

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Production Végétale

THEME : Evaluation de lignées stables obtenues dans des variétés de maïs de cycles intermédiaire, précoce et extra-précoce vulgarisées au Burkina Faso

OUBDA W. Yannick Corneille

Directeur de mémoire : Pr Irénée SOMDA

Co-Directeur de mémoire : M. DAO Bégué

Maître de stage : Dr SANOU Jacob

No:2013/MaPV

AVRIL 2014

Dédicace

A mes parents et à mes frères, je dédie ce modeste document !

Remerciements

L'expérience fructueuse vécue durant le stage et la réalisation de ce mémoire ont été possibles grâce à l'effort consenti par plusieurs personnes. Et il nous plait de leur témoigner ici notre profonde gratitude. Au risque d'oublier des noms, nous pensons à :

Pr Irénée SOMDA, Directeur de l'IDR et Directeur de ce mémoire. Malgré son agenda chargé il a bien voulu accepter nous apporter sa lumière pour la qualité scientifique de ce document. C'est à juste titre que nous lui témoignons nos sincères sentiments de gratitude et de respect.

M. Begué DAO, co-Directeur de ce mémoire. Nous lui disons grand merci pour sa grande patience et ses conseils qui nous ont beaucoup aidés à améliorer la qualité scientifique et la mise en forme de ce travail.

Dr Jacob SANOU, Directeur de la DRREA de l'Ouest et notre maître de stage. Nous lui disons merci pour avoir accepté de nous former. Qu'il soit assuré que son amour du travail bien fait, et sa rigueur d'analyse sont autant de qualité que nous tacherons de garder avec nous.

Dr Abdalla DAO, notre Co-maître de stage. Nous lui disons sincèrement merci pour sa grande disponibilité et ses suggestions pertinentes.

Nos sincères remerciements à l'INERA qui à travers le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) nous a soutenu en nous accordant une bourse de stage.

M. SANDWIDI Raymond, M. PARE Pascal, Mme SIB/KABORE Jeanne, M. Mamadou SANOU, pour leur soutien et appuis divers sur le terrain.

M. OUEDRAOGO Noufou, pour sa grande disponibilité et sa précieuse aide durant le stage.

M. Alphonse TRAORE et M. Abou SANOU pour leurs conseils.

Nos camarades stagiaires, M. BOUDA Saïdou, M. OUATTARA J. Aziz, M. SANOU Janvier, Mlle SANDUIDI Rosine G., Mlle TRAORE G. Salimata, Mlle SANOU Marie-Rose, M. SAMBA Néthone et M. MILLOGO Joachim.

Nos amis Alain SOUNTOURA, Amadou OUATTARA et Bienvenu ZOMA pour ces moments de joies et de peines vécus dans la fraternité.

Nos amis du quartier je dis grand merci pour la fraternité qu'ils m'ont toujours témoignée.

Nos camarades de classe pour les moments passés ensemble durant les 5 années de formation.

Enfin nous pensons à tous ceux qui n'ont pu être nommés ici. A tous, nous vous souhaitons de retrouver dans les lignes de ce document, le fruit de vos efforts.

Table des matières

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	vii
RESUME	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION GENERALE	1
I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	4
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE MAÏS	5
1.1. Description de la plante	5
1.1.1. Origine du maïs.....	5
1.1.2. Taxonomie du maïs.....	5
1.1.3. Morphologie du maïs	5
1.1.4. Exigences écologiques.....	9
1.1.5. Génétique et amélioration du maïs	10
1.1.6. Composantes du rendement de maïs.....	12
1.2. La maïsiculture au Burkina Faso	12
1.2.1. Variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso.....	12
1.2.2. Niveaux d'intensification.....	13
1.2.3. Contraintes liées à l'intensification du maïs au Burkina Faso	14
CHAPITRE 2 : SECHERESSE ET IMPLICATION DANS LA PRODUCTION VEGETALE.....	16
2.1. Définition du concept.....	16
2.2. Sécheresse et production végétale	16
2.2.1. Effet du déficit hydrique sur la croissance, le développement et le rendement des céréales....	16
2.2.2. Mécanismes d'adaptation à la sécheresse	17
II. EVALUATION DE LIGNEES STABLES OBTENUES DANS DES VARIETES DE MAÏS DE CYCLES INTERMEDIAIRE, PRECOCE ET EXTRA-PRECOCE VULGARISEES AU BURKINA :	19
CHAPITRE 1 : Evaluation des lignées de maïs extraites de SR21, Obatanpa et Espoir	20
Introduction.....	20
1.1. Evaluation des lignées SR21, Obatanpa et Espoir en conditions pluviales (activité 1).....	21
1.1.1. Site expérimental : La Station de Farako-Bâ	21
1.1.2. Matériel végétal	22
1.1.3. Méthodes.....	23
1.1.4. Résultats.....	27

1.1.5. Discussion.....	31
1.1.6. Conclusion partielle	32
1.2. Evaluation sous stress hydrique des lignées SR21, Obatanpa et Espoir sélectionnées en conditions pluviales (activité 2).....	33
1.2.1. Site expérimental : La Station de Farako-Bâ	33
1.2.2. Matériel végétal	33
1.2.3. Méthodes.....	34
1.2.4. Résultats.....	37
1.2.5. Discussion.....	42
1.2.6. Conclusion partielle	44
Chapitre 2 : Evaluation de lignées de maïs extraites de KPB, FBC6, KEJ et KEB.....	45
Introduction.....	45
2.1. Données communes aux expérimentations.....	46
2.1.1. Site expérimental : La plaine aménagée du Kou	46
2.1.2. Méthodes.....	47
2.2. Evaluation des lignées extraites de FBC6 et KPB (essai 1).....	50
2.2.1. Matériel végétal	50
2.2.2. Résultats.....	50
2.2.3. Discussion.....	57
2.2.4. Conclusion partielle	58
2.3. Evaluation des lignées extraites de KEB et KEJ (essai 2).....	59
2.3.1. Matériel végétal	59
2.3.2. Résultats.....	59
2.3.3. Discussion.....	65
2.3.4. Conclusion partielle	66
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	67
BIBLIOGRAPHIE.....	68

Sigles et abréviations

ACP : Analyse en Composantes Principales

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

ECOWAP: Politique agricole de la CEDEAO

ELN: Extraction de lignée Normale

ERL: Extraction Rapide de Lignée

FAO: Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization Statistics

FBC6: Farako-Bâ Maïs Composite n°6

FBML10: Farako-Bâ Maïs Lignée n°10

IITA: International Institute of Tropical Agriculture

INERA: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

KEJ: Kamboinsé Extra Précoce Jaune

KPB: Kamboinsé Extra Précoce Blanc

KPJ: Kamboinsé Précoce Jaune

OECD: Organisation pour la Coopération Economique et le Développement

PIB: Produit Intérieur Brut

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

SR21: Streak Resistance n° 21

USDA: Ministère de l'agriculture des Etats-Unis

Liste des figures

Figure 1 : Morphologie du maïs.....	8
Figure 2 : Inflorescences du maïs	8
Figure 3: Répartition mensuelle de la pluviométrie au cours de l'année 2013 sur la station de Farako-bâ	21
Figure 4 : schéma d'un dispositif en bloc Fisher	23
Figure 5 : schéma d'un essai factoriel à 2 facteurs	34
Figure 6: dispersion des individus du sous bloc stressé sur le plan ½ de l'analyse en composantes principales	41
Figure 7: Répartition mensuelle des précipitations et températures à la vallée du Kou en 2013.....	46
Figure 8: Variables discriminantes des lignées extraites de FBC6 et KPB	53
Figure 9: Dispersion des lignées extraites de FBC6 et KPB sur le plan ½ de l'analyse en composantes principales	54
Figure 10: Répartition des lignées issues de FBC6 et KPB selon la source variétale	54
Figure 11: Variables discriminantes des lignées extraites de KEB et KEJ.....	62
Figure 12: Dispersion des lignées extraites de KEB et KEJ sur le plan ½ de l'ACP	63
Figure 13: Répartition des lignées selon la variété source (KEJ ou KEB)	63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso.....	13
Tableau 2: Récapitulatif des dates de réalisation des différentes opérations culturales	24
Tableau 3: Groupage des lignées selon la note de maladie	27
Tableau 4: Répartition (en nombre) des lignées issues de Espoir, SR21, et Obatanpa par rapport à l'helminthosporiose et la curvulariose.....	29
Tableau 5: Résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de Espoir, SR21 et Obatanpa	30
Tableau 6: Résultats de la sélection réalisée sur les lignées issues de Espoir, SR21 et Obatanpa	31
Tableau 7: Liste des lignées sélectionnées en conditions pluviales par rapport à FBML10 .	31
Tableau 8: Liste du matériel végétal retenu pour l'évaluation sous stress hydrique	33
Tableau 9: Opérations culturales et dates de réalisation pour l'essai sous stress hydrique ...	35
Tableau 10: Résultats de l'analyse de variances de l'essai sous stress hydrique.....	38
Tableau 11: Résultats du test de Duncan de l'essai sous stress hydrique.....	39
Tableau 12: Variables morphologiques de sélection pour l'essai sous stress hydrique	42
Tableau 13: Récapitulatif des dates de réalisation des différentes opérations culturales des essais 1 et 2 en conditions pluviales	47
Tableau 14: Répartition des lignées issues de KPB et FBC6 par rapport à l'helminthosporiose et la curvulariose	51
Tableau 15: Résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de KPB et FBC6.....	52
Tableau 16: Liste des lignées extraites de KPB et FBC6 sélectionnées pour leur hauteur d'insertion de l'épi	56
Tableau 17: Liste des lignées extraites de KPB et FBC6 sélectionnées pour leur nombre de rangées sur l'épi	57
Tableau 18: Répartition (en nombre) des lignées issues de KEB et KEJ par rapport à l'helminthosporiose et la curvulariose	60
Tableau 19: Résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de KEB et KEJ	61
Tableau 20: Liste des lignées extraites de KEB et KEJ sélectionnées pour leur hauteur de plante.....	65

Résumé

La recherche au Burkina Faso dispose de près de 4000 lignées de maïs qui sont extraites des différentes variétés qui y sont vulgarisées. Cette présente étude s'est proposée d'évaluer en conditions pluviales des lignées extraites de variétés vulgarisées Espoir, Obatanpa, SR21, KPB, KEJ, KEB et FBC6. Au total, 420 lignées ont été évaluées par rapport à leur comportement vis-à-vis des maladies (helminthosporiose et curvulariose). Pour leur comportement face aux maladies, 238 lignées ont présenté une résistance à l'helminthosporiose, 156 lignées ont présenté une tolérance la maladie et 22 lignées ont présenté une sensibilité à la maladie. Egalement, 387 lignées ont montré une résistance à la curvulariose, 22 lignées ont toléré la maladie, et 7 lignées ont présenté une sensibilité à la maladie. Pour la double résistance à l'helminthosporiose et à la curvulariose, 210 lignées ont été identifiées. Une seule lignée est retenue sa tolérance à la fois l'helminthosporiose et la curvulariose.

L'évaluation des lignées extraites de SR21, Obatanpa et Espoir a permis d'identifier 4 lignées résistantes au stress hydrique.

L'évaluation des lignées extraites de KPB et FBC6 a permis de révéler l'existence d'une variabilité génétique entre les lignées et de retenir 55 lignées pour leur bon comportement par rapport aux maladies et à leurs caractéristiques agro morphologiques.

L'évaluation des lignées KEB et KEJ a montré une différence génétique entre les lignées pour les caractères étudiés. Egalement, 14 lignées ont été sélectionnées pour leur bon comportement par rapport aux maladies et pour leur taille moyenne.

Ces différents résultats vont sans doute donner des informations nouvelles sur ces lignées et contribuer à la création future d'hybrides performants répondant aux attentes des producteurs.

Mots clés : lignée, maïs, évaluation, conditions pluviales, Burkina Faso.

Abstract

Research in Burkina Faso has nearly 4000 corn lines which are extracted from the various vulgarized varieties. This present study proposed to evaluate in rain conditions of the lines extracted from popularized varieties Espoir, Obatanpa, SR21, KPB, KEJ, KEB and FBC6. On the whole, 420 lines have been assessed in relation to their behavior to the diseases (helminthosporiose and curvulariose). For their behavior to the diseases, 238 lines showed resistance to the helminthosporiose, 156 lines presented a tolerance to the disease and 22 lines presented sensitivity to the disease. Also, 387 lines showed a resistance to the curvulariose, 22 lines tolerated the disease, and 7 lines showed sensitivity to the disease. For the double resistance to helminthosporiose and to curvulariose, 210 lines have been identified. Only one line is retained for its double tolerance to helminthosporiose and to curvulariose.

The evaluation of the lines extracted from varieties SR21, Obatanpa and Espoir made it possible to identify 4 lines resistant to the hydrous stress.

The evaluation of the lines extracted from KPB and FBC6 permitted to reveal the genetic variability between the lines and to retain 55 lines for their good behavior compared to the diseases and their morphological agro characteristics.

The evaluation of lines KEB and KEJ showed a genetic difference between the lines for the studied characters. Also, 14 lines have been selected for their good behavior in relation to diseases and their average size.

These different results will give new information on these lines and will contribute to the future creation of effective hybrids responding to the producer's expectation.

Key words: line, corn, evaluation, conditions rain, Burkina Faso.

Introduction générale

Moteur du développement socio-économique, le secteur agricole est essentiel dans l'économie nationale, à la sécurité alimentaire, à l'emploi et aux revenus des populations dans plusieurs Etats à travers le monde, notamment dans les pays les moins avancés. En Afrique occidentale, le secteur contribue à hauteur de 35% au Produit Intérieur Brut (PIB) régional (ECOWAP, 2008). L'agriculture est de ce fait un secteur capital dans la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire.

Selon MOUGEOT et MOUSTIER (2004), la population mondiale augmentera d'environ trois milliards d'individus d'ici à 2030 dont 95% dans les pays en développement. La production agricole devra donc s'intensifier davantage pour couvrir les besoins alimentaires des populations surtout dans les pays en développement.

En général, la sécurité alimentaire reste une préoccupation majeure en Afrique notamment dans sa partie Sub-saharienne où l'évolution de la production agricole ces dix dernières années est loin d'assurer les besoins d'une population sans cesse croissante ; 239 millions sur 863 millions de personnes sont mal nourries en 2010 (FAO, 2011). Dans les prochaines années à venir, les agriculteurs Ouest-africains devront répondre à une forte progression de la demande, conséquence de la poursuite de la croissance démographique. En effet, la population de cette région estimée de nos jours à 290 millions de personnes comptera plus de 400 millions de personnes en 2020 et plus de 500 millions en 2030 (ECOWAP, 2008).

Dans l'agriculture mondiale, la céréaliculture occupe une large part ; en témoigne l'importance des céréales comme le maïs, le riz et le blé dans le monde.

Plante la plus cultivée au monde, le maïs (*Zea mays* L.) est la première céréale produite devant le riz et le blé (FAOSTAT, 2010). Il est également la plus grande culture céréalière dans toutes les zones écologiques d'Afrique occidentale et centrale. Il est une plante tropicale qui s'adapte à diverses écologies. Si dans les pays développés il est utilisé essentiellement pour l'alimentation animale, les pays moins développés l'utilisent majoritairement dans l'alimentation humaine. Des 23 pays reconnus comme les plus grands consommateurs de maïs dans l'alimentation humaine, 16 sont en Afrique Sub-saharienne (BÄNZIGER et DIALLO, 2000).

Au Burkina Faso, le maïs est la 3^{ème} céréale la plus cultivée respectivement après le sorgho et le mil, et a le potentiel de rendement le plus élevé (SANOU, 1996). Il est cultivé presque partout au Burkina Faso, où les conditions pédoclimatiques se prêtent à une

production convenable. Son rendement, tout comme la superficie consacrée à sa production sont en hausse. Malgré les potentialités que renferme cette culture, une part importante de la population n'arrive pas à satisfaire ses besoins alimentaires.

En effet, la maïsiculture est confrontée à plusieurs contraintes qui sont de nature abiotique (sécheresse, faible fertilité des sols, acidité des sols...) ou biotique (maladies, ravageurs). De plus, les conditions socioéconomiques difficiles des populations ne leur permettent pas souvent de faire face à ces contraintes par les diverses mesures applicables par des producteurs mieux nantis sous d'autres cieux (installation de système d'irrigation, fertilisation convenable, traitements phytosanitaires). Face à une telle réalité, la solution la mieux adaptée serait la mise à la disposition des producteurs du matériel végétal performant et stable. C'est à dire des variétés hautement productives, résistantes à la sécheresse, aux maladies courantes locales et aux différents ravageurs. Cela passe par une constante réactualisation de la grille variétale proposée aux producteurs dans le but de l'adapter aux différents stress (biotiques ou abiotiques), tout en tenant compte des nouvelles exigences des producteurs et des consommateurs (SANOU, 2003).

Une des nouvelles exigences de l'agriculture burkinabé en général et de la maïsiculture en particulier, est de pouvoir disposer de variétés de maïs qui résistent au déficit hydrique. En effet, dans un contexte de changement climatique marqué par une irrégularité de la pluviosité (dans le temps et dans l'espace), la stabilité de la production est négativement impactée par les différents stress hydriques qui affectent la plante au cours de son cycle de production (suite à une période de sécheresse plus ou moins sévère).

C'est ainsi que la recherche nationale, depuis quelques années travaille à identifier du matériel végétal performant qui s'adapterait au stress hydrique, c'est-à-dire capable de garder une certaine stabilité de production en cas de déficit hydrique temporaire. Cela passe par une évaluation du matériel végétal. C'est dans ce contexte que se justifie cette présente étude dont le thème est : « Evaluation de lignées stables obtenues dans des variétés de maïs de cycles intermédiaire, précoce et extra-précoce vulgarisées au Burkina Faso : cas de ESPOIR, OBATANPA, SR21, KPB, KEB, KEJ et FBC6. »

L'objectif de cette étude est de caractériser en conditions pluviales les lignées stables obtenues dans les variétés de maïs de cycles intermédiaire, précoce et extra-précoce en vue d'identifier du matériel intéressant pour la création future d'hybrides performants.

Ce document comporte deux parties. La première partie traite de la synthèse bibliographique et la seconde partie traite du thème et expose les résultats et la discussion qui en découlent.



I. Synthèse bibliographique

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE MAÏS

1.1. Description de la plante

1.1.1. Origine du maïs

Différentes hypothèses ont été proposées sur l'origine/domestication du maïs (OECD, 2006). Cependant plusieurs écrits s'accordent à dire que le centre d'origine de cette céréale se situerait en région mésoaméricaine, probablement au Mexique d'où il s'est rapidement répandu. Il est généralement admis que le téosinte (*Z. mexicana*) est l'ancêtre du maïs, bien que les chercheurs ne s'accordent pas tous sur le fait que le maïs soit une version domestiquée du téosinte (GALINAT, 1988).

1.1.2. Taxonomie du maïs

Le maïs est une monocotylédone du genre *Zea* (du grec « *zea* » qui désigne céréale ou grain) et de l'espèce *mays* (qui est dérivée de « *maiz* » ou « *mahiz* » qui désigne la plante). Le genre *Zea* appartient à la tribu des *Andropogoneae*, à la sous-famille des *Panicoideae*, dans la famille des *Poaceae* (USDA, 2005). Actuellement ce genre dénombre cinq espèces (*Zea diploperennis*, *Z. luxurians*, *Z. mays*, *Z. nicaraguensis*, *Z. perennis*). Ces espèces ont été largement examinées et le nombre de chromosomes est $2n = 20$ excepté pour l'espèce *Z. perennis* ($2n=40$) (USDA, 2005).

1.1.3. Morphologie du maïs

La morphologie de la plante de maïs (figure1) présente essentiellement deux parties : l'appareil végétatif et l'appareil reproducteur.

1.1.3.1. Appareil végétatif

Il se compose d'un système racinaire, d'une tige et des feuilles. Chacune de ces parties renferme des caractéristiques propres à la plante qui sont très utilisées en sélection (par exemple pour la résistance à la sécheresse).

- ❖ **Le système racinaire** : les racines sont fasciculées, aussi traçantes que plongeantes, explorant un volume de terre de plusieurs mètres cubes en bonnes conditions édaphiques. Ce système se subdivise en trois catégories de racines qui sont :

- **Les racines séminales** : elles prennent naissance à partir de la radicule puis, évoluent par la suite pour former la racine principale munie de courtes ramifications. Ces racines vont disparaître dès l'apparition des racines secondaires.
- **Les racines secondaires ou adventives** : elles apparaissent très tôt à la base des entrenœuds de la jeune tige qui s'est allongée. Elles constituent la presque totalité de l'appareil racinaire fonctionnel de la plante. La capacité des racines à explorer un volume important de sol notamment en condition de stress hydrique est un bon critère de sélection.
- **Les racines d'encrage** : elles naissent bien après les formes de racines citées antérieurement et apparaissent au niveau des premiers nœuds situés juste au-dessus du sol. Cependant, il est à noter que toutes les plantes au sein d'une même variété ne présentent pas toujours des racines d'encrage. Ces racines permettent à la plante de se maintenir en position verticale et de résister à la verse.
- ❖ **La tige** : elle est généralement d'une hauteur moyenne de 1,5-3 m mais pouvant atteindre 4 m (PODA, 1979). Cette tige est un chaume rempli de moelle plus ou moins sucrée et sur laquelle sont reliées des feuilles engainantes. Le point végétatif de la tige se situe à l'extrémité de celle-ci et reste souterrain pendant les 3 à 4 premières semaines qui suivent le semis (KLING, 1991). Lorsque le point végétatif est souterrain, une plante cassée au niveau du sol peut toujours se régénérer. Une plante cassée en dessous du point végétatif ne repoussera pas. La sélection exploite la taille de la plante car le rendement en grain du maïs est positivement corrélé à sa taille.
- ❖ **Les feuilles** : leur nombre est variable selon les variétés, mais généralement ce nombre se situe entre 8 et 20 feuilles. Les feuilles sont munies de gaines se recouvrant les unes les autres et à limbes développés nettement distiques. Chaque feuille présente un parenchyme homogène et un épiderme ventral formé de cellules bulbiformes disposées en bande longitudinale dont la membrane très perméable, permet une plasmolyse rapide provoquant l'enroulement de la feuille. L'enroulement foliaire et la surface foliaire sont des critères de sélection par rapport à la résistance au stress hydrique. Les feuilles trouvent également leur importance en sélection du fait de la consommation de l'appareil végétatif de cette plante par les animaux.

1.1.3.2. Appareil reproducteur

Le maïs est une plante monoïque, c'est-à-dire qu'il porte séparément les fleurs mâles et les fleurs femelles sur un même pied (figure 2).

- ❖ **L'inflorescence mâle ou panicule** : tout pied de maïs possède des épillets disposés en grappes spiciformes réunis sur une panicule terminale. Chaque épillet renferme deux fleurs (comportant chacune trois étamines) enveloppées dans une paire de glumes ciliées. La durée de la floraison de la panicule ou anthèse dépend des conditions environnementales. Elle débute très tôt le matin (7h) et se poursuit normalement jusque vers 11h (Le CONTE, 1950). Egalement, de façon générale les anthères du maïs sont mûres de 2 à 4 jours avant que les styles (soies) ne deviennent réceptifs (le maïs est alors dit protandre). Le pollen est exclusivement produit par l'inflorescence mâle et sa viabilité est de 10 à 30 minutes, mais elle peut être plus longue lorsque les conditions sont favorables (COE *et al.*, 1988). Ce critère est très intéressant en sélection car d'un génotype à l'autre, la panicule peut varier dans sa forme, sa couleur et sa taille. Une panicule de petite taille donnera certainement peu de pollen ce qui est peu désirable en sélection.
- ❖ **L'inflorescence femelle ou épi** : les épis (inflorescences femelles) sont insérés à l'aisselle des feuilles. Chaque épi porte des épillets alignés en rangées (8 à 16) d'environ 30 épillets chacune, qui sont insérés sur un rachis presque ligneux épaissi (pédoncule). L'ensemble de la structure (épi) est enveloppé dans de nombreuses bractées foliacées appelées spathes. Une masse de longs stigmates s'échappe au sommet des spathes en une touffe de filaments (soies) (HITCHCOCK ET CHASE, 1971). Les ovules proviennent uniquement de l'inflorescence femelle. Les caractéristiques de l'épi sont importantes en sélection car le rendement en grain est positivement corrélé à la longueur de l'épi.

La différence de nombre de jours entre les floraisons mâle et femelle est un important critère de sélection en condition de stress hydrique (plus la différence est grande moins la fécondation réussit).

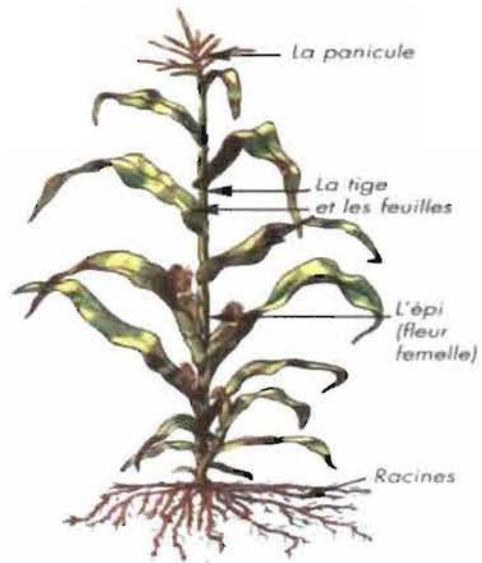


Figure 1 : Morphologie du maïs (source : Alveis de Oleveira, 2010)

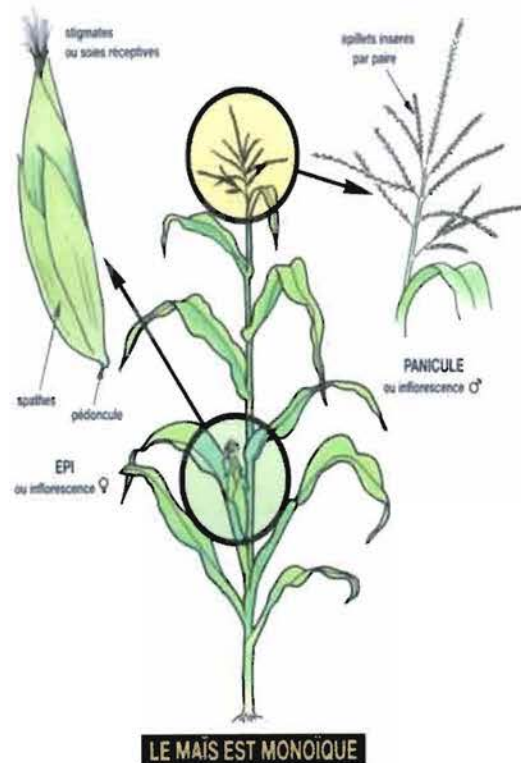


Figure 2 : Inflorescences du maïs (source : www.gnis-pédagogie.org)

1.1.4. Exigences écologiques

1.1.4.1. Climat

L'eau : elle est un facteur très important dans la croissance et le développement de la plante et donc du rendement. Comparativement à certaines plantes céréalières telles que le sorgho ou le mil, le maïs est une plante exigeante en eau. Selon NORMAN *et al.* (1995), le maïs est en pratique cultivé dans des écologies où la pluviométrie oscille entre 750 et 1750 mm d'eau par an. Cependant OUEDRAOGO (2008) indique que les maïs cultivés en basses terres tropicales acceptent des pluies d'au moins 500 mm bien réparties durant la saison hivernale. Les besoins en eau varient suivant la zone écologique et le cycle variétal. Les 15-20 jours avant et après l'anthèse (floraison mâle) représentent la période la plus sensible où un déficit hydrique a une incidence négative sur le rendement. Selon DABIRE (2000) ce déficit hydrique pourrait être responsable d'une difficulté d'épiaison (la panicule ne dégaine pas) ; d'une protandrie importante pouvant donner des plantes sans épis ; de la mauvaise germination des grains de pollen par manque d'humidité ; du raccourcissement de la période d'émission de pollen ; de la perte de réceptivité du stigmate ; du dessèchement des feuilles et de l'échaudage des grains.

La lumière : elle intervient dans la photosynthèse de la plante. L'adaptabilité du maïs dépend en partie de sa sensibilité à la photopériode. Cette sensibilité influence les jours de floraisons, mâle comme femelle, mais également le nombre de feuilles. Le maïs est une plante de jours courts et la plupart des cultivars locaux sont photosensibles : l'anthèse est retardée de 1 à 12 jours par heure d'extension de la durée du jour (OUEDRAOGO, 2008). Mais il existe des cultivars qui sont peu sensibles ou même ne présentent aucune sensibilité par rapport aux jours longs (KINIRY *et al.*, 1983).

La température : elle a un effet considérable sur la durée du cycle végétatif de la plante (ROUANET, 1984). Le maïs exige certaines plages de températures pour sa bonne croissance et son développement. Par exemple, une température de 10 à 12°C minimum est requise pour la germination des graines, des températures de 30 à 40°C en basse et moyenne altitudes, et de 21°C en haute terre sont nécessaires pour le développement de la plante (ELLIS *et al.*, 1992). En condition de basses températures, la croissance de la plante est ralentie et son cycle est allongé.

1.1.4.2. Sol et éléments fertilisants

La production du maïs est influencée par des facteurs abiotiques comme le sol et les éléments fertilisants, qui sont à prendre en compte pour une meilleure adaptation aux divers environnements.

Le maïs pousse généralement sur tous les types de sol pour peu que ces sols soient sains, profonds, aérés et bien drainés. Les besoins en éléments fertilisants du maïs varient au cours de son cycle de développement. En effet, durant la période critique (30 à 40 jours autour de la floraison) le maïs absorbe les 2/3 de phosphore et les 3/4 de l'azote requis pour toute la végétation (GROS, 1974). Les études de BADO (1991) révèlent que les sols du Burkina Faso sont en général pauvres en matières organiques, en azote et en phosphore. La teneur en matière organique du sol est une des clés de la culture du maïs. Les apports de fumier sont recommandés car le maïs réagit très positivement à la fumure organique, même à faible dose.

1.1.5. Génétique et amélioration du maïs

1.1.5.1. Caractérisation génétique du maïs

Chez le maïs, la garniture chromosomique typique est $2n=20$ chromosomes. Toutefois, on note que certaines variétés peuvent donner des plantes avec un nombre de chromosomes variant entre 21 et 28. Les chromosomes normaux ont la forme de bâtonnet et sont de longueur variable allant de 2μ à $4,5\mu$. Le génome du maïs est grand (42000 à 56000 gènes). Ce génome est caractérisé par un pourcentage élevé de séquences répétitives incluant des transposons et retrotransposons (LUI *et al.*, 2007).

1.1.5.2. Amélioration du maïs

GALLAIS (1990) cité par BORDES (2006) définit l'amélioration des plantes comme étant l'art et la science de la création de variétés répondant de mieux en mieux aux besoins de l'homme. Pour ce qui est du maïs, ces variétés désigneraient sans doute les hybrides qui, grâce au phénomène d'hétérosis expriment une « *vigueur hybride* ».

Il existe pour le maïs plusieurs méthodes de sélection qui diffèrent suivant le degré de contrôle de la pollinisation, le niveau de contrôle génétique des caractères concernés et la durée du cycle de sélection (TRAORE, 2011).

Le cycle de sélection chez le maïs est généralement réalisé à partir de populations en ségrégation F₂, de rétrocroisements ou de populations synthétiques provenant de croisements plus ou moins complexes entre lignées élites. La base génétique du matériel de départ de

sélection peut varier d'une population composée de deux parents (population biparentale), à une population composée d'un grand nombre de parents (population synthétique). La définition d'un schéma de sélection convenable nécessite l'estimation de la valeur variétale du croisement de départ et la connaissance de la structure génétique de la population. Selon BORDES (2006), pour les facteurs à hérédité quantitative, une population peut être caractérisée par sa moyenne et sa variance. En effet, à partir de plans de croisements appropriés, l'étude de la variation de ces paramètres permet la décomposition de la variance génétique et apporte des informations sur l'origine des effets génétiques. Selon le même auteur, ce sont l'additivité et l'épistasie (présence d'un effet d'interaction entre gènes non homologues, qui agit sur la détermination d'un caractère) qui représentent les effets d'interaction entre allèles déterminants le caractère. Les méthodes d'amélioration les plus usitées sont :

❖ **L'hybridation**

La création d'une variété hybride renferme 3 phases :

- **La création de lignées pures ou « fixées »**

D'un point de vue agronomique, une lignée est dite fixée lorsque la fixation des caractères permet de les reproduire à l'identique (lignée pure). Pour ce faire, 8 à 10 générations d'autofécondation sont nécessaires. Un système d'évaluation intégré à ces générations permet de sélectionner les individus porteurs des caractères désirables et de les maintenir par autofécondations.

