27.30
SNF	81.2	0.889	79.08	23.19	0.147	2.16	2.07
RP	73.4	-0.573	32.86	9.64	-0.637	40.55	38.97
RDT	75.5	-0.803	64.48	18.91	-0.332	11.03	10.60
TOTAL				100.00			100.00

ANNEXE 8 : Moyennes des lignes pour les caractères en To et en TS

GENO	TTT	HT	HIE	ST	NTF	FSE	SNF	RP	EF	RDT
2	2	93,33	55	22,43	13,33	5,33	4,33	0	0	0
	1	115	46,67	37,77	14,67	5,67	1	100	2	
4	2	31,67	8,3	8,67	0	7,33				0
	1	112,5	37,5	25,7			1	100		
8	2	97,5		24,75	15	0				0
	1	97,5					1	100		
10	2	88	70	19,22	14,4	2,2	7,8	20		0
	1	151	75	32,46	14,8	5	1	100		
19	2	56		15,36	6,8	0	8	85,7		0
	1	104	55	24,88	10,4	4,4	1	100	2	
23	2	47		21,7	13,4	1	6,5	0		0
	1	112	55	24,74	11,6	4,2	1	100	2	0,91
25	2	42,5		10,15	9	0				0
	1	97,5	97,5	35,6	11	5	1	100		
28	2	85		36,66	13	2	5,8	0		0
	1	93	31	26,84	12,4	5	1	100	0	
31	2	111		30,18	12,6	0	7,4	60		0
	1	129	129	27,26	12	4	1	100	2	1,80
32	2	118		23,3	14,2	0	8,8	77,78		0
	1	127	52	25,12	13	5,8	1	100	3	
33	2	87		25,92	12,8	0	8,1	81,82		0
	1	148	70	33,64	13,2	5,2	1	100	2	
34	2	80	38,33	26,66	11	2,6	5,75	40		0
	1	104	43	33,4	11,2	4,4	1	100	-1	
35	2	106	35	35,56	13	2	5,8	18,18		0
	1	142	72	31,6	13,6	5	1	100	5	2,65
36	2	86		26,88	10,8	0	6,8	23,08		0
	1	112	45	36,84	12,6	1	1	100	4	
37	2	87		26,72	12,4	0	8,2			0
	1	120	50	20,1	12,2	4	5,2	0		0
38	2	97		20,1	12,2	4	5,2	0		0
	1	120	53,75	28,06	13,4	5,2	1	100	1	
39	2	99		14,26	12	0	8	92,3		0
	1	142	58	23,16	12,8	5	1	100	3	
40	2	70		22,96	12,4	0	7,9	53,9		0
	1	105	61	20,7	11	4	1	100	2	
41	2	138	83,75	33,18	13,8	4	4,1	0	8	0
	1	148	80	33,82	13,4	5,4	1	100	2	2,58
43	2	73		20,82	12,2	0	7,6	80		0
	1	111	47	18,1	11,4	4,4	1	100	3	1,53
44	2	46,25		10,1	9,5	0	8,6			0
	1	87,5	32,5	21,4	12,25	5	1	100	2	
45	2	60		14,5	14,2	1,2	8,2	50		0
	1	156	84	36,46	15	5,6	1	100	0	3,68
46	2	82		19,22	11,2	0	8,8			0
	1	145	75	31,4	14,6	5,6	1	100	6	1,45
47	2	117		20,26	13,2	2,4	5,8	8,3		0
	1	143	69	34,34	12,8	5,2	1	100	1	0,978

ATTENTION BIEN

ANNEXE 8 : Moyennes des lignées pour les caractères en To et en TS (suite)

