

BURKINA FASO
UNITE – PROGRES - JUSTICE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION: Agronomie

THEME:

Evaluation de la production du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers) en condition de stress hydrique : contribution au phénotypage et à la sélection du niébé pour la résistance à la sécheresse

Présenté par: SAWADOGO Alidou

Maître de stage: Dr DRABO Issa

Directeur de mémoire: Mr DAO Bégué

N°: -2009/AGRO

JUIN 2009

BURKINA FASO
UNITE – PROGRES - JUSTICE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION: Agronomie **MENTION ASSEZ-BIEN**

THEME:

Evaluation de la production du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers) en condition de stress hydrique : contribution au phénotypage et à la sélection du niébé pour la résistance à la sécheresse

Présenté par: SAWADOGO Alidou

Maître de stage: Dr DRABO Issa

Directeur de mémoire: Mr DAO Bégué

N°: -2009/AGRO

JUIN 2009

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	iv
REMERCIEMENTS	v
LISTE DES FIGURES ET DES PLANCHES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES ABREVIATIONS	viii
RESUME	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PREMIERE PARTIE: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
I-1-GENERALITES SUR LE NIEBE	3
1-1-1-Connaissance de la plante du niébé	3
1-1-1-1-Classification	3
1-1-1-2-Origine et diffusion	3
1-1-1-3-L'appareil végétatif	4
1-1-1-4-L'appareil reproducteur	4
1-1-1-5-Photosensibilité	5
1-1-2-Culture du niébé	6
1-1-2-1-Importance de la culture	6
1-1-2-2-Contraintes de la culture	6
1-1-2-2-1-Les contraintes biotiques	7
1-1-2-2-2-Les contraintes abiotiques	7
1-1-2-2-3-Les contraintes socio-économiques	8
1-1-2-3-Exigences de la culture	8
1-1-2-4-La culture au Burkina Faso	8
I-2- LA SECHERESSE ET L'ADAPTATION A LA SECHERESSE	9
1-2-1-La sécheresse	9
1-2-1-1-Définition	9
1-2-1-2-Importance de la sécheresse.	10
1-2-1-4-Les causes de la sécheresse	10
1-2-1-5-Les conséquences de la sécheresse	10
1-2-1-6- Lutte contre la sécheresse	11
1-2-2-Adaptation à la sécheresse	11
1-2-2-1-Définition	11

1-2-2-2-Stratégies d'adaptation à la sécheresse des plantes. -----	12
1-2-2-2-1-Esquive -----	12
1-2-2-2-2-Evitement de la déshydratation -----	12
1-2-2-2-3-La tolérance à la déshydratation -----	13
1-2-2-3-Stratégies d'adaptation à la sécheresse du niébé. -----	14
1-2-2-3-1-Esquive -----	14
1-2-2-3-2-Evitement de la déshydratation -----	14
1-2-2-3-3-Tolérance à la déshydratation -----	14
1-2-2-4-Critères de sélection -----	14
1-2-2-4-1-Au niveau de l'appareil végétatif-----	15
1-2-2-4-2-Au niveau de l'appareil reproducteur. -----	15
1-2-2-5-Environnements de sélection-----	16
1-2-2-6-Méthodes d'amélioration génétique de la résistance à la sécheresse-----	16
1-2-2-6-1-Méthodes conventionnelles-----	16
1-2-2-6-2-Méthodes biotechnologiques. -----	17

DEUXIEME PARTIE: MATERIELS ET METHODES

II-1- EXPERIMENTATION EN SAISON PLUVIEUSE-----	18
2-1-1- Présentation du site de Pobé-Mengao -----	18
2-1-2-Matériels-----	18
2-1-2-1-Matériel végétal -----	18
2-1-2-2- Matériels de mesures.-----	19
2-1-3-Méthodes -----	20
2-1-3-1-Description de l'essai-----	20
2-1-3-2-Mesures des variables -----	21
2-1-3-3- Méthodes d'analyses statistiques -----	23
2-1-3-4-Méthodes de sélection des variétés. -----	23
II-2- EXPERIMENTATION EN CONTRE SAISON -----	23
2-2-1- Présentation du site de Sarria -----	23
2-2-2-Matériels-----	24
2-2-2-1-Matériel végétal -----	24
2-2-2-2- Autres Matériels -----	24
2-2-3-Méthodes -----	24
2-2-3-1-Description de l'essai-----	24
2-2-3-2-Mesures des variables -----	25
2-2-3-3-Méthodes d'analyses statistiques -----	27
2-2-3-4-Méthodes de sélection des variétés. -----	27
II-3-ETUDE DE LA RESISTANCE DES VARIETES PAR LA MESURE DE LA TENEUR EN CHLOROPHYLLE-----	28
2-3-1- Présentation du site expérimental -----	28
2-3-2-Matériels-----	28
2-3-2-1-Matériel végétal -----	28
2-3-2-2-Autres matériels -----	28
2-3-3-Méthodes -----	29

II-4- ETUDE DE L'INTERACTION GENOTYPE X ENVIRONNEMENT -----	29
2-4-1- Présentation des sites expérimentaux -----	29
2-4-2- Matériels-----	29
2-4-2-1-Matériel végétal -----	29
2-4-3-Méthodes -----	31
2-4-3-1-Description de l'essai-----	31
2-4-3-2-Mesures des variables -----	31
2-4-3-3-Méthode de l'analyse statistique-----	31

TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSIONS

III-1- EXPERIMENTATION EN SAISON PLUVIEUSE -----	32
3-1-1- Résultats -----	32
3-1-1-1-Conditions expérimentales -----	32
3-1-1-2-Les variétés à cycle précoce -----	32
3-1-1-3-Les variétés à cycle intermédiaire -----	36
3-1-2- Discussion -----	40
III-2- EXPERIMENTATION EN CONTRE SAISON -----	41
3-2-1- Résultats -----	41
3-2-1-1-Conditions expérimentales -----	41
3-2-1-2-Les variétés à cycle précoce -----	42
3-2-1-3- Les variétés à cycle intermédiaire -----	45
3-2-2- Discussion. -----	49
III-3-ETUDE DE LA RESISTANCE DES VARIETES PAR LA MESURE DE LA TENEUR EN CHLOROPHYLLE-----	51
3-3-1-Resultats. -----	51
3-3-1-1-Les variétés à cycle précoce -----	51
3-3-1-2-Les variétés à cycle intermédiaire -----	52
3-3-2- Discussion -----	53
III-4- ETUDE DE L'INTERACTION GENOTYPE X ENVIRONNEMENT -----	54
3-4-1- Résultats -----	54
3-4-1-1-Les variétés à cycle précoce -----	54
3-4-1-2-Les variétés à cycle intermédiaire -----	58
3-3-2- Discussion -----	61
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	65

DEDICACE

A

MON PERE SAWADOGO SOULEYMANE

MA MERE TIROUDA HAOUA

LA MEMOIRE DE MON FRERE SAWADOGO SALIF

MENTION ASSEZ-BIEN

REMERCIEMENTS

Ce stage a été rendu possible grâce au soutien intellectuel et matériel de bonnes volontés. Nous profitons de cette occasion pour leur témoigner notre profonde reconnaissance et leur adresser nos vifs et sincères remerciements. Nos remerciements s'adressent particulièrement :

- Au projet GCP, d'avoir financé cette étude.
- Au Dr Issa DRABO, sélectionneur du niébé à l'INERA. Son encadrement exemplaire et son immense expérience dans la sélection du niébé m'ont été d'un apport inestimable.
- Au Dr Jeremy, T. OUEDRAOGO, pour nous avoir accepté au sein de son laboratoire.
- A Mr DAO Bégué professeur à l'IDR et Directeur de ce Mémoire pour ses conseils et sa disponibilité.
- Au Dr Lamien NIEYIDOUBA, chef du CRREA- Centre/ Saria
- .A Mr Tignegre, J. B de la Salle, pour ses conseils scientifiques durant ce stage.
- A Mr Batiemo B Joseph pour sa grande assistance et sa disponibilité pour la réussite de ce travail.
- Aux techniciens de la section de l'amélioration variétale du niébé. Nous citons particulièrement Bounkougou, D. Adama et Nanema René.
- A mes frères et mes amis pour leur encouragements et leur soutien matériel et moral.
- Egalement à ceux dont les noms ne figurent pas et qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Mercie !!!

LISTE DES FIGURES ET DES PLANCHES

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Dispositif expérimental.	20
Figure 2 : Pluviométrie de Pobé-Mengao en 2008 ----	32
Figure 3 : Valeurs SPAD des variétés à cycle précoce.	51
Figure 4 : Valeurs SPAD des variétés à cycle intermédiaire.	52
Figure 5 : Représentation graphique de l'analyse AMMI des variétés à cycle précoce.	57
Figure 6 : Représentation graphique de l'analyse AMMI des variétés intermédiaire.	60

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Plante du niébé.....	5
Planche 2 : Graines du niébé.....	5

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Mécanismes d'adaptation à la sécheresse des plantes -----	13
Tableau 2 : Variétés à cycle précoce-----	19
Tableau 3 : Variétés à cycle intermédiaire-----	19
Tableau 4 : Calendrier des opérations culturales de la saison pluvieuse.-----	21
Tableau 5: Calendrier des opérations culturales de la contre saison. -----	25
Tableau 6 : Variétés à cycle précoce-----	28
Tableau 7 : Variétés à cycle intermédiaire-----	28
Tableau 8 : Variétés à cycle précoce.-----	30
Tableau 9 : Variétés à cycle intermédiaire-----	30
Tableau 10 : Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle précoce. -----	33
Tableau 11: Matrice de corrélation de la première date de semis -----	34
Tableau 12: Matrice de corrélation de la deuxième date de semis -----	34
Tableau 13 : Liste des variétés à cycle précoce sélectionnées. -----	35
Tableau 14 : Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle intermédiaire. -----	37
Tableau 15 : Matrice de corrélation de la première date de semis.-----	38
Tableau 16 : Matrice de corrélation de la deuxième date de semis.-----	38
Tableau 17 : Liste des variétés à cycle intermédiaire sélectionnées. -----	39
Tableau 18: Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle précoce -----	42
Tableau 19 : Matrice de corrélation des variétés à cycle précoce. -----	43
Tableau 20 : Liste des variétés à cycle précoce sélectionnées. -----	44
Tableau 21: Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle intermédiaire. -----	46
Tableau 22 : Matrice de corrélation des variétés à cycle intermédiaire.-----	47
Tableau 23: Liste des variétés à cycle intermédiaire sélectionnées. -----	48
Tableau 24 : Paramètres de stabilité des génotypes précoces -----	55
Tableau 25 : Paramètres de stabilité des environnements-----	55
Tableau 26 : ANOVA de l'analyse AMMI des variétés à cycle précoce-----	56
Tableau 28: Paramètres de stabilité des génotypes intermédiaires -----	58
Tableau 29 : Paramètres de stabilité des environnements -----	59
Tableau 30: ANOVA de l'analyse AMMI des variétés à cycle intermédiaire. -----	59

LISTE DES ABREVIATIONS

IITA: International Institut of Tropicale Agriculture

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

OUA: Organisation de l'Unité Africaine.

ISRA: Institut sénégalaise de recherches agricole.

SARI: Savannah Research Institute

UCR: University of California Riverside.

USA: United State of America.