- **L'évaluation de l'aptitude à la combinaison de ces lignées**

Il s'agit ici de rechercher les lignées aptes à une certaine complémentarité pour engendrer une très bonne vigueur hybride. On se sert d'un testeur commun qui est généralement une lignée ou un hybride simple d'un groupe génétique complémentaire susceptible de faire apparaître une bonne vigueur hybride.

- **La réalisation et l'évaluation des hybrides expérimentaux entre lignées**

A la suite des deux précédentes étapes, il peut être procédé à la création d'hybrides simples avec différentes lignées de groupes complémentaires. Ces hybrides sont ensuite expérimentés sur différents sites, puis comparés à des variétés commerciales choisies comme témoin d'amélioration génétique.

❖ **La sélection récurrente**

L'amélioration par la sélection récurrente est la création de nouvelles populations à partir d'inter-fécondations de génotypes qui ont été désignés comme ayant les caractères les plus intéressants. Cette sélection passe par deux grandes méthodes que sont :

- **Une amélioration entre populations,**
- **Une amélioration au sein de la population,** pour bonifier la population et les lignées qui en seront issues (IITA, 1981 cité par MILLOGO, 2010).

1.1.6. Composantes du rendement de maïs

Le rendement est la résultante de l'ensemble des propriétés de la plante. Il est considéré comme étant le caractère des caractères. Selon DZIDO (1984), il n'existe probablement pas de gène responsable du rendement. Le rendement se déduit couramment à partir des éléments suivants :

- **Le nombre de plants/ha :** il dépend de la densité de semis, de la qualité de la semence, de la levée des plantes et des conditions du milieu. De ce paramètre découlera le nombre de grains/plante qui lui-même est fonction de la prolificité et du taux de fécondation ;
- **Le nombre d'épis/plant :** il dépend de la prolificité du matériel semé. La prolificité est un caractère génétique utilisé comme critère de sélection ;
- **Le poids de 1000 grains :** le rendement peut varier d'une année à l'autre du fait de la variation du nombre de grains, alors que le poids de 1000 grains est assez stable (DERIEUX, 1978). L'élaboration du poids de 1000 grains va de la floraison à la récolte. Le remplissage du grain débute à l'anthèse et se poursuit jusqu'à la formation du point noir ou maturité physiologique (DAYNARD et DUNCAN, 1969). Le taux et la durée du remplissage du grain détermineront le rendement final (TOLLENAR, 1977). Egalement, le poids maximum du grain est atteint seulement si la photosynthèse post-floraison permet une accumulation de nouvelles réserves dans les organes végétatifs qui doivent bénéficier suffisamment d'eau, d'éléments nutritifs et être exempts d'attaques parasitaires (NAVARRO, 1984).

1.2. La maïsiculture au Burkina Faso

1.2.1. Variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso

Au Burkina Faso, la production du maïs est fortement assujettie aux conditions climatiques prévalant dans les différentes zones du pays. Cet état des faits impose aux chercheurs la prise en compte des spécificités agro climatiques des différentes zones dans la proposition de nouvelles spéculations et variétés. Pour une production convenable du maïs au Burkina Faso, la recherche a fait une recommandation des variétés de cette céréale au niveau

national. Cette recommandation tient majoritairement compte des sensibilités écologiques (notamment le risque de sécheresse en fin de cycle) des différentes zones du pays, tout en intégrant le besoin des consommateurs et le niveau du producteur. Le tableau 1 présente la grille variétale de maïs recommandée par l'INERA au Burkina Faso.

Tableau 1 : Variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso

Type d'agriculture	Type variétal	Variétés en fonction du cycle		
		Extra précoce 75-84 j	Précoce 85-94 j	Intermédiaire 95-110 j
Agriculture traditionnelle Potentiel variétal: 2-3t/ha	Composite	KEB KEJ		
Agriculture semi-intensive Potentiel variétal: 3,5-6,5t/ha	Composite	Barka	KPB KPJ FBC6 Wari	SR 22 SR 21 Obatanpa Espoir
	Hybride		Komsaya*	Bondofa
Agriculture intensive Potentiel variétal: 6-9,5t/ha	Hybride		Komsaya*	Bondofa

* : variété nouvellement vulgarisée

Source : SANOU, 2012 : Variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso, actualisation 2012. INERA/CT, 2p.

1.2.2. Niveaux d'intensification

SANOU (1996) a distingué trois principaux niveaux d'intensification au Burkina Faso. Il s'agit du:

Niveau 1 : il désigne une forme d'agriculture dite traditionnelle caractérisée par la quasi absence d'amélioration foncière, le faible sinon l'absence d'emplois d'intrants. La production à ce niveau répond généralement à des besoins d'autoconsommation. Ce sont les

variétés rustiques qui s'adaptent le mieux à ce niveau. Le rendement est de l'ordre de 2 à 3 tonnes/ha.

Niveau 2 : ici l'agriculture est en voie d'intensification. Elle est à cheval entre l'agriculture traditionnelle et celle dite intensive. A cette étape, on parlera d'agriculture améliorée ou semi-intensive. Cette agriculture est caractérisée par l'utilisation des itinéraires techniques proposés par la recherche. Le paysan a pour objectif de vendre l'excédent de la production après y avoir défalqué la part pour l'autoconsommation. Les rendements moyens varient entre 3,5 et 4,5 tonnes/ha.

Niveau 3 : à ce niveau, l'agriculteur veille à la bonne maîtrise du milieu et à la bonne application des techniques de culture. Tous les facteurs de production (eau, fertilisants, semences et produits phytosanitaires) sont utilisés de façon optimale dans l'optique majeur de vendre sa future production. L'accent est surtout mis sur les variétés à haut potentiel de rendement (par exemple Komsaya avec 8 à 9 tonnes /ha).

1.2.3. Contraintes liées à l'intensification du maïs au Burkina Faso

Si il est reconnu que l'intensification de la maïsiculture est une des meilleures solutions pour atteindre l'autosuffisance alimentaire au Burkina Faso (du moins en ce qui concerne la production céréalière), il y'a lieu de reconnaître l'existence de quelques difficultés qui entravent son succès. En relevant la disponibilité et/ou l'accessibilité aux variétés performantes couplées à la non maîtrise des bonnes pratiques agricoles comme contraintes, on ne pourrait occulter les difficultés croissantes auxquelles font face les producteurs pour commercialiser le surplus de leur production. En outre, la production céréalière en général et celle du maïs en particulier, ne bénéficie pas d'un cadre de commercialisation conséquemment organisé comme pour la production cotonnière (prix garanti et fixé avant les semis, accès aux intrants). Egalement, l'inexistence sinon la faible capacité des unités agro-industrielles à transformer le maïs (boulangeries, amidonneries, biscuiteries, brasseries) est également une énorme contrainte.

1.2.4. Contraintes de production du maïs au Burkina Faso

Au Burkina Faso, la productivité du maïs est limitée par diverses contraintes abiotiques ou biotiques.

1.2.4.1. Contraintes abiotiques

Il s'agit des contraintes pédoclimatiques comme la sécheresse, la pauvreté des sols, ou des contraintes socioéconomiques telles que la faible technicité des producteurs et la pauvreté des populations.

1.2.4.2. Contraintes biotiques

Ce sont principalement les maladies et les adventices. Les principales maladies du maïs au Burkina Faso sont :

- **L'helminthosporiose** : elle est aussi dite maladie de brûlure des feuilles. Cette maladie est fongique et est causée par *Bipolaris maydis* ou par *Exserohilum turcicum*, qui sont responsables de brûlures foliaires. L'agent de la maladie est transmis par les semences ;
- **La striure du maïs ou maize streak** : l'agent pathogène, le virus de la striure du maïs (MSV), est un petit virus isométrique de 20 nm de diamètre souvent associé par paire et appartenant au groupe des geminivirus (BOCK, 1974 cité par KONATE et TRAORE, 1992). Ce virus est transmis aux plantes par piqûre de cicadelles, dont *Cicadulina mbila* est le principal agent vecteur au Burkina Faso. La maladie se manifeste par des lignes étiolées et translucides, longeant les nervures de façon plus ou moins continue ;
- **La curvulariose** : elle est une maladie fongique sévissant dans les zones chaudes et humides, et pouvant occasionner des dégâts importants (DE LEON, 1984). Cette maladie est causée par *Curvularia lunata* et *Curvularia pallescens*. Ces champignons font apparaître des taches jaunâtres ou brunes entourées d'un halo clair. La maladie se manifeste par des brûlures et des taches foliaires ;
- **La rouille** : elle est causée par *Puccinia polysora* ou *Puccinia sorghii* et se manifeste par la formation de pustules de couleur rouille sur la face inférieure des feuilles. Toutefois, ces pustules peuvent occuper la face supérieure de la feuille en cas de forte infection.

CHAPITRE 2 : SECHERESSE ET IMPLICATION DANS LA PRODUCTION VEGETALE

2.1. Définition du concept

Définir le concept de « sécheresse » n'est certainement pas évident, car il revêt quelques nuances dans sa définition selon le domaine d'application considéré (production végétale, météorologie, géographie...). Toutefois, la littérature fait une différence entre la sécheresse climatique qui est une manifestation périodique (donc prévisible) et la sécheresse agronomique qui est un phénomène aléatoire pouvant se produire aussi bien en climat sec qu'en climat humide (LEIFI, 1997). On comprend donc aisément que de par son caractère aléatoire la sécheresse agronomique est la plus dangereuse.

LEIFI (1997) définit la sécheresse comme étant la perturbation climatique aléatoire causant un déficit hydrique dans le sol ou dans l'atmosphère par rapport au bilan hydrique normal de la période considérée.

A tout moment au cours de son cycle de développement, la plante peut être confrontée à la sécheresse et la productivité en ce moment dépendra de l'intensité et la durée du déficit hydrique.

2.2. Sécheresse et production végétale

L'eau est un facteur essentiel dans toute entreprise de production végétale. Au niveau de chaque plante, elle intervient dans de nombreuses fonctions telles que le transport et l'accumulation des éléments nutritifs, la division cellulaire, la régulation thermique et la photosynthèse. En clair, la disponibilité et l'accessibilité de l'eau à la plante lui sont fondamentales pour une bonne croissance et développement.

2.2.1. Effet du déficit hydrique sur la croissance, le développement et le rendement des céréales

Un déficit hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa production par rapport au potentiel du géotype.

Un déficit hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (DEBAEKE *et al.*, 1996). L'effet du déficit hydrique sur les composantes du rendement (donc sur le rendement)

de la céréale, dépend du stade au cours duquel ce déficit intervient. Selon AMOR *et al.* (2006), au cours de la montaison un déficit hydrique se traduit par une réduction du nombre d'épis, une baisse du nombre de grains par épi (notamment par augmentation du taux d'avortement des épillets et l'induction de la stérilité mâle). Un manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraînent une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et/ou de la durée de leur remplissage (TRIBOÏ, 1990). Egalement, un échaudage consécutif à un manque d'eau au cours du remplissage des grains se traduit par une baisse de rendement. Ainsi, le risque de déficit hydrique est-il possible presque durant tout le cycle biologique de la céréale. C'est là tout l'intérêt pour une plante de posséder des mécanismes d'adaptation qui lui permettent non seulement de survivre à la sécheresse, mais aussi de bien se développer.

2.2.2. Mécanismes d'adaptation à la sécheresse

La résistance globale d'une plante à la sécheresse apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production (HSISSOU, 1994 cité par AMOR *et al.*, 2006).

2.2.2.1. Fermeture des stomates

En situation de déficit atmosphérique, les plantes réagissent souvent par la fermeture des stomates pour éviter une transpiration importante que ne permet le rythme d'absorption d'eau par les racines. Cette fermeture peut être hydropassive, dans ce cas elle est due à une évaporation directe d'eau des cellules de garde et n'implique pas de mécanismes métaboliques. Elle peut être hydroactive et fait alors intervenir des phénomènes métaboliques où l'acide abscissique (ABA) est la principale hormone régulatrice. Cet acide est principalement généré au niveau des racines d'où il stimule la croissance. Il passe également dans les feuilles où il cause l'enroulement foliaire, la fermeture des stomates et accélère la sénescence foliaire. Cela survient même avant les mécanismes hydrauliques de réduction de la turgescence foliaire (ZHANG *et al.*, 1987 cités par BÄNZINGER *et al.*, 2000).

2.2.2.2. Ajustement osmotique

Le stress hydrique provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique (BRISSON et DELECOLLE, 1992). Chez les céréales, en condition de déficit

hydrique les osmorégulateurs les plus importants sont les sucres et la proline qui est un acide aminé (AMOR *et al.*, 2006).

2.2.2.3. Le cycle de la plante

La précocité est un important mécanisme d'évitement de la sécheresse de fin de cycle (BEN *et al.*, 1999). Elle assure une meilleure efficacité dans l'utilisation de l'eau. En effet, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs.

2.2.2.4. Modifications morphologiques

En réaction à l'effet de la sécheresse, la plante peut entamer des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats. Il peut s'agir d'une réduction de la surface foliaire, d'un enroulement foliaire et/ou un meilleur développement racinaire (AMOR *et al.*, 2006).

2.2.2.5. Etat hydrique de la plante

La baisse du potentiel hydrique du sol en condition de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante. Dans ces conditions, l'augmentation de la production dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (SORRELLS *et al.*, 2000 cités par AMOR *et al.*, 2006).

II. Evaluation de lignées stables obtenues dans des variétés de maïs de cycles intermédiaire, précoce et extra-précoce vulgarisées au Burkina Faso

CHAPITRE 1 : Evaluation des lignées de maïs extraites de SR21, Obatanpa et Espoir

Introduction

L'agriculture burkinabé est une agriculture fragile du fait de sa grande vulnérabilité face à certaines contraintes comme l'insuffisance et la mauvaise répartition des pluies, les fortes chaleurs et les pressions parasitaires. Le changement climatique se fait sentir de plus en plus à travers la baisse tendancielle de la pluviosité et les poches de sécheresse qui peuvent intervenir à tout moment au cours de la campagne hivernale. Ces nouvelles conditions ont amené les chercheurs de l'INERA, notamment l'équipe de sélectionneurs du programme « Céréales traditionnelles », à s'impliquer depuis quelques années dans la création de variétés de maïs résistantes au stress hydrique. Ceci en vue d'assurer une stabilité de la production en cas de déficit hydrique. C'est dans ce cadre que se justifie la présente étude dont l'objectif est de trouver des lignées résistantes à la sécheresse, en vue d'une création future d'hybrides performants qui résistent au déficit hydrique.

Spécifiquement, cette étude se propose de :

- Evaluer le comportement des différentes lignées par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose) en conditions pluviales ;
- Sélectionner des individus intéressants en conditions pluviales ;
- Evaluer sous stress hydrique les individus intéressants identifiés en conditions pluviales.

Pour atteindre les différents objectifs, l'évaluation a été menée en 2 activités. Une première activité menée en conditions pluviales pour l'atteinte des 2 premiers objectifs et une seconde activité menée en saison sèche pour l'atteinte du troisième objectif.

1.1. Evaluation des lignées SR21, Obatanpa et Espoir en conditions pluviales (activité 1)

1.1.1. Site expérimental : La Station de Farako-Bâ

La station de Farako-Bâ est localisée à 10 km au Sud-Ouest de Bobo-Dioulasso sur la route qui relie Bobo-Dioulasso à Banfora. Elle est située à 11°06' de latitude Nord, 4°20' de longitude Ouest et à 405 m au-dessus du niveau de la mer. Selon la classification de GUINKO (1984), cette station est dans une zone de climat de type soudano guinéen. Les pluviométries moyennes se situent entre 1000 et 1400 mm, avec 4 à 6 mois de saison sèche (SIVAKUMAR et GNOUMOU, 1987). Il y a deux saisons fraîches dans cette zone. La première se situe de novembre à février lorsque les températures minimales baissent en dessous de 21°C sous l'influence des alizés avec alternance de l'harmattan et la deuxième en août lorsque la mousson fraîche prédomine. Les sols de Farako-Bâ sont des sols rouges ferrallitiques lessivés, profonds et non graveleux. La texture est sablo-limoneuse en surface à argilo-sableuse en profondeur. Le pH se situe entre 5 et 5,5 avant la mise en culture (MORANT, 1984 cité par ZOMA, 2010).

La figure 3 présente la répartition mensuelle de la pluviométrie et du nombre de jours de pluies au cours de l'année 2013 sur la station de Farako-Bâ. La station a enregistré environ 1127 mm d'eau de pluies. Le mois d'août a été le mois le plus pluvieux avec environ 390 mm d'eau de pluies tombées en 19 jours.

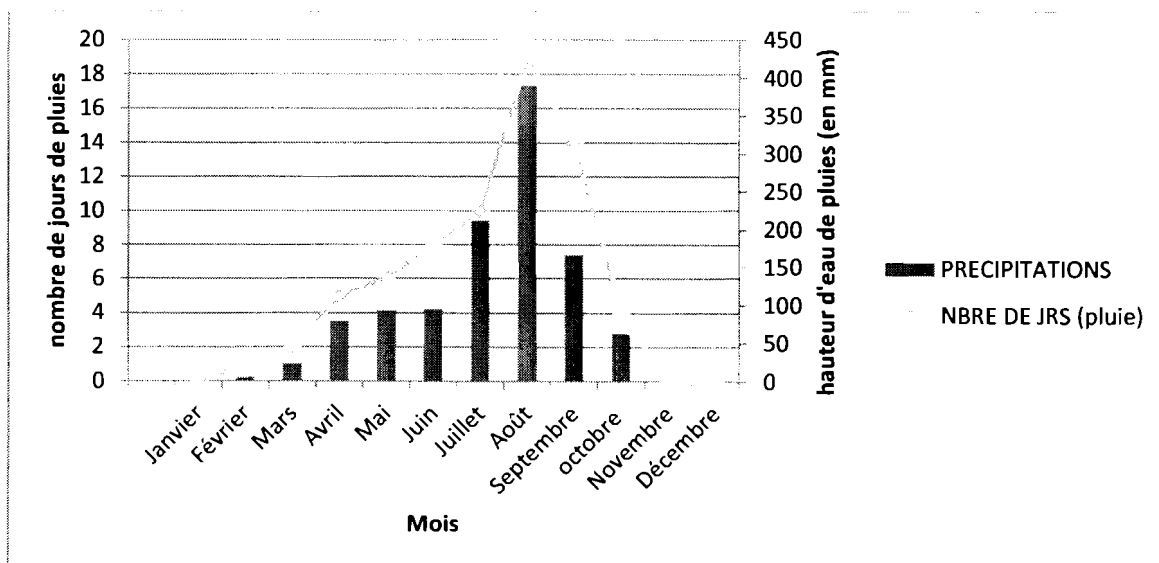


Figure 3 : Répartition mensuelle de la pluviométrie au cours de l'année 2013 sur la station de Farako-bâ (Source : Station de Farako-Bâ).

1.1.2. Matériel végétal

Le matériel végétal conduit en évaluation est constitué de 180 lignées numérotées de 1 à 180 (annexe 1) et extraites des variétés composites de cycle intermédiaire Espoir, Obatanpa et SR21 :

- 60 lignées extraites de Espoir de numéros 1 à 60 et de code ERL2-a-b-c-d,
- 60 lignées extraites de Obatanpa de numéros 61 à 120 et de code ERL5-a-b-c,
- 60 lignées extraites de SR21 de numéros 121 à 180 et de code ERL7-a-b-c.

Les lettres a, b, c et d indiquent que la lignée est respectivement à la 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} génération d'autofécondation.

Les 3 variétés composites (SR21, Obatanpa et Espoir) plus la lignée FBML10, sont utilisées comme matériel de référence (témoins). Les caractéristiques de ces témoins sont résumées comme suit :

Espoir : c'est une variété composite du Burkina Faso mise au point à Farako-Bâ (INERA). La variété est issue d'une amélioration de la Pop 66 SR (CYMMIT/IITA). Les cycles semis-floraison mâle et semis-maturité sont respectivement de 56 jours après semis et 97 jours en grains. De même, elle présente respectivement 190 cm et 95 cm comme hauteur de la plante et hauteur d'insertion de l'épi. Elle est également reconnue pour sa tolérance à l'helminthosporiose, la rouille et sa résistance au MSV. Les grains sont de couleur jaune à jaune orange, riche en protéines (lysine et tryptophane). Ce composite dispose d'un potentiel de rendement grain de 6,5 t/ha.

Obatanpa : c'est une variété composite du Ghana. Elle est issue de la Pop 62 SR. Les cycles semis-floraison mâle et semis-maturité sont respectivement de 60 jours après semis et 105 à 110 jours en grains. La hauteur de la plante est de 210 cm tandis que sa hauteur d'insertion de l'épi est de 105 m. Cette variété tolère l'helminthosporiose, la rouille et résiste au MSV. Les grains sont de couleur blanche, riches en protéines, avec un potentiel de rendement grain de 3,8t/ha. Toutefois, elle est sensible à la sécheresse, au striga et exige de bonnes conditions de culture.

SR21 : c'est une variété composite du Nigeria (IITA). Ce matériel est issu de l'amélioration de Blanco cristallino. Ses cycles semis-floraison mâle et semis-maturité sont respectivement de 59 jours après semis et 95 jours en grain. La hauteur de la plante est de 180 cm avec une hauteur d'insertion de l'épi de 90 cm. Elle tolère certaines maladies courantes comme l'helminthosporiose, la rouille et résiste au MSV. Les grains sont de couleur blanche

et le potentiel de rendement grain est de 5,1t/ha. Mais cette variété exige de bonnes conditions de culture pour une meilleure expression de son potentiel.

FBML10 : c'est une lignée fixée à grains orangés avec une panicule anthocyanée retombante. Elle est sélectionnée par l'INERA dans la lignée Tzi35 de l'IITA caractérisée par des graines jaunes à jaune orangées.

1.1.3. Méthodes

1.1.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc Fisher complètement randomisé, avec 3 répétitions (figure 4) et un seul facteur étudié, qui est le génotype. Chaque génotype représente un traitement et figure une seule fois dans chacune des trois (3) répétitions.

La parcelle élémentaire (unité expérimentale abritant un seul traitement) correspond à la parcelle d'évaluation. Elle a une superficie de 4 m², soit 5 m de long sur 0,8 m de large. La géométrie de semis est de 0,8 m entre les lignes et de 0,4 m sur la ligne. Le semis est réalisé à 2 grains/poquet soit une densité théorique de 62500 plantes à l'hectare.

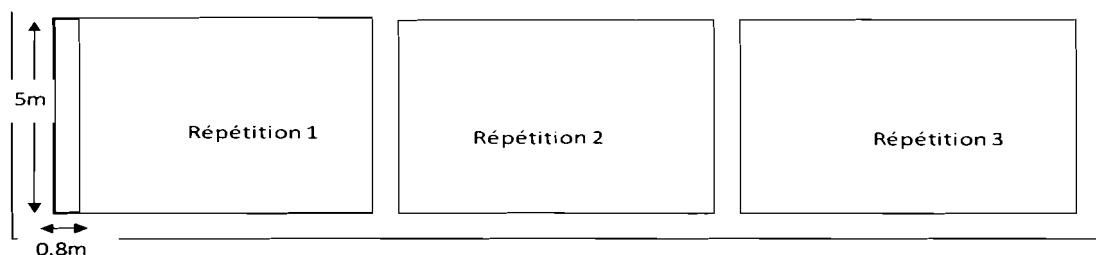


Figure 4 : schéma d'un dispositif en bloc Fisher

1.1.3.2. Conduite de l'essai

Dans l'essai, la préparation du lit de semis a consisté en un labour et hersage effectués au tracteur et d'un planage manuel. Le semis a été réalisé manuellement à l'aide de bâtons de semis. Les autres opérations telles que le sarclage, le binage, le buttage et la fertilisation ont été réalisées comme suit :

- Le sarclage a été effectué manuellement suivant le niveau d'enherbement de l'essai ;
- Le binage a été combiné au premier apport d'urée (urée 1), tandis que le buttage a été combiné au second apport d'urée (urée 2) ;
- La fertilisation a consisté en un apport d'éléments minéraux à travers l'application d'engrais chimiques. L'engrais N-P-K (14-23-14) a été appliqué à la dose de 200

Kg/ha, l'urée 1 (46%) à la dose de 100 Kg/ha et l'urée 2 (46%) à la dose de 50 Kg/ha.

La fertilisation a été manuellement réalisée selon la technique du « *side-dressing* » ;

Il convient de signaler qu'exceptionnellement, les plantes de l'essai ne sont pas parvenues à la maturité du fait de la rupture des pluies alors qu'elles étaient au stade d'initiation paniculaire. L'essai n'ayant pas bénéficié d'une irrigation de complément, les plantes ont subi un stress naturel. Le tableau 2 présente les dates de réalisation des différentes opérations culturales.

Tableau 2: Récapitulatif des dates de réalisation des différentes opérations culturales

Semis	Sarclage + NPK (200 Kg/ha)	Binage + urée 1 (100 kg/ha)	Buttage + urée 2 (50 Kg/ha)	Récolte
17/08/2013	30/08/2013	15/09/2013	30/09/2013	25/11/2013

1.1.3.3. Variables observées

L'évaluation du matériel végétal en conditions pluviales a été possible grâce à la considération de certaines variables que sont :

- **La notation des maladies** : les maladies retenues dans notre étude sont l'**helminthosporiose (Hm)** et la **curvulariose (CURV)** qui sont courantes et dommageables chez le maïs. Les symptômes de ces différentes maladies sont notés suivant une échelle proposée par le CIMMYT (1985), graduée de 1 à 5 (1= infection nulle ou très légère à 5 = infection très forte). Les critères détaillés de cette notation sont les suivantes :

1 : infection très légère : très peu de lésions foliaires qui ne se situent généralement que sur les premières feuilles (0-10%).

2 : infection légère : nombre faible à modéré de lésions sur les feuilles situées en dessous de l'épi et pas de lésions sur les feuilles situées au-dessus de l'épi (11-25%).

3 : infection modérée : nombre modéré à important de lésions sur les feuilles situées au-dessous de l'épi et peu de lésions au-dessus de l'épi (26-50%).

4 : forte infection : nombre important de lésions sur les feuilles situées au-dessous de l'épi et nombre modéré à important de lésions sur les feuilles situées au-dessus de l'épi (51-75%).

5 : très forte infection : toutes les feuilles présentent un nombre important de lésions. La plante dépérit prématurément et les grains sont partiellement remplis (76-100%).

- **Le nombre de feuilles (NF)** : c'est l'ensemble des feuilles des plantes choisies en tenant compte des feuilles situées à la base (souvent tombées).

- **Le nombre de feuilles supérieures à l'épi (NFSE)** : c'est le nombre de feuilles situées au-dessus de l'épi.

- **La hauteur de la plante (HP)** : elle correspond à la hauteur en cm des plantes après l'anthèse. Cette hauteur est obtenue à l'aide d'une toise graduée de 5 en 5 allant de la base de la plante jusqu'au dernier nœud avant la panicule.

- **La hauteur d'insertion de l'épi (HIE)** : elle correspond à la mesure en cm de la hauteur d'insertion de l'épi depuis la base de la plante jusqu'au nœud d'insertion de l'épi. Cette hauteur est également mesurée à l'aide de la toise graduée de 5 en 5.

- **La floraison mâle (FM) à 50%** : c'est une estimation de la période d'anthèse d'au moins 50% des plantes.

- **La floraison femelle (FF) à 50%** : c'est une estimation de la période de floraison de l'épi marquée par une émission des stigmates (soies) de 50% au moins des plantes de la parcelle.

- **La note stress hydrique (SECH)** : il s'agit de l'estimation visuelle de l'impact du déficit hydrique sur les plantes. L'échelle de notation va de 1 (aucun signe de résistance) à 9 (aucun signe de stress hydrique) :

-1 : aucun signe de résistance, la plante est complètement desséchée (100%).

-2 : pas de signe de résistance, la plante tire vers le dessèchement total avec au moins 90% de la plante complètement desséchée.

-3 : pas de signe de résistance, la plante est desséchée à au moins 70% et le reste de la plante est sévèrement fanée.

-4 : faible niveau de résistance, la plante présente une fanaison avec enroulement foliaire sous forme de feuille d'oignon, avec la panicule toujours en vie.

-5 : niveau moyen de résistance, la fanaison des feuilles est modérément sévère et l'enroulement foliaire se présente en forme de V.

-6 : assez-bon niveau de résistance, faible niveau de fanaison des feuilles mais avec un début d'enroulement au niveau des bordures foliaires.

-7 : bon niveau de résistance, niveau de fanaison et d'enroulement foliaires faiblement perceptible.

-8 : très bon niveau de résistance, la plante présente un aspect presque normal, avec une légère perte de turgescence sans enroulement foliaire.

-9 : excellent niveau de résistance, la plante ne présente aucun signe de stress hydrique, elle garde son aspect normal.

Les variables NF, NFSE, HP et HIE sont notées sur 5 plantes par parcelle d'évaluation.

1.1.3.4. Analyse de données

Dans le but de déceler les caractères pour lesquels le matériel présente une variabilité, une analyse de variances (ANOVA) a été effectuée selon le principe du dispositif en blocs aléatoires complets. C'est le logiciel SAS 9.3 qui a été utilisé pour cette analyse.

Pour la sélection des individus intéressants en conditions pluviales, un tri a été réalisé sur le logiciel Excel 2010 par rapport au témoin FBML10.

1.1.3.5. Critères de sélection

Pour la classification des différentes lignées par rapport à leur comportement face à l'helminthosporiose et la curvulariose, SANON (2003) a proposé une méthode de différenciation (tableau 3) utilisée par SANOU (2011) et TRAORE (2011). Dans cette classification, le matériel ayant un bon comportement (les individus résistants ou tolérants) par rapport à une des maladies (helminthosporiose ou curvulariose), a une note comprise entre 1 et 3,5.

Tableau 3: Groupage des lignées selon la note de maladie

Groupes	Notes moyennes
Lignées résistantes	$1 \leq \text{Notes} \leq 2,5$
Lignées tolérantes	$2,6 \leq \text{Notes} \leq 3,5$
Lignées sensibles	$3,6 \leq \text{Notes} \leq 5$

Source : SANON (2003)

Les lignées intéressantes en conditions pluviales sont sélectionnées par rapport au témoin FBML10 pour les caractères nombre de feuilles (NF), nombre de feuilles au-dessus de l'épi (NFSE), les maladies (helminthosporiose et curvulariose) et l'impact du stress hydrique (SECH). Ces éléments sont regroupés en 3 critères pour la sélection :

Le premier critère de sélection concerne les notes de maladies (helminthosporiose et curvulariose). Les individus intéressants pour ce critère sont ceux qui ont des notes de maladies inférieures ou égales à celles de FBML10, successivement pour l'helminthosporiose et la curvulariose.

Le second critère de sélection concerne les variables morphologiques nombre total de feuilles (NF) et nombre de feuilles au-dessus de l'épi (NFSE). Les individus sont sélectionnés successivement pour leur NF égal ou supérieur à celui de FBML10 et leur NFSE supérieur ou égal à celui de FBML10.

Le troisième critère de sélection est la note de stress hydrique. Les individus retenus ont une note égale ou supérieure à celle de FBML10 pour ce critère.

Les individus retenus par la sélection sont désignés comme étant les individus intéressants par rapport à l'évaluation en conditions pluviales.