GENO	TTT	HT	HIE	ST	NTF	FSE	SNF	RP	EF	RDT
48	2	88	.	32,54	12	0	7,2	15,39	.	0
	1	108	50	25,74	11,2	4,2	1	100	4	1,02
49	2	122	70	24,62	13	3,8	4,9	18,18	.	0
	1	165	77	33,34	14,6	5,8	1	100	4	.
50	2	123	77,5	23,88	12,6	3,2	6,2	36,36	.	0
	1	166	70	23,38	12,8	5,2	1	100	6	2,11
51	2	86	.	21,02	12	0	8,8	77,78	.	0
	1	159	78	35,7	14,2	5	1	100	1	3,35
52	2	79	.	14,26	13,8	1	8,2	66,67	.	0
	1	118	55	24,24	13	5,4	1	100	3	1,42
53	2	102	.	26,02	12,6	0	7,8	33,33	.	0
	1	138	67	33,32	13	4,6	1	100	2	.
54	2	56	.	15,38	9,8	0	8	75	.	0
	1	143	78	31,86	13,6	4,6	1	100	4	0,99
55	2	83	.	13,24	12,8	0	8	88,89	.	0
	1	147	73	35,18	13,8	5,6	1	100	4	.
56	2	82	.	30,52	12,6	0	8,4	90	.	0
	1	148	79	39,26	14,8	5	1	100	3	0,70
57	2	123,75	75	20,75	14	3	5,38	0	2	0
	1	164	96	26,42	15	5,2	1	100	2	2,76
58	2	115	62,5	40,87	13,67	4,33	4,67	0	.	0
	1	139	71	21,94	14,4	5	1	100	4	2,83
59	2	96	.	18,9	12,6	1,8	5,6	25	.	0
	1	83	83	28,22	14,4	5,2	1	100	2	2,64
60	2	86	.	27,8	14,4	2,2	6	20	.	0
	1	100	51,25	30,44	14	5,6	1	100	2	.
61	2	89	.	35,18	12,6	2	7	50	.	0
	1	164	100	38,64	14	5,2	1	100	2	1,95
64	2	75	35	29	12,8	2	6,8	62,5	.	0
	1	76,67	28,33	17,2	9,67	4,67	1	100	2	.
65	2	61	.	14,6	10,2	0	8,3	.	.	0
	1	125	62	23,74	12,8	5	1	100	2	.
66	2	84	.	19,42	11,6	0	8,4	.	.	0
	1	64	64	28,54	14	6,4	1	100	6	0,93
68	2	97	50	26,66	13,4	3,6	5,4	12,5	.	0
	1	128,75	62,5	35,88	12,25	4,25	1	100	5	.
69	2	78	.	16,06	12,8	3	8,8	.	.	0
	1	101	48	28,96	11,2	4,8	1	100	2	.
71	2	105	.	28,78	14,75	3,25	7,13	50	.	0
	1	140	73,33	32,43	14,33	5	1	100	1	.
72	2	96	.	19,18	14	1	6,2	33,33	.	0
	1	134	72	35,82	14	4,8	1	100	0	3,78
73	2	78,33	.	26,63	12,67	4,33	7,33	0	.	0
	1	86	31	28,2	12,4	5	1	100	1	.
74	2	112	65	20,34	13	2,2	5,7	27,27	.	0
	1	152	78,75	24,56	15,6	6,8	1	100	4	1,84
75	2	113	.	27,94	13,6	0	9	.	.	0
	1	167	78	35,54	15,8	6,2	1	100	0	.

ANNEXE 8 : Moyennes des lignées pour les caractères en To et en TS (suite et fin)

GENO	TTT	HT	HIE	ST	NTF	FSE	SNF	RP	EF	RDT
76	2	68	.	26,1	12,8	0	6,4	45,45	.	0
	1	81,67	22,5	19,43	11,67	5,33	1	100	2	.
79	2	42,5	.	6,4	9,33	0	8,5	.	.	0
	1	115	55	29,7	12,67	5	1	100	0	.
80	2	69	32,5	30,78	12,2	3,2	4,8	0	.	0
	1	56,25	32,5	22,08	10,75	4	1	100	2	.
81	2	66	.	12	10,8	0	7,8	87,5	.	0
	1	113	55	28,6	14,4	5,4	1	100	-2	.
82	2	121	65	35,1	14,2	2	4,7	0	.	0
	1	150	58,75	28,9	10,6	5	1	100	5	2,28
83	2	75	.	25,55	15	0	5,75	25	.	0
	1	102,5	55	21,6	13	5	1	100	.	.
85	2	95	60	34,12	13,2	1,6	5,9	33,33	.	0
	1	120	60	22,92	13,2	4,6	1	100	2	.
86	2	69	.	24,66	11,2	0,8	7,4	18,18	.	0
	1	105	67	41,94	13,4	3,8	1	100	-4	.
87	2	69	.	13,22	11	0	8,8	.	.	0
	1	106	60	31,44	14,2	4,8	1	100	-2	.
88	2	53	.	17,42	10,4	0	7,4	87,5	.	0
	1	100	37,5	24,45	14,5	5,5	1	100	.	.
89*	2	87	.	25,94	11,4	0	7,2	92,31	.	0
	1	89	53	38,54	12,2	4,4	1	100	-4	.
90	2	68	.	30,48	12	0,6	7	62,5	.	0
	1	93	56	35,12	12	3,6	1	100	.	.
91*	2	100	57,5	22,94	11,4	2	8,8	72,73	.	0
	1	126	69	24,64	11,2	3,8	1	100	3	.
92	2	64	.	7,62	12	0	9,2	75	.	0
	1	100	47	32,92	11,4	3,6	1	100	2	.
93	2	56	.	18,84	10,8	0	7,9	100	.	0
	1	89	48	29,9	13	4	1	100	-4	0,66
94	2	120	.	29,02	14,4	3,4	5,1	0	.	0
	1	137	58	26,84	14	6	1	100	2	1,90
96	2	102	48	27,66	9,8	3,8	5,4	0	2	0
	1	105	46	20,96	10,4	3,8	1	100	2	.