GCP: Generation Challenge Program.

AMMI: Additive main effect and multiplicative interaction.

IPCA : Interaction principal composant axis

RESUME

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L). Walp malgré son adaptation à la sécheresse subit d'importantes pertes de rendement subséquentes à la sécheresse et/ou aux températures élevées. L'objectif de cette étude est d'effectuer le phénotypage en vue du génotypage des lignées de niébé à cycle précoce et à cycle intermédiaire et de sélectionner les meilleures lignées résistantes à la sécheresse. Les variétés ont été évaluées à Pobé-Mengao en saison pluvieuse par la stratégie de la succession des dates de semis, et à Saria en contre saison sous irrigation contrôlée. Les résultats montrent que les variétés à cycle précoce IT85F-3139, IT95M-190, Apagbaala, Mouride, IT98K-1111-1, IT95K-1479, UCR-P-24, et UC-524B et à cycle intermédiaire IT97K-207-15, IT00K-901-6, K VX 525, IT98K-205-8, Iron clay IT98K-317-2, Petite-n-grn, et IT96D-610 sont les plus résistantes à la sécheresse dans les essais à Pobé-Mengao et à Saria. L'étude des corrélations entre les caractères morpho phénologique montre que le taux d'égrainage (TE), l'indice de récolte (IR), et le nombre de graines par gousse (NG/G) sont fortement liés au rendement du niébé sous stress hydrique de fin de cycle et le poids de fanes par plante (PF/P) est fortement lié au rendement du niébé sous stress intermittent. L'étude physiologique de la résistance à la sécheresse par la mesure des valeurs SPAD, montre deux groupes de comportement différents du niébé sous stress hydrique. Le premier groupe présente des valeurs SPAD presque constantes sous stress hydrique et sous irrigation complète. Le deuxième groupe présente des valeurs SPAD élevées sous irrigation complète et manifeste une réduction importante de leurs valeurs SPAD sous stress hydrique. Le programme AMMI a été utilisé pour l'étude de l'interaction génotype x environnement. Le résultat de l'analyse AMMI montre que les génotypes précoces G9 (IT98K-1105-5), G22 (IT95M-190), et G25 (Apagbaala) et intermédiaires G18 (IT97K-207-15) sont plus adaptés à la localité de Pobé-Mengao. Les génotypes intermédiaires G20 (Suvita-2), G24 (IT99K-124-5), G28 (58-53), et G27 (IT98K-498-1) sont adaptés à l'environnement de Saria. Les génotypes précoces G1 (IT82E-18), G8 (UC-524B), G14 (UC-CB27), G20 (Prima) et G29 (IT97K-499-39) et intermédiaires G1 (IT 96D-610), G3 (IT98K-317-2), G16 (IT00K-901-6), G25 (K VX 403), et G26 (Petite-n-grn) présentent une adaptation générale aux différents environnements.

Mots clés : Niébé, Variétés, génotype, Pobé-Mengao, Saria, Sécheresse.

ABSTRACT

Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp is subjected to yield losses due to drought and heat stress despite of the fact that it is one of the most drought tolerant crop. This work aims to assess drought tolerant phenotyping and genotyping of early and medium cowpea varieties and to screen for drought resistance. The varieties were evaluated at Pobe-Mengao during main season at two dates of planting and at Saria during off-season under controlled irrigation. The results show that IT85F-3139, IT95M-190, Apagbaala, Mouride, IT98K-1111-1, IT95K-1479, UCR-P-24 and UC-524B as early cycle and IT97K-207-15, IT00K-901-6, K VX 525, IT98K-205-8, Iron clay, IT98K-317-2, Petitegrn and IT96D-610 as medium cycle were the most drought resistance lines at Pobé-Mengao and Saria. Correlation analysis indicated strong relationships of harvest index (IR), Threshing ratio (TR), and grains number per pod (NG/G) to yield in the terminal stress at Saria but, in the intermittent stress at Pobé-Mengao, the fodder yield per plant (PF/P) is associated with the yield. Physiological responses to water deficit to SPAD values measurement indicate two responses of cowpea under drought stress. The first group where SPAD values remains stable under drought stress and under non stress condition. The second group where SPAD values decrease under drought stress. The method of AMMI analysis is used to analyse Genotype x environment interaction. The results of AMMI analysis indicate that the G9 (IT98K-1105-5), G22 (IT95M-190) and G25 (Apagbaala) as early cycle and G18 (IT97K-207-15) as medium cycle are adapted in the environment of Pobé-Mengao. The genotypes G20 (Suvita-2), G24 (IT99K-124-5), G28 (58-53) and G27 (IT98K-498-1) as medium cycle lines are adapted in the environment of Saria. The varieties G1 (IT82E-18), G8 (UC-524B), G14 (UC-CB27), G20 (Prima) and G29 (IT97K-499-39) as early cycle and G1 (IT 96D-610), G3 (IT98K-317-2), G16 (IT00K-901-6), G25 (K VX 403), and G26 (Petite-n-grn) as medium cycle lines were identifies as having general adaptation in all environment.

Key words: Cowpea, Varieties, Genotype, Pobé-Mengao, Saria, Drought.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp est une espèce principalement cultivée dans les régions tropicales et particulièrement dans les zones sud du Sahara en Afrique (Singh et al., 1997). La plus grande partie des surfaces cultivées se trouvent en Afrique occidentale (Quin, 1997), couvrant avec l'Afrique centrale 80% des surfaces cultivées (Langyintuo et al., 2003). Au Burkina Faso la culture se pratique généralement en association avec les céréales et de plus en plus en culture pure surtout au nord (Dabiré, 2001).