1.1.4. Résultats

1.1.4.1. Etude du comportement des lignées par rapport aux maladies : helminthosporiose et curvulariose

La répartition des lignées par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose) a été faite selon les critères de classification du tableau 3 : les notes de 1 à 2,5 traduisent une résistance à la maladie, les notes de 2,6 à 3,5 traduisent une tolérance à la maladie et les notes de 3,6 à 5 traduisent une sensibilité à la maladie. Ce sont les notes moyennes de maladies obtenues pour chaque lignée, qui ont été utilisées pour cette répartition (annexe 2).

Des 180 lignées conduites en évaluation, 177 lignées ont été effectivement évaluées et 3 lignées ont été retirées de l'évaluation du fait de leur mauvaise levée. Il s'agit des lignées ERL2-4-1-3-2-5, ERL2-42-1-5-3-1 et ERL2-2-30-2-1-2, respectivement de génotypes 31, 37 et 47 (toutes extraites de Espoir).

Les notes de maladies attribuées aux individus ont varié entre 1,75 et 3,64 pour l'helminthosporiose et entre 1 et 3,75 pour la curvulariose.

La sélection par les notes sur Excel 2010 à l'issue de l'évaluation, a permis de retenir (tableau 4) :

- Pour l'helminthosporiose, 40 lignées résistantes dont 13 de Espoir, 12 de Obatanpa et 15 de SR21 ; 128 lignées tolérantes dont 40 de Espoir, 44 de Obatanpa et 44 de SR21 ; 9 lignées sensibles dont 4 de Espoir, 4 de Obatanpa et 1 lignée de SR21 ;
- Pour la curvulariose, 172 lignées résistantes dont 55 de Espoir, 58 de Obatanpa et 59 de SR21 ; 5 lignées tolérantes, dont 2 de Espoir, 2 de Obatanpa et 1 de SR21 ; aucune lignée ne s'est révélée être sensible à la curvulariose ;
- Pour la tolérance à la fois à l'helminthosporiose et à la curvulariose, une seule lignée Obatanpa a été identifiée ;
- Pour les lignées résistantes à la fois à l'helminthosporiose et à la curvulariose, 36 lignées ont été retenues : 11 de Espoir, 11 de Obatanpa et 14 de SR21 ;
- Aucune des lignées ne s'est révélée être sensible à la fois à l'helminthosporiose et à la curvulariose.

Tableau 4: Répartition (en nombre) des lignées issues de Espoir, SR21, et Obatanpa par rapport à l'helminthosporiose et la curvulariose

	Lignées résistantes	Lignées tolérantes	Lignées sensibles
Helminthosporiose	13 de Espoir 12 de Obatanpa 15 de SR21 Total=40 lignées (22,6%)	40 de Espoir 44 de Obatanpa 44 de SR21 Total=128 lignées (72,32%)	4 de Espoir 4 de Obatanpa 1 de SR21 Total=9 lignées (5,1%)
Curvulariose	55 de Espoir 58 de Obatanpa 59 de SR21 Total=172 lignées (97,17%)	2 de Espoir 2 de Obatanpa 1 de SR21 Total=5 lignées (2,83%)	0 lignée
Helminthosporiose et curvulariose	11 de Espoir 11 de Obatanpa 14 de SR21 Total=36 lignées (20,33%)	1 de Obatanpa Total=1 lignée (0,56%)	0 lignée

1.1.4.2. Etude de la variabilité génétique

Les résultats de l'analyse de variances sont présentés dans le tableau 5. Ils montrent que pour le facteur répétition, les variables floraison femelle (FF), nombre de feuilles (NF) et note de stress hydrique (SECH), ont montré des différences significatives pour la variable FF et des différences très hautement significatives pour les variables NF et SECH. Cette lecture traduit une hétérogénéité du milieu. Toutefois, les variables floraison mâle (FM), hauteur de la plante (HP), hauteur d'insertion de l'épi (HIE) et nombre de feuilles supérieures à l'épi (NFSE) n'ont pas révélé de différence significative pour le même facteur.

Pour le facteur génotype, les variables FM, HP, NF, NFSE et SECH ont montré des différences très hautement significatives. Tandis que les variables FF et HIE ont montré des différences hautement significatives pour le facteur génotype.

Tableau 5: Résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de Espoir, SR21 et Obatanpa

Source de variation	FM	FF	HP	HIE	NF	NFSE	SECH
Répétition	31,73 NS	29,03 *	649,37 NS	135,46 NS	11,93 ***	0,11 NS	6,65 ***
Génotype	22,45 ***	14,78 **	851,44 ***	234,32 **	1,54 ***	0,67 ***	1,22 ***
E-Res	3,69	3,08	21,16	12,42	0,92	0,57	0,74
Moyenne	64,21	66,87	98	39,96	9,92	4,89	4,35
CV(%)	5,74	4,61	21,59	31,09	9,32	11,69	16,93

*, **, *** respectivement significatif à 5%, 1% et 0,1% ; NS : non significatif ; CV : coefficient de variation, E-Res : erreur résiduelle. HP : hauteur des plantes, FM : floraison mâle, FF : floraison femelle, HIE : hauteur d'insertion de l'épi, NFSE : feuilles au-dessus de l'épi, NF : nombre de feuilles, SECH : impact de la sécheresse.

1.1.4.3. Sélection des lignées intéressantes en conditions pluviales

Des 180 lignées conduites en évaluation, 21 lignées dont 12 de Espoir, 3 de Obatanpa et 6 de SR21, ont été écartées de la sélection du fait des données manquantes. La sélection a concerné donc 159 lignées. La sélection a été faite à partir des données moyennes des individus pour les différentes variables (annexe 2).

Les résultats de la sélection sur les lignées issues de Espoir, Obatanpa et SR21 par rapport à FBML10, sont consignés dans le tableau 6. Ce tableau présente l'ordre de sélection, les variables concernées (dans l'ordre) par la sélection (helminthosporiose, curvulariose, nombre de feuilles, nombre de feuilles au-dessus de l'épi et la note de stress hydrique), les notes retenues par rapport aux notes de FBML10 et le nombre de lignées retenues à chaque étape de la sélection.

La sélection retenait successivement les individus ayant des notes de maladies (helminthosporiose puis curvulariose) inférieures ou égales à celui du témoin FBML10, un nombre de feuilles (NF) puis un nombre de feuilles au-dessus de l'épi (NFSE) égal ou supérieur à celui de FBML10 et enfin une note de stress hydrique (SECH) égale ou supérieure à celle de FBML10.

Tableau 6: Résultats de la sélection réalisée sur les lignées issues de Espoir, SR21 et Obatanpa

N° d'ordre de tri	Variabes retenues	Notes retenues	Nombre de lignées retenues
1	Helminthosporiose	Notes \leq 2,71	56 (35,22%)
2	Curvulariose	Notes \leq 3,75	56 (35,22%)
3	Nombre de feuilles	Notes \geq 9,09	36 (23,08%)
4	Nombre de feuilles supérieur à l'épi	Notes \geq 3,89	35 (22,01%)
5	Stress hydrique	Notes \geq 4,25	18 (11,32%)

Le tableau 6 montre que la sélection par rapport à l'helminthosporiose a permis d'écarter 103 lignées sur les 159, soit 64,78% des lignées. A l'issue de la sélection, 18 lignées (11,32% des lignées) sur un total de 159 ont été retenues (tableau 6). Sur les 18 lignées (3 lignées de Espoir, 9 lignées de Obatanpa et 6 lignées de SR21) retenues (tableau 7), seulement 10 disposaient d'une quantité suffisante de semences pour la conception de l'essai d'évaluation sous stress hydrique : ERL2-4-2-1-2-7 ; ERL5-24-4-2 ; ERL5-20-7-1 ; ERL5-26-1-3 ; ERL5-41-5-1 ; ERL5-5-8-1 ; ERL7-7-2-6 ; ERL7-2-2-10 ; ERL7-16-3-5 et ERL7-7-2-10.

Tableau 7: Liste des lignées sélectionnées en conditions pluviales par rapport à FBML10

Génotype	Nom de la lignée	Génotype	Nom de la lignée
4	ERL2-57-1-1-8-2	107	ERL5-5-8-1
34	ERL2-4-2-1-2-5	108	ERL5-20-7-3
45	ERL2-4-2-1-2-7	128	ERL7-10-5-1
71	ERL5-11-5-4	136	ERL7-7-2-6
77	ERL5-20-5-3	148	ERL7-2-2-10
83	ERL5-24-4-10	152	ERL7-16-3-5
87	ERL5-24-4-2	154	ERL7-7-2-10
89	ERL5-20-7-1	158	ERL7-16-3-10
98	ERL5-26-1-3		
103	ERL5-41-5-1		

ERL2-a-b-c-d-e : lignée de Espoir ; ERL5-a-b-c : lignée de Obatanpa ; ERL7-a-b-c : lignée de SR21

1.1.5. Discussion

D'une manière générale, les lignées extraites de SR21, Obatanpa et Espoir ont montré un bon comportement face aux maladies (helminthosporiose et curvulariose). En effet,

l'évaluation de ces lignées a révélé que 95% des lignées sont au moins tolérantes à l'helminthosporiose. En outre, aucune lignée n'a présenté une sensibilité à la curvulariose. Ces résultats ne sont pas inédits. En effet, TRAORE (2011) avait obtenu 97,8% de lignées Espoir résistantes à l'helminthosporiose pour le même procédé d'évaluation. De plus, il a trouvé que 83,3% des lignées résistantes à l'helminthosporiose étaient résistantes à la curvulariose.

Le taux élevé de résistance ou de tolérance des lignées évaluées peut s'expliquer par le fait que les sources des différentes lignées sont des variétés composites tolérantes à l'helminthosporiose et à la curvulariose (SANOU, 1993). Chaque lignée résistante ou tolérante à une des maladies (helminthosporiose ou curvulariose), a hérité de sa source variétale des gènes de tolérance à la maladie. La présence de lignées sensibles à l'helminthosporiose ou à la curvulariose s'expliquerait par le fait que lors de la ségrégation, ces lignées n'ont pas hérité de gènes de tolérance à ces maladies.

Le taux relativement élevé des lignées résistantes ou tolérantes aux maladies offre la possibilité future d'une sélection plus poussée par rapport à d'autres objectifs comme la productivité ou la résistance au stress hydrique.

L'existence de la variabilité génétique entre les lignées (révélée par l'analyse de variances) pour toutes les variables, pourrait être justifiée par le fait que les lignées ne proviennent pas de la même source variétale et également du fait que chaque source variétale (SR21, Obatanpa ou Espoir) est une variété composite.

Les lignées sélectionnées par rapport au témoin FBML10 pourraient si elles sont évaluées sous stress hydrique, révéler une résistance au stress hydrique.

1.1.6. Conclusion partielle

L'évaluation en conditions pluviales des lignées extraites de SR21, Obatanpa et Espoir, a permis d'étudier le comportement des différentes lignées par rapport à l'helminthosporiose et à la curvulariose, et de les répartir en classes de sensibilité (résistantes, tolérantes ou sensibles) par rapport à ces maladies. Elle a également montré l'existence d'une variabilité génétique au sein du matériel pour les différents caractères étudiés. En outre, 10 lignées ont été retenues pour leur bon comportement en conditions pluviales et sont proposées pour une évaluation sous stress hydrique.

1.2. Evaluation sous stress hydrique des lignées SR21, Obatanpa et Espoir sélectionnées en conditions pluviales (activité 2)

1.2.1. Site expérimental : La Station de Farako-Bâ

L'évaluation des lignées sous stress hydrique a été menée sur la station de Farako-Bâ. La description du site est présentée dans l'activité 1.

1.2.2. Matériel végétal

Ce matériel est constitué des 10 lignées (1 lignée de Espoir, 5 lignées de Obatanpa et 4 lignées de SR21) sélectionnées en conditions pluviales par rapport à la lignée FBML10. La liste du matériel végétal est présentée dans le tableau 8.

Tableau 8: Liste du matériel végétal retenu pour l'évaluation sous stress hydrique

Nom de la lignée	N° de génotype
ERL2-4-2-1-2-7	1
ERL5-24-4-2	2
ERL5-20-7-1	3
ERL5-26-1-3	4
ERL5-41-5-1	5
ERL5-5-8-1	6
ERL7-7-2-6	7
ERL7-2-2-10	8
ERL7-16-3-5	9
ERL7-7-2-10	10
FBML10	11
BARKA	12

ERL2-a-b-c-d-e : lignée de Espoir ; ERL5-a-b-c : lignée de Obatanpa ; ERL7-a-b-c : lignée de SR21

La lignée FBML10 et la variété composite Barka sont utilisées comme matériel de référence (témoins).

FBML10 est une lignée fixée à grains orangés avec une panicule anthocyanée retombante. Elle est sélectionnée par l'INERA dans la lignée Tzi35 de l'IITA caractérisée par des graines jaunes à jaune orangées.

Barka est une variété composite, issue du brassage de 6 lignées résistantes à la sécheresse, extraites dans le pool 16 DT (IITA). Le cycle est de 80 jours dont 42 jours du semis à la floraison mâle 50%, avec un rendement moyen de 5,5 t/ha. Son aire de culture est comprise entre 650 et 900 mm de pluies ou en irriguée. Les grains sont blancs du type corné. La variété Barka est résistante à l'helminthosporiose, à la rouille et à la striure du maïs.

1.2.3. Méthodes

1.2.3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un essai factoriel avec deux facteurs, dont le premier est le facteur régime hydrique et le second est le facteur génotype.

Le premier facteur comporte deux sous blocs :

- Le sous bloc TS (traitement stressant) : ce sous bloc a été privé d'eau pour une durée de 2 semaines (14 jours) au stade fin montaison ;
- Le sous bloc T0 (traitement optimal) : ce sous bloc a été convenablement irrigué à l'ETM (évapotranspiration maximale) grâce au système d'irrigation goutte-à-goutte ; de sorte à ce que les plantes de ce bloc ne manquent pas d'eau.

Une bande de 1,6 m de large (zone tampon) sépare les 2 sous blocs (T0 et Ts) de sorte à ce que l'irrigation en T0 ne profite pas aux plantes de maïs sous stress hydrique en Ts.

Le second facteur comporte 12 génotypes (les 10 lignées et les 2 témoins) semés dans chaque sous bloc en 3 répétitions après randomisation. Dans chaque sous bloc et dans toutes les répétitions, la parcelle élémentaire est égale à la parcelle d'évaluation. Elle occupe une superficie de 1,6 m², soit 2 m de long sur 0,8 m de large. La géométrie de semis respecte les distances de 0,8 m entre les lignes et 0,4 m sur la ligne, à raison de 2 grains/poquet sans démarginage ; soit une densité théorique de 62500 plantes/ha.

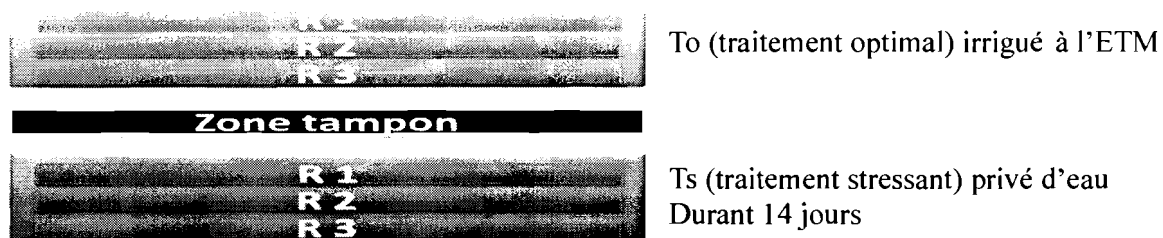


Figure 5 : schéma d'un essai factoriel à 2 facteurs

1.2.3.2. Conduite de l'essai

La préparation du lit de semis a consisté en un sarclage et nettoyage manuels de la parcelle. Le semis a été manuellement réalisé à l'aide de bâtons de semis en respectant les écartements de semis. Les autres opérations à savoir le sarclage, le binage, le buttage, la fertilisation, le traitement phytosanitaire et l'irrigation ont été réalisées comme suit :

- Le sarclage a été effectué manuellement suivant le niveau d'infestation de l'essai.

- Le binage a été combiné au premier apport d'urée (urée 1) et le buttage a été combiné au second apport d'urée (urée 2).
- La fertilisation a consisté en un apport d'éléments minéraux à travers l'application d'engrais chimiques. L'engrais N-P-K (14-23-14) a été appliqué à la dose de 200 Kg/ha, l'urée 1 (46%) à la dose de 100 Kg/ha et l'urée 2 (46%) à la dose de 50 Kg/ha. L'application de l'engrais a été réalisée selon la technique du « *side dressing* ».
- Le traitement phytosanitaire a consisté en un traitement herbicide de pré-levée sélectif du maïs (Acepronet) à la dose de 2,5l/ha et un traitement insecticide (Titan) à la dose de 1l/ha pour contrôler les acridiens.
- Pour contrôler les apports d'eau et pour être efficace dans ces apports, le système d'irrigation goutte-à-goutte a été utilisé. Ce système irriguait l'essai à l'ETM (évapotranspiration maximale) tous les 2 à 3 jours de sorte à ce que les plantes ne manquent pas d'eau. Pour l'application du stress hydrique, les tuyaux d'irrigation en Ts ont été repliés et ramenés hors de l'essai (en To l'irrigation continuait normalement). Après la période du stress hydrique, les tuyaux ont été replacés pour l'apport d'eau.

Le tableau 9 présente les différentes opérations et leurs dates de réalisation dans l'essai.

Tableau 9: Opérations culturales et dates de réalisation pour l'essai sous stress hydrique

OPERATIONS	DATES
Semis	29/11/2013
Sarclage + NPK (200kg/ha)	09/12/2013
Binage + Urée 1 (100kg/ha)	26/12/2013
Buttage +Urée 2 (50kg/ha)	09/01/2014

1.2.3.3. Variables observées

La conduite de l'évaluation a nécessité le suivi de certaines variables comme : la hauteur de la plante (HP), la hauteur moyenne d'insertion de l'épi (HIE), le nombre de feuilles (NF), le diamètre de la tige (DT), les dates de floraison mâle (FM) et femelle (FF), l'enroulement foliaire (EF), la sénescence foliaire (SNF), la reprise des plantes (RP), le

nombre de brin sur la panicule (NB) et l'intervalle (en jours) entre la floraison mâle et la floraison femelle (ASI).

L'enroulement foliaire (EF) : l'héritabilité de ce caractère est moyenne à forte. Les feuilles qui s'enroulent le moins sont les plus désirables. La note sur la parcelle est donnée suivant une échelle de 1 à 5 :

- 1 : feuille non enroulée et turgescente ;
- 2 : début d'enroulement au niveau de la bordure foliaire ;
- 3 : aspect foliaire en forme de V ;
- 4 : l'enroulement foliaire couvre les bordures foliaires ;
- 5 : l'enroulement de la feuille lui donne l'aspect d'une feuille d'oignon.

La sénescence foliaire (SNF) : une échelle proposée par l'IITA existe déjà pour ce critère. La note attribuée est de 1 lorsque moins de 10% des feuilles sont desséchées, 2 lorsque 20%, 3 lorsque 30% des feuilles sont desséchées et ainsi de suite jusqu'à 10 correspondant à un dessèchement total.

La reprise des plantes (RP) : c'est un critère qui a permis de mesurer la capacité des plantes à se ressaisir et à poursuivre leur croissance. L'échelle de notation va de 1 à 5 où la note 1 désigne la reprise totale de toutes les plantes de la parcelle d'évaluation et la note 5 correspond à une absence totale de reprise sur la parcelle d'évaluation.

Le diamètre de la tige (DT) : il s'agit de la mesure (en cm) de la section de la tige à l'aide d'un pied à coulisse.

Pour les variables HP, HIE, NF, FM et FF les procédures de notation restent les mêmes que celles utilisées en conditions pluviales.

1.2.3.4. Analyses de données

Pour cette évaluation, une analyse de variances (ANOVA) est réalisée selon le principe d'un essai factoriel. Cette analyse a été entreprise dans le but d'observer l'effectivité du stress appliqué et également d'apprécier la variabilité génétique au sein du matériel végétal. Elle a pris en compte les effets des facteurs répétition, génotype, régime hydrique et l'interaction entre le génotype et le régime hydrique. Cette analyse est réalisée sur le logiciel SAS 9.3.

Une comparaison de moyennes des différents génotypes évalués, pour les variables de l'analyse de variances est réalisée grâce au test de DUNCAN (5%). Ce test a pour but de

révéler la similitude ou la dissemblance qui existe entre les génotypes évalués. L'analyse est réalisée sur le logiciel SAS 9.3.

Une analyse en composantes principales (ACP) est réalisée pour trouver les principales variables discriminantes du matériel, mais aussi pour voir le comportement des individus par rapport à l'ensemble de ces variables. L'analyse est réalisée sur le logiciel XLSTAT 2007.7.02.

1.2.3.5. Critères de sélection

L'efficacité d'une sélection pour la résistance de la plante de maïs au déficit hydrique, ne saurait se concevoir en dehors de la prise en compte du comportement physiologique de la plante, qui définit sa capacité à survivre et à poursuivre son développement. L'intégration de la valeur agronomique de la plante (rendement élevé) au bon comportement physiologique de la plante, permet de sélectionner des individus pour la stabilité de leur production en cas de déficit hydrique.

Dans la présente évaluation, le premier critère d'identification des lignées intéressantes est leur comportement global par rapport aux variables physiologiques qui ont révélé l'existence d'une variabilité génétique entre ces lignées. Parmi les individus retenus par rapport à ces variables physiologiques, sont proposés comme potentiellement résistants à la sécheresse, ceux qui ont conservé (en Ts) au moins 75% de leur comportement morphologique (hauteur de la plante, diamètre de la tige et nombre de feuilles) de la condition normale (en To).

1.2.4. Résultats

Du fait de la mauvaise levée observée pour les lignées portant les codes ERL2-4-2-1-2-7, ERL5-26-1-3 et ERL5-5-8-1 de génotypes respectifs 1, 4 et 6, elles ne sont pas pris en compte dans les résultats.

1.2.4.1. Etude de la variabilité génétique des variétés évaluées sous stress hydrique

Le tableau 10 présente les résultats de l'analyse de variances.

Tableau 10: Résultats de l'analyse de variances de l'essai sous stress hydrique

Source	FM	FF	NF1	NF2	HP1	HP2	DT1	DT2	SNF	EF	RP	ASI	NB
Rep	6,8 NS	6 NS	7,77 ***	4,85 **	964,23 *	667,75 NS	0,48 *	0,41 *	0,11 *	0,9 *	0,08 NS	1,86 NS	1,15 NS
RH	59,01 ***	120,98 ***	6,96 **	9,59 ***	1161,61 *	5741,02 ***	0,31 NS	0,54 *	27,89 ***	47,28 ***	0,08 NS	10,55 ***	0,26 NS
Geno	44,5 ***	58,45 ***	4,93 ***	4,7 ***	2362,77 ***	2825,33 ***	0,71 ***	0,88 ***	0,06 NS	0,26 NS	0,07 NS	3,94 **	96,61 ***
Geno x RH	1,16 NS	1,53 NS	1,36 NS	1,34 **	291,07 NS	299,5 NS	0,14 NS	0,16 NS	0,06 NS	0,26 NS	0,07 NS	0,87 NS	11,34 NS
E-Res	1,59	1,87	0,83	0,75	16,45	17,47	0,34	0,34	0,17	0,44	0,27	1,13	2,96
Moyenne	72,33	75	12,8	13,48	123,16	140,63	2,36	2,49	1,92	1,93	1,04	2,76	16,52
CV (%)	2,2	2,49	6,47	5,54	13,35	12,42	14,34	13,67	10,08	22,63	26,57	40,88	17,91

*, **, *** respectivement significatif à 5%, 1% et 0,1% ; NS : non significatif ; CV : coefficient de variation, E-Res : erreur résiduelle. HP1 : hauteur des plantes 1^{ère} mesure, HP2 : hauteur des plantes 2^{ème} mesure, FM : floraison mâle, FF : floraison femelle, NF1 : nombre de feuilles 1^{ère} mesure, NF2 : nombre de feuilles 2^{ème} mesure, DT1 : diamètre de tige 1^{ère} mesure, DT2 : diamètre de tige 2^{ème} mesure, RP : reprise des plantes, SNF : sénescence foliaire, EF : enroulement foliaire, ASI : intervalle de jours entre FM et FF, NB : nombre de brins moyen sur la panicule, Geno : génotype, RH : régime hydrique.

Les résultats de l'analyse de variances (tableau 10) montrent que:

- Pour le facteur répétition, à l'exception des variables FM, FF, HP2, RP, ASI et NB, qui n'ont pas montré de différences significatives, les autres variables ont révélé soit des différences très hautement significatives ($p < 0,001$) pour la variable NF1, des différences hautement significatives ($p < 0,01$) pour la variable NF2, ou des différences significatives ($p < 0,05$) pour les variables HP1, DT1, DT2, SNF et EF. Les différences observées pour ce facteur témoignent de l'hétérogénéité du milieu d'étude ;
- Pour le facteur régime hydrique, les variables DT1, RP et NB n'ont pas montré de différences significatives. Par contre, on a noté des différences très hautement significatives pour les variables FM, FF, NF2, HP2, SNF, EF et ASI, des différences hautement significatives pour la variable NF1 et enfin des différences significatives pour les variables HP et DT2. Cet effet « régime hydrique » très marqué pour la plupart des variables dénote de l'efficacité du stress hydrique imposé aux plantes ;
- Pour le facteur génotype, aucune différence significative n'a été révélée pour les variables SNF, EF et RP. En revanche, les autres variables ont montré des différences très hautement significatives pour les variables FM, FF, NF1, NF2, HP1, HP2, DT1, DT2 et NB, et des différences hautement significatives pour la variable ASI ;

- Pour le facteur exprimant l'interaction entre le génotype et le régime hydrique, à l'exception de la variable NF2 qui a montré des différences hautement significatives, les autres variables dans le tableau 10 n'ont pas montré de différences significatives.

1.2.4.2. Comparaison des différents individus par le test de DUNCAN

Le test de DUNCAN qui est une analyse de comparaison de moyennes, a permis de montrer la ressemblance ou la dissemblance qui existe entre les individus par rapport à chaque variable considérée individuellement (tableau 11). Le tableau 11 présente les valeurs moyennes de chaque génotype pour les différentes variables.

Tableau 11: Résultats du test de Duncan de l'essai sous stress hydrique

Génotype	Référence	FM	NF	RP	DT	SNF	EF	ASI	NB
3	ERL5-20-7-1	76a	13,25b	1a	2,61a	2,5abc	2,75ab	1,67b	17,08ab
9	ER7-16-3-5	75,67a	10,73d	1,67a	1,44b	2,75a	3ab	4ab	6,16c
11	FBML10	75,5ab	13,3b	1a	2,06a	2,25bc	2,75ab	3ab	19,37ab
7	ERL7-7-2-6	75ab	13bc	1a	2,63a	2,58abc	2,58b	3,67ab	17,75ab
8	ERL7-2-2-10	74,33ab	14,6a	1a	2,65a	2,33abc	2,83ab	4,33ab	19,11ab
2	ERL5-24-4-2	73,67ab	11,92c	1a	2,23a	2,58abc	3,33ab	5,33a	16,12ab
10	ERL7-7-2-10	70c	13,78ab	1a	2,66a	2,17c	2,42b	2b	19,11ab
5	ERL5-41-5-1	73b	13,14bc	1a	2,39a	2,67ab	3,75a	3ab	20,33a
12	BARKA	68c	13,77ab	1a	2,72a	2,25bc	2,58b	2,33ab	13,51b

Les génotypes portant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5%. **FM** : floraison mâle, **NF** : nombre de feuilles, **DT** : diamètre de tige, **RP** : reprise des plantes, **SNF** : sénescence foliaire, **EF** : enroulement foliaire, **ASI** : intervalle de jours entre FM et FF, **NB** : nombre de brins moyen sur la panicule

Les résultats présentés dans le tableau 11 indiquent que :

- Pour la variable FM, le témoin Barka est plus précoce que tous les autres individus. Par contre, le témoin FBML10 présente pour cette variable, une similitude avec les lignées ERL7-7-2-6, ERL7-2-2-10 et ERL5-24-4-2 de génotypes 7, 8 et 2 ;
- Pour la variable NF, Barka montre une similitude avec la lignée ERL7-7-2-10 de génotype 10 et possède un nombre de feuilles plus élevé que celui des autres individus ;
- Les témoins FBML10 et Barka n'ont présenté aucune différence d'avec les autres individus pour la variable RP ;

- A l'exception de la lignée ER7-16-3-5 de génotype 9, qui présente un diamètre de tige (DT) plus faible, tous les autres individus (y compris les témoins) sont statistiquement identiques entre eux en ce qui concerne la variable DT ;
- Pour la variable SNF, les témoins FBML10 et Barka (statistiquement identiques) sont différents des autres individus. Cependant la lignée ERL7-7-2-10 de génotype 10 présente une sénescence foliaire moindre par rapport aux témoins ;
- Le témoin Barka présente une similitude avec les lignées ERL7-7-2-10 et ERL7-7-2-6 de génotypes 10 et 7 pour la variable EF. Par contre, le témoin FBML10 qui a montré un enroulement foliaire plus sévère comparativement à Barka, présente une similitude avec les lignées ERL5-20-7-1, ERL7-2-2-10 et ERL5-24-4-2 de génotypes 3, 8 et 2 ;
- Les témoins Barka et FBML10 sont statistiquement identiques aux lignées ERL5-41-5-1, ERL7-7-2-6, ERL7-2-2-10 et ER7-16-3-5 de génotypes 5, 7, 8 et 9 pour la variable ASI ;
- Le témoin FBML10 est semblable aux individus ERL5-20-7-1, ERL7-7-2-6, ERL7-2-2-10, ERL5-24-4-2 et ERL7-7-2-10 de génotypes 3, 7, 8, 2 et 10. Le témoin Barka a présenté un nombre de brins plus réduit que FBML10 et ne ressemble à aucun autre individu. Toutefois, la lignée ERL5-41-5-1 de génotype 5 a présenté le plus grand nombre de brins.

1.2.4.3. Identification des variables discriminantes

Les données moyennes utilisées pour réaliser l'analyse en composantes principales sont présentées en annexe 3. La matrice de corrélation des différentes variables et les vecteurs propres obtenus de l'analyse en composantes principales sont donnés en annexe 8.

Le plan $\frac{1}{2}$ de l'analyse en composantes principales (ACP) symbolisé par les axes 1 et 2, informe sur 75,99% de la variabilité constatée. La figure 6 indique que l'axe 1 explique 50,14% de cette variabilité, tandis que l'axe 2 explique 25,85% de la variabilité observée. L'axe 1 est caractérisé par les variables SNF (négativement corrélée à l'axe) et DT (positivement corrélée à l'axe). L'axe 2 est caractérisé par les variables EF et NB qui lui sont positivement corrélées.

De manière générale, la projection des différents individus sur le plan $\frac{1}{2}$, montre une forte dispersion des individus (figure 6). Cela traduit distinctement la différence qui existe entre les individus par rapport à la considération générale des variables.

En revanche, la lecture de la position du témoin Barka montre qu'il a un grand DT, une faible SNF, un faible EF et un faible NB. Les lignées qui lui sont le plus proche portent

les références ERL7-7-2-10 et ERL5-20-7-1. De même, la considération de la position du témoin FBML10 révèle qu'il dispose d'un NB élevé, d'une faible SNF, d'un EF relativement élevé (comparativement à Barka), et d'un DT faible. Les lignées qui lui sont le plus proche portent les références ERL7-2-2-10 et ERL7-7-2-6. Les lignées ERL5-41-5-1, ERL5-24-4-2 et ERL7-16-3-5 sont par rapport à leur position dans le plan, très éloignés des témoins Barka et FBML10. Les lignées ERL7-7-2-10, ERL5-20-7-1, ERL7-2-2-10 et ERL7-7-2-6 sont celles qui sont intéressantes par rapport à la considération générale des variables retenues par l'ACP.