Annexe 9: Récapitulatif des essais des lignées (CRDT, SER, MAKA, ERL1N et QPMF)
 (bon comportement pour une lignée marqué par * dans la colonne de l'essai)

LIGNEES	N° D'ENTREE	BON PHENOTYPE (RDT/PRECOCITE)	HOMOGENEITE GENETIQUE	RESISTANCE SECHERESSE	RESISTANCE CURVULARIOSE	EFFICIENCE D'EXTRACTION
QPMF 21-2-1-1	1					
QPMF 41-1-2-1	2				*	
QPMF 6-2-1-1	3					
QPMF 25-4-1-2-1	4				*	
QPMF 21-2-1-10-1	5					
QPMF 25-4-1-1-1	6					
QPMF 21-2-1-3-1	7					
QPMF 21-2-1-2-1	8					
QPMF 12-1-4-1-1	9					
QPMF 21-2-1-1	10				*	
QPMF 21-2-1-8-1	11					
QPMF 25-4-2-2-1	12					
QPMF 21-2-1-6-1	13					
QPMF 3-3-3-1	14					
QPMF 12-1-1-1-1	15					
QPMF 21-2-2-1-1	16					
QPMF 21-2-3-2-1	17					
QPMF 21-2-1-5-1	18					
QPMF 16-1-1-1	19				*	
QPMF 21-2-2-1-1	20					
QPMF 21-2-3-1	21					
QPMF 20-2-1-1	22					
QPMF 29-2-1-1	23		*		*	
QPMF 24-1-1-1	24					
QPMF 21-2-2-2-1	25				*	
QPMF 25-2-1-1-1	26					
QPMF 21-2-1-7-1	27					
QPMF 3-1-1-1	28				*	
QPMF 11-1-2-1	29		*		*	
QPMF 14-3-1-1	30					
CRDT 17-5-3-1-5-1-2-1	31	*	*		*	
CRDT 5-5-3-bifide-2-6-2-1	32	*		*	*	
CRDT 5-5-3-bifide-2-6-1-1	33		*		*	*
CRDT 5-5-3-bifide-1-7-1-1	34		*			
CRDTnaine-1-pro-2-2-1	35	*	*		*	
CRDT 5-5-3-bifide-2-2-2-1	36				*	
CRDT 29-3-2-1-2-2-5-2-1	37				*	
CRDT 17-5-3-1-4-1-3-1-1	38		*		*	
CRDT 28-4-1-1-3-1-1-1	39	*	*		*	*
CRDT 5-5-3-bifide-3-9-2-1	40				*	
CRDT 5-5-3-bifide-3-9-3-1	41				*	*
CRDT 5-5-3-bifide-2-3-2-1	42					
CRDTnaine-1-pro-1-3-2-1	43		*		*	
CRDTnaine-1-pro-2-3-1	44					
CRDT 18-4-3-1-1-1-2-2-1	45				*	
CRDT 29-1-2-1-1-3-3-1	46		*		*	*
CRDT 29-1-2-1-1-3-2-1	47	*	*			
CRDT 29-3-2-1-2-1-2-1-1	48		*			

Annexe 9 (suite et fin) : Récapitulatif des essais des lignées (CRDT, SER, MAKA, ERLIN et QPMF)
 (bon comportement pour une lignée marqué par * dans la colonne de l'essai)