Les grandes zones tropicales arides et semi-arides sont caractérisées par des sécheresses fréquentes qui constituent la majeure contrainte de la production (Singh et al., 1997), due à un déficit et à une mauvaise répartition pluviométrique. Au Burkina Faso, les zones sahélienne et soudanienne sont plus affectées par la sécheresse. Drabo et al., (1993) montrent que la zone sahélienne est caractérisée par des poches de sécheresse de dix à plus de quinze jours, des températures élevées (38°- 45°) tant de l'air que du sol et celle de la savane soudanienne est caractérisée par des poches de sécheresse de cinq à dix jours fréquentes. Pour faire face à de telles contraintes environnementales, il est nécessaire d'avoir recours aux cultures qui s'adaptent à la sécheresse et aux températures élevées. Le niébé se présente comme étant l'une des cultures la plus tolérante à la sécheresse (Watanabe, et al., 1997). Il est de ce fait considéré comme relativement bien adapté à la sécheresse. En dépit de cette relative résistance à la sécheresse, son rendement reste faible et instable dans des zones sujettes à des déficits hydriques (Watanabe et al., 1997). Par conséquent, le développement de variétés résistantes à la sécheresse et aux températures élevées devient une nécessité pour une augmentation et une stabilisation du rendement.

Cette étude a été effectuée dans le cadre du projet GCP (Generation Challenge Program) intitulé « Improving tropical legumes productivity for marginal environment in sub-saharan Africa » Ce projet vise à améliorer la productivité de quatre légumineuses à savoir le niébé, l'arachide, le poids chiche et le haricot (*Phaseolus*) par la méthode de sélection moderne qui est une combinaison de la sélection conventionnelle et les biotechnologies. La présente étude vise à :

-Effectuer le phénotypage en vue du génotypage de trente lignées à maturité précoce et trente lignées à maturité intermédiaire en mesurant leur capacité de production en condition de sécheresse et de températures élevées.

-Sélectionner les meilleures lignées en vue d'une évaluation plus poussée de leur résistance.

Ce travail s'articule autour des points suivants :

√ Première partie : Revue bibliographique

√ Deuxième partie : Matériels et Méthodes

√ Troisième partie : Résultats et Discussions

Première partie: Synthèse bibliographique

I-1-GENERALITES SUR LE NIEBE

1-1-1-Connaissance de la plante du niébé

1-1-1-1-Classification

Le niébé, qui est mentionné dès l'Antiquité par Dioscoride, a été décrit par Linné, à partir d'une forme cultivée provenant des Antilles, sous le nom de *Dolichos unguiculatus*, qui deviendra *Vigna unguiculata* (Pasquet et Baudouin, 1997). *Vigna unguiculata* inclut des formes cultivées et des formes sauvages. Les formes cultivées se distinguent des formes sauvages par des gousses indéhiscentes, des graines et des gousses de taille plus importante (Lush et Evans, 1981). Selon Vanderborcht et Baudoin (2001), les formes cultivées sont regroupées dans la sous-espèce *unguiculata*, laquelle est subdivisée en quatre cultigrupes : i) le cultigroupe *Unguiculata* (anciennement *V.sinensis* (L.) Savi ex Hassk), forme couramment cultivée et plus importante en Afrique ; ii) le cultigroupe *Biflora* (anciennement *V.unguiculata* subsp. *Cylindrica* (L.) verdcourt), à petites gousses érigées, cultivé principalement en Asie ; iii) le cultigroupe *Sesquipedalis* (anciennement *V.unguiculata* var. *sesquipedalis* (L.) Ohashi), à gousses très longues et pendantes ; iv) le cultigroupe *Textilis* (anciennement *V.sinensis* var. *textilis* A Cheval) avec de long pédoncule est présent en Afrique de l'Ouest. Le niébé est une dicotylédone de l'ordre des *Fabales*, famille *Fabaceae*, sous famille *Faboideae*, tribu *Phaseoleae*, sous tribu *Phaseolinae*, genre *Vigna* et la section *Catiang* (Verdcourt, (1970) ; Maréchal et al., (1978)).

1-1-1-2-Origine et diffusion

Le niébé, *V. unguiculata* est une légumineuse annuelle dont le centre d'origine était controversé avant les études de Faris (1963 ; 1965). Piper (1913), a donné une double origine au niébé : l'Inde et l'Afrique. Faris (1963, 1965), après des études qui se sont reposées sur une description cytologique et morphologique des formes sauvages et cultivées du niébé montre que l'Afrique de l'Ouest et plus probablement le Nigeria est le centre d'origine du niébé. Selon Verderdorcht et Baudoin (2001), le niébé est originaire de l'Afrique où il a été domestiqué au

Néolithique. Sa diffusion vers l'Asie, en parallèle avec celle du sorgho, date de 2.300 av JC. Le niébé est introduit en Europe vers 300 av J-C où il reste une culture mineure dans la partie méridionale. Les Espagnols et les Portugais l'exportent au 17^{ème} siècle vers le nouveau monde. D'autres cultivars sont transportés directement de l'Afrique vers l'Amérique latine avec le trafic de l'esclave. Le niébé atteint le Sud des Etats-Unis au début du 19^{ème} siècle.

1-1-1-3-L'appareil végétatif

La tige : la tige du niébé est cylindrique, volubile, quelque fois glabre et creuse. Elle définit le port de la plante qui peut être érigé, semi érigé, buissonnant, ou rampant. Chaque nœud de la tige porte deux stipules et trois bourgeons axillaires.

Les feuilles : la première paire de feuille est opposée et monofoliée. Les secondes feuilles sont alternes et trifoliées comprenant deux folioles opposées et une foliole terminale.

Les racines : le système racinaire est pivotant avec de nombreuses ramifications, ce qui confère au niébé une certaine tolérance à la sécheresse. Les racines portent des nodosités de bactéries fixatrices d'azote atmosphérique.