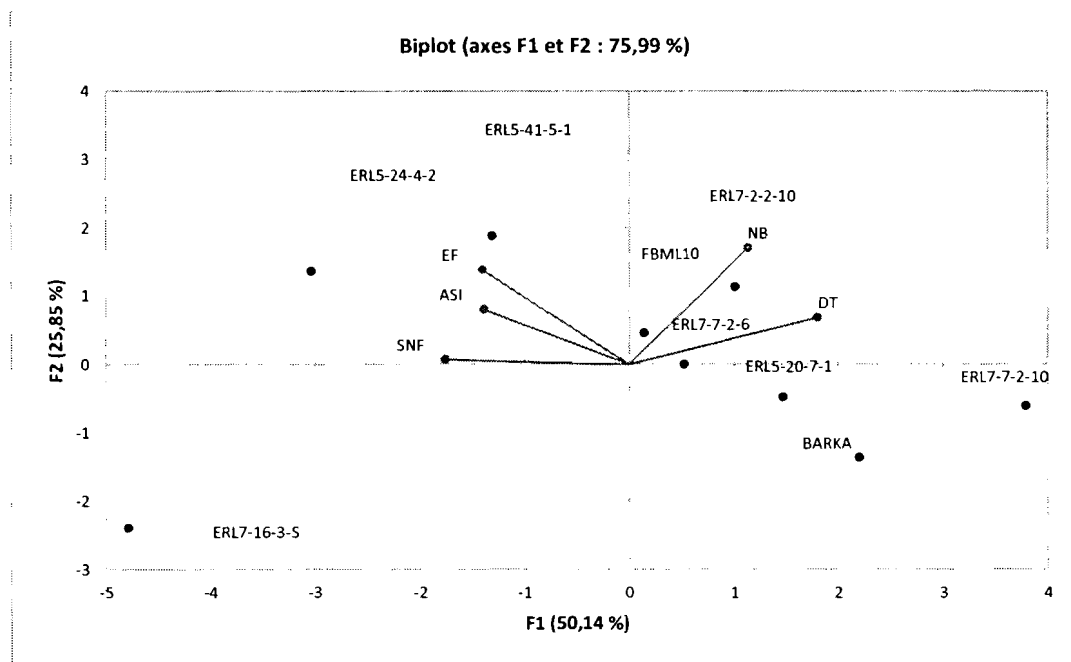


Figure 6: dispersion des individus du sous bloc stressé sur le plan 1/2 de l'analyse en composantes principales

1.2.4.4. Sélection de lignées résistantes au déficit hydrique

Le tableau 12 présente les valeurs moyennes des lignées ERL7-7-2-10, ERL5-20-7-1, ERL7-2-2-10 et ERL7-7-2-6 pour les variables nombre de feuilles (NF), hauteur de la plante (HP) et diamètre de la tige (DT). Plus le rapport entre les notes (par exemple HP s/ HP o) est proche de 1, moins l'individu varie entre la condition optimale (To) et la condition stressante (Ts) pour la variable considérée.

Tableau 12: Variables morphologiques de sélection pour l'essai sous stress hydrique

REFERENCE	NF s	NF o	NF s/NF o	HP s	HP o	HP s/ HP o	DT s	DT o	DT s/DT o
ERL5-20-7-1	13,26	13,03	1,02	149,17	154,75	0,96	2,61	2,54	1,03
ERL7-7-2-6	13,00	14,27	0,91	130,00	132,92	0,98	2,63	3,22	0,82
ERL7-2-2-10	14,60	15,18	0,96	147,92	184,92	0,80	2,65	2,78	0,95
ERL7-7-2-10	13,78	15,42	0,89	152,78	186,22	0,82	2,66	3,23	0,82
FBML10	13,30	13,65	0,97	107,67	125,00	0,86	2,06	2,21	0,94
BARKA	13,77	13,71	1,00	146,00	164,33	0,89	2,73	2,57	1,06

NF s : nombre de feuilles en condition stressante ; NF o : nombre de feuilles en traitement optimale, NF s/NF o : rapport du nombre de feuilles en condition stressante sur nombre de feuilles en condition optimale ; HP s : hauteur des plantes en condition stressante ; HP o : hauteur des plantes en condition optimale ; HP s/HP o : hauteur des plantes en condition stressante sur hauteur des plantes en condition optimale ; DT s : diamètre de la tige en condition stressante ; DT o : diamètre de la tige en condition optimale ; DT s/ DT o : diamètre de la tige en condition stressante sur diamètre de la tige en condition optimale.

De façon générale, les 4 lignées ont chacune gardé après le déficit hydrique (en Ts) plus de 80% de leur comportement en conditions optimales (To) pour les variables NF, HP et DT. Toutes les lignées ainsi que les témoins ont montré un bon développement végétatif en plus du bon comportement physiologique après le déficit hydrique. Les 4 lignées sont donc retenues comme étant potentiellement résistantes au déficit hydrique.

1.2.5. Discussion

De manière générale, on pourrait retenir de cette évaluation, l'efficacité du stress appliqué. En effet, les variables ont révélé des différences significatives dans le comportement des génotypes suivant le régime hydrique et ce pour plusieurs variables. En s'intéressant à l'effet du déficit hydrique sur la mise en place des organes reproducteurs, on note que les plantes ont atteint l'anthèse en conditions optimales (To) plus tôt que les plantes en conditions de déficit hydrique (Ts). Sur le plan morphologique, on a observé un retard de croissance des plantes en Ts par rapport à celles en To. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les racines des plantes ne disposaient plus d'assez d'eau et d'éléments nutritifs pour continuer normalement leur croissance. En 1996, DEBAEKE *et al.* affirment qu'un déficit hydrique affecte la croissance des racines, des parties aériennes et des organes reproducteurs du maïs.

Cependant il faut remarquer que cette baisse de croissance n'a pas été très forte, puisqu'en générale les plantes ont conservé au moins 75% de leur comportement de To en Ts (hauteur de plante, nombre de feuilles et diamètre de la tige). En effet, OUATTAR *et al.* (1987) lient l'aptitude d'un matériel résistant à maintenir un bon niveau de croissance en

conditions de stress hydrique, à l'existence d'un gène majeur dominant responsable de l'accumulation de sucres dans la tige. Cette accumulation des hydrates de carbone (sucres) constitue une réserve importante en cas de stress hydrique (SANOU, 2011).

L'analyse de variances a montré l'existence d'une différence entre les individus par rapport au régime hydrique pour la variable ASI. En effet, HERRERO et JOHNSON (1981) indiquent que le stress hydrique entraîne une augmentation de l'écart entre la floraison mâle et femelle chez les génotypes les plus sensibles. Dans cette étude, seule la lignée ERL5-24-4-2 a présenté un ASI supérieur à 5 jours. La particularité des résultats s'expliquerait soit par la bonne résistance générale des individus évalués, soit par le fait que le stress a été imposé aux plantes bien avant la floraison que certains auteurs comme SARR (1975), présentent comme étant la période la plus sensible du maïs.

En outre, ZOMA (2010) aboutit à la même conclusion en affirmant que le fait d'avoir appliqué le stress hydrique à 20 jours avant la floraison expliquerait en partie le fait qu'il n'a pas observé un écart important entre l'anthèse et la floraison femelle.

L'application de ce stress n'a pas permis de différencier significativement les plantes par rapport à leur reprise et par rapport à l'écart entre la floraison mâle et la floraison femelle, qui sont des variables d'évaluation de la résistance des plantes au stress hydrique. Ce constat est en adéquation avec les résultats de MORIZET *et al.* (1984), qui ont montré que la floraison est le stade auquel la variabilité génotypique de la résistance à la sécheresse se manifeste.

Bien que l'effet du stress ait dans l'ensemble été faible sur les individus, on pense qu'un stress hydrique ayant eu une influence sur la croissance de la plante et sur la floraison aura un impact sur le rendement selon l'intensité du stress et ce, indépendamment de la période d'application du stress. En effet, DENMEAD et SHAW (1960) cités par HEISEY et EDMEADES (1999) ont appliqué un stress hydrique aux plantes de maïs au stade préfloraison, floraison, et post floraison et trouvent respectivement une réduction de 25%, 50% et 21% sur le rendement. Ce qui est en contradiction avec ROBELIN (1983) qui affirme qu'un stress hydrique intervenant plus tôt avant le stade floraison n'a aucune conséquence significative sur la production du maïs.

1.2.6. Conclusion partielle

Au terme de cette évaluation, on peut noter l'effectivité du stress hydrique appliqué sur les différentes lignées. Ce stress appliqué au stade préfloraison a montré que le déficit hydrique avant la floraison retardait les dates de floraison du maïs et induisait un retard de croissance chez les plantes. Les différentes lignées évaluées ont dans l'ensemble présenté un bon comportement à ce stress en ne présentant pas une très grande variation entre le comportement en conditions optimales et le comportement en conditions de déficit hydrique. Egalement, 4 lignées ont été identifiées comme étant potentiellement résistantes à la sécheresse.

Chapitre 2 : Evaluation de lignées de maïs extraites de KPB, FBC6, KEJ et KEB

Introduction

Au Burkina Faso, l'intensification de la production agricole est aujourd'hui reconnue comme étant une des meilleures voies pour aboutir à la sécurité alimentaire. Pour ce faire, la production céréalière nationale, notamment pour ce qui est de la maïsiculture est en nette croissance. Cette croissance s'explique en partie par la disponibilité des hybrides à fort potentiel de rendement (Bondofa et Komsaya), fruit d'une recherche nationale active. C'est dans l'optique de proposer des hybrides encore plus intéressants, que la recherche effectue régulièrement des évaluations de matériel végétal, pour déceler les meilleurs génotypes en vue d'une création future d'hybrides performants. C'est ce qui justifie la présente activité dont le but est d'évaluer les différentes lignées extraites de KPB, FBC6, KEB et KEJ en conditions pluviales. Spécifiquement, cette étude se propose de :

- Evaluer le comportement des différentes lignées par rapport à l'helminthosporiose et la curvulariose ;
- Faire la caractérisation agro morphologique des différentes lignées ;
- Identifier des lignées prometteuses pouvant servir dans la création future d'hybrides.

Les différentes lignées utilisées dans la présente évaluation sont issues de variétés composites de cycles précoce (FBC6 et KPB) et extra-précoce (KEJ et KEB). Pour la conduite de l'évaluation, 2 lots de matériel végétal sont constitués : les lignées extraites des variétés FBC6 et KPB forment le premier groupe de matériel (essai 1) et les lignées extraites des variétés KEJ et KEB forment le second groupe de matériel (essai 2). Les essais sont évalués indépendamment.

2.1. Données communes aux expérimentations

2.1.1. Site expérimental : La plaine aménagée du Kou

La plaine aménagée du Kou se trouve à 25 km de Bobo-Dioulasso sur la route de Faramana. Cette localité se situe à 10°20' de latitude Nord et 4°20' de longitude Ouest. Elle est à une altitude de 300 m au-dessus du niveau de la mer. Le découpage climatique et phytogéographique proposé par GUINKO (1984), place la plaine de la Vallée du Kou dans le district Ouest volta noire du domaine soudano soudanien. Le climat est de type soudano guinéen avec des sols de type ferrugineux tropicaux, hydromorphe et acide. Ces sols se distinguent par leur texture très limoneuse (36,7%). Ce sont des sols limono-sableux à argilo-sableux avec un lessivage actif des éléments nutritifs causant d'énormes problèmes de fertilité. BADO (1991) souligne la bonne concentration de ces sols en bases échangeables (avec une capacité d'échange cationique de 5 méq/100g) et leur faible teneur en phosphore.

La figure 7 présente la répartition mensuelle de la pluviométrie et des températures au cours de l'année 2013 à la vallée du Kou. Les pluies se sont étalées du mois de mai au mois d'octobre. Le site a enregistré 893,5 mm d'eau de pluies avec un pic au mois d'août (environ 300mm d'eau de pluies).

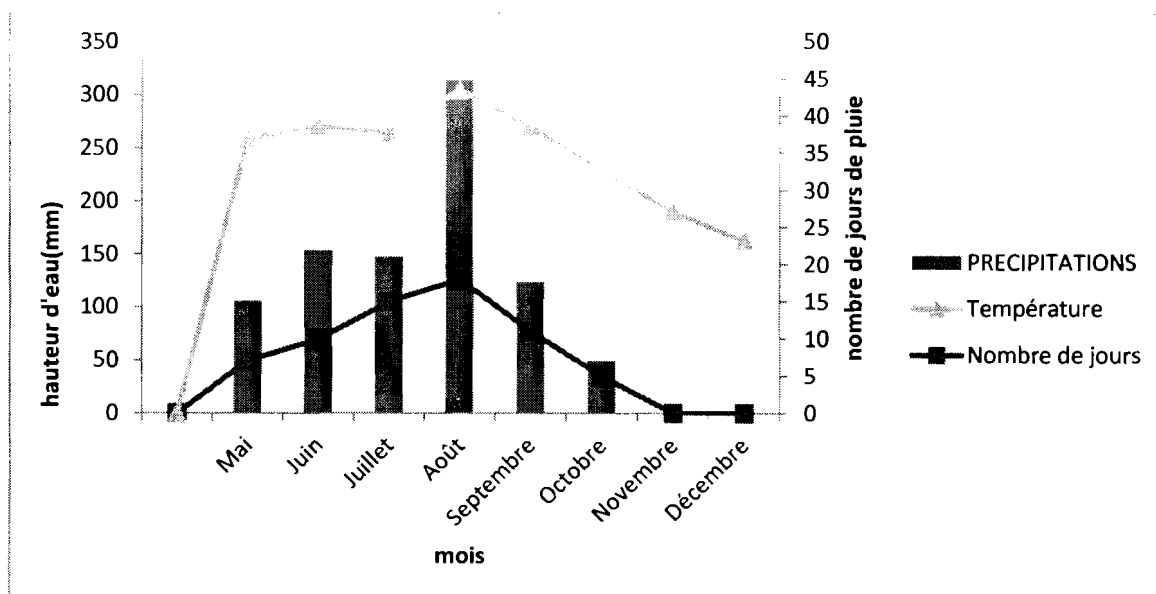


Figure 7: Répartition mensuelle des précipitations et températures à la vallée du Kou en 2013 (source : Antenne de la vallée du Kou, 2013).

2.1.2. Méthodes

2.1.2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc Fisher complètement randomisé, avec 3 répétitions et un seul facteur étudié qui est le génotype. Chaque génotype représente un traitement et figure une seule fois dans chacune des trois (3) répétitions.

La parcelle élémentaire correspond à la parcelle d'évaluation. Elle a une superficie de 4 m², soit 5 m de long sur 0,8 m de large. La géométrie de semis est de 0,8 m entre les lignes et de 0,4 m sur la ligne. Le semis est réalisé à 2 grains/poquet soit une densité théorique de 62500 plantes à l'hectare.

2.1.2.2. Conduite de l'essai

Le semis a été précédé d'un labour et d'un hersage effectués au tracteur. Le semis a été réalisé manuellement. Les autres opérations telles que le sarclage, le binage, le buttage, la fertilisation et le traitement phytosanitaire ont été réalisées comme suit :

- Le sarclage a été effectué manuellement suivant le niveau d'enherbement ;
- Le binage a été combiné au premier apport d'urée (urée 1), tandis que le buttage a été combiné dans chaque essai au second apport d'urée (urée 2) ;
- La fertilisation a consisté en un apport d'éléments minéraux à travers l'application d'engrais chimiques. L'engrais N-P-K (14-23-14) a été appliqué à la dose de 200 Kg/ha, l'urée 1 (46%) à la dose de 100 Kg/ha et l'urée 2 (46%) à la dose de 50 Kg/ha. La fertilisation a été manuellement réalisée selon la technique du « *side-dressing* » ;
- Le traitement phytosanitaire a uniquement concerné la lutte contre les adventices. Un herbicide de pré-levée du maïs (KALACH) a été appliqué à la dose de 2l/ha. Les différentes dates de réalisation des opérations culturales sont consignées dans le tableau 13.

Tableau 13: Récapitulatif des dates de réalisation des différentes opérations culturales des essais 1 et 2 en conditions pluviales

	Semis	Sarclage + NPK (200 Kg/ha)	Binage + urée 1 (100 kg/ha)	Buttage + urée 2 (50 Kg/ha)	Récolte
Essai 1	27/08/2013	11/09/2013	21/09/2013	06/10/2013	09/12/2013
Essai 2	27/08/2013	11/09/2013	18/09/2013	01/10/2013	10/12/2013

2.1.2.3. Variables observées

L'évaluation du matériel végétal a été possible grâce à la considération de certaines variables que sont les maladies (helminthosporiose et curvulariose), le nombre de feuilles (NF), le nombre de feuilles supérieures à l'épi (NFSE), la hauteur de la plante (HP), la hauteur d'insertion de l'épi (HIE), les floraisons mâle (FM) et femelle (FF), la longueur de l'épi (LE), la section moyenne de l'épi (SM), le nombre de rangées de grains par épi (NGR), le poids des épis (PE) et le poids échantillon des épis (PeE).

La longueur de l'épi (LE) : c'est la mesure (en cm) à l'aide d'une règle, de la longueur de l'épi, de la base au niveau d'insertion du dernier grain.

La section moyenne de l'épi (SM) : elle est mesurée (en cm) à l'aide d'un pied à coulisse et correspond au diamètre de la section moyenne de l'épi.

Le nombre de rangées de grains par épi (NR) : c'est le nombre de rangées de grains de l'épi en tenant compte des rangées sans grains.

Le nombre de grains par rangée de l'épi (NGR) : c'est le nombre de grains qui se trouve sur une rangée de l'épi.

Le poids des épis (PE) : il correspond au poids (en Kg) des épis récoltés par parcelle utile.

Le poids échantillon des épis (PeE) : il correspond au poids (en g) d'un échantillon de 5 épis tirés au hasard par parcelle utile.

Les procédures de notation de l'helminthosporiose, la curvulariose, le NF, le NFSE, la HP, la HIE, la FM et FF sont les mêmes que celles utilisées pour l'évaluation des lignées SR21, Obatanpa et Espoir en conditions pluviales.

2.1.2.4. Analyse de données

Dans le but de déceler les caractères pour lesquels le matériel présente une variabilité, une analyse de variances (ANOVA) a été effectuée pour chacun des 2 groupes de matériel, selon le principe du dispositif en blocs aléatoires complets. Cette analyse a été réalisée sur le logiciel SAS 9.3.

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée pour chacun des 2 essais afin d'identifier les principales variables agro morphologiques qui expliquent la variabilité observée au sein du matériel. Elle a permis également d'observer la répartition des individus

par rapport à l'ensemble des variables agro morphologiques identifiées. Cette analyse est effectuée sur le logiciel XLSTAT 2007.7.02.

Une comparaison de moyennes par le test de DUNNETT (au seuil de 5%) a été effectuée dans chaque essai pour les principales variables agro morphologiques, afin de repérer les différents groupes d'individus. Elle est réalisée sur le logiciel SAS 9.3.

2.1.2.5. Critères de sélection

L'étude du comportement des lignées par rapport à l'helminthosporiose et à la curvulariose utilise la classification du tableau 4 (présenté dans l'activité 1).

La sélection de lignées intéressantes issues de FBC6 et KPB a été faite suivant 2 critères de choix. Le premier critère de sélection concerne les notes de maladies (helminthosporiose et curvulariose). Ce critère permet de retenir les individus résistants (note comprise entre 1 et 2,5) ou tolérants (note comprise entre 2,6 et 3,5) aux maladies (tableau 4). Le second critère de sélection concerne les variables agro morphologiques identifiées par les analyses en composantes principales (ACP) de l'essai 1 (ACP1) et de l'essai 2 (ACP 2). Ce critère permet de retenir les individus ayant des caractères agro morphologiques intéressants.

A l'issue de la sélection, sont proposées comme lignées prometteuses, celles qui ont eu un bon comportement par rapport aux maladies étudiées (note comprise entre 1 et 3,5) et qui sont retenues pour leurs caractéristiques agro morphologiques intéressantes.

2.2. Evaluation des lignées extraites de FBC6 et KPB (essai1)

2.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal de l'essai 1 conduit en évaluation est constitué de 120 lignées numérotées de 1 à 120 (annexe 4) et extraites des variétés composites (FBC6 et KPB) de cycle précoce :

- 60 lignées extraites de KPB de 1 à 60 de code ERL6-a-b-c
- 60 lignées extraites de FBC6 de 61 à 120 de code ELNa-b-c-d.

Les lettres a, b c et d indiquent que la lignée est respectivement à la 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} génération d'autofécondation.

Les 2 variétés composites FBC6 et KPB, sont utilisées comme matériel de référence (témoins). Les caractéristiques de ces témoins sont résumées comme suit :

FBC6 : est une variété composite mise au point à Farako-Bâ, Burkina Faso (INERA). Elle est le résultat d'un brassage de 8 composites. Les cycles semis-floraison et semis-maturité sont respectivement de 56 jours après semis et 91 jours en grains. La hauteur de la plante et la hauteur d'insertion de l'épi sont respectivement de 215 cm et de 110 cm. Elle est tolérante aux viroses et à la sécheresse, avec une résistance moyenne à l'helminthosporiose. Les grains sont de couleur jaune à orangé avec un potentiel en rendement grain de 5,6 t/ha. Toutefois son homogénéité est jugée insuffisante.

KEB : est une variété composite mise au point à Kamboinsé, Burkina Faso (INERA). Cette variété est le fruit d'une sélection dans TZEE W (SAFGRAD). Les cycles semis-floraison et semis-maturité sont respectivement de 43 jours après semis et 76 jours en grains. La hauteur de la plante est de 180 cm et la hauteur d'insertion de l'épi est estimée à 90 cm. Elle est tolérante à l'helminthosporiose, la rouille, mais sensible aux viroses. Les grains sont de couleur blanche avec un potentiel en rendement grain de 3,1 t/ha.

2.2.2. Résultats

2.2.2.1. Etude du comportement des lignées FBC6 et KPB par rapport à l'helminthosporiose et à la curvulariose

Toutes les 120 lignées ont été étudiées pour leur comportement par rapport à l'helminthosporiose et à la curvulariose. Pour l'helminthosporiose ou la curvulariose, les notes ont varié entre 1 et 4.

Le filtrage (sur Excel 2010) des notes moyennes des maladies (annexe 5) obtenues après l'évaluation des individus, a permis de retenir (tableau 14) :

- Pour l'helminthosporiose, 105 lignées résistantes dont 56 de KPB et 49 de FBC6 ; 11 lignées tolérantes dont 4 de KPB et 7 de FBC6 ; 4 lignées sensibles, toutes de FBC6 ;
- Pour la curvulariose, 114 lignées résistantes dont 55 de KPB et 59 FBC6 ; 4 lignées tolérantes dont 3 de KPB et 1 de FBC6 ; 2 lignées sensibles issues de KPB ;
- Aucune lignée ne s'est révélée être doublement sensible à l'helminthosporiose et la curvulariose ;
- Pour les lignées résistantes à la fois à l'helminthosporiose et la curvulariose, 99 lignées ont été retenues dont 51 de KPB et 48 de FBC6.

Tableau 14: Répartition des lignées issues de KPB et FBC6 par rapport à l'helminthosporiose et la curvulariose

	Lignées résistantes	Lignées tolérantes	Lignées sensibles
Helminthosporiose	56 de KPB 49 de FBC6 Total=105 lignées (87,5%)	4 de KPB 7 de FBC6 Total=11 lignées (9,17%)	4 de FBC6 Total=4 lignées (3,33%)
Curvulariose	55 de KPB 59 de FBC6 Total=114 lignées (95%)	3 de KPB 1 de FBC6 Total=4 lignées (3,33%)	2 de KPB Total=2 lignées (1,67%)
Helminthosporiose et curvulariose	51 de KPB 48 de FBC6 Total=99 lignées (82,5%)	0 lignée	0 lignée

2.2.2.2. Caractérisation agro morphologique des lignées extraites de FBC6 et KPB

2.2.2.2.1. Etude de la variabilité génétique des lignées extraites de FBC6 et KPB

Le tableau 15 présente les résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de KPB et FBC6.

Tableau 15: Résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de KPB et FBC6

Source de variation	FM	FF	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
Répétition	41,69 ***	136,44 ***	2614,33 ***	708,87 ***	121,77 ***	3,24 ***	0,23 ***	17592,35 ***	16,70 ***	0,45 **	1,29 NS	101,29 ***
Génotype	42,31 ***	53,47 ***	1281,62 ***	345,97 ***	3,14 ***	0,54 ***	0,16 ***	18460,39 ***	7,30 ***	0,42 ***	7,28 ***	91,44 ***
E-Res	1,82	2	11,97	7,15	1,39	0,41	0,15	48,12	1,17	0,27	0,84	3,68
Moyenne	54,43	57,72	113,06	51,11	11,04	4,90	0,34	162,91	10,68	2,64	11,38	17,65
CV(%)	3,35	3,47	10,59	13,99	12,62	8,28	45,52	29,53	10,94	10,15	7,40	20,84

*, **, *** respectivement significatif à 5%, 1% et 0,1% ; NS : non significatif ; CV : coefficient de variation, E-Res : erreur résiduelle. HP : hauteur des plantes, FM : floraison mâle, FF : floraison femelle, HIE : hauteur d'insertion de l'épi, NFSE : feuilles au-dessus de l'épi, NF : nombre de feuilles, PE : poids des épis par parcelle, PeE : poids de l'échantillon des épis par parcelle, LE : longueur de l'épi, SM : section moyenne de l'épi, NR : nombre de rangée de grain sur l'épi, NGR : nombre de grain sur une rangée de l'épi.

Les résultats de l'analyse présentés dans le tableau 15, indiquent qu'à l'exception de la variable NR qui n'a pas révélé de différences significatives, toutes les autres variables ont présenté soit des différences hautement significatives ($p < 0,01$) pour la variable SM ou des différences très hautement significatives ($p < 0,001$) pour les variables FF, FM, HP, HIE, NF, NFSE, PE, PeE, LE et NGR pour le facteur répétition. Cela révèle une hétérogénéité du sol sur le site expérimental et justifie le dispositif choisi pour l'expérimentation.

Toutes les variables, en ce qui concerne le facteur génotype, ont présenté des différences très hautement significatives. Il existe donc une variabilité génotypique au sein des différentes lignées extraites de KPB et FBC6.

2.2.2.2.2. Identification des variables discriminantes des lignées extraites de FBC6 et KPB

Les notes moyennes obtenues sur les génotypes pour les différentes variables sont présentées en annexe 5. La matrice de corrélation des variables et les vecteurs propres obtenus de l'analyse sont présentés en annexe 9.

La présentation du plan $\frac{1}{2}$ de l'analyse en composantes principales (ACP) indique que les axes 1 et 2 justifient 75,93% de la variabilité totale constatée dans le matériel (figure 8). L'axe 1 (51,71%) est caractérisé par les variables d'architecture HP, HIE et NF qui lui sont positivement corrélées et l'axe 2 (24,22%) est caractérisé par les variables de rendement NR, SM et NGR qui lui sont positivement corrélées (figure 8). Sur l'axe 1, HIE contribue le plus à l'explication de la variabilité observée et sur l'axe 2, c'est la variable NR qui explique le plus la variabilité observée.

L'observation de la projection des individus sur le plan 1/2 de l'ACP (figure 9), permet de noter l'existence d'une variabilité au sein du matériel, avec néanmoins une tendance globale des individus à se rapprocher du point d'intersection des axes 1 et 2. En effet, plus de la moitié des individus est bornée par les points de repère -2 et 2 sur l'axe 1 comme sur l'axe 2 (figure 9), traduisant des différences relativement faibles entre ces lignées pour la considération de l'ensemble des variables discriminantes.

Les témoins FBC6 et KPB de génotypes respectifs 121 et 122, sont nettement différents des lignées par rapport à l'ensemble des variables discriminantes (figure 9). Egalement, les lignées KPB et les lignées FBC6 se répartissent sur le plan 1/2 indépendamment de leur source (figure 10). Cette figure montre nettement que les témoins ont une architecture (hauteur de la plante) plus grande que celle des lignées FBC6 et des lignées KPB.

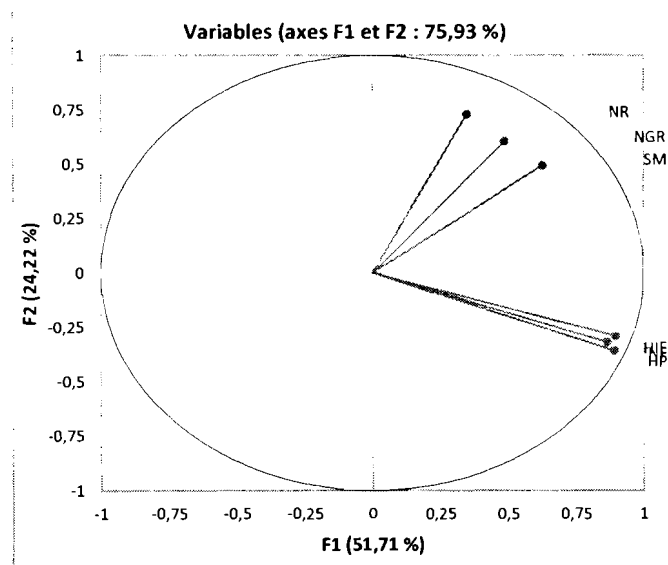


Figure 8: Variables discriminantes des lignées extraites de FBC6 et KPB

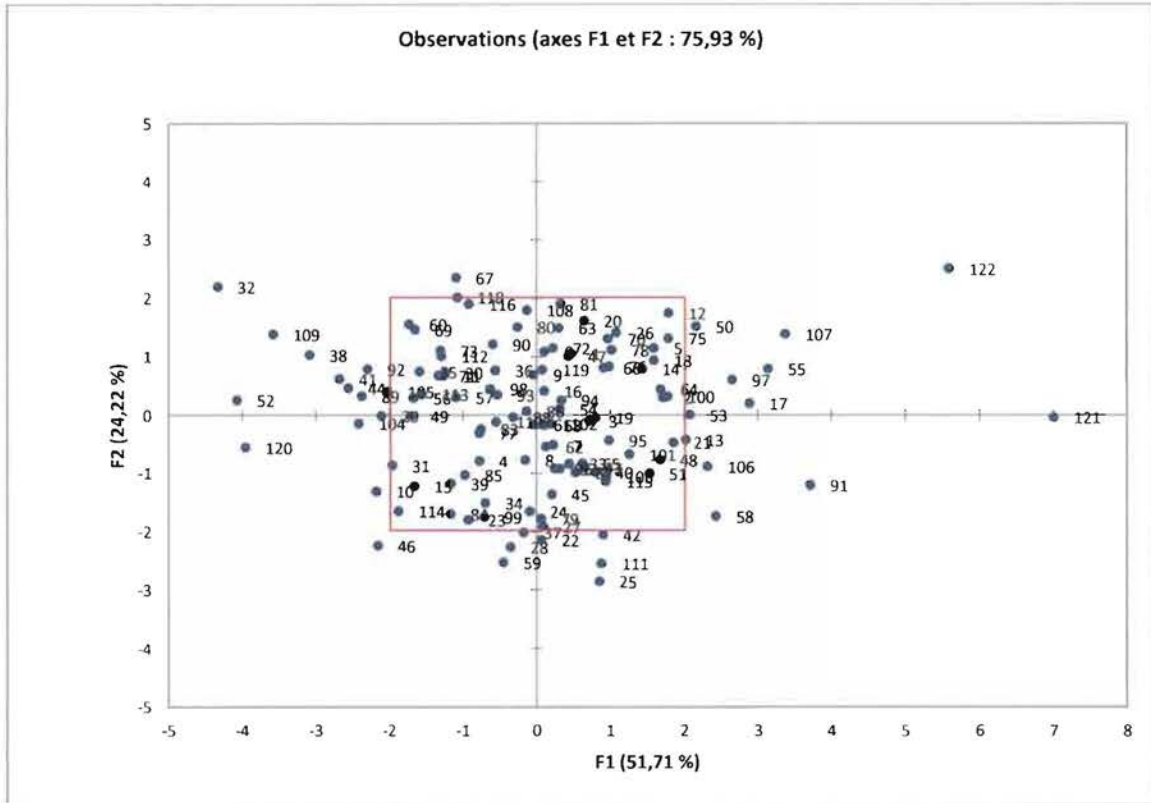


Figure 9: Dispersion des lignées extraites de FBC6 et KPB sur le plan 1/2 de l'analyse en composantes principales

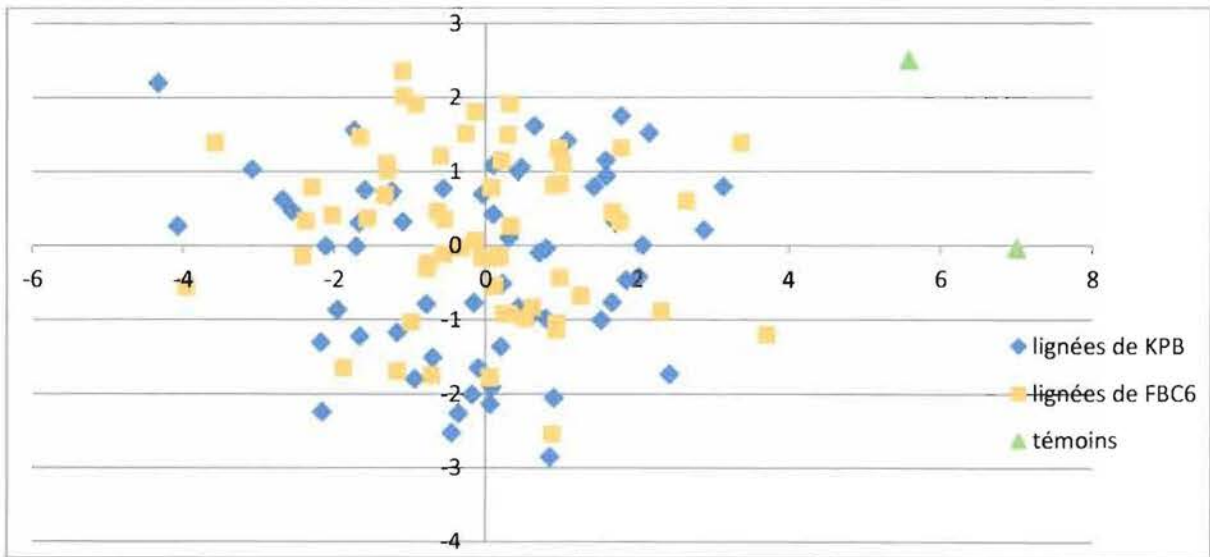


Figure 10: Répartition des lignées issues de FBC6 et KPB selon la source variétale

2.2.2.2.3. Identification des groupes de lignées (FBC6 et KPB) par rapport aux variables discriminantes

Le test de DUNNETT (5%) est réalisé par rapport à la lignée de génotype 1 (ERL6-42-6-2) pour les variables HIE et NR (variables discriminantes). Les notes moyennes utilisées pour le test sont présentées en annexe 5. Les résultats du test indiquent que les lignées ont un comportement similaire par rapport à ces variables à l'exception de quelques individus qui se sont montrés supérieurs au témoin:

- A l'exception de la lignée ELN-39-3-8-4-5 (lignée de FBC6) qui est supérieure au témoin et la lignée ERL6-21-5-3 (lignée KPB) qui est inférieure au témoin par rapport à la hauteur d'insertion de l'épi (HIE), les autres lignées sont statistiquement identiques à la lignée témoin.
- Par rapport au nombre de rangées sur l'épi (NR), seules 4 lignées dont 3 de FBC6 (ELN42-4-10-1-6 ; ELN40-2-21-3 et ELN42-4-10-1-9) et une lignée de KPB (ERL6-24-11-10) sont supérieures au témoin pour cette variable. Les autres lignées sont identiques au témoin.