LIGNEES	N° D'ENTREE	BON PHENOTYPE (RDT/PRECOCITE)	HOMOGENEITE GENETIQUE	RESISTANCE SECHERESSE	RESISTANCE CURVULARIOSE	EFFICIENCE D'EXTRACTION
CRDTnaine-1-pro-1-4-1	49	*	*		*	
CRDT 22-1-2-1-1-3-1-1	50	*	*		*	
CRDT 29-3-2-1-5-3-1	51	*			*	
CRDT 5-5-3-bifide-2-3-6-1	52				*	
SER 143-11-1-2-1-1	53	*	*		*	
SER 164-3-3-1-2-1-1	54		*		*	
SER 164-1-36-1-6-2-5-1	55		*		*	
SER 143-11-1-5-1-1	56		*		*	
ERLIN 31-1-3-1-1	57		*		*	
ERLIN 6-3-1-3-1	58				*	
ERLIN 28-3-2-1-1	59		*		*	
ERLIN 8-1-4-2-1	60		*		*	
ERLIN 9-5-1-2-1	61				*	
ERLIN 27-1-2-3-1-1	62					
ERLIN 31-3-2-1-1	63					
ERLIN 31-1-4-5-5-1	64				*	
ERLIN 26-3-2-4-1	65		*		*	
ERLIN 6-4-1-1-1	66					*
ERLIN 31-5-1-2-1	67					
ERLIN 8-3-3-7-1-1	68	*			*	
ERLIN 31-1-4-1-1	69	*			*	
ERLIN 23-1-1-3-1	70					
ERLIN 23-2-2-1	71				*	
ERLIN 6-4-3-6-1	72		*		*	
ERLIN 8-3-3-2-1	73				*	
ERLIN 10-5-1-4-1	74				*	
ERLIN 7-3-2-3-2-1	75		*		*	
ERLIN 9-2-2-1-1	76					
ERLIN 9-3-1-4-1	77					
ERLIN 23-1-3-2-1	78					
ERLIN 27-1-1-4-1	79		*		*	
ERLIN 9-1-1-8-1	80					
ERLIN 6-2-1-11-1	81				*	
ERLIN 6-4-2-1-1	82	*			*	
MAKA 19-5-4-1-2-1-2-1-3-2-1	83		*			
MAKA 1-9-2-1-1-5-2-2-1-1	84					
MAKA 1-10-1-1-2-1-1-2-2-1-1	85		*		*	
MAKA 19-5-4-1-2-1-2-2-3-4-1	86		*		*	
MAKA 19-5-4-1-2-1-2-1-3-1-1	87		*		*	
MAKA 51-7-1-4-4-5-1-1-1-3-1-1	88		*			
MAKA 69-7-2-2-1-3-1-5-6-1-1	89		*	*	*	
MAKA 19-5-4-1-2-1-2-2-2-3-1-1	90		*		*	
MAKA 1-10-1-1-2-1-2-2-1-1	91		*	*		
MAKA 69-7-2-4-1-2-1-1	92		*			
MAKA 19-5-4-1-2-1-2-2-2-1-1	93		*		*	
MAKA 81-8-1-5-1-1-1-1-1	94				*	
MAKA 1-9-2-1-1-4-3-1-1-1	95					
MAKA 1-10-1-1-2-1-2-4-3-1	96	*	*		*	

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
I-REVUE BIBLIOGRAPHIE	2
1.1 Généralités sur le maïs.....	2
1.1.1-Origine du maïs.....	2
1.1.2-Taxonomie	2
1.1.3-Généétique	2
1.1.4-Morphologie.....	3
1.1.4.1 L'appareil végétatif	3
1.1.4.2 L'appareil reproducteur	4
1.1.5- L'écologie du maïs.....	4
1.1.6. Les lignées de maïs et leurs utilisations.....	5
1.2. Les maladies du maïs	6
1.2.1.Classification.....	6
1.2.2. Cas du Burkina.....	7
1.2.3.Lutte	8
1.3 Aperçu sur la sécheresse.....	9
1.3.1. Définitions et typologie	9
1.3.2. Conséquences de la sécheresse.....	9
1.3.3.Méthodes de lutte contre la sécheresse et mécanismes de résistance	10
1.4. Fertilisation.....	11
1.4.1. Concept.....	11
1.4.2. Besoins	11
1.4.3. Carences et impacts	12
1.4.4. Solutions.....	12
1.5. Qualité nutritive du maïs	13
1.5.1. Le grain de maïs et ses constituants.....	13
1.5.2. Maïs et malnutrition	13
1.5.3. Amélioration de la valeur nutritive du maïs : variété QPM (maïs à qualité protéique).....	14
1.5.4. Limites des QPM.....	14
1.6. Justification et objectifs des travaux.....	15
1.6.1. Justification	15
1.6.2. Objectifs	16
II-MATERIEL ET METHODES	17
2.1 Matériel	18
2.1.1 Matériel testé	18
2.1.2 Matériel de référence.....	20
2.2 Méthodologie	22
2.2.1 Description phénotypique des lignées	22
2.2.1.1 Dispositif expérimental.....	22
2.2.1.2 Variables étudiées.....	22
2.2.1.3 Analyses statistiques.....	24
2.2.1.4 Critères de classification pour description.....	24
2.2.2 Caractérisation génétique des lignées.....	24
2.2.2.1. Dispositif expérimental.....	25
2.2.2.2 Variables étudiées	25
2.2.2.3 Analyses statistiques.....	25
2.2.2.4 Critère de classification	26
2.2.3 Comportement des 5 groupes de lignées face au stress hydrique.....	26
2.2.3.1 Dispositif expérimental.....	26
2.2.3.2 Variables étudiées.....	27
2.2.3.3 Analyses statistiques.....	27
2.2.3.4 Critères de sélection	28
2.2.4 Comportement des lignées face aux maladies fongiques	28
2.2.4.1 Dispositif	28
2.2.4.2 Variable suivie.....	29