1-1-1-4-L'appareil reproducteur

L'inflorescence : elle est un racème axillaire. Le pédoncule a une longueur variable, au bout duquel se trouve le rachis. La coloration des fleurs varie du blanc au violet en fonction de la concentration d'anthocyanine. Le niébé est une plante autogame (Fery, 1985). Le cycle des variétés est déterminé au stade 50 % de floraison (Drabo, 1981).

Les fruits : le fruit du niébé est une gousse pendante ou dressée avec des formes linéaire, spiralée, ou enroulée. La gousse peut être entièrement pourpre, pigmentée sur les valves à son extrémité, marbrée ou dépourvue de pigments.

Les graines : la graine du niébé comporte un tégument qui peut être ridé ou lisse. Elle est de couleur, de taille, et de forme variables. La graine est riche en protéines et en carbohydrates.

1-1-1-5-Photosensibilité

Ce caractère a été largement étudié, en particulier par Steele (1972). On distingue trois groupes :

Le premier groupe, photo-indépendant tardif, comprend des génotypes indifférents à la photopériode. La croissance est indéterminée et le port quelquefois érigé mais le plus souvent volubile. Ces génotypes sont généralement tardifs et ont une floraison échelonnée à partir de nœuds éloignés au cours de la saison culturale. On trouve ces cultivars dans les zones les plus proches de l'équateur comme les savanes guinéennes humides de l'Afrique, où ils sont cultivés surtout en première saison humide.

Le deuxième groupe, photo-indépendant précoce, est constitué des génotypes également indifférents à la photopériode. Ces génotypes fleurissent précocement à partir des premiers nœuds de la tige principale et donnent une production groupée, souvent récoltable au bout de deux mois. Ces variétés sont cultivées dans les zones de latitude élevée; en Inde, dans le bassin méditerranéen et aux Etats-Unis.

Le troisième groupe, photosensible, regroupe des génotypes sensibles à la photopériode. Le port est généralement rampant et nettement moins volubile que chez les cultivars du premier groupe. Ce groupe englobe la plupart des cultivars traditionnels de l'Afrique soudano-sahélienne cultivés en association avec le sorgho et le mil. Leur photopériodisme de jours courts (leur floraison se produit quand la longueur du jour décroît au-dessous d'un certain seuil) leur confère une adaptabilité locale très marquée.



Planche1: Plante du niébé



Planche2 : Graines du niébé

1-1-2-Culture du niébé

1-1-2-1-Importance de la culture

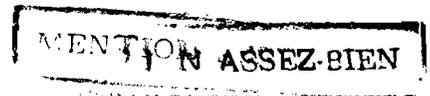
Le niébé est une légumineuse herbacée tropicale. Sa culture présente des retombées économiques, nutritionnelles, et agronomiques considérables.

Sur le plan économique : le niébé est une source de devises pour les pays producteurs. Les graines du niébé alimentent les échanges économiques au niveau régional et sous régional. Selon Langyintuo et *al.*, (2003) le Niger, le Burkina Faso, le Bénin, le Mali, le Cameroun, le Tchad, et le Sénégal sont les principaux pays exportateurs du niébé ; tandis que le Nigeria, le Ghana, le Togo, la Cote d'ivoire, le Gabon, et la Mauritanie sont les pays importateurs. En plus du commerce des graines du niébé, le fourrage est aussi commercialisé et utilisé dans l'alimentation des animaux. En Afrique occidentale et centrale, le commerce du fourrage du niébé permet une augmentation de 25% du revenu annuel des paysans (Quin, 1997).

Sur le plan nutritionnel : les jeunes feuilles, les gousses immatures, et les graines sont utilisées dans l'alimentation humaine. La valeur nutritionnelle des graines est élevée avec en moyenne 23 à 25% de protéines et 50 à 67% d'amidon, ce qui confère au niébé un rôle important dans la lutte contre la déficience protéique chez les enfants (Quin, 1997). La graine du niébé est riche en lysine mais déficiente en acide aminé soufré.

Sur le plan agronomique : la culture du niébé permet un enrichissement du sol en azote par l'intermédiaire de bactéries fixatrices d'azote atmosphérique. Quin (1997), montre qu'un hectare de niébé rapporte 40-80 Kg d'azote dans le sol. De part sa croissance rapide, le niébé assure une couverture du sol, le protégeant ainsi contre l'érosion et contre l'envahissement des adventices.

1-1-2-2-Contraintes de la culture



La culture du niébé est confrontée à des contraintes biotiques, abiotiques, et socio-économiques qui entravent son développement.

1-1-2-2-1-Les contraintes biotiques

Singh et Allen, (1979) ont mentionné les contraintes biotiques qui entravent le développement du niébé. Ces contraintes sont :

Les insectes nuisibles sont composés d'insectes de préfloraison, de post-floraison, et les insectes de stocks. Les insectes de préfloraison tels les jassides (*Empoasca spp*) provoquent le rabougrissement de la plante lors d'attaque massive conduisant souvent au dessèchement de la plante. Les insectes de post-floraison dont les plus importants sont les thrips des fleurs, les foreuses des gousses, et les punaises nuisibles. Les punaises (*Anosplocnemis curvipes*) piquent les jeunes gousses pour en sucer la sève.

Les maladies sont composées de maladies cryptogamiques, bactériennes, et virales. Les maladies cryptogamiques causent une fonte de semis, des pourritures des racines et du collet, le flétrissement de la plante, des taches brunes, etc. L'agent causal des taches brunes est *Colletotrichum capsici* qui provoque une décoloration brune pourpre des pétioles, des nervures, des tiges, des pédoncules, et des gousses. Cette modification de couleur s'accompagne parfois d'une craquelure des gousses. Les principales maladies bactériennes sont les chancres bactériens et les taches bactériennes. L'agent causal du chancre bactérien est *Xanthomonas vignicola* qui provoque des taches nécrotiques des feuilles et occasionne souvent une fonte de semis. Les maladies virales dont les plus importantes sont *severe mosaic* du niébé, *yellow mosaic*, *aphid-borne mosaic* du niébé, et le *golden mosaic* du niébé sont transmises pour la plus part par des insectes. Ces maladies provoquent un rabougrissement de la plante, divers types de mosaïques et une déformation des feuilles.