2.2.2.2.4. Identification de lignées (de FBC6 et de KPB) prometteuses

Selon les critères de sélection, les lignées sensibles à l'helminthosporiose ELN40-4-4-3-3, ELN45-3-3-4-5, ELN40-2-17-2-4 et ELN40-3-2-2-3 de génotypes respectifs 90, 95, 101 et 120, et les lignées sensibles à la curvulariose ERL6-27-8-7 et ERL6-34-4-7 de génotypes respectifs 6 et 22, sont retirées des lignées retenues pour leurs valeurs agro morphologiques. Ainsi, les lignées prometteuses sont les lignées qui sont identifiées pour leurs valeurs agro morphologiques et qui ne sont pas sensibles à l'helminthosporiose ou à la curvulariose.

La hauteur d'insertion de l'épi (HIE) est importante en sélection. Une HIE très grande favorise la casse et une HIE très petite influence négativement le rendement. La sélection par rapport à la HIE a retenu les lignées ayant une HIE moyenne. En pratique, les lignées sélectionnées ont une HIE entre 51,11 cm (moyenne des HIE de l'ensemble des individus) et 58,26 cm (51,11 cm + 7,15 cm qui est l'écart type entre les individus pour la HIE). A l'issue de la sélection, 23 lignées (tableau 16) dont 12 de KPB (2 ; 14 ; 19 ; 20 ; 21 ; 22 ; 27 ; 33 ; 34 ; 37 ; 42 et 59) et 11 de FBC6 (65 ; 66 ; 68 ; 75 ; 76 ; 79 ; 82 ; 83 ; 86 ; 96 et 115) ont été retenues.

Tableau 16: Liste des lignées extraites de KPB et FBC6 sélectionnées pour leur hauteur d'insertion de l'épi

Géotype	Nom de la lignée
2	ERL6-31-9-10
14	ERL6-24-11-13
19	ERL6-24-11-1
20	ERL6-24-11-8
21	ERL6-19-1-1
22	ERL6-34-4-7
27	ERL6-31-3-7
33	ERL6-19-4-6
34	ERL6-10-3-1
37	ERL6-30-12-7
42	ERL6-28-1-12
59	ERL6-28-2-5
65	ELN41-1-1-3
66	ELN39-3-8-1
68	ELN43-4-5-3
75	ELN43-5-7-4
76	ELN43-4-5-3
79	ELN43-4-5-3-8
82	ELN43-4-5-3-11
83	ELN43-4-5-3-6
86	ELN43-4-5-3-4
96	ELN39-3-8-4-6
115	ELN45-3-3-4-6

ERL6-a-b-c : lignée de KPB ; ELN-a-b-c-d : lignée de FBC6

Toutes ces lignées sont retenues comme étant des lignées prometteuses, car aucune d'entre elles n'a révélé une sensibilité par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose).

Pour la sélection par rapport au nombre de rangées sur l'épi (NR), les lignées qui ont été retenues sont celles qui ont un NR égal ou supérieur à la moyenne du NR de tous les individus (11,38). La sélection a permis de retenir 35 lignées (tableau 17) dont 13 de FBC6 (2 ; 6 ; 12 ; 14 ; 16 ; 17 ; 18 ; 20 ; 26 ; 32 ; 44 ; 47 ; 55) et 22 lignées de KPB (63 ; 67 ; 69 ; 70 ; 71 ; 72 ; 75 ; 78 ; 80 ; 81 ; 90 ; 91 ; 95 ; 97 ; 102 ; 105 ; 108 ; 109 ; 115 ; 116 ; 118 ; 119).

Tableau 17: Liste des lignées extraites de KPB et FBC6 sélectionnées pour leur nombre de rangées sur l'épi

Génotype	Nom de la lignée	Génotype	Nom de la lignée
2	ERL6-31-9-10	72	ELN44-3-10-1
6	ERL6-27-8-7	75	ELN43-5-7-4
12	ERL6-24-11-10	78	ELN43-4-5-3-10
14	ERL6-24-11-13	80	ELN43-4-5-3-1
16	ERL6-15-4-9	81	ELN43-4-5-3-2
17	ERL6-24-11-6	90	ELN40-4-4-3-3
18	ERL6-24-11-5	91	ELN40-4-4-3-2
20	ERL6-24-11-8	95	ELN45-3-3-4-5
26	ERL6-15-1-4	97	ELN39-3-8-4-5
32	ERL6-21-5-3	102	ELN45-3-3-1-1
44	ERL6-39-5-2	105	ELN45-2-7-2-2
47	ERL6-30-12-6	108	ELN42-4-10-1-6
55	ERL6-18-1-6	109	ELN40-2-17-2-1
63	ELN41-1-1-5	115	ELN45-3-3-4-6
67	ELN40-2-21-3	116	ELN46-5-2-3-3
69	ELN39-4-2-4	118	ELN46-5-6-5-2
70	ELN40-9-4-1	119	ELN42-4-10-1-9
71	ELN39-3-9-1		

ERL6-a-b-c : lignée de KPB ; ELN-a-b-c-d : lignée de FBC6

Cependant, les lignées ERL6-27-8-7, ELN40-4-4-3-3 et ELN45-3-3-4-5 de génotypes 6, 90 et 95 sont éliminées de la sélection car elles sont sensibles aux maladies.

2.2.3. Discussion

L'évaluation des lignées extraites de FBC6 et de KPB par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose) a révélé que 82,5% des lignées sont à la fois résistantes à l'helminthosporiose et la curvulariose. Cette tendance des lignées à montrer une résistance à ces maladies, s'expliquerait par le fait que les lignées résistantes ou tolérantes ont reçu de leur variété source des gènes de tolérance à ces maladies. Selon SANOU (1993) les variétés KPB et FBC6 sont des variétés composites tolérantes à l'helminthosporiose et à la curvulariose. La présence d'individus sensibles s'expliquerait éventuellement par le fait que lors de la ségrégation, ces individus n'ont pas hérité de leur source variétale, les gènes de tolérance à ces maladies.

Les différences significatives pour les variables au niveau du facteur répétition, témoignent de l'existence d'une hétérogénéité du sol sur le site expérimental. Cependant le dispositif bloc Fischer utilisé permet de corriger l'effet de cette hétérogénéité sur l'expression phénotypique du matériel. L'analyse de variances a montré la présence d'une variabilité génotypique entre les individus évalués pour toutes les variables. Cette variabilité génotypique peut être due au fait que les lignées proviennent de 2 sources différentes et aussi

par le fait que les lignées sont issues de variétés composites. En effet, la variété composite a une large base génétique car elle est constituée par un nombre élevé de composantes (populations, lignées, hybrides...). Elle est une réserve de gènes utilisée pour les opérations d'amélioration génétique (DZIDO, 1984).

Cette diversité rassure également sur les possibilités futures de sélection sur ce matériel. La perte de la diversité du maïs peut restreindre les possibilités de son amélioration et augmenter les risques agronomiques, si les conditions biotiques (champignons, virus, insectes) ou abiotiques (climat) évoluent (WELLHAUSEN *et al.*, 1952 cités par SANOU, 1996).

Les lignées sélectionnées pour leur bon comportement par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose) et leurs caractères agro morphologiques, pourraient être intégrées dans un programme de création d'hybrides. Elles pourraient alors contribuer à l'amélioration de la grille variétale au Burkina Faso.

2.2.4. Conclusion partielle

L'évaluation des lignées extraites de KPB et FBC6 a permis d'identifier des lignées résistantes ou tolérantes aux maladies (helminthosporiose et curvulariose). Elle a également permis de révéler la variabilité génétique qui existe entre les lignées pour les différentes variables agro morphologiques étudiées. Des lignées ont été également sélectionnées pour leur bon comportement par rapport aux maladies et aux principales variables agro morphologiques qui caractérisent le matériel végétal évalué.

2.3. Evaluation des lignées extraites de KEB et KEJ (essai 2)

2.3.1. Matériel végétal

Le matériel végétal conduit en évaluation est constitué de 120 lignées (annexe 6) extraites des variétés composites de cycle extra-précoce KEB et KEJ :

- 60 lignées extraites de KEB numérotées de 1 à 60 de code ERL3-a-b-c,
- 60 lignées extraites de KEJ numérotées de 61 à 120 de code ERL4-a-b-c.

Les lettres a, b et c indiquent que la lignée est respectivement à la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération d'autofécondation.

Les 2 variétés composites KEB et KEJ, sont utilisées comme matériel de référence (témoins). Les caractéristiques de ces témoins sont résumées comme suit :

KEB : c'est une variété composite mise au point à Kamboinsé, Burkina Faso (INERA). Cette variété est issue d'une sélection dans TZEE W (SAFGRAD). Les cycles semis-floraison et semis-maturité sont respectivement de 43 jours après semis et 76 jours en grains. La hauteur de la plante est de 180 cm et la hauteur d'insertion de l'épi est estimée à 90 cm. Elle est tolérante à l'helminthosporiose, la rouille, mais sensible aux viroses. Les grains sont de couleur blanche avec un potentiel en rendement grain de 3,1 t/ha.

KEJ : c'est une variété composite mise au point à Kamboinsé, Burkina Faso (INERA). Elle provient de l'amélioration de TZEE Y. Le cycle semis-floraison est de 41 jours après semis. La hauteur de la plante est de 150 cm tandis que la hauteur d'insertion de l'épi est de 60 cm. Elle est tolérante à l'helminthosporiose, la rouille, mais sensible aux viroses. Les grains sont de couleur jaune, avec un potentiel en rendement grain est de 3,2 t/ha.

2.3.2. Résultats

2.3.2.1. Comportement des lignées extraites de KEB et KEJ par rapport à l'helminthosporiose et à la curvulariose

Des 120 lignées conduites en évaluation, 119 ont été évaluées, une lignée KEB de génotype 53 est retirée de l'évaluation du fait de sa mauvaise levée.

Les notes de maladies attribuées aux individus ont varié entre 1 et 4,67 pour l'helminthosporiose et entre 1 et 4,33 pour la curvulariose.

Le filtrage (sur Excel 2010) des notes moyennes des maladies (annexe 7) obtenues après l'évaluation des individus, a permis de retenir (tableau 18) :

- Pour l'helminthosporiose, 93 lignées résistantes dont 33 de KEB et 60 lignées de KEJ ; 17 lignées tolérantes, toutes de KEB ; 9 lignées sensibles, également toutes de KEB ;
- Pour la curvulariose, 101 lignées résistantes dont 55 de KEB et 46 de KEJ ; 13 lignées tolérantes dont 4 de KEB et 9 de KEJ ; 5 lignées sensibles, toutes de KEJ ;
- Aucune lignée ne s'est révélée être doublement sensible à l'helminthosporiose et la curvulariose ;
- Pour les lignées résistantes à la fois à l'helminthosporiose et à la curvulariose, 75 lignées ont été retenues, dont 29 de KEB et 46 de KEJ.

Tableau 18: Répartition (en nombre) des lignées issues de KEB et KEJ par rapport à l'helminthosporiose et la curvulariose

	Lignées résistantes	Lignées tolérantes	Lignées sensibles
Helminthosporiose	33 de KEB 60 de KEJ Total=93 lignées (78,15%)	17 de KEB Total=11 lignées (14,28%)	9 de KEB Total=9 lignées (7,56%)
Curvulariose	55 de KEB 46 de KEJ Total=101 lignées (84,87%)	4 de KEB 9 de KEJ Total=13lignées (10,93%)	5 de KEJ Total=5 lignées (4,20%)
Helminthosporiose et curvulariose	29 de KEB 46 de KEJ Total=75 lignées (63,02%)	0 lignée	0 lignée

2.3.2.2. Caractérisation agro morphologique des lignées de KEB et KEJ

2.3.2.2.1. Etude de la variabilité génétique des lignées de KEB et KEJ

Le tableau 19 présente les résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de KEB et KEJ.

Tableau 19: Résultats de l'analyse de variances des lignées extraites de KEB et KEJ

Source de variation	FM	FF	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
Répétition	24,91 ***	71,93 ***	6569,09 ***	4686,31 ***	157,77 ***	4,25 ***	0,02 NS	59477,28 ***	25,42 ***	0,85 **	7,4 ***	164,97 ***
Génotype	9,8 ***	20,43 ***	745,36 ***	296,89 ***	3,14 ***	0,32 ***	0,1 ***	14242,72 ***	6,87 ***	0,46 ***	4,85 ***	46,56 ***
E-Res	1,54	2,13	9,51	7,53	1,39	0,31	0,18	49,78	1,37	0,35	0,98	4,03
Moyenne	53,99	57,48	98,41	48,43	11,04	4,51	0,26	130,57	9,18	2,76	10,7 7	15,88
CV(%)	2,85	3,71	9,66	15,54	12,61	6,93	69,86	38,13	14,91	12,7	9,10	25,37

*, **, *** respectivement significatif à 5%, 1% et 0,1% ; NS : non significatif ; CV : coefficient de variation, E-Res : erreur résiduelle. HP : hauteur des plantes, FM : floraison mâle, FF : floraison femelle, HIE : hauteur d'insertion de l'épi, NFSE : nombre de feuilles au-dessus de l'épi, NF : nombre de feuilles, PE : poids des épis par parcelle, PeE : poids de l'échantillon des épis par parcelle, LE : longueur de l'épi, SM : section moyenne de l'épi, NR : nombre de rangées de grains sur l'épi, NGR : nombre de grains sur une rangée de l'épi.

Les résultats portés dans le tableau 19, montrent des différences très hautement significatives pour les variables FF, FM, HP, HIE, NFSE, PeE, LE, SM, NR et NGR, et des différences hautement significatives pour la variable SM en ce qui concerne le facteur répétition. Par contre, pour la variable PE on n'observe aucune différence pour ce facteur. Ces différents niveaux de signification observés pour ce facteur, témoignent d'une hétérogénéité du milieu d'expérimentation. Ce qui conforte le dispositif utilisé pour l'expérimentation.

Toutes les variables ont révélé des différences très hautement significatives pour le facteur génotype. Cela montre l'existence d'une variabilité phénotypique au sein des lignées extraites de KEB et KEJ.

2.3.2.2. Variables discriminantes

Les données moyennes utilisées pour l'analyse en composantes principales sont consignées en annexe 7. La matrice de corrélation des différentes variables et les vecteurs propres sont présentés en annexe 10.

La réalisation de l'analyse en composantes principales (ACP) montre que le plan $\frac{1}{2}$ représenté par les axes 1 et 2 explique 77, 26% de la variabilité observée. La projection des variables sur le plan engendré par les axes 1 et 2 (figure 11), montre que l'axe 1 qui explique 52,23% de la variabilité est caractérisé par les variables architecturales de la plante HP et HIE, et la variable de composantes du rendement NR. Par contre, l'axe 2 qui explique 24,83% de la variabilité est caractérisé par la variable de cycle FM et la variable de composantes du rendement SM. Sur l'axe 1, la hauteur de la plante est la variable qui explique le plus la variabilité observée au sein des individus et sur l'axe 2, la floraison mâle est la variable qui explique le plus la variabilité observée.

La projection des différents individus sur le plan $\frac{1}{2}$ défini par les axes 1 et 2 (figure 12) montre une séparation franche des témoins KEB et KEJ (de génotypes respectifs 121 et 122) d'avec les lignées. En se référant à la variable FM sur l'axe 2, on observe que les témoins KEB et KEJ atteignent l'anthèse (floraison mâle) plus précocement comparativement aux lignées. Ces dernières ont tendance à aller vers la partie positive de l'axe 2 qui traduit un cycle plus tardif.

Les lignées ont tendance à former 2 groupes distincts par rapport à l'axe 1, qui est plus caractérisé par la hauteur de la plante (HP) (figure 13). Les lignées extraites de KEB occupent plus la partie négative de l'axe 1 et les lignées extraites de KEJ occupent plus la partie positive de l'axe 1. En d'autres termes, les lignées de KEJ sont généralement plus grandes de taille que les lignées de KEB. Cependant quelques lignées de KEB sont du côté positif de l'axe 1 (grande taille) et certaines lignées de KEJ sont du côté négatif de l'axe 1 (faible taille). Egalement, le nuage de points (figure 13) indique que plus de la moitié des lignées sont encadrés par les points de repère -1 et 1 de l'axe 2. Ces individus sont plus proches par rapport à leur cycle.

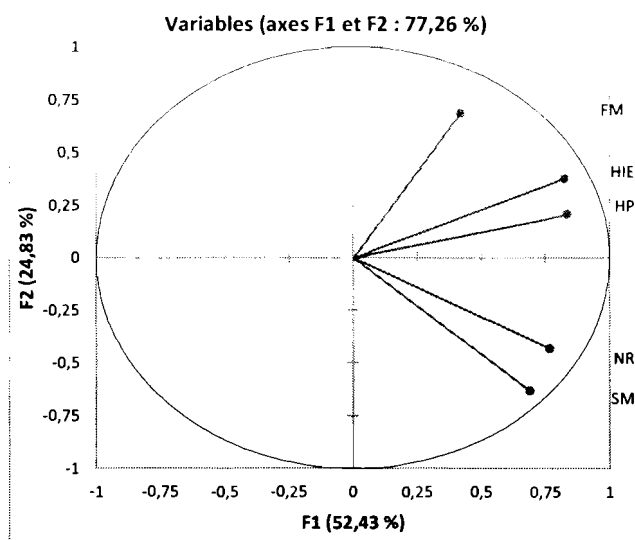


Figure 11: Variables discriminantes des lignées extraites de KEB et KEJ

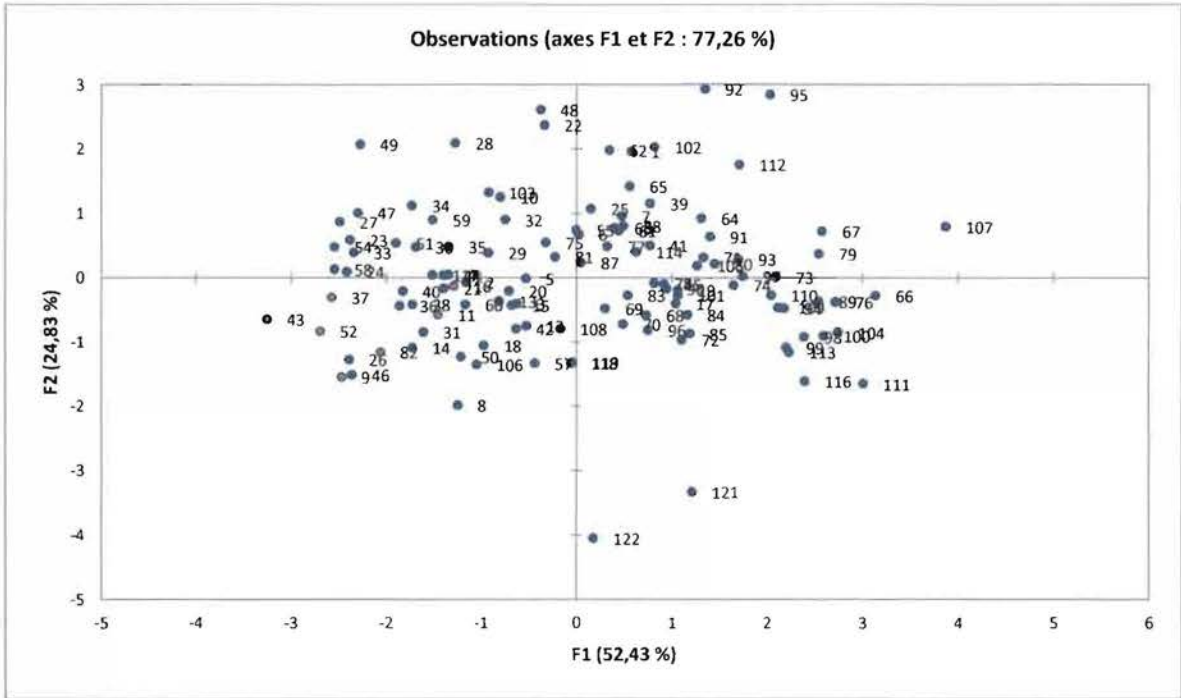


Figure 12: Dispersion des lignées extraites de KEB et KEJ sur le plan 1/2 de l'ACP

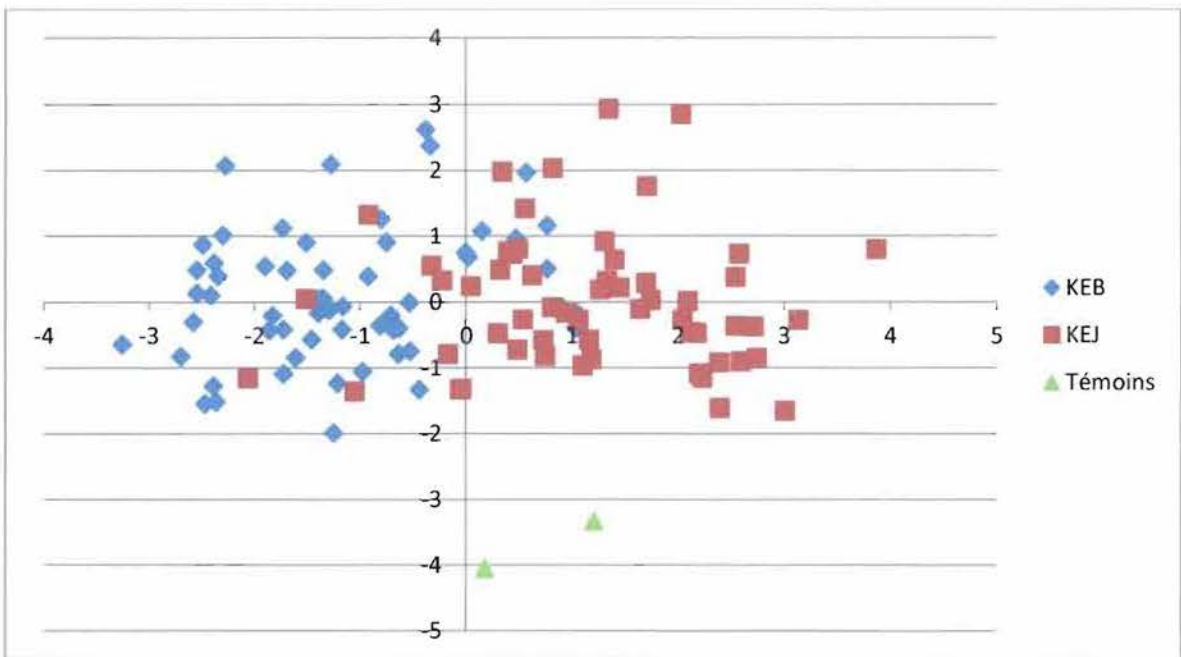


Figure 13: Répartition des lignées selon la variété source (KEJ ou KEB)

2.3.2.2.3. Identification des groupes de lignées (KEJ et KEB) par rapport aux variables discriminantes

Le test de DUNNETT (5%) a été réalisé par rapport à la lignée ERL3-11-1-5 de génotype 1, pour les variables FM et HP (variables discriminantes). Les notes moyennes des individus pour les variables FM et HP sont utilisées pour la réalisation du test (annexe 7). Ce test a permis d'identifier 3 groupes de lignées par rapport au cycle (FM) et 2 groupes de lignées par rapport à la hauteur de la plante (HP).

Par rapport à la hauteur de la plante, 55 lignées dont 40 lignées KEJ et 15 lignées KEB ont une HP significativement plus grande que celle du témoin. Les autres lignées ne présentent pas de différences significatives par rapport au témoin pour la HP.

Pour la FM, les lignées ERL4-26-4-12 ; ERL4-3-4-3 ; ERL4-7-4-1 ; ERL4-18-1-9 ; ERL4-18-7-8 ; ERL4-1-13-3 ; ERL4-18-7-6 et ERL4-1-13-7 sont significativement plus tardifs que le témoin. Tandis que les lignées ERL3-46-1-9; ERL3-39-1-4 ; ERL3-41-1-1 ; ERL3-39-3-6 (lignées de KEB) sont plus précoces que le témoin. Les autres lignées n'ont pas présenté de différence significative par rapport au témoin pour la FM.

2.3.2.3. Identification de lignées (de KEJ et de KEB) prometteuses

Selon les critères de sélection, les lignées sensibles à l'helminthosporiose ou à la curvulariose sont écartées des lignées identifiées pour leurs caractéristiques agro morphologiques intéressantes. Les lignées ERL3-49-1-6, ERL3-7-2-8, ERL3-19-1-14, ERL3-1-2-10, ERL3-41-1-9, ERL3-5-2-8, ERL3-7-3-7, ERL3-32-1-2 et ERL3-6-1-10 de génotypes respectifs 12 ; 22 ; 28 ; 31 ; 37 ; 40 ; 51 ; 52 et 54 sont sensibles à l'helminthosporiose. Les lignées ERL4-1-13-7, ERL4-8-6-5, ERL4-12-4-2, ERL4-7-4-6 et ERL4-26-11-5 de génotypes respectifs 71 ; 72 ; 98 ; 103 et 119 sont sensibles à la curvulariose. Ces différentes lignées sont retirées des lignées sélectionnées pour leurs valeurs agro morphologiques.

La hauteur de la plante (HP) est un critère important de sélection. Les individus de très grandes hauteurs sont sensibles à la casse et les individus de petites hauteurs ne sont pas désirables en sélection car il existe une corrélation positive entre la hauteur de la plante et le rendement.

La sélection par rapport à la HP a retenu les lignées ayant une HP moyenne. En pratique, les lignées sélectionnées ont une HP située entre 98,41 cm (moyenne des HP de l'ensemble des individus 98,41 cm) et 107, 92 cm (98,41 cm + 9,51 cm qui est l'écart type entre les individus pour la variable HP). Les lignées retenues par cette sélection sont au

nombre de 15 (tableau 20) dont 9 de KEB (4 ; 10 ; 13 ; 20 ; 25 ; 30 ; 42 ; 49 et 59) et 6 de FBC6 (61 ; 69 ; 77 ; 87 ; 96 et 119).

Tableau 20: Liste des lignées extraites de KEB et KEJ sélectionnées pour leur hauteur de plante

Génotype	Référence	Génotype	Référence
4	ERL3-5-1-5	59	ERL3-14-3-6
10	ERL3-30-1-3	61	ERL4-18-1-9
13	ERL3-21-2-6	69	ERL4-1-13-5
20	ERL3-7-2-2	77	ERL4-13-2-5
25	ERL3-6-1-2	87	ERL4-2-1-8
30	ERL3-51-1-5	96	ERL4-18-6-1
42	ERL3-36-1-5	119	ERL4-26-11-5
49	ERL3-8-1-1		

ERL3-a-b-c : lignée de KEB ; ERL4-a-b-c : lignée de KEJ

La lignée ERL4-26-11-5 de génotype 119 est éliminée, car elle sensible à la curvulariose. Les lignées intéressantes sont donc au nombre de 14 dont 9 de KEB et 5 de FBC6.

2.3.3. Discussion

L'évaluation du comportement des lignées extraites des variétés KEB et KEJ par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose) a montré que 92,43% des lignées sont résistantes ou tolérantes à l'helminthosporiose et 95,8% sont résistantes ou tolérantes à la curvulariose. Ce résultat n'est pas singulier, puisque COULIBALY (2012) conclut que 91,1% des lignées extraites de KEB et KEJ a un bon comportement par rapport à l'helminthosporiose et 92,6% de ces lignées sont résistantes à la curvulariose. Tout comme les lignées extraites de FBC6 et KPB, le bon comportement des lignées de KEB et KEJ par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose) pourrait s'expliquer par la présence de gènes de tolérances aux maladies (helminthosporiose et curvulariose), que les lignées ont hérité de leur source variétale. En outre, SANOU (1993) indique que les variétés KEB et KEJ sont tolérantes à ces maladies. Les lignées sensibles n'ont certainement pas bénéficié de ces gènes de tolérance au cours de la ségrégation.

Les lignées sont différentes entre elles pour toutes les variables étudiées. Il existe donc une variabilité génotypique entre les lignées évaluées, avec une tendance des lignées KEJ à avoir une hauteur plus grande que les lignées KEB. Les variétés KEB et KEJ sont des composites différentes entre elles en ce qui concerne la hauteur des plantes (SANOU, 1993).

Cela pourrait expliquer le fait que les lignées présentent également des différences pour la hauteur selon la source variétale.

Les lignées sélectionnées dans cette évaluation par rapport aux maladies et aux principales variables agro morphologiques pourraient être intégrées dans un programme de sélection avec d'autres individus désirables pour leurs caractères. Cela dans le but de créer des hybrides de maïs performants.