2.2.4.3 Critère de classification.....	29
2.2.5 Comportement des lignées en condition de stress fertilisant (essai en pots).....	29
2.2.5.1 Dispositif.....	30
2.2.5.2 Mise en pot.....	30
2.2.5.3 Mesure de la capacité maximale de rétention du sol (CMR).....	30
2.2.5.4 Semis.....	30
2.2.5.5 Dose d'arrosage.....	31
2.2.5.6 Variables étudiées.....	31
2.2.5.7 Analyses statistiques.....	31
2.2.5.8 Critères de sélection.....	31
2.3. SITE ET CONDUITE DES ESSAIS.....	32
2.3.1. Site.....	32
2.3.2. Conduite des essais.....	32
III- RESULTATS-DISCUSSIONS-CONCLUSIONS	33
3.1 DESCRIPTION PHENOTYPIQUE DES GROUPES DE LIGNEES	33
3.1.1. Détection de variations phénotypiques au sein du matériel selon les caractères étudiés.....	33
3.1.2. Classification phénotypique du matériel	35
3.1.3 CONCLUSION PARTIELLE	40
3.2 CARACTERISATION GENETIQUE DES LIGNEES	41
3.2.1 Appréciation de l'effet de l'environnement dans l'expression des lignées.....	41
3.2.2. Appréciation de l'approche de calcul	43
3.2.3 Variances génétiques des lignées testées.....	45
3.2.4 Caractérisation génétique des différents groupes	48
3.2.5 Conclusion partielle.....	50
3.3 COMPORTEMENT DES LIGNEES EN SITUATION DE STRESS	51
3.3.1 COMPORTEMENT DES LIGNEES EN SITUATION DE STRESS HYDRIQUE	51
3.3.1.1 Détermination de l'effet du niveau d'irrigation.....	51
3.3.1.2. Elimination des variables redondantes	53
3.3.1.3. Détermination des variables pertinentes pour le critère de sélection.....	54
3.3.1.4. Sélection des lignées tolérantes à la sécheresse.....	55
3.3.2 COMPORTEMENT DES LIGNEES FACE AUX MALADIES.....	57
3.3.2.1. Détermination de l'impact des maladies sur les lignées	57
3.3.2.2. Classification des lignées.....	57
3.3.2.3. Caractérisation des différents groupes de lignées.....	59
3.3.3 COMPORTEMENT DES LIGNEES FACE A UN STRESS FERTILISATION.....	60
3.3.3.1. Détermination de l'influence du niveau de fertilisation et de la variabilité inter-lignée de l'essai.....	60
3.3.3.2. Caractéristiques des lignées.....	61
3.3.3.3. Choix de lignées performantes	63
3.3.4 CONCLUSION PARTIELLE	64
CONCLUSION GENERALE	66
BIBLIOGRAPHIE.....	68
ANNEXES	71

ERRATA

PAGE	LIGNE	LIRE	AU LIEU DE
3	9	7 ^{ème}	7 ^c
11	32	..., P ₂ O ₅ 90 kg,...	..., P ₂ O ₅ , 90 kg,...
19	10	grains blancs-dentés	grains blanc-denté
23	20	section des tiges au...	section moyenne des tiges marquées au...
28	1	(faible coefficient...	(faible du coefficient ...
28	17	...potentiel rendement.	...potenteil rendement.
29	17	...feuilles de la plante.	...feuilles du plant.
31	8 ;10 ;12 ;15	...plantule(s)...	...plant(s)...
32	17	...années selon BADO (1991).	...années BADO (1991).
37	22	tableau VI	tableau V
55	23	...en annexe 8 :	...en annexe 7 :
56	15 ; 35	...QPM...	...QPMF...
59	2	...tableau XXII...	...tableau XXI...
annexe5	1 (titre tableau)	...caractérisation génétiques...	...caractérisation génétique...

11.11.2014