Les phanérogames parasites sont composées du *Striga gesnerioides* et *Alectra vogellii*. Le *striga* provoque le jaunissement des portions du limbe comprises entre les nervures, le flétrissement prématuré des plants ainsi que leur dépérissement.

1-1-2-2-2-Les contraintes abiotiques

Les contraintes abiotiques constituent l'une des principales contraintes de la production du niébé. Elles sont essentiellement de type pédoclimatiques.

Les contraintes climatiques sont liées à la pluviométrie, les températures, et les vents. La mauvaise répartition spatiale et temporelle de la pluviométrie ainsi

que les températures élevées et les vents violents accentuent la sécheresse qui entrave la production du niébé

Les contraintes pédologiques sont liées essentiellement à une faible fertilité des sols en éléments minéraux nécessaire à la croissance et au développement de la plante.

1-1-2-2-3-Les contraintes socio-économiques

Drabo et *al.*, (2008) ont mentionné les contraintes socio-économiques du développement de la culture du niébé au Burkina Faso. Ces contraintes sont :

La difficulté d'accès des producteurs aux crédits et intrants agricoles (semences, engrais...);

L'inorganisation de la filière et les prix non rémunérateurs ;

Stratégies de diffusion de variétés inappropriées.

1-1-2-3-Exigences de la culture

Le climat : le niébé est une culture très bien adaptée aux régions arides et semi-arides. C'est une légumineuse cultivée dans les régions tropicales et subtropicales.

Le sol : le niébé se cultive sur les sols sableux à argileux. Il ne supporte pas l'engorgement et l'acidité du sol. Le niébé croît bien à des pH de 4,5 à 9,0 et réussit à fixer l'azote dans des sols possédants moins de 2% de matière organique et plus de 80% de sable (Singh et *al.*, 1997).

L'eau : le niébé est une plante ayant une certaine adaptation à la sécheresse. Sa culture est effectuée entre les isohyètes 300 mm à 1500 mm.

1-1-2-4-La culture au Burkina Faso

Au Burkina Faso, la culture se pratique généralement en association avec les céréales et de plus en plus en culture pure surtout au nord (Dabiré, 2001). La production du niébé en 2007 était estimée à plus de 400 000 tonnes (Dabiré et Drabo 2008). Le plan d'action de la filière niébé élaboré en 2002 a révélé les points suivants:

- La production nationale est surtout l'œuvre de petits producteurs qui cultivent le niébé en association avec les céréales. Les rendements sont faibles et de l'ordre de 200 à 250 kg/ha.

- L'émergence d'une production orientée vers le marché avec l'adoption de la culture pure du niébé, la création de variétés à grosses graines, l'utilisation d'engrais et de pesticides. Les rendements dans ce cas sont élevés et sont en moyenne de 800 kg/ha.

-De sérieux problèmes de conservation chez les paysans et chez les commerçants. Les pertes peuvent atteindre 100%.

-L'INERA devrait poursuivre la recherche sur le niébé sur deux axes :

1-la création de variétés performantes à grosses graines blanches ou brunes résistantes aux insectes, aux maladies et au Striga dans le but de conquérir le marché intérieur et surtout extérieur.

2-la mise au point de technique de conservation écologique.

I-2- LA SECHERESSE ET L'ADAPTATION A LA SECHERESSE

1-2-1-La sécheresse

1-2-1-1-Définition

Il y'a autant de définition de la sécheresse qu'il y a d'utilisation de l'eau (Heathcotes, 1973 cité par Bergaoui et Aloui, 2001).

La sécheresse se définit par un déficit des disponibilités en eau par rapport à une situation considérée comme normale pour une période donnée et une région déterminée (Benzarti et Habaieb, 2001). Sarr, (1975) définit la sécheresse comme étant l'état de pénurie hydrique dont souffre un végétal. En réalité, il existe différents types de sécheresse (Benzarti et Habaieb, 2001) :

- La sécheresse climatologique essentiellement liée au déficit pluviométrique ;
- La sécheresse agronomique qui fait appel au déficit de la réserve hydrique du sol et à l'état d'avancement de la végétation ;
- La sécheresse hydrologique qui se manifeste par un abaissement prononcé des nappes.

1-2-1-2-Importance de la sécheresse.

La sécheresse constitue l'une des principales contraintes de la production agricole mondiale et particulièrement au Burkina Faso. Le déficit hydrique touche près de 50% des surfaces cultivées dans le monde (Sanou, 1991 cité par Dabiré, 2000). Au Burkina Faso, les zones sahélienne et soudanienne sont plus affectées par la sécheresse. Comparativement à la période allant de 1951 à 1960 on note un recul de la moyenne des quantités d'eau de pluie de la période 1961-1990 qui passe de 400 mm à 300 mm au Nord et de 1300 mm à 1100 mm au Sud (Bance et *al.*, 1999).

1-2-1-4-Les causes de la sécheresse

La sécheresse résulte d'une combinaison de deux principaux phénomènes qui se renforcent mutuellement :

La péjoration climatique : le climat du globe est affecté par un réchauffement à grande échelle qui touche tous les pays. Au Burkina Faso la température moyenne journalière minimale a augmenté de 1°C en moyenne entre 1960 et 1990 alors que la température moyenne journalière maximale reste inchangée (Paturel et *al.*, 2002). La crise climatique se manifeste par une rupture des équilibres écologiques qui se caractérise par des catastrophes naturelles (cyclone, sécheresse, désertification...). La sécheresse induite est entretenue par une mauvaise répartition spatiale et temporelle des précipitations.