2.3.4. Conclusion partielle

Cette étude a permis d'évaluer le comportement des lignées KEB et KEJ par rapport aux maladies (helminthosporiose et curvulariose) et d'identifier les lignées qui ont un bon comportement par rapport à ces maladies. Elle a aussi permis de montrer l'existence d'une variabilité génétique entre les lignées pour les différentes variables étudiées. Egalement certaines lignées ont été sélectionnées pour leur bon comportement par rapport aux maladies et à leurs valeurs agro morphologiques. Ces lignées sélectionnées pourraient dans le futur, contribuer à la création de nouveaux hybrides performants.

Conclusion générale et perspectives

Au terme de cette présente étude, dont l'objectif était d'évaluer en conditions pluviales les lignées extraites de variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso, des informations importantes pour la sélection ont été dégagées.

De façon globale, les lignées extraites des différentes variétés composites (SR21, Obatanpa, Espoir, KPB, KEJ et KEB) ont montré un bon niveau de tolérance à l'helminthosporiose et à la curvulariose : 394 lignées ont montré une tolérance ou une résistance à l'helminthosporiose et 409 lignées ont montré une tolérance ou une résistance à la curvulariose. Elles peuvent de ce fait être exploitées pour cette aptitude à bien se comporter par rapport à ces maladies.

En outre, les lignées évaluées présentent une variabilité phénotypique entre elles, offrant de ce fait une possibilité de sélection plus large dans le futur. Car la diversité génétique du matériel végétal est un paramètre important dans le processus d'amélioration génétique des plantes.

Les différentes lignées proposées après une sélection effectuée sur les lignées par rapport à leur comportement face aux maladies et aux principales variables agro morphologiques, pourraient être utilisées dans l'avenir pour la création d'hybrides productifs et résistants aux maladies.

Cette étude a également permis d'identifier 4 lignées pour leur potentiel de résistance au stress hydrique et de mettre en évidence l'effet du stress hydrique au stade préfloraison sur la croissance des plantes de maïs. Ces lignées identifiées pour leur résistance au déficit hydrique pourraient participer à la création d'hybrides résistants au stress hydrique si elles sont intégrées dans un projet de création de tels hybrides.

En guise de perspectives, il serait intéressant de :

- Cribler les différentes lignées contre le streak qui est une maladie qui cause des dégâts en culture pluviale ;
- Etudier l'aptitude à la combinaison des différentes lignées sélectionnées au cours de l'étude ;
- Cribler par rapport au stress hydrique les lignées prometteuses extraites de KPB, FBC6, KEJ et KEB ;
- Régénérer les lignées évaluées extraites de SR21, Obatanpa et Espoir.

Bibliographie

ALVEIS DE OLIVEIRA, 2010. Morphologie du maïs. Téléchargé le 19 Août 2013 sur le site : <http://www2.vet-lyon.fr/ens/nut/webBromato/concepti.html>

AMOR S., MONCEF B., M'BAREK B. et EZZIDDINE Z., 2006. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse* vol. 16, n° 3, 225-229.

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

BÄNZINGER M. et DIALLO A., 2000. Stress tolerant maize for farmers in Sub-Saharan Africa. *Maize Research Highlights 1999-2000*, 1-8.

BÄNZINGER M., EDMEADES G. O., BECK D. et BELLON M., 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize, 68p.

BEN N. M., GHARBI M. S. et PAUL R., 1999. L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse* vol. 10, 27-33.

BORDES J., 2006. Création de lignées haploïdes doublées de maïs par gynogenèse induite *in situ* : amélioration de la méthode et intégration dans les schémas de sélection. Thèse présentée à l'Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France, 117p.

BRISSON N. et DELECOLLE R., 1992. Utilisation des modèles mécanistes de la culture comme outils de raisonnement de la composante génétique de la résistance à la sécheresse. Monneveux P. et Ben S. éditions : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale. Les colloques, n°64. Paris : Inra éditions, 1992.

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

COE E. H. J., NUEFFER M. G. et HOISINGTON D. A., 1988. The genetics of maize. Corn and corn improvement. *Agronomy Monographs* n°18, 81-236.

COULIBALY K., 2012. Sélection et évaluation de lignées homogènes extraites dans les variétés de maïs (*zea mays* L.) extra précoces (KEB, KEJ) et précoce (KPB), vulgarisées au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, Unité de Formation et de Recherche/Sciences de la Vie et de la Terre, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 42p.

DABIRE F., 2000. Sélection inter et intra variétale pour la résistance à la sécheresse en cours de culture chez le maïs (*Zea mays* L.). Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo, Burkina Faso, 79p.

DAYNARD T. B. et DUNCAN W. G., 1969. The black layer and grain maturity. *Corn. Crop science* 9, 473-476.

DE LEON, 1984. Maladies du maïs, guide d'identification au champ. CIMMYT, Mexico, Mexique, 114p.

DEBAEKE P., CABELGUENNE M., CASALS M. L. et PUECH J., 1996. Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epicphase-blé. *Agronomie* vol. 16, 25-46.

DERIEUX M., 1978. Etude de quelques facteurs d'adaptation du maïs aux conditions climatiques du Nord de la France. *Ann Amélior Plantes* vol. 28, n°5, 529-566.

DZIDO J. L., 1984. Note sur l'amélioration du maïs et son application à Madagascar. FOFIFA/CIRAD, 20p.

ECOWAP, 2008. La politique agricole régionale de l'Afrique de l'Ouest. Commission de la CEDEAO, 12p.

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

FAO, 2011. Statistiques agricoles consulté sur le 09 août 2013 sur le site : <http://www.fao.org> 2011.

FAOSTAT, 2010. Importance de la production de maïs dans le monde en 2010. Consulté le 09 août 2013 sur le site: <http://www.fao.org> 2011 .

GALINAT W. C., 1988. The origin of corn. *Corn and corn improvement. Agronomy Monographs* n°18, 1-31.

GNIS PEDAGOGIE, 2013. Inflorescences du maïs. Téléchargé le 07 octobre 2013 sur le site : <http://www.gnis-pédagogie.org>.

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

GUINKO S., 1984. Végétation de Haute-Volta. Thèse de doctorat. Tome I. Université de Bordeaux III, France, 313p.

HEISEY P. W. et EDMEADES G. O., 1999. Maize Production in Drought-Stressed Environments: Technical Options and Research Resource Allocation. *World Maize Facts and Trends. CIMMYT* 1997/98, 36p.

- HERRERO M. P. et JOHNSON R. R., 1981.** Drought stress and its effects on maize reproduction system. *Crop Sciences* 21, 105-110.
- HITCHCOCK, A. S. et CHASE A., 1971.** Manual of the grasses of the United States. Dover Publications, Vol. 2, 790-796.
- KINIRY J. R., RITCHIE J. T. et MUSSER R. L., 1983.** Dynamic nature of the photoperiod response in maize. *Agronomy Journal* 75, 700-703.
- KLING J. G., 1991.** Morphologie et développement du maïs. IITA, Ibadan, Nigeria, 24p.
- KONATE G. ET TRAORE O., 1992.** Les hôtes réservoirs du virus de la striure du maïs (MSV) en zone soudano-sahélienne : identification et distribution spatio-temporelle. *Phytoprotection* vol. 73, n°3, 111-117.
- LE CONTE J., 1950.** Le maïs hybride aux Etats - Unis d'Amérique : Archives de l'Institut des Recherches Agronomiques de l'Indochine. 187p.
- LEIFI N., 1997.** Biodiversité racinaire et résistance à la sécheresse. Mémoire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université LAVAL, Québec, Canada, 151p.
- LIU R., VITTE C., MA J., MAHAMA A. A., DHLIWAYO T., LEE M. et BENNETZEN J. L., 2007.** A gene trek analysis of the maize genome. *Proceedings of the national academy sciences* 104, 11844-11849.
- MILLOGO G., 2010.** Création et évaluation d'hybrides et de matériels introduits performants en vue d'une intensification de la culture du maïs au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo, Burkina Faso, 62p.
- MORIZET J., TRIBO A. M. et POLLACSEK M., 1984.** Résistance à la sécheresse chez le maïs : quelques mécanismes impliqués. *Physiologie et production du maïs*. INRA, France, 167-174.
- MOUGEOT L. J. A. et MOUSTIER P., 2004.** Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone : enjeux, concepts et méthodes. CIRAD/CRDI, 11-23.
- NAVARRO G. H., 1984.** L'analyse des composantes du rendement du maïs. Application à l'étude de la variabilité du rendement dans une petite région. Thèse de docteur-ingénieur, INA. PG, Paris, France, 237p.
- NORMAN M. J. et SEARLE, P. G. E., 1995.** The ecology of tropical food crops. Cambridge University Press, USA, 430p.
- OECD, 2006.** Points to Consider for Consensus Documents on Biology of Cultivated Plants. ENV/JM/MONO (2006)1, Organisation for Economic Co-operation and Development. 32
[http://www.oilis.oecd.org/oilis/2006doc.nsf/LinkTo/NT00000B8E/\\$FILE/JT03206674.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2006doc.nsf/LinkTo/NT00000B8E/$FILE/JT03206674.PDF)

OUATTAR S., JONES R. J., CROOKSTON R. K. et KAJEIOU M., 1987. Effect of water deficit during filling on the Pattern of maize Kernel Growth and Development. *Crop Sciences* 27, 726-730.

OUEDRAOGO N., 2008. Amélioration variétale de la résistance à la sécheresse en cours de culture de quatre variétés de maïs riches en protéine : cas de Espoir, Obatanpa, FBQPM1 et FBQPM2. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université de Polytechnique de Bobo, Burkina Faso, 43p.

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

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

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 des lignées endogames extraites de quatre variétés de maïs. Mémoire de fin d'études, IPR/IFRA, Katibougou, Mali, 59p.

SANOUE A., 2011. Création et évaluation d'hybrides et de lignées de maïs dans le cadre d'une intensification de la maïsiculture au Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo, Burkina Faso, 92p.

SANOUE J., 1993 : Choisir sa variété au Burkina Faso. CNRST/INERA, Burkina Faso, 18p.

SANOUE J., 1996. Analyse de la variabilité génétique des cultivars locaux de maïs de la zone de savane Ouest Africaine en vue de sa gestion et de son utilisation. Thèse de doctorat, ENSA, Montpellier, France, 98 p.

SANOUE J., 2003. Programme d'activités de recherches 2003. Génétique et amélioration du maïs (zone ouest et centre du Burkina Faso). INERA/Ouagadougou, Burkina Faso, 10p.

SANOUE J., 2012. Variétés de maïs vulgarisées au Burkina Faso, actualisation 2012. INERA/CT, Burkina Faso, 2p.

SARR A., 1975. Modèle d'étude d'une structure de population. Analyse de la variabilité des populations « naturelles » de maïs (*zea mays* L.) du Sénégal. Thèse de doctorat-ingénieur, Université de Paris-Sud, France, 155p.

SIVAKUMAR M. V. K. et GNOUMOU F., 1987. Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : le Burkina Faso. ICRISAT, Bulletin d'information n°23, 192p.

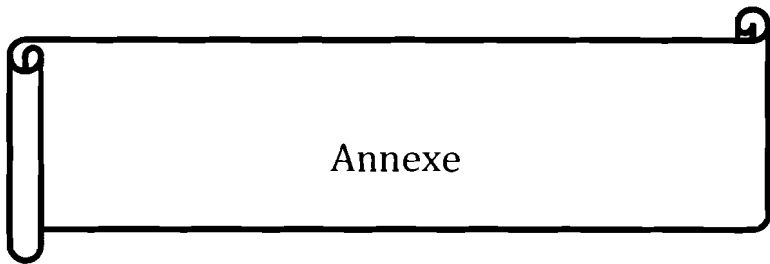
TOLLENAR M., 1977. Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. *Maydica* n°22, 49-75.

TRAORE B., 2011. Amélioration de la variété de maïs (*Zea mays* L.) Espoir en vue de l'intensification de la maïsiculture au Burkina Faso. Identification des composantes essentielles. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo, Burkina Faso, 74p.

TRIBOÏ E., 1990. Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. Agronomie vol. 10, 191-200.

USDA, 2005. Germplasm Ressources Information Network-(GRIN). United states Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville.

ZOMA O., 2010. Amélioration de variété Espoir de maïs en vue de l'intensification de sa culture. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo, Burkina Faso, 51p.



Annexe

Annexe 1 : Liste des lignées extraites de Espoir, Obatanpa et SR21

N°	Référence	N°	Référence	N°	Référence	N°	Référence
1	ERL2-57-1-1-8-3	47	ERL2-2-30-2-1-2	93	ERL5-39-5-2	139	ERL7-2-3-6
2	ERL2-57-1-1-8-6	48	ERL2-64-4-1-1-4	94	ERL5-33-4-3	140	ERL7-10-1-8
3	ERL2-57-1-1-8-5	49	ERL2-4-2-1-1-7	95	ER5-24-4-3	141	ERL7-18-11-4
4	ERL2-57-1-1-8-2	50	ERL2-4-2-1-1-4	96	ERL5-11-6-3	142	ERL7-11-6-3
5	ERL2-57-1-1-8-4	51	ERL2-4-2-1-1-2	97	ERL5-5-8-9	143	ERL7-16-3-7
6	ERL2-57-1-1-8-1	52	ERL2-4-2-1-1-6	98	ERL5-26-1-3	144	ERL7-2-3-11
7	ERL2-22-7-2-2-2	53	ERL2-4-2-1-1-9	99	ERL5-35-1-1	145	ERL7-2-2-6
8	ERL2-22-7-2-2-8	54	ERL2-4-2-1-1-11	100	ERL5-3-5-8	146	ERL7-2-3-5
9	ERL2-22-7-2-2-6	55	ERL2-4-2-1-1-10	101	ERL5-20-7-10	147	ERL7-10-1-1
10	ERL2-22-7-2-2-3	56	ERL2-4-2-1-1-8	102	ERL5-41-5-2	148	ERL7-2-2-10
11	ERL2-22-7-2-2-1	57	ERL2-4-2-1-1-5	103	ERL5-41-5-1	149	ERL7-2-2-7
12	ERL2-22-7-2-2-4	58	ERL2-57-1-1-2-4	104	ERL5-20-7-7	150	ERL7-2-5-8
13	ERL2-22-7-2-2-5	59	ERL2-57-1-1-2-3	105	ERL5-25-3-4	151	ERL7-2-5-6
14	ERL2-27-2-1-3-4	60	ERL2-57-1-1-2-8	106	ERL5-33-2-6	152	ERL7-16-3-5
15	ERL2-27-2-1-3-1	61	ERL5-4-9-8	107	ERL5-5-8-1	153	ERL7-1-3-5
16	ERL2-27-2-1-3-3	62	ERL5-23-1-10	108	ERL5-20-7-3	154	ERL7-7-2-10
17	ERL2-27-2-1-3-2	63	ERL5-24-5-4	109	ERL5-4-6-4	155	ERL7-16-3-1
18	ERL2-30-2-1-2-1	64	ERL5-36-4-3	110	ERL5-26-1-1	156	ERL7-2-2-8
19	ERL2-30-2-1-2-2	65	ERL5-26-3-6	111	ERL5-44-4-1	157	ERL7-7-4-3
20	ERL2-30-2-1-2-3	66	ERL5-22-4-3	112	ERL5-4-6-3	158	ERL7-16-3-10
21	ERL2-64-4-1-1-3	67	ERL5-35-6-6	113	ERL5-41-5-4	159	ERL7-2-3-1
22	ERL2-64-4-1-1-2	68	ERL5-27-3-1	114	ERL5-11-6-6	160	ERL7-16-3-2
23	ERL2-64-4-1-1-1	69	ERL5-30-8-6	115	ERL5-27-8-11	161	ERL7-2-3-7
24	ERL2-22-7-2-1-3	70	ERL5-36-4-4	116	ERL5-11-8-1	162	ERL7-11-6-10
25	ERL2-22-7-2-1-1	71	ERL5-11-5-4	117	ERL5-25-4-8	163	ERL7-7-2-8
26	ERL2-42-1-5-3-4	72	ERL5-4-9-6	118	ERL5-20-7-6	164	ERL7-2-2-3
27	ERL2-42-1-5-3-2	73	ERL5-9-1-2	119	ERL5-7-3-3	165	ERL7-2-2-2
28	ERL2-4-1-3-2-3	74	ERL5-34-1-3	120	ERL5-25-3-2	166	ERL7-18-11-1
29	ERL2-4-1-3-2-2	75	ERL5-20-5-11	121	ERL7-10-1-9	167	ERL7-2-11-5
30	ERL2-4-1-3-2-6	76	ERL5-26-3-1	122	ERL7-2-4-2	168	ERL7-2-2-4
31	ERL2-4-1-3-2-5	77	ERL5-20-5-3	123	ERL7-10-1-5	169	ERL7-11-6-1
32	ERL2-4-2-1-2-10	78	ERL5-27-3-14	124	ERL7-2-8-4	170	ERL7-7-2-9
33	ERL2-4-2-1-2-8	79	ERL5-24-4-1	125	ERL7-2-6-11	171	ERL7-2-5-5
34	ERL2-4-2-1-2-5	80	ERL5-11-6-13	126	ERL7-7-7-2	172	ERL7-16-3-3
35	ERL2-4-2-1-2-4	81	ERL5-33-2-3	127	ERL7-2-6-12	173	ERL7-7-2-7
36	ERL2-42-1-5-3-3	82	ERL5-41-5-6	128	ERL7-10-5-1	174	ERL7-2-5-3
37	ERL2-42-1-5-3-1	83	ERL5-24-4-10	129	ERL7-2-11-4	175	ERL7-2-5-2
38	ERL2-42-1-5-3-6	84	ERL5-27-8-2	130	ERL7-2-8-12	176	ERL7-15-2-4
39	ERL2-1-8-1-1-1	85	ERL5-39-5-4	131	ERL7-6-3-1	177	ERL7-2-2-9
40	ERL2-1-8-1-1-4	86	ERL5-25-3-6	132	ERL7-10-1-3	178	ERL7-18-11-7
41	ERL2-1-8-1-1-3	87	ERL5-24-4-2	133	ERL7-1-3-3	179	ERL7-16-3-8
42	ERL2-1-8-1-1-2	88	ERL5-24-4-9	134	ERL7-2-3-2	180	ERL7-11-6-9
43	ERL2-4-2-1-2-2	89	ERL5-20-7-1	135	ERL7-2-3-12	181	SR21
44	ERL2-4-2-1-2-9	90	ERL5-11-6-15	136	ERL7-7-2-6	182	OBATANPA
45	ERL2-4-2-1-2-7	91	ERL5-33-2-9	137	ERL7-2-11-2	183	ESPOIR
46	ERL2-4-2-1-2-3	92	ERL5-20-7-5	138	ERL7-2-5-4	184	FBML10

ERL2 : lignée extraite de Espoir ; ERL5 : lignée extraite de Obatanpa ; ERL7 : lignée extraite de SR21

Annexe 2 : Notes moyennes des lignées Espoir, Obatanpa et SR21 pour les variables observées

geno	REFERENCE	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	SECH
1	ERL2-57-1-1-8-3HC			3,00	1,00					4,00
2	ERL2-57-1-1-8-6HC	62,00	66,00	3,00	1,50					3,00
3	ERL2-57-1-1-8-5HC	60,33	65,00	2,50	1,83	68,67	21,00	10,33	3,87	4,00
4	ERL2-57-1-1-8-2 HC	68,00	75,00	2,00	1,00	60,00	30,00	11,00	5,00	5,00
5	ERL2-57-1-1-8-4hC	62,00	64,50	3,67	1,67	76,50	32,50	9,60	4,40	4,50
6	ERL2-57-1-1-8-1HC	65,00	68,00	2,00	3,00	50,00	20,00	8,00	4,00	5,50
7	ERL2-22-7-2-2-2HC	67,00	72,00	1,75	1,25					4,50
8	ERL2-22-7-2-2-8HC	65,67	70,33	2,67	1,83	78,83	36,17	8,98	4,00	4,33
9	ERL2-22-7-2-2-6HC	65,67	69,50	3,00	1,17	72,50	31,25	9,75	4,50	3,83
10	ERL2-22-7-2-2-3HC	65,00	71,33	2,83	1,67	77,33	42,67	9,27	3,93	4,67
11	ERL2-22-7-2-2-1HC	70,33	67,00	2,83	1,67	77,50	36,25	8,75	4,25	5,33
12	ERL2-22-7-2-2-4HC	62,00	62,00	2,67	1,17	107,00	46,00	11,00	4,60	4,00
13	ERL2-22-7-2-2-5 HC	64,33	69,00	3,00	1,67	88,13	36,88	9,88	5,00	4,50
14	ERL2-27-2-1-3-4HC	68,67	70,50	2,17	1,17	85,00	42,50	9,50	4,00	4,17
15	ERL2-27-2-1-3-1 HC	69,67	73,00	3,00	2,25	85,00	44,38	9,50	4,25	4,00
16	ERL2-27-2-1-3-3HC	67,00	68,00	2,33	1,50	82,50	35,25	8,15	3,80	3,83
17	ERL2-27-2-1-3-2 HC	65,33	66,50	3,00	1,33	89,85	30,75	9,00	4,40	4,75
18	ERL2-30-2-1-2-1 HC	69,00	75,00	3,50	2,00	65,00	25,00	8,00	5,00	3,50
19	ERL2-30-2-1-2-2hC	61,67	65,00	3,67	1,50	85,00	30,00	11,00	6,00	3,17
20	ERL2-30-2-1-2-3 HC	67,00	67,50	3,50	1,33	75,00	20,00	8,00	5,00	3,33
21	ERL2-64-4-1-1-3 HC	63,67	68,33	3,50	2,33	57,50	17,50	8,50	5,00	3,50
22	ERL2-64-4-1-1-2 HC	68,50		3,17	1,33					3,67
23	ERL2-64-4-1-1-1hC	65,00	65,00	3,67	1,83	90,00	45,00	10,00	5,00	3,17
24	ERL2-22-7-2-1-3 HC	66,00	68,50	2,67	1,17	72,50	32,50	9,00	4,00	4,83
25	ERL2-22-7-2-1-1 HC	65,50	65,00	2,75	1,50	118,00	60,00	10,60	5,00	4,25
26	ERL2-42-1-5-3-4 HC	79,00		3,50	1,00					5,00
27	ERL2-42-1-5-3-2 HC	66,00	73,00	2,67	1,33					4,33
28	ERL2-4-1-3-2-3HC	65,00	69,00	2,50	3,00	90,00	40,00	8,00	5,00	
29	ERL2-4-1-3-2-2HC	69,00		2,00	1,50	60,00	25,00	11,00	6,00	4,00
30	ERL2-4-1-3-2-6 HC	63,00	68,67	2,83	1,67	93,33	37,50	10,67	5,17	4,83
31	ERL2-4-1-3-2-5									
32	ERL2-4-2-1-2-10 HC	62,67	66,33	3,50	2,00	117,50	57,00	10,00	4,50	4,50
33	ERL2-4-2-1-2-8 HC	60,67	64,00	2,83	1,67	111,67	53,33	10,13	4,53	4,33
34	ERL2-4-2-1-2-5 HC	64,00	67,33	2,67	1,50	81,94	37,50	9,22	4,44	4,67
35	ERL2-4-2-1-2-4 HC	59,00	62,00	3,00	1,67	108,00	47,50	11,00	5,60	4,00
36	ERL2-42-1-5-3-3 HC			3,25	2,00					5,25
37	ERL2-42-1-5-3-1									6,50
38	ERL2-42-1-5-3-6HC	79,00		2,50	1,00					5,00
39	ERL2-1-8-1-1-1 HC	62,00	65,00	2,75	1,25	79,00	15,00	11,00	5,00	4,67
40	ERL2-1-8-1-1-4 HC	62,00	65,00	3,00	1,25	85,00	38,00	10,80	5,00	4,50
41	ERL2-1-8-1-1-3 HC	68,00	71,00	3,50	1,00	77,50	32,50	9,50	5,00	3,50
42	ERL2-1-8-1-1-2HC	67,50	73,00	2,50	1,17	77,50	47,50	10,00	5,00	3,25
43	ERL2-4-2-1-2-2 HC	64,50	66,50	3,00	1,83	92,50	37,50	8,50	4,00	4,17
44	ERL2-4-2-1-2-9 HC	66,50	71,00	2,75	1,25	125,00	60,00	12,00	5,00	5,00
45	ERL2-4-2-1-2-7HC	65,00	71,50	2,33	1,33	98,33	40,00	9,67	4,33	4,83

Annexe 2 : Notes moyennes des lignées Espoir, Obatanpa et SR21 pour les variables observées (suite)

geno	REFERENCE	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	SECH
46	ERL2-4-2-1-2-3 HC	65,00	71,00	2,83	1,17	96,25	47,50	10,25	4,25	4,67
47	ERL2-2-30-2-1-2									2,00
48	ERL2-64-4-1-1-4hC	62,33	66,00	3,67	1,67	100,75	50,50	10,85	5,20	3,33
49	ERL2-4-2-1-1-7HC	63,50	67,00	2,17	1,67	87,50	37,50	9,00	4,67	3,83
50	ERL2-4-2-1-1-4 HC	63,50	67,50	3,50	1,50	90,00	35,00	10,00	5,00	4,17
51	ERL2-4-2-1-1-2HC	67,00	69,00	2,33	1,00	83,75	35,00	10,25	5,00	4,17
52	ERL2-4-2-1-1-6 HC	67,33	66,00	2,67	1,17	75,00	25,00	9,00	4,00	3,33
53	ERL2-4-2-1-1-9 HC	63,00	68,50	2,75	1,25	105,00	45,00	10,00	5,00	4,00
54	ERL2-4-2-1-1-11 HC	73,50	71,00	3,50	1,50	98,75	43,75	9,25	4,63	4,50
55	ERL2-4-2-1-1-10 HC	61,50	64,50	3,25	2,25	82,50	30,00	10,50	5,50	4,50
56	ERL2-4-2-1-1-8 HC	69,00	72,00	2,75	1,25	67,50	25,00	8,00	4,00	4,25
57	ERL2-4-2-1-1-5 HC	64,00	67,67	3,00	1,50	77,67	35,83	9,10	3,93	4,67
58	ERL2-57-1-1-2-4 HC	70,00	65,00	3,50	1,67	72,50	30,00	9,00	4,00	4,75
59	ERL2-57-1-1-2-3 HC	71,00	71,00	3,25	1,50					5,50
60	ERL2-57-1-1-2-8 HC	70,50	65,00	3,50	1,50	56,25	20,00	10,25	5,25	4,00
61	ERL5-4-9-8 HC	69,00		3,00	1,25	105,00	35,00	9,00	5,00	4,50
62	ERL5-23-1-10 HC	66,00	69,00	3,00	1,17	115,00	55,00	10,00	4,00	7,00
63	ERL5-24-5-4 HC	70,00	65,00	3,25	1,50	97,50	50,00	8,50	3,50	4,00
64	ERL5-36-4-3 HC	60,00	63,33	3,00	2,17	98,33	41,22	10,02	5,13	2,83
65	ERL5-26-3-6 HC	65,00	69,00	3,33	1,17	120,00	53,33	10,67	5,00	3,50
66	ERL5-22-4-3 HC	65,00	69,00	2,83	2,00	70,00	22,50	8,50	4,50	5,17
67	ERL5-35-6-6HC	64,33	68,50	1,83	1,50	72,00	29,50	9,60	5,00	3,00
68	ERL5-27-3-1hC	63,00	65,50	3,67	1,00	119,00	56,50	10,00	4,40	3,67
69	ERL5-30-8-6 HC	60,33	63,67	3,00	1,50	95,67	36,33	8,67	4,40	5,50
70	ERL5-36-4-4 HC	63,50	67,00	3,25	1,25	73,75	25,00	9,88	5,13	4,00
71	ERL5-11-5-4HC	65,00	71,00	2,50	1,00	85,00	30,00	12,00	6,00	4,75
72	ERL5-4-9-6 HC	63,00	66,00	3,50	1,50	73,25	33,25	9,80	4,40	4,67
73	ERL5-9-1-2 HC	68,00		2,75	1,75	70,00	40,00	12,00	5,00	3,50
74	ERL5-34-1-3 HC	64,50	69,00	3,33	1,33	101,00	46,50	10,90	5,10	3,67
75	ERL5-20-5-11HC	62,67	64,50	1,83	1,67	98,72	36,00	9,38	4,49	4,17
76	ERL5-26-3-1 HC	65,00		3,33	1,00	145,00	60,00	10,00	5,00	3,83
77	ERL5-20-5-3	62,67	65,67	2,33	2,50	125,50	50,92	9,55	4,85	4,67
78	ERL5-27-3-14 HC	67,00	73,00	3,17	1,33	71,25	33,75	8,50	4,00	3,83
79	ERL5-24-4-1 HC	64,67	68,00	2,83	1,83	113,75	43,75	9,50	5,25	5,33
80	ERL5-11-6-13 HC	63,33	65,00	3,00	1,67	126,00	56,00	11,00	5,20	4,00
81	ERL5-33-2-3HC	64,00	68,00	2,50	1,33	85,83	32,92	10,25	4,67	3,83
82	ERL5-41-5-6 HC	63,00	66,33	3,50	1,67	75,00	12,50	9,00	5,50	4,00
83	ERL5-24-4-10HC	65,33	71,67	2,33	1,00	102,00	41,50	9,90	4,90	5,00
84	ERL5-27-8-2hC	64,33	70,00	3,67	2,00	72,00	26,67	10,00	4,53	4,17
85	ERL5-39-5-4 HC	63,50	67,00	3,17	2,17	97,44	43,00	10,60	5,33	4,67
86	ERL5-25-3-6 HC	64,00	67,00	3,33	1,33	87,67	33,11	9,72	4,43	4,67
87	ERL5-24-4-2 HC	63,00	68,33	2,67	2,00	116,33	46,83	11,18	5,60	5,33
88	ERL5-24-4-9 HC	63,33	67,50	2,83	1,67	108,50	43,25	10,05	5,20	5,17
89	ERL5-20-7-1 HC	61,67	65,00	2,67	1,50	112,44	44,00	9,47	4,60	4,67
90	ERL5-11-6-15HC	61,33	65,67	2,17	1,67	79,08	28,33	9,05	4,28	4,17
91	ERL5-33-2-9 HC	64,00	67,50	2,67	1,00	81,67	38,75	10,54	5,00	3,00