Les phénomènes anthropiques : ils se traduisent par une pression accrue de l'homme sur les ressources naturelles. Cette pression sur les ressources naturelles est principalement liée à la croissance démographique élevée. Il s'en suit une dégradation de l'environnement et du climat conduisant à des sécheresses et à la désertification. Les Activités humaines et la péjoration climatique se combinent pour renforcer le phénomène de la sécheresse qui remet en cause la production agricole.

1-2-1-5-Les conséquences de la sécheresse

La sécheresse engendre d'énormes conséquences environnementales, agricoles, humaines et socio-économiques.

Sur le plan environnemental : la sécheresse entraîne la destruction du couvert végétal, l'assèchement progressif de nombreuses zones et par conséquent la disparition de la diversité biologique ainsi privée de son habitat naturel.

Sur le plan socio-économique et humaine : la réduction croissante de la base de ressources naturelles sur laquelle repose l'activité socio-économique des pays alimente en retour la pauvreté humaine, la stagnation économique, les migrations sous-régionale et internationale.

Sur le plan agricole : la sécheresse constitue l'une des principales contraintes de la production agricole. Elle engendre des pertes énormes de rendement particulièrement dans les pays sahéliens. La sécheresse de 1997 au sahel, avec un déficit pluviométrique moyen de 30% par rapport à 1998, a entraîné une baisse moyenne de rendement des céréales de 43% au Burkina Faso, au Niger et au Sénégal (FAOSTAT, 2005 cité par Falalou, 2006). Le rendement du niébé a également baissé de 20% en moyenne dans ces trois pays.

1-2-1-6- Lutte contre la sécheresse

La lutte contre la sécheresse passe par la conjugaison des différentes luttes dans différents domaines et dans différentes spécialités. On peut citer entre autres la gestion conservatoire des eaux et des sols (GCES), l'utilisation des systèmes d'irrigation, la lutte contre l'effet de serre, et l'amélioration variétale pour la résistance à la sécheresse qui est un moyen de lutte efficace, durable compte tenu de l'adaptation des géotypes à la sécheresse.

1-2-2-Adaptation à la sécheresse

1-2-2-1-Définition

L'adaptation à la sécheresse des plantes cultivées peut être définie au sens de Turner (1979 cité par Monneveux et al 1997) comme la capacité de la plante à croître et donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des déficits hydriques périodiques.

1-2-2-2-Stratégies d'adaptation à la sécheresse des plantes.

Levitt, (1980) distingue trois grandes stratégies d'adaptation à la sécheresse : l'esquive (drought escape), l'évitement (dehydration avoidance) et la tolérance (dehydration tolerance). Chacune des grandes stratégies est sous la dépendance d'un certain nombre de caractères plus ou moins complexes

1-2-2-2-1-Esquive

L'esquive est l'un des moyens pour la plante de réduire ou d'annuler les effets du stress hydrique en évitant que le stress se produise au cours du cycle et en particulier au cours d'une phase sensible ou critique (Monneveux et *al.*, 1997). Cela n'est possible que par l'augmentation de la précocité du cycle de la plante qui se traduit par un raccourcissement des phases de floraison, de fructification et de maturation. En plus de la précocité du cycle, Turner (1986 cité Monneveux et *al.*, 1997) considère que la plasticité du développement est aussi un mécanisme d'esquive.

1-2-2-2-2-Evitement de la déshydratation

Cette stratégie consiste, pour la plante, à maintenir un état hydrique interne satisfaisant en présence d'une contrainte hydrique externe (Monneveux et *al.*, 1997). Ceci peut être obtenu par la réduction de la transpiration, l'utilisation des mécanismes de l'ajustement osmotique, le maintien et l'augmentation de l'absorption de l'eau. Le maintien et l'augmentation de l'absorption de l'eau sont liés à un complexe de caractères morphologiques racinaires (profondeur, ramification, masse et volume). La réduction de la transpiration résulte de la diminution de la surface transpirante (abscission des feuilles et enroulement foliaire), de la fermeture des stomates, et de la diminution de la radiation interceptée (dépôt de cires épicuticulaires). La réduction des pertes d'eau contribue à maintenir ou à augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau. L'ajustement osmotique permet de maintenir la conductance stomatique et la photosynthèse à des potentiels hydriques bas, il intervient aussi en retardant la sénescence foliaire et en améliorant l'extraction de l'eau par les racines (Turner et *al.*, 2001 cité par Clavel et *al.*, 2005)

1-2-2-2-3-La tolérance à la déshydratation

La tolérance à la déshydratation permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré son état hydrique interne plus bas. C'est la capacité de la plante à maintenir l'intégrité des structures et des fonctions métaboliques des tissus en condition de déficit hydrique. Elle implique les mécanismes de l'ajustement osmotique et la tolérance protoplasmique à la dessiccation. La tolérance protoplasmique à la dessiccation dépend de la capacité des membranes cellulaires, des protéines membranaires et cytoplasmiques à résister à la dégradation et à la dénaturation. La tolérance à la dessiccation recouvre à la fois la résistance mécanique des tissus au déficit hydrique ainsi que la résistance biochimique des enzymes et des protéines à la dénaturation.

Compte tenu de cette multiplicité de mécanismes d'adaptation à la sécheresse, Turner (1986 cité par Monneveux et *al.*, 1997) et Levitt (1980), ont proposé une classification des mécanismes d'adaptation à la sécheresse des plantes.

Tableau 1 : Mécanismes d'adaptation à la sécheresse des plantes.