Annexe 2 : Notes moyennes des lignées Espoir, Obatanpa et SR21 pour les variables observées (suite)

geno	REFERENCE	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	SECH
92	ERL5-20-7-5 HC	60,67	62,67	3,00	2,00	118,00	54,00	10,00	4,40	6,00
93	ERL5-39-5-2 HC	70,00		3,00	1,17					4,33
94	ERL5-33-4-3hC	61,50	66,00	3,67	2,00	129,13	54,38	10,33	5,00	4,33
95	ERL5-24-4-3 HC	64,00	71,33	3,17	1,17	121,00	47,00	11,10	5,60	5,33
96	ERL5-11-6-3HC	62,00	65,67	2,67	2,67	115,00	45,67	10,40	5,20	4,00
97	ERL5-5-8-9 HC	65,00	67,00	2,75	1,50	63,50	27,50	8,70	4,80	4,75
98	ERL5-26-1-3 HC	60,00	63,00	2,67	1,50	115,00	47,50	9,90	5,30	4,33
99	ERL5-35-1-1hC	59,50	63,00	3,67	2,00	109,50	47,50	9,80	5,30	4,50
100	ERL5-3-5-8 HC	67,00		3,00	1,25					4,50
101	ERL5-20-7-10HC	65,00	69,00	2,50	1,00	95,00	40,00	9,00	4,50	4,50
102	ERL5-41-5-2 HC	62,00	65,33	3,33	2,00	69,58	18,06	8,56	4,67	3,67
103	ERL5-41-5-1HC	62,50	61,00	2,50	3,00	80,00	37,50	10,50	4,50	4,50
104	ERL5-20-7-7HC	64,00	66,00	1,75	1,75	55,00	27,50	8,75	4,50	4,50
105	ERL5-25-3-4 HC	61,67	66,33	3,17	1,17	113,33	47,25	10,48	4,83	4,17
106	ERL5-33-2-6 HC	64,00	68,67	3,00	2,00	84,17	33,33	10,22	5,39	3,67
107	ERL5-5-8-1HC	62,33	66,00	2,50	2,00	97,42	50,25	9,95	4,35	4,83
108	ERL5-20-7-3HC	62,33	65,67	2,33	1,17	114,17	28,00	10,33	5,50	5,83
109	ERL5-4-6-4 HC	60,33	63,67	3,17	1,67	63,06	22,50	9,50	5,17	4,17
110	ERL5-26-1-1 HC	57,67	61,00	2,83	1,83	134,33	58,67	11,00	5,27	5,50
111	ERL5-44-4-1 HC	72,00		2,67	1,17	100,00	35,00	8,00	4,00	4,50
112	ERL5-4-6-3 HC	61,67	65,00	2,83	1,83	78,50	34,00	9,10	4,80	3,83
113	ERL5-41-5-4 HC	63,67	61,00	3,50	2,00	128,00	41,00	10,80	6,00	3,00
114	ERL5-11-6-6 HC	59,33	62,33	3,17	1,67	109,50	46,33	10,47	5,20	3,67
115	ERL5-27-8-11 HC	62,67	67,67	2,83	1,33	103,11	41,56	9,89	4,96	5,17
116	ERL5-11-8-1 HC	71,00		2,75	1,00					3,83
117	ERL5-25-4-8 HC	65,00	67,50	3,00	1,17	73,00	26,50	8,30	4,10	4,50
118	ERL5-20-7-6 HC	61,67	64,33	2,83	1,67	81,39	34,58	9,36	4,44	4,83
119	ERL5-7-3-3 HC	61,50	65,00	3,50	1,83	102,00	37,75	9,50	4,60	4,50
120	ERL5-25-3-2 HC	62,00	65,67	3,33	1,50	96,50	42,33	9,07	4,50	4,67
121	ERL7-10-1-9 HC	65,67	71,00	3,00	1,00	117,50	57,50	12,00	5,00	5,50
122	ERL7-2-4-2 HC	65,33	67,00	3,17	2,33	88,75	36,25	9,10	5,05	5,17
123	ERL7-10-1-5 HC	69,33	73,00	2,83	1,83	60,00	30,00	8,00	4,00	3,83
124	ERL7-2-8-4HC	66,67		2,33	1,17					5,00
125	ERL7-2-6-11 HC	61,67	64,00	2,83	1,50	95,50	33,00	9,10	4,70	4,00
126	ERL7-7-7-2 HC	64,67	68,50	3,17	1,50	92,50	30,50	9,60	4,90	4,17
127	ERL7-2-6-12HC	62,00	62,00	2,33	3,17	118,00	45,00	11,20	5,80	3,83
128	ERL7-10-5-1 HC	68,00	74,00	2,67	1,50	90,00	35,00	11,00	5,00	4,50
129	ERL7-2-11-4 HC	64,67	70,00	3,17	1,50	84,31	31,11	9,33	5,11	4,67
130	ERL7-2-8-12 HC	67,50	72,00	3,17	1,17	122,50	40,63	12,25	6,50	4,17
131	ERL7-6-3-1 HC	64,67	67,67	3,17	1,83	87,22	38,11	11,27	4,71	4,00
132	ERL7-10-1-3 HC	67,33	65,00	3,50	1,50	94,58	36,25	10,00	5,33	4,33
133	ERL7-1-3-3 HC	58,00	65,00	3,50	1,00	86,67	26,67	10,33	5,67	4,00
134	ERL7-2-3-2 HC	62,67	65,00	3,33	1,50	122,00	60,67	10,53	5,20	4,50
135	ERL7-2-3-12 HC	66,67	67,00	3,00	1,67	138,75	64,38	11,21	5,25	4,67
136	ERL7-7-2-6HC	66,00	71,00	2,50	1,00	95,00	25,00	10,00	6,00	4,67
137	ERL7-2-11-2HC	61,50	67,00	2,17	1,17	117,50	35,00	10,83	6,50	3,83

Annexe 2 : Notes moyennes des lignées Espoir, Obatanpa et SR21 pour les variables observées (suite)

geno	REFERENCE	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	SECH
138	ERL7-2-5-4HC	64,00	69,00	2,50	1,17	113,33	33,33	10,33	5,67	4,17
139	ERL7-2-3-6 HC	66,00	68,00	3,00	1,50	87,50	44,38	10,38	4,63	4,25
140	ERL7-10-1-8HC			2,50	1,00					5,00
141	ERL7-18-11-4 HC	61,00	65,00	3,17	1,17	57,50	15,00	9,00	5,00	4,00
142	ERL7-11-6-3 HC	64,00	65,00	3,33	1,50	118,25	34,25	10,95	6,50	4,17
143	ERL7-16-3-7 HC	60,33	63,00	3,17	1,83	132,50	53,50	11,70	5,80	3,67
144	ERL7-2-3-11 HC	66,67	71,33	3,17	1,33	124,75	54,75	10,80	5,05	5,17
145	ERL7-2-2-6 HC	65,33	68,67	3,00	1,50	94,83	37,50	9,40	4,30	4,83
146	ERL7-2-3-5 HC	64,00	65,00	3,17	1,83	119,50	51,17	9,80	4,93	4,67
147	ERL7-10-1-1 HC	63,50	66,00	3,17	1,17	75,63	22,29	8,50	4,67	4,50
148	ERL7-2-2-10 HC	59,00	62,33	2,67	1,17	96,00	40,56	9,91	4,69	4,50
149	ERL7-2-2-7 HC	63,00	66,67	2,83	1,00	126,88	58,96	10,38	4,38	4,17
150	ERL7-2-5-8 HC	60,67	63,67	3,33	1,50	105,67	35,11	10,20	5,24	4,67
151	ERL7-2-5-6 HC	61,67	63,50	3,33	2,00	110,67	33,67	9,93	5,20	4,17
152	ERL7-16-3-5HC	64,33	68,00	2,50	1,50	106,67	41,67	10,17	4,92	4,83
153	ERL7-1-3-5 HC	61,67	66,33	3,33	2,00	73,75	36,25	10,63	4,25	3,50
154	ERL7-7-2-10HC	62,00	63,50	2,50	1,00	136,00	52,00	11,40	5,70	5,33
155	ERL7-16-3-1 HC	64,33	67,00	2,67	1,33	92,78	33,89	10,56	5,22	3,50
156	ERL7-2-2-8 HC	62,33	66,33	3,50	1,83	123,33	55,83	10,23	4,80	3,83
157	ERL7-7-4-3 HC	65,00	69,50	3,00	1,17	116,00	55,00	9,20	4,40	5,50
158	ERL7-16-3-10HC	70,50	66,00	2,50	1,00	90,00	28,33	10,00	5,33	4,50
159	ERL7-2-3-1 HC	61,33	63,00	3,50	1,50	143,25	69,13	12,00	5,73	4,83
160	ERL7-16-3-2HC	66,00	69,00	2,17	1,17	95,00	41,25	10,75	4,75	3,75
161	ERL7-2-3-7 HC	63,00	69,50	2,83	2,00	135,83	59,17	11,00	5,33	3,50
162	ERL7-11-6-10 HC	63,00	66,50	3,00	2,00	131,00	53,00	10,80	6,40	4,83
163	ERL7-7-2-8 HC	78,00		3,00	1,25					5,00
164	ERL7-2-2-3 HC	62,67	65,00	3,33	1,83	120,00	47,25	10,07	5,07	4,83
165	ERL7-2-2-2 HC	61,67	65,00	3,00	1,50	118,83	43,33	9,83	4,83	4,67
166	ERL7-18-11-1hC	64,50	68,00	3,67	1,83	103,50	45,50	9,80	4,60	4,00
167	ERL7-2-11-5HC	66,00	69,00	2,50	1,00	110,00	52,50	8,50	4,50	3,33
168	ERL7-2-2-4HC	63,67	67,33	2,33	2,00	114,67	43,83	10,10	5,90	3,50
169	ERL7-11-6-1 HC	62,33	65,33	3,17	1,83	145,50	53,00	11,10	6,30	4,50
170	ERL7-7-2-9 HC	63,50	65,00	3,00	1,17	102,50	40,00	11,00	5,00	4,67
171	ERL7-2-5-5HC	63,50	65,00	2,33	1,17	120,00	30,00	12,00	7,00	3,67
172	ERL7-16-3-3 HC	64,00	68,00	2,67	1,50	85,00	35,83	8,67	4,17	4,67
173	ERL7-7-2-7 HC	62,67	64,67	2,83	1,83	81,67	28,11	9,00	5,20	5,83
174	ERL7-2-5-3 HC	64,00	66,67	3,00	1,33	73,00	32,67	8,33	3,93	5,17
175	ERL7-2-5-2 HC	63,00	68,00	3,17	1,33	110,83	35,33	9,80	5,67	5,67
176	ERL7-15-2-4 HC	64,00	65,00	3,00	1,33					3,17
177	ERL7-2-2-9 HC	61,50	65,00	2,83	1,33	106,50	40,00	10,10	4,70	4,00
178	ERL7-18-11-7HC	70,00		2,50	1,00					4,50
179	ERL7-16-3-8HC	67,50	69,00	2,17	1,33					4,25
180	ERL7-11-6-9 HC	67,00	70,00	3,00	1,50	135,00	45,00	11,00	6,00	4,00
181	SR21	63,00	66,00	2,83	1,17	134,83	60,83	11,58	5,45	4,83
182	OBATANPA									
183	ESPOIR	60,33	63,67	2,83	2,00	128,67	52,67	10,53	5,33	6,00
184	FBML10	65,00	70,00	2,25	3,75	107,50	51,50	10,90	5,40	4,25

ERL2 : lignée extraite de Espoir ; ERL5 : lignée extraite de Obatanpa ; ERL7 : lignée extraite de SR21

HC : lignée résistante à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; **HC** : lignée résistante à l'helminthosporiose et tolérante à la curvulariose ; **HC** : lignée tolérante à l'helminthosporiose et résistante à la curvulariose ; **HC** : lignée tolérante à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; **Hc** : lignée résistante à l'helminthosporiose et sensible à la curvulariose ; **Hc** : lignée tolérante à l'helminthosporiose et sensible à la curvulariose ; **hC** : lignée sensible à l'helminthosporiose et résistante à la curvulariose ; **hC** : lignée sensible à l'helminthosporiose et tolérante à la curvulariose ; **hc** : lignée sensible à l'helminthosporiose et à la curvulariose

Annexe 3 : Notes moyennes obtenues sur les individus pour les différentes variables

géno	REFERENCE	FM	FM*	FF	FF*	ASI	ASI*	NB	NB*	NF2	NF2*	HP2	HP2*	DT2	DT2*	SNF*	EF*	RP*
2	ERL5-24-4-2	72,00	73,67	75,00	79,00	3,00	5,33	18,00	16,13	13,24	11,92	148,00	113,75	2,38	2,23	2,58	3,33	1,00
3	ERL5-20-7-1	72,67	76,00	74,33	77,67	1,67	1,67	13,85	17,08	13,03	13,26	154,75	149,17	2,54	2,61	2,50	2,75	1,00
5	ERL5-41-5-1	71,33	73,00	73,33	76,00	2,00	3,00	15,60	20,33	13,33	13,14	135,83	126,11	2,22	2,39	2,67	3,42	1,00
7	ERL7-7-2-6	74,33	75,00	77,00	78,67	2,67	3,67	16,00	17,75	14,27	13,00	132,92	130,00	3,22	2,63	2,58	2,58	1,00
8	ERL7-2-2-10	73,00	74,33	75,67	78,67	2,67	4,33	19,97	19,67	15,18	14,60	184,92	147,92	2,78	2,65	2,33	2,83	1,00
9	ERL7-16-3-5	72,67	75,67	75,67	79,00	3,00	4,00	11,00	8,67	13,44	10,73	125,22	87,25	2,11	1,44	2,75	2,83	1,67
10	ERL7-7-2-10	67,33	70,00	69,33	72,00	2,00	2,00	22,38	19,11	15,42	13,78	186,22	152,78	3,23	2,66	2,17	2,42	1,00
11	FBML10	72,50	75,50	74,50	80,00	2,00	4,50	20,37	19,38	13,65	13,30	125,00	107,67	2,21	2,06	2,25	2,75	1,00
12	BARKA	66,00	68,00	68,00	70,33	2,00	2,33	15,87	13,51	13,71	13,77	164,33	146,00	2,57	2,73	2,25	2,58	1,00

Les variables marquées d'une étoile (*) renferment les notes obtenues en conditions de déficit hydrique (Ts) et les variables non marquées renferment les notes obtenues en conditions normales (To).

Annexe 4 : Liste des lignées extraites de KPB et FBC6

N°	Référence	N°	Référence	N°	Référence
1	ERL6-23-11-9	42	ERL6-28-1-12	83	ELN43-4-5-3-6
2	ERL6-31-9-10	43	ERL6-8-3-2	84	ELN43-4-5-3-5
3	ERL6-42-6-2	44	ERL6-39-5-2	85	ELN43-4-5-3-3
4	ERL6-19-4-3	45	ERL6-42-6-9	86	ELN43-4-5-3-4
5	ERL6-22-9-6	46	ERL6-33-7-8	87	ELN43-4-5-3-9
6	ERL6-27-8-7	47	ERL6-30-12-6	88	ELN43-4-5-3-7
7	ERL6-35-2-6	48	ERL6-34-4-4	89	ELN46-5-6-5-3
8	ERL6-42-6-4	49	ERL6-24-1-3	90	ELN40-4-4-3-3
9	ERL6-19-7-9	50	ERL6-33-7-9	91	ELN40-4-4-3-2
10	ERL6-10-5-5	51	ERL6-31-3-11	92	ELN40-3-8-1-2
11	ERL6-24-11-12	52	ERL6-30-12-4	93	ELN41-2-5-2
12	ERL6-24-11-10	53	ERL6-31-8-3	94	ELN46-5-5-2-6
13	ERL6-24-11-4	54	ERL6-31-9-4	95	ELN45-3-3-4-5
14	ERL6-24-11-13	55	ERL6-18-1-6	96	ELN39-3-8-4-6
15	ERL6-24-11-11	56	ERL6-21-2-5	97	ELN39-3-8-4-5
16	ERL6-15-4-9	57	ERL6-6-7-14	98	ELN46-5-5-2-1
17	ERL6-24-11-6	58	ERL6-39-5-8	99	ELN45-2-7-2-10
18	ERL6-24-11-5	59	ERL6-28-2-5	100	ELN46-5-5-2-2
19	ERL6-24-11-1	60	ERL6-19-6-5	101	ELN40-2-17-2-4
20	ERL6-24-11-8	61	ELN42-4-4-5	102	ELN45-3-3-1-1
21	ERL6-19-1-1	62	ELN40-8-2-3	103	ELN40-1-9-3-2
22	ERL6-34-4-7	63	ELN41-1-1-5	104	ELN46-5-5-2-9
23	ERL6-30-2-3	64	ELN41-1-1-4	105	ELN45-2-7-2-2
24	ERL6-24-11-3	65	ELN41-1-1-3	106	ELN42-4-10-1-8
25	ERL6-21-5-8	66	ELN39-3-8-1	107	ELN46-5-6-5-9
26	ERL6-15-1-4	67	ELN40-2-21-3	108	ELN42-4-10-1-6
27	ERL6-31-3-7	68	ELN43-4-5-3	109	ELN40-2-17-2-1
28	ERL6-34-4-6	69	ELN39-4-2-4	110	ELN46-5-2-3-8
29	ERL6-24-10-15	70	ELN40-9-4-1	111	ELN40-2-17-2-5
30	ERL6-30-2-2	71	ELN39-3-9-1	112	ELN45-3-3-4-3
31	ERL6-33-7-1	72	ELN44-3-10-1	113	ELN40-4-4-3-4
32	ERL6-21-5-3	73	ELN39-3-8-4-4	114	ELN42-4-10-3-1
33	ERL6-19-4-6	74	ELN45-2-7-2	115	ELN45-3-3-4-6
34	ERL6-10-3-1	75	ELN43-5-7-4	116	ELN46-5-2-3-3
35	ERL6-28-2-7	76	ELN43-4-5-3	117	ELN46-5-4-3-3
36	ERL6-28-1-6	77	ELN40-1-17-2	118	ELN46-5-6-5-2
37	ERL6-30-12-7	78	ELN43-4-5-3-10	119	ELN42-4-10-1-9
38	ERL6-19-7-11	79	ELN43-4-5-3-8	120	ELN40-3-2-2-3
39	ERL6-27-5-3	80	ELN43-4-5-3-1	121	FBC6
40	ERL6-24-10-3	81	ELN43-4-5-3-2	122	KPB
41	ERL6-35-2-7	82	ELN43-4-5-3-11		

ERL6 : lignée extraite de KPB ; ELN : lignée extraite de FBC6

Annexe 5 : Notes moyennes des individus pour les différentes variables (essai 1)

geno	référence	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
1	ERL6-23-11-9HC	52,67	54,67	2,33	1	98	45,67	9,53	4,8	0,27	196,5	9,02	3,12	10,7	21
2	ERL6-31-9-10HC	53,67	56,67	1,17	1,5	108,3	56,33	10,2	4,8	0,52	156,5	9,24	2,94	11,9	18,1
3	ERL6-42-6-2HC	51,67	53,67	2,67	1	102,3	49,33	10	4,73	0,33	171,1	8,69	2,86	10,3	18,4
4	ERL6-19-4-3HC	53,33	55,33	1	1	100,7	39,67	9,53	4,6	0,14	90,87	7,21	2,83	9,51	12,1
5	ERL6-22-9-6HC	54	58	1	1,17	102	50,67	10,1	4,93	0,37	245	11,15	3,11	11,2	23,7
6	ERL6-27-8-7Hc	56,33	59	1	4	93,67	45,67	9,53	4,73	0,3	151,4	6,55	3,07	12,5	14,1
7	ERL6-35-2-6HC	56	58	1	1	104,7	43,33	10	5,13	0,4	155,7	9,42	2,73	9,5	18,2
8	ERL6-42-6-4HC	52,67	55,67	1,83	1	102,7	50,67	9,4	4,47	0,57	139	7,74	2,68	9,6	15,2
9	ERL6-19-7-9HC	52,67	55	1,17	2	90	39,33	10,1	4,93	0,28	149	7,2	2,99	11,3	16,1
10	ERL6-10-5-5 HC	54,33	58,33	1	1,33	85,33	42,33	9,2	4,53	0,1	51,8	6,75	2,14	10,2	7,75
11	ERL6-24-11-12 HC	51,67	54	1	2,33	82,67	43,67	8,93	4,53	0,17	91,67	7,33	2,77	10,9	15,1
12	ERL6-24-11-10 HC	54,67	57,33	1,33	1,17	104,3	50,33	10,1	5,13	0,4	198,6	9,93	3,19	13,4B	20
13	ERL6-24-11-4 HC	53,67	56	2,33	1	115	64	10,1	4,47	0,23	146	9,22	2,91	11,2	16,8
14	ERL6-24-11-13 HC	53,33	56,67	1,5	1,5	104	53,67	9,93	4,6	0,37	175,6	8,54	3,17	11,8	18,5
15	ERL6-24-11-11 HC	55	58,67	1	2,33	101	41,33	8,87	4,4	0,15	82,05	7,76	2,48	9,3	10,4
16	ERL6-15-4-9HC	52,67	55,33	1	3,33	101,3	46,67	9,4	4,67	0,32	137	7,56	3,09	11,6	13,2
17	ERL6-24-11-6 HC	53,33	57	2,17	1,67	120,3	61	10,6	4,67	0,5	197,6	8,46	3,13	12,4	17,7
18	ERL6-24-11-5 HC	54,33	58	1	1,67	108,1	50,56	10,2	4,93	0,33	165,6	9,58	3	12,4	19,4
19	ERL6-24-11-1 HC	53,67	56	1	1,33	112,7	52	9,6	4,6	0,15	140,4	10,97	2,66	11,1	18
20	ERL6-24-11-8 HC	54	59,33	1,17	2,17	101,7	53,33	8,93	4,5	0,45	201,2	9,09	3,07	12,4	19,7
21	ERL6-19-1-1 HC	55,33	57,33	1	1	124,7	55,67	9,87	4,87	0,63	202,9	8,88	3,19	10,2	17,3
22	ERL6-34-4-7Hc	52	56	1	4	107,7	55	9,73	4,93	0,17	95,93	7,59	2,82	8,73	9,07
23	ERL6-30-2-3 HC	52,67	55	1	2	94,33	49,33	9,6	4,47	0,27	98,93	7,71	2,42	8,53	12,1
24	ERL6-24-11-3 HC	54,33	57,67	1,33	1,67	104	48,67	10,1	4,73	0,13	78,27	9,05	2,44	10,1	10,3
25	ERL6-21-5-8 HC	52,67	55,33	2,17	1,83	111,8	59,17	10,6	4,8	0,12	66,57	8,36	2,22	8,49	13,4
26	ERL6-15-1-4 HC	55,33	58,33	1	1	99,67	47,67	9,8	4,8	0,48	245,5	9,55	3,29	11,9	19,8
27	ERL6-31-3-7 HC	57	60	1	1	113,3	53	9,8	4,73	0,1	72,63	8,16	2,36	10,1	10
28	ERL6-34-4-6 HC	55,67	58,67	2,33	1,17	102,7	50	9,93	4,53	0,15	66,17	6,88	2,64	8,33	9,95
29	ERL6-24-10-15HC	54	56	3,33	1,67	77	35,67	9,13	4,6	0,3	121,9	9,84	2,5	9,17	16,6
30	ERL6-30-2-2 HC	57	60	1	1,5	81,67	41	9,07	4,53	0,23	121,7	7,59	2,76	10,1	18,4
31	ERL6-33-7-1 HC	54	58	1,33	1,67	88,42	41	8,88	4,1	0,11	94,23	7,97	2,58	9,1	11,3
32	ERL6-21-5-3 HC	53,33	57,67	1,33	1,67	54,67	26,33a	7,6	3,53	0,37	127,1	8,25	2,34	11,6	16
33	ERL6-19-4-6 HC	53,33	58,33	1,17	1,5	108	52,33	9,67	4,93	0,37	120,4	8,78	2,79	9,73	15,4
34	ERL6-10-3-1 HC	52	54	1,83	1,5	95,33	51,33	9,53	4,33	0,22	107,2	8,37	2,46	8,97	12,8
35	ERL6-28-2-7HC	53	57,33	2,83	1,67	79	39,67	8,93	4,67	0,33	111,8	9,09	2,7	10,2	17,9
36	ERL6-28-1-6 HC	51,67	53,67	1,5	1	93,67	43,33	9,2	4,4	0,3	147,5	9,21	2,7	11,4	17,3
37	ERL6-30-12-7 HC	52,67	57,67	1,17	1,5	106,6	53,44	9,64	4,64	0,25	84,7	7,15	2,52	8,54	12,4
38	ERL6-19-7-11 HC	52,67	56,33	1,67	1,5	69	34	8,13	4	0,17	93,1	7,73	2,56	10,1	16,1
39	ERL6-27-5-3 HC	54,33	58	1,33	1,33	89,67	46,67	9,33	4,33	0,22	145,9	11,85	2,61	8,4	14
40	ERL6-24-10-3 HC	56,33	61,33	1	1,67	109,3	58,67	9,73	4,4	0,1	30,57	9,08	2,64	10,3	15,1
41	ERL6-35-2-7 HC	53	57	1	1,33	74,11	31,78	8,71	4,22	0,08	56,3	7,24	2,61	10,6	12,9
42	ERL6-28-1-12 HC	57,67	61,67	1	1,33	130,3	55,67	9,73	5	0,2	93,6	9,07	2,6	10,3	9,08
43	ERL6-8-3-2 HC	54	57,67	1	1,5	104,3	47,75	10,4	4,97	0,17	94,83	8,31	2,67	9,47	17,7

Annexe 5 : Notes moyennes des individus pour les différentes variables (essai 1)/ (suite)

geno	référence	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
44	ERL6-39-5-2 HC	53,33	57	1,67	1	70,33	39,33	8,95	3,92	0,02	28,5	5	2,25	13	7
45	ERL6-42-6-9 HC	54	59	1,17	1	104,4	50,83	10,2	4,77	0,09	96,95	8,9	2,43	11,1	9,83
46	ERL6-33-7-8 HC	52,67	54,67	1	1,33	92,33	42,67	9,2	4,8	0,09	58,5	7,73	2,22	8,44	7,47
47	ERL6-30-12-6 HC	53,33	57,67	1	2,33	99,67	43,33	9,67	4,8	0,28	173,8	7,41	3,11	11,4	18,4
48	ERL6-34-4-4 HC	53,33	56,33	2	1,33	117,3	60,33	10,1	4,4	0,4	137,6	7,61	2,7	10,8	17,1
49	ERL6-24-1-3 HC	56,67	59,33	1,67	2,17	89	47	8,5	4	0,12	80,9	7,1	2,5	11,2	10,8
50	ERL6-33-7-9 HC	53	55,33	1	1	106,7	58,67	9,67	4,6	0,87	366,1	12,31	3,4	10,9	26,1
51	ERL6-31-3-11 HC	55,67	58,33	1	1,67	112	62,33	10	4,73	0,37	146,6	8,37	2,92	10	15,7
52	ERL6-30-12-4 HC	54,33	59,67	1,33	3,17	60,67	30,89	8,04	3,8	0,15	60,97	7,22	2,36	8,62	14,8
53	ERL6-31-8-3 HC	52	57,33	1,67	1	108,7	59,67	10,3	4,87	0,53	194,3	10,86	3,19	11,1	17,8
54	ERL6-31-9-4 HC	51	53	1,33	1,33	104	50,33	9,47	4,73	0,28	170,8	9,87	2,68	10,7	18,4
55	ERL6-18-1-6 HC	53,33	56,33	1,17	1,17	124,7	61,67	10,2	4,6	0,67	284,7	11,13	3,19	11,6	24,6
56	ERL6-21-2-5 HC	51	53,33	1,83	1,33	83	36,67	9,2	4,07	0,43	122,3	7,87	2,59	10,7	14,1
57	ERL6-6-7-14 HC	55,67	60	1,33	1,5	84,67	38,67	9,47	4,6	0,18	99,83	9,21	2,68	10	17,6
58	ERL6-39-5-8 HC	57	60,33	1	1,67	126,3	67	10,5	4,87	0,12	74,3	7,68	2,77	11,1	11,7
59	ERL6-28-2-5HC	54,33	58,67	3,17	1,33	102,7	54,33	9,87	4,87	0,09	35,5	6,82	2,29	8,89	9,11
60	ERL6-19-6-5 HC	51,33	53,33	1	2,83	78,33	38,33	8,4	4,13	0,55	218,7	9,17	3,1	10,7	17,1
61	ELN42-4-4-5 HC	58	60	1	1,75	100,8	47,5	9,5	4,5	0,15	73,05	9,67	2,82	10,3	15,7
62	ELN40-8-2-3 HC	55,67	61	1,33	1	103,8	47,83	9,65	4,57	0,17	141,8	9,55	2,79	9,6	16,6
63	ELN41-1-1-5 HC	53	55,33	1	1	88,83	46,17	9,63	4,6	0,07	69,8	8,63	3,14	12,3	17,3
64	ELN41-1-1-4 HC	54,67	58,33	1	2,5	108,7	59,67	9,73	4,6	0,45	205,8	11,82	2,79	10,1	26,1
65	ELN41-1-1-3 HC	55,33	61,33	1,33	1,5	111,7	54,53	9,53	4,59	0,15	81,33	9,79	2,9	9,94	14,3
66	ELN39-3-8-1 HC	52	54	1,67	1,17	99,67	52,67	9,6	4,73	0,27	183,3	11,61	3,15	11,2	19,1
67	ELN40-2-21-3 HC	54,33	57,33	1,67	1	79,67	36,33	8,93	4,33	0,13	128,9	8,6	3,04	13,1B	16,5
68	ELN43-4-5-3 HC	58	63,33	1	2,17	98,33	52	9,47	4,13	0,25	116,2	9,55	2,78	10,3	16,3
69	ELN39-4-2-4 HC	54	58	2,33	1,17	76,67	37,22	8,91	4,09	0,09	57,9	8,06	2,9	12,4	12,4
70	ELN40-9-4-1 HC	52,67	55,33	2,5	1	105,7	50,67	9,47	4,6	0,28	171,7	10,8	2,98	12,6	18,9
71	ELN39-3-9-1 HC	55,33	60	2	1	86,33	31,33	9,6	4,07	0,09	38,1	7,82	2,75	11,8	12,4
72	ELN44-3-10-1 HC	53,33	56	1,83	1,17	98	45,67	9,4	4,6	0,28	160,2	10	3	12	17,4
73	ELN39-3-8-4-4 HC	54,33	58	1,33	1	87,33	37,78	8,8	4,24	0,2	139,7	9,6	2,86	10,8	17,6
74	ELN45-2-7-2 HC	52,67	58,33	2	1,25	68	29,5	8,3	4	0,13	79,95				
75	ELN43-5-7-4 HC	52	54	1,33	1	110	56	9,6	4,6	0,15		10,6	3,32	12,2	19,9
76	ELN43-4-5-3 HC	53,67	56,67	1,67	1	97,33	52,67	9,87	4,47	0,42	191	10,95	2,83	11,2	22,1
77	ELN40-1-17-2 HC	52	55	1,33	1,5	94	47,33	9,2	4,6	0,2	90,97	9,19	2,64	10,3	14
78	ELN43-4-5-3-10 HC	52,33	57,33	2,83	1	100,3	50,33	9,87	4,8	0,37	140,1	9,02	3,06	12,8	16,4
79	ELN43-4-5-3-8 HC	56,33	62,67	1	1,33	103,7	51,67	10,1	4,6	0,12	83,17	12,58	2,42	9	14,1
80	ELN43-4-5-3-1 HC	53	55,67	1,67	1	85,67	46,33	9,33	4,27	0,22	152,2	10,48	2,76	12,5	18,5
81	ELN43-4-5-3-2 HC	52,67	55	2	1,5	92,33	43,33	9,4	4,67	0,32	200,5	9,86	3,19	11,8	21,5
82	ELN43-4-5-3-11 HC	52,67	55,33	1,67	1	110,7	57	9,2	4,27	0,15	114,4	10,24	2,74	9,83	14,4
83	ELN43-4-5-3-6 HC	56,67	64	1	1	86,67	51,33	9,2	3,53	0,2	107,1	8,24	2,81	10,4	12,2
84	ELN43-4-5-3-5 HC	55,67	61,33	1,5	1	93,33	45,33	9,53	4,53	0,13	63,9	7,57	2,52	8,06	12,8
85	ELN43-4-5-3-3 HC	57,33	59,33	1,67	1,17	94,67	46,33	9,4	4,53	0,18	92,1	9,12	2,45	9,4	13,6
86	ELN43-4-5-3-4 HC	57	63,33	1	1	90,67	57,67	9,07	3,73	0,25	106	7,23	3,1	11,3	10,5
87	ELN43-4-5-3-9 HC	56,33	59	2,33	1,83	105,3	50,67	10,2	4,6	0,22	106,3	8,57	2,61	10,7	13,2

Annexe 5 : Notes moyennes des individus pour les différentes variables (essai 1)/(suite)

geno	référence	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
88	ELN43-4-5-3-7 HC	54	57,33	1,17	1,17	98	47,67	9,27	4,53	0,12	106,8	8,73	2,79	10,3	15,9
89	ELN46-5-6-5-3 HC	56,33	61,67	1,5	1,33	79,67	37,67	8,67	4,2	0,09	84,7	9	2,18	10,4	16,6
90	ELN40-4-4-3-3 hC	55,33	60,67	4	1,17	83	41	9,67	4,33	0,35	98,07	8,52	2,61	12,5	17
91	ELN40-4-4-3-2 HC	51,67	54	1	1,5	137,3	69,67	10,9	4,93	0,53	172,3	8,79	2,97	11,7	15,5
92	ELN40-3-8-1-2 HC	54,67	57,33	2,17	1,5	76,33	36,33	8,53	4,2	0,22	91,6	9,72	2,67	9,96	16,7
93	ELN41-2-5-2HC	54,67	58,67	2,67	1	93,67	44	9,4	4,6	0,27	122,8	10,26	2,59	11	17
94	ELN46-5-5-2-6 HC	53	55,5	1,25	1	100	47	9,8	5,1	0,2	179	11,4	2,74	11	18
95	ELN45-3-3-4-5hC	51,67	57	4	1	124	47,33	9,87	4,73	0,1		7,92	2,64	11,6	14,8
96	ELN39-3-8-4-6 HC	53,33	58,67	2	1,5	103,3	52,33	10	4,2	0,45	82,2	10,95	2,15	10,6	16,9
97	ELN39-3-8-4-5 HC	58	64,33	1	1	109	70,33A	10,1	4,2	0,25	178,3	10,17	3,13	12,8	17,8
98	ELN46-5-5-2-1 HC	52	54	1,67	1	90,33	48,67	9	4,47	0,25	137,9	10,57	2,76	10,6	16,9
99	ELN45-2-7-2-10 HC	58,33	62,67	1,33	1	101,3	49,33	9,8	4,67	0,1	41,87	13,28	1,92	10	12,8
100	ELN46-5-5-2-2 HC	54	57,67	1	1	111,3	58,33	9,87	4,67	0,52	222,1	11,76	3,01	10,8	21,3
101	ELN40-2-17-2-4hC	54	58	3,67	1	113,3	59	9,93	4,6	0,23	123,1	10,67	2,65	11,3	14,8
102	ELN45-3-3-1-1 HC	49,67	52	1,5	1,5	100,7	47	10	4,73	0,17	87,23	8,79	2,45	11,6	15,5
103	ELN40-1-9-3-2 HC	54,33	58,67	2,33	1	112,2	59	9,95	4,4	0,17	114,8	11,43	2,31	11	15,4
104	ELN46-5-5-2-9 HC	55,33	59	2,5	1	82,78	34,39	9,01	4,38	0,04	36,37	8,81	2,19	10,9	11,7
105	ELN45-2-7-2-2 HC	54,67	57,33	1	1,5	86,56	35,33	8,96	4,44	0,06	59,55	8,63	2,4	12,3	9,88
106	ELN42-4-10-1-8 HC	54	58,67	1,33	1,33	114	67	10,3	4,6	0,35	182,5	12,65	2,85	9,87	20,2
107	ELN46-5-6-5-9 HC	58,33	64	2,17	1	112,3	59	10	4,73	0,03	28,4	9,95	5,46	10,6	12
108	ELN42-4-10-1-6HC	52	55,33	2,67	1	87,33	44,33	9,47	4,4	0,3	140,9	9,56	2,72	13,4B	17,8
109	ELN40-2-17-2-1HC	52	55	2	2,67	72	31	7,87	3,93	0,13	75,2	7,52	2,12	12,1	13,7
110	ELN46-5-2-3-8 HC	53,33	57,33	1,33	1,33	96,67	44	9,4	4,13	0,3	108,8	11,03	2,42	9,4	21,1
111	ELN40-2-17-2-5 HC	55,33	58,67	2	1	113,7	59,33	10,4	4,73	0,17	104,7	10,66	2,4	9,3	11
112	ELN45-3-3-4-3 HC	53,67	57,67	1	1,5	91	38	8,8	4,47	0,23	161,4	10,99	2,49	10,7	20,6
113	ELN40-4-4-3-4HC	54,33	57,67	2,83	1,33	86,67	44	8,6	3,8	0,25	93	7,77	2,67	10,4	14,9
114	ELN42-4-10-3-1 HC	51,33	53	2,5	1,17	95,67	38	9,27	4,73	0,15	72,67	6,87	2,37	8,4	11
115	ELN45-3-3-4-6HC	55,33	60,67	3,33	1	112	57,33	10,1	4,4	0,13	96,6	11,21	2,57	11,4	11,3
116	ELN46-5-2-3-3HC	51,33	53	3,17	1,67	81,67	37	9,2	4,33	0,22	209,2	10,09	2,76	12	20,4
117	ELN46-5-4-3-3HC	52,67	54,67	3,17	1	83,67	39,67	8,53	4	0,17	139,5				
118	ELN46-5-6-5-2 HC	55,33	58,33	1,17	1,17	76	38,33	8,93	4,47	0,18	109,9	8,81	3,42	12,1	14,4
119	ELN42-4-10-1-9 HC	51,67	53,67	1,67	1	104,3	49,67	9,13	4,13	0,23	117,8	8,09	2,69	13,1B	13,7
120	ELN40-3-2-2-3hC	52,67	55,33	4	1	74,67	30,33	8,2	4	0,05	23,35	7,58	2,03	9,17	11,3
121	FBC6	57	61,33	1	1	154	87,67	11,5	5,33	0,92	398,3	12	3,78	13,4	20,7
122	KPB	51,67	53,67	1	1	135	68,67	10,8	4,87	1,2	490,8	13,37	3,78	13,5	31,7

ERL6 : lignée extraite de KPB ; ELN : lignée extraite de FBC6

HC : lignée résistante à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; HC : lignée résistante à l'helminthosporiose et tolérante à la curvulariose ; HC : lignée tolérante à l'helminthosporiose et résistante à la curvulariose ; HC : lignée tolérante à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; Hc : lignée résistante à l'helminthosporiose et sensible à la curvulariose ; Hc : lignée tolérante à l'helminthosporiose et sensible à la curvulariose ; hC : lignée sensible à l'helminthosporiose et résistante à la curvulariose ; hC : lignée sensible à l'helminthosporiose et tolérante à la curvulariose ; hc : lignée sensible à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; A : lignée supérieure au témoin pour la hauteur d'insertion de l'épi ; a : lignée inférieure au témoin pour la hauteur d'insertion de l'épi ; B : lignée supérieure au témoin pour le nombre de rangées sur l'épi.

Annexe 6 : Liste des lignées extraites de KEJ et KEB

N°	Référence	N°	Référence	N°	Référence
1	ERL3-21-2-4	42	ERL3-36-1-5	83	ERL4-14-6-3
2	ERL3-39-3-7	43	ERL3-41-1-1	84	ERL4-18-6-7
3	ERL3-21-2-9	44	ERL3-51-4-4	85	ERL4-1-14-5
4	ERL3-5-1-5	45	ERL3-11-1-3	86	ERL4-14-6-8
5	ERL3-21-1-2	46	ERL3-30-1-6	87	ERL4-2-1-8
6	ERL3-26-2-6	47	ERL3-43-1-8	88	ERL4-18-1-12
7	ERL3-26-3-1	48	ERL3-15-1-4	89	ERL4-8-8-7
8	ERL3-15-1-7	49	ERL3-8-1-1	90	ERL4-11-2-11
9	ERL3-39-3-6	50	ERL3-46-1-9	91	ERL4-29-3-3
10	ERL3-30-1-3	51	ERL3-7-3-7	92	ERL4-1-13-3
11	ERL3-51-3-1	52	ERL3-32-1-2	93	ERL4-7-4-7
12	ERL3-49-1-6	53	ERL3-46-1-6	94	ERL4-1-14-4
13	ERL3-21-2-6	54	ERL3-6-1-10	95	ERL4-26-4-12
14	ERL3-19-1-7	55	ERL3-15-1-5	96	ERL4-18-6-1
15	ERL3-5-2-10	56	ERL3-39-1-1	97	ERL4-14-6-6
16	ERL3-7-2-6	57	ERL3-45-1-3	98	ERL4-12-4-2
17	ERL3-19-1-3	58	ERL3-7-3-11	99	ERL4-18-7-17
18	ERL3-51-3-3	59	ERL3-14-3-6	100	ERL4-18-1-1
19	ERL3-5-2-6	60	ERL3-9-1-5	101	ERL4-7-7-1
20	ERL3-7-2-2	61	ERL4-18-1-9	102	ERL4-1-13-7
21	ERL3-1-2-2	62	ERL4-18-1-4	103	ERL4-7-4-6
22	ERL3-7-2-8	63	ERL4-1-9-11	104	ERL4-11-2-1
23	ERL3-51-2-7	64	ERL4-18-7-6	105	ERL4-13-1-1
24	ERL3-46-1-8	65	ERL4-18-1-10	106	ERL4-18-7-18
25	ERL3-6-1-2	66	ERL4-18-1-5	107	ERL4-7-4-2
26	ERL3-21-1-14	67	ERL4-1-13-1	108	ERL4-26-6-12
27	ERL3-11-1-5	68	ERL4-18-7-12	109	ERL4-11-5-6
28	ERL3-19-1-14	69	ERL4-1-13-5	110	ERL4-18-7-10
29	ERL3-13-1-6	70	ERL4-8-6-2	111	ERL4-7-4-10
30	ERL3-51-1-5	71	ERL4-1-13-7	112	ERL4-18-7-8
31	ERL3-1-2-10	72	ERL4-8-6-5	113	ERL4-3-3-1
32	ERL3-32-3-1	73	ERL4-1-11-8	114	ERL4-13-1-9
33	ERL3-41-1-2	74	ERL4-1-9-10	115	ERL4-7-4-1
34	ERL3-51-2-2	75	ERL4-1-11-7	116	ERL4-8-1-2
35	ERL3-32-1-3	76	ERL4-1-14-3	117	ERL4-11-5-4
36	ERL3-38-1-1	77	ERL4-13-2-5	118	ERL4-1-11-3
37	ERL3-41-1-9	78	ERL4-26-6-10	119	ERL4-26-11-5
38	ERL3-39-1-4	79	ERL4-18-7-9	120	ERL4-3-4-3
39	ERL3-46-1-11	80	ERL4-26-6-15	121	KEB
40	ERL3-5-2-8	81	ERL4-8-1-3	122	KEJ
41	ERL3-39-3-4	82	ERL4-7-4-9		

ERL3 : lignée extraite de KEB ; ERL4 : lignée extraite de KEJ

Annexe 7 : Notes moyennes des lignées KEB et KEJ pour les variables observées

Geno	Référence	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
1	ERL3-21-2-4HC	55,67	60,67	1,83	2,5	143,67A	65,33	11	4,6	0,05	44,7	6,94	2,27	9,6	8,86
2	ERL3-39-3-7HC	54,67b	58,33	2,17	3	90,67	45	10,67	4,8	0,38	188	12,31	2,63	10	18,8
3	ERL3-21-2-9HC	52,33	56,33	1,17	1,17	116,33A	41,33	10,8	5,27	0,33	162	10,67	2,37	12	23,2
4	ERL3-5-1-5HC	52,33	54,33	2,67	2	102,33	44,33	10,07	4,73	0,2	100	9,29	2,26	11	11,4
5	ERL3-21-1-2HC	52,67	56,67	1,33	2,17	126,00A	45	10,33	4,8	0,35	164	9,39	2,64	10	13,47
6	ERL3-26-2-6HC	52,67	58	1	2,5	134,67A	53,33	9,73	4,47	0,06	45,2	10,09	2,13	12	6,92
7	ERL3-26-3-1HC	54,00b	58,33	1	1,17	141,00A	59	11,87	5,67	0,4	163	10,43	2,55	9,9	18,87
8	ERL3-15-1-7HC	51,33	53,67	2	1	78	34,33	10	4,8	0,37	115	8,86	2,78	13	22,57
9	ERL3-39-3-6HC	47,33	50	1	2,67	93,33	31,33	9,6	4,67	0,18	143	8,08	2,54	10	13,53
10	ERL3-30-1-3HC	57,33	60,67	2,17	1	103,33	50,67	10,8	4,93	0,18	86,4	10,45	2,24	10	8,88
11	ERL3-51-3-1HC	52	54	3,33	1,17	89,33	41,33	10,73	5,27	0,42	138	10,61	2,33	12	23,13
12	ERL3-49-1-6hC	53,33	56	3,67	1,17	93,67	46,33	10,67	5,2	0,33	158	9,36	2,69	12	18,93
13	ERL3-21-2-6HC	52	54	2,67	1,33	106,33	47	10,73	5	0,57	176	10,56	2,63	11	23,63
14	ERL3-19-1-7HC	51,67	53,67	3,5	1	87	36	9,67	4,87	0,32	151	10,43	2,7	11	18,82
15	ERL3-5-2-10HC	51,33	53,67	3	1	109,33	48	10,8	4,93	0,42	202	12,62	2,55	11	25,73
16	ERL3-7-2-6HC	55	57,33	1,67	1,17	86,67	43,67	10,27	5,07	0,33	181	10,11	2,68	10	22,6
17	ERL3-19-1-3HC	52	54,33	3,17	1	125,67A	60,67	11,87	5,2	0,42	213	9,19	2,74	13	19
18	ERL3-51-3-3HC	52	54	3,5	1	95,33	41,67	10,2	5,13	0,37	163	11,45	2,83	11	22,53
19	ERL3-5-2-6HC	52,67	55,33	3,5	1	128,33A	61	12	5,47	0,62	270	13,02	2,79	12	28
20	ERL3-7-2-2HC	52	54	3,5	1,33	107,67	48,33	11,13	5,07	0,47	159	11,98	2,43	11	24,53
21	ERL3-1-2-2HC	50,67	53,33	1,5	1,33	113,33	42	10,73	4,73	0,12	57,5	9,23	2,31	10	9,57
22	ERL3-7-2-8hC	54,67	58,33	4	1	137,00A	65	11,33	5,4	0,15	83,4	9,18	2,06	8,2	14,47
23	ERL3-51-2-7HC	52	54,33	2,83	1,17	93,67	44,33	9,87	4,47	0,07	51,4	9,15	2,22	8,4	11,6
24	ERL3-46-1-8HC	52	54,67	2,67	1,83	86,67	41	9,73	4,67	0,22	136	9,93	2,35	8,9	17,87
25	ERL3-6-1-2HC	57,67	60	2,67	1,67	104,67	59,67	12,07	4,93	0,4	178	10,8	2,52	11	24,17
26	ERL3-21-1-14HC	49,67	52	3,33	1,17	70,33	38	9,53	4,07	0,22	119	7,71	2,55	11	18,33
27	ERL3-11-1-5HC	54,33	59,33	3	1,17	81,33	43,22	10,11	3,87	0,09	69,9	10,77	2,06	9,3	12,63
28	ERL3-19-1-14hC	54	58,67	4	1	120,33A	58,67	11,4	5,07	0,12	73,5	9,1	1,97	8	12,73
29	ERL3-13-1-6HC	52,67	55,33	3,33	1	98,33	54,67	10,4	4,53	0,28	122	10,67	2,28	11	19,6
30	ERL3-51-1-5HC	52	54,33	1,5	1,33	100	49,33	11	4,73	0,32	135	11,75	2,37	8,8	22
31	ERL3-1-2-10hC	49,67	53,33	3,67	1	93,33	42,67	9,87	4,6	0,15	128	10,08	2,45	11	11,71
32	ERL3-32-3-1HC	58	62	3	1	92,33	51	11,2	5,13	0,25	132	8,65	2,53	10	18,67
33	ERL3-41-1-2HC	52	54	2,33	2,17	94,67	40	10,4	4,93	0,15	80,9	8,12	2,02	9,9	11,93
34	ERL3-51-2-2HC	55,33	59,33	1	2,83	92,67	48	10,87	5,13	0,04	38,2	9,66	2,11	9,7	9,25
35	ERL3-32-1-3HC	52	54,33	2	1,33	108,67	48	10,53	4,6	0,23	118	12,08	2,15	10	14,07
36	ERL3-38-1-1HC	52,67	55,33	1,17	1,67	94	36,33	10,4	5,27	0,45	152	11,61	2,55	10	16,77
37	ERL3-41-1-9hC	49,67	52,33	4,67	1	89	40,33	9,8	4,53	0,06	75,6	8,27	2,38	8,8	13,8
38	ERL3-39-1-4HC	48,33	51,67	1	2,17	117,00A	41,33	10,27	4,67	0,18	90	7,68	2,38	9,4	9,78
39	ERL3-46-1-11HC	53,33	59	1,17	3	149,00A	62,67	11,4	4,73	0,12	74,2	10,32	2,39	10	9,51
40	ERL3-5-2-8hC	52,33	54,33	3,83	1,33	87,33	43	10,33	4,4	0,4	148	10,03	2,46	10	19,53
41	ERL3-5-2-8HC	52,33	58,33	1	1,17	149,00A	59	12,33	5,67	0,88	228	11,39	2,67	10	23,6
42	ERL3-36-1-5HC	51,67	54	1	2	106	45,33	10,13	4,6	0,55	230	13,16	2,76	11	20,8

Annexe 7 : Notes moyennes des lignées KEB et KEJ pour les variables observées (suite)

Geno	Référence	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
43	ERL3-41-1-1HC	47,33	51,33	2	1	75,67	38,67	9,87	3,8	0,4	161	11,73	2,1	9,5	26,13
44	ERL3-51-4-4HC	53	55,67	1,83	1	91	47,67	10,93	5	0,22	124	7,77	2,45	10	15
45	ERL3-11-1-3HC	52	55	2,17	1	129,50A	60	10,9	5	0,52	229	10,17	2,5	13	27
46	ERL3-30-1-6HC	51,33	53,67	1	2,17	80	29,33	9,47	4,73	0,1	99,2	8,34	3,02	9,2	11,76
47	ERL3-43-1-8HC	56,67	59,33	1,33	2,33	92,17	36,5	16,17	4,17	0,03	49,6	10,03	2,2	9	13,33
48	ERL3-15-1-4HC	54,33b	58,33	3,5	1	141,33A	66,33	12,13	5,53	0,22	91,6	9,14	1,95	8	13,53
49	ERL3-8-1-1HC	57	61	2	2,17	101,11	43,56	9,96	4,6	0,17	121	9,83	1,79	8,7	19,93
50	ERL3-46-1-9HC	48,67	52	1	1,17	94	46	10,93	4,73	0,28	151	12,17	2,61	11	15,87
51	ERL3-7-3-7hC	53,67	57	3,83	1	90	45	9,93	4,47	0,07	56,9	10,18	2,18	10	7
52	ERL3-32-1-2hC	49,67	52,67	4,5	1	80,67	34	9,27	4,53	0,2	104	8,99	2,25	11	18,87
53	ERL3-46-1-6														
54	ERL3-6-1-10hC	57,33	60	4,25	1	66,67	35	9,07	4	0,06	83,5	9,68	2,25	10	15,63
55	ERL3-15-1-5HC	55	60,67	1,33	1,33	129,00A	52,33	11,93	5,87	0,45	141	12,4	2,57	10	16,37
56	ERL3-39-1-1HC	58,67	64,33	2,33	1,67	74,33	33,33	9,4	4,47	0,18	83,8				
57	ERL3-45-1-3HC	52	54,33	2,33	1,17	93,67	45	10,27	4,6	0,57	226	12,55	2,88	12	20,07
58	ERL3-7-3-11HC	53,67	56,33	2,17	1	77	38,33	10	4,6	0,09	65,9	6,8	2,32	9,4	10,67
59	ERL3-14-3-6HC	53,33	56,67	1,5	1,83	101	50,67	9,87	3,73	0,24	90,8	11,19	2,14	9,6	13,93
60	ERL3-9-1-5HC	52,33	55,67	1	2,5	113	36	9,8	4,73	0,16	60,5	9,72	2,34	12	9,9
61	ERL4-18-1-9HC	62,67B	65	1	1,5	102,56	43,22	11,69	5,58	0,17	126	10,32	2,58	13	17,56
62	ERL4-18-1-4HC	58	61,33	1,17	2,5	130,67A	60,67	12,53	5,67	0,06	58,1	9,89	2,26	10	7,67
63	ERL4-1-9-11HC	59	63,33	1	2	111,67	49	11,47	5,6	0,23	128	12,51	2,27	14	15,48
64	ERL4-18-7-6HC	61,33B	69	1	2,33	117,33A	54,33	12,27	5,33	0,28	174	10,33	2,6	13	19,09
65	ERL4-18-1-10HC	58	63,33	1,17	2,67	128,67A	57	12,2	5,2	0,27	79	11,2	2,37	11	17,9
66	ERL4-18-1-5HC	55,67	60,67	1	2,5	136,33A	75	12,67	4,87	0,5	256	10,09	3,34	13	17,33
67	ERL4-1-13-1HC	59,33	61,33	1	1	137,33A	68,67	12,47	5,47	0,43	252	12,42	3,14	12	17,93
68	ERL4-18-7-12HC	54,67	58,33	1,33	1,5	111	53,33	11,73	4,93	0,67	290	13,04	2,91	13	23,85
69	ERL4-1-13-5HC	54,33b	57,67	1	1,67	105,67	53	10,87	4,33	0,35	191	11,09	2,89	12	17,33
70	ERL4-8-6-2HC	53	55	1,83	2	110,67	54,33	10,93	5	0,58	244	11,29	2,93	12	24,87
71	ERL4-1-13-7Hc	58,00B	62,67	1	3,67	109	63	12,4	4,53	0,37		8,24	2,92	12	15,4
72	ERL4-8-6-5Hc	52	55	1	3,67	129,00A	55,67	11,27	4,93	0,62	194	10,03	3,19	12	14,4
73	ERL4-1-11-8HC	59	61,33	1	1,5	117,00A	63,33	12,87	5,33	0,67	255	11,05	3,23	13	17,4
74	ERL4-1-9-10HC	57,67	60,67	1	1,5	130,67A	52,67	11,6	5,33	0,42	204	12,69	2,93	13	21,87
75	ERL4-1-11-7HC	59	61,67	1	1,83	94,44	46,78	11,64	4,93	0,22	187	10,22	2,53	12	12,25
76	ERL4-1-14-3HC	55,67	57,67	1,17	1,83	138,33A	67,67	12,13	5,27	0,87	430	13,61	3,31	13	28,2
77	ERL4-13-2-5HC	59	61	1	1,67	103,33	49,44	10,94	5	0,08	33,3	10,5	2,5	13	10
78	ERL4-26-6-10HC	55,33	58,33	1	1	116,67A	56,33	11,07	4,8	0,63	284	12,11	2,85	12	22,6
79	ERL4-18-7-9HC	55	58,67	1	1	144,33A	72,33	12,4	5,07	0,73	269	12,83	2,86	13	24,33
80	ERL4-26-6-15HC	56,67	60,33	1	1,5	127,00A	59	11,47	4,6	0,48	211	11,51	2,82	13	21,1
81	ERL4-8-1-3HC	53,67	58	1,33	1,33	114,67A	52	10,87	4,47	0,25	129	14,03	2,31	12	13,5
82	ERL4-7-4-9HC	52,67	55,67	1,33	1,5	80	30,33	9,64	5,13	0,15	99,2	8,85	2,64	11	13,58
83	ERL4-14-6-3HC	55,33	58,67	1	1,33	116,67A	49,67	10,93	4,93	0,27	185	13,04	2,75	13	15,8
84	ERL4-18-6-7HC	55	58,67	1	1,5	110,67	58,33	11,27	5	0,48	244	11,67	3,02	13	22,87
85	ERL4-1-14-5HC	54,33b	57,67	1	1,33	113	55,33	11,33	4,87	0,42	257	11,57	2,98	13	23,27

Annexe 7 : Notes moyennes des lignées KEB et KEJ pour les variables observées (suite)

Geno	Référence	FM	FF	HM	CURV	HP	HIE	NF	NFSE	PE	PeE	LE	SM	NR	NGR
86	ERL4-14-6-8HC	53	56,33	1	1,67	110,33	50	10,87	5	0,58	224				
87	ERL4-2-1-8HC	57,33	59,33	1	1,33	105,33	50	10,6	4,67	0,35	184	11,04	2,83	11	16,04
88	ERL4-18-1-12HC	56	60,67	1	1,5	121,33A	57	11,13	4,6	0,3	170	12,59	2,35	12	16,27
89	ERL4-8-8-7HC	55,33	60	1	1,5	133,89A	66,67	12,44	5,33	0,12	112	11,16	3,06	14	20
90	ERL4-11-2-11HC	54,33b	56,33	1	2,17	115,33A	60,67	10,73	4,27	0,45	208	12,7	2,88	12	17,8
91	ERL4-29-3-3HC	56,67	59,33	1	2,33	131,67A	61,67	10,67	4,47	0,27	124	10,99	2,73	12	14,53
92	ERL4-1-13-3HC	62,00B	66	1,67	2,33	133,00A	70,67	12,33	4,73	0,03	31,2	12,01	2,14	11	5,16
93	ERL4-7-4-7HC	57,33	61	1,17	2,83	137,67A	56,33	11,87	5,67	0,23	185	10,59	2,83	13	16,2
94	ERL4-1-14-4HC	55	59,67	1,33	3	145,33A	57,33	12,33	5,8	0,45	235	11,25	3,05	13	23
95	ERL4-26-4-12HC	67,33B	72,67	1	2,5	136,67A	61,33	12,27	5,2	0,02	17,9	8,27	2,5	12	5
96	ERL4-18-6-1HC	54,67	58,67	1	2,33	102,67	55	11	4,47	0,7	246	10,13	3,07	13	19,2
97	ERL4-14-6-6HC	55	59,67	1	3	123,00A	69	11,87	4,33	0,3	179	8,95	3,09	12	16,27
98	ERL4-12-4-2Hc	52,33	56	1	3,83	148,00A	61,67	11,6	5,13	0,72	282	14,32	3,13	13	23,87
99	ERL4-18-7-17HC	53,33	57	1	2,33	130,67A	60,67	12	5,13	0,85	277	12,04	3,07	14	27,2
100	ERL4-18-1-1HC	52	54	1	3,33	152,33A	63,33	11,73	5,2	0,47	265	12,59	3,1	14	25,3
101	ERL4-7-7-1HC	58,33	60,67	1,17	1,67	115,92A	47,83	11,28	5,08	0,27	177	10,88	2,94	13	14,6
102	ERL4-1-13-7HC	62,67	66,67	1	1,83	121,00A	56	10,93	4,53	0,04	12,6	10	2,3	12	
103	ERL4-7-4-6Hc	56,67	60,33	1,33	4,33	109,67	51	11,33	5,27	0,05	60,1	9,68	2,38	9,1	16,28
104	ERL4-11-2-1HC	52,67	55	1	3,17	155,67A	62,33	11,6	5,27	0,48	261	12,57	3,11	14	23,07
105	ERL4-13-1-1HC	55,67	60,67	1,5	2,33	135,00A	56	11,27	5,33	0,45	197	11,45	2,77	12	20,73
106	ERL4-18-7-18HC	51	54	1	3,17	111,67	32	9,47	4,87	0,18	133	7,87	2,7	12	13,2
107	ERL4-7-4-2HC	57,67	60	1	2,33	152,67A	84,67	12,67	4,6	0,87	336	13,85	3,27	13	28,73
108	ERL4-26-6-12HC	53	55,67	1	2,5	116,33A	42,33	10,67	5	0,55	194	9,85	2,79	12	20,9
109	ERL4-11-5-6HC	58	60	1,5	1,67	131,00A	55	12,2	5,33	0,32	196	10,81	3,3	13	18,55
110	ERL4-18-7-10HC	55,67	59,33	1	2,5	145,33A	55,67	11,27	5,13	0,3	107	9,35	2,95	13	12,07
111	ERL4-7-4-10HC	54,67	58,67	1,5	1,5	133,00A	61	12,67	5,67	0,8	274	10,99	3,61	15	23,93
112	ERL4-18-7-8HC	62,00B	66,67	1,67	2,17	133,33A	61,67	11,93	4,6	0,07	41,6	11	2,58	12	5,13
113	ERL4-3-3-1HC	52,67	55	1	2,17	131,67A	61,33	11,67	4,07	0,57	212	10,49	3,02	15	18,6
114	ERL4-13-1-9HC	55,67	58,67	1	2,5	126,67A	55,33	10,93	4,53	0,22	146	11,67	2,8	11	15,03
115	ERL4-7-4-1HC	64,00B	68	1	3,17	139,33A	60,33	11,53	5,53	0,07					
116	ERL4-8-1-2HC	53,67	58,33	1	2,67	138,00A	53,67	11,67	5,33	0,63	202	9,46	3,35	14	16,13
117	ERL4-11-5-4HC	52	54	1,83	2	109	41,33	10,93	4,8	0,07	72,9	10,09	2,35	10	7,87
118	ERL4-1-11-3HC	55	59	1,83	2	109,17	35,83	10	5,08	0,1	105	10,74	3,2	12	24,2
119	ERL4-26-11-5Hc	53,67	57,33	1	3,67	104,47	40,33	10,53	5,07	0,4	320	14,32	2,94	13	26
120	ERL4-3-4-3HC	65,00B	71	1	1,5	62,5	22,5	7	4,5						
121	KEB	43,67	46	1,17	1,17	121,33	57,33	10,87	4,93	1,43	416	13,55	3,6	13	28,7
122	KEJ	43	45,33	1	1,17	118,67	37,67	10	5,2	0,58	379	11,83	3,48	13	26

ERL3 : lignée extraite de KEB ; ERL4 : lignée extraite de KEJ

HC : lignée résistante à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; **HC** : lignée résistante à l'helminthosporiose et tolérante à la curvulariose ; **HC** : lignée tolérante à l'helminthosporiose et résistante à la curvulariose ; **HC** : lignée tolérante à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; **Hc** : lignée résistante à l'helminthosporiose et sensible à la curvulariose ; **Hc** : lignée tolérante à l'helminthosporiose et sensible à la curvulariose ; **hC** : lignée sensible à l'helminthosporiose et résistante à la curvulariose ; **hC** : lignée sensible à l'helminthosporiose et tolérante à la curvulariose ; **hc** : lignée sensible à l'helminthosporiose et à la curvulariose ; **A** : lignée supérieure au témoin pour la hauteur de la plante ; **B** : lignée supérieure au témoin pour le nombre de rangées sur l'épi ; **b** : lignée inférieure au témoin pour la floraison mâle.

Annexe 8 : Matrice de corrélation et vecteurs propres de l'essai stress hydrique

Matrice de corrélation (Pearson (n)) :

Variables	ASI	SNF	EF	DT	NB
ASI	1	0,278	0,467	-0,489	-0,055
SNF	0,278	1	0,606	-0,533	-0,397
EF	0,467	0,606	1	-0,293	0,111
DT	-0,489	-0,533	-0,293	1	0,607
NB	-0,055	-0,397	0,111	0,607	1

Vecteurs propres :

	F1	F2	F3	F4	F5
ASI	-0,408	0,330	0,719	0,447	-0,092
SNF	-0,518	0,028	-0,564	0,296	-0,570
EF	-0,413	0,567	-0,309	-0,174	0,618
DT	0,531	0,282	-0,263	0,735	0,173
NB	0,335	0,699	0,039	-0,377	-0,505

Annexe 9 : Matrice de corrélation et vecteurs propres de l'évaluation des lignées FBC6 et KPB

Matrice de corrélation (Pearson (n)) :

Variables	HP	HIE	NF	SM	NR	NGR
HP	1	0,884	0,844	0,350	0,084	0,213
HIE	0,884	1	0,792	0,399	0,124	0,246
NF	0,844	0,792	1	0,331	0,117	0,229
SM	0,350	0,399	0,331	1	0,413	0,445
NR	0,084	0,124	0,117	0,413	1	0,377
NGR	0,213	0,246	0,229	0,445	0,377	1

Vecteurs propres :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
HP	0,507	-0,296	-0,040	-0,071	-0,190	0,783
HIE	0,510	-0,241	-0,042	-0,016	-0,597	-0,569
NF	0,492	-0,264	-0,056	-0,161	0,773	-0,249
SM	0,355	0,410	-0,003	0,834	0,095	0,023
NR	0,197	0,603	-0,672	-0,379	-0,040	0,022
NGR	0,275	0,502	0,736	-0,360	-0,021	0,012

Annexe 10 : Matrice de corrélation et vecteurs propres de l'évaluation des lignées KEB et KEJ

Matrice de corrélation (Pearson (n)) :

Variables	HP	SM	NR	HIE	FM
HP	1	0,380	0,434	0,788	0,264
SM	0,380	1	0,729	0,322	-0,055
NR	0,434	0,729	1	0,362	0,192
HIE	0,788	0,322	0,362	1	0,423
FM	0,264	-0,055	0,192	0,423	1

Vecteurs propres :

	F1	F2	F3	F4	F5
HP	0,516	0,184	-0,483	-0,389	-0,562
SM	0,427	-0,568	0,112	0,617	-0,318
NR	0,474	-0,387	0,408	-0,575	0,357
HIE	0,509	0,338	-0,335	0,344	0,629
FM	0,259	0,615	0,689	0,135	-0,247