Classification selon Turner	Classification selon Levitt
*Esquive -Précocité -Plasticité du développement	-Drought escape
*Evitement de la déshydratation -Maintien de la turgescence ~Maintien de l'absorption et ~Réduction des pertes d'eau -Maintien du volume cellulaire ~Elasticité	-Dehydration avoidance (Maintenance of turgor and volume) ~Maintenance of water uptake ~Reduction of water loss ~Changes in tissue characteristics
*Tolérance à la déshydratation -Tolérance protoplasmique	-Dehydration tolerance ~Protoplasmic tolerance

1-2-2-3-Stratégies d'adaptation à la sécheresse du niébé.

1-2-2-3-1-Esquive

Le niébé possède des mécanismes d'esquive en fonction des variétés. Ces mécanismes se manifestent généralement par une réduction du cycle de développement de la plante. Singh, (1987), montre que les variétés de niébé à cycle précoce évitent le stress terminal mais présentent une mauvaise performance si elles sont exposées à des stress intermittents durant le stade végétatif.

1-2-2-3-2-Evitement de la déshydratation

Pour éviter la déshydratation, le niébé assure le maintien de l'absorption de l'eau par l'élongation et la ramification de son système racinaire. Sarr et *al.*, (2001) montrent qu'un déficit hydrique est responsable d'un allongement racinaire et d'une ramification secondaire dans les couches profondes humides du sol favorisant l'optimisation de l'absorption hydrique.

1-2-2-3-3-Tolérance à la déshydratation

Le niébé possède des mécanismes de tolérance à la déshydratation. Ces mécanismes lui sont conférés par une activité enzymatique en réponse au déficit hydrique permettant à la plante de tolérer la dessiccation membranaire. Roy-Macauley (1999), montre la présence de quatre gènes correspondants à deux phospholipases C et D, une ascorbate peroxydase, et une autre protéine toutes impliquées dans la tolérance membranaire du niébé sous stress hydrique.

1-2-2-4-Critères de sélection

La sélection pour la résistance à la sécheresse s'effectue en mesurant des paramètres morphophysologiques et phénologiques d'une plante sous stress hydrique. Ces mesures sont effectuées sur différents organes de la plante à différents stades végétatifs.

1-2-2-4-1-Au niveau de l'appareil végétatif

Les variables liées à la phénologie : il s'agit principalement de la date de floraison et de la date de maturité. Ces deux dates renseignent sur la longueur du cycle de la plante et révèlent ainsi des mécanismes d'esquive à la sécheresse.

Les feuilles : il s'agit d'apprécier visuellement la sénescence des feuilles suivant une échelle de 1 à 5 :

- 1 : feuilles vertes et turgescents ;
- 2 : feuilles vertes et légèrement flétries ;
- 3 : feuille d'un vert jaune avec un flétrissement modéré ;
- 4 : feuilles jaunâtres avec un flétrissement sévère ;
- 5 : feuilles totalement sénescents, marron ou mortes.

L'indice foliaire peut être aussi considéré comme un critère de sélection. Il est défini par la somme de toute la surface foliaire d'une culture rapportée à la surface du sol occupée par cette culture. La durée du cycle de développement, caractère d'esquive, est liée au nombre et souvent à la taille des feuilles ce qui conduit les génotypes précoces à avoir fréquemment un indice foliaire faible (Blum, 1988).

Les racines : au niveau des racines il s'agit de mesurer la profondeur d'enracinement, le volume et la masse racinaires dans les conditions de sécheresse. Ces caractères permettent le maintien de l'absorption de l'eau.

1-2-2-4-2-Au niveau de l'appareil reproducteur.

Le rendement : Bidinger et *al.*, (1987) montrent que la performance du rendement potentiel est un moyen d'évaluation pour la résistance à la sécheresse et son amélioration est l'objectif universel de la sélection.

Les paramètres du rendement : ils sont principalement le nombre de gousses, le nombre de graines, le nombre de graines par gousse, le poids de 100 graines l'indice de récolte etc. Falalou, (2006), montre que le nombre de graines par plante, le rendement gousses, l'indice de récolte, et le nombre total de graines sont des principales variables explicatives du rendement graines du niébé en condition de déficit hydrique.

1-2-2-5-Environnements de sélection

La sélection pour la résistance à la sécheresse peut se réaliser dans plusieurs environnements différents. Les types de déficit hydrique utilisés dans le criblage vont du naturel aux stress provoqués (Sanou ,1991 cité par Dabiré, 2000).

Le criblage dans les conditions naturelles peut être effectué d'une campagne à l'autre ou dans différentes localités en vue d'une analyse des interactions génotype x environnement (G x E). Cet environnement naturel permet d'apprécier l'adaptation locale des variétés aux conditions abiotiques et biotiques du milieu. La difficulté majeure dans un tel environnement est la non maîtrise des conditions expérimentales qui sont totalement aléatoires. Cela conduit au recours à des stress provoqués, utilisant des systèmes d'irrigation pouvant être appliqués en pot ou au champ.

Le criblage dans les conditions artificielles : les principales formes de stress provoqués sont les suivantes :

- Privation totale d'eau pendant une période du cycle de développement de la plante ;
- Privation partielle d'eau pendant tout le cycle de la plante ou pendant une période délimitée du cycle de la plante.

Ce type d'environnement offre un meilleur contrôle des conditions expérimentales mais, il présente aussi des insuffisances. Singh et Matsui (2002), montrent que ce type d'environnement ne révèle pas le milieu réel du développement de la culture, particulièrement quand la température et la photosensibilité jouent un rôle important dans la croissance et la productivité des cultures. Le couplage des deux types d'environnements devient une nécessité pour une meilleure sélection de génotypes résistants à la sécheresse.

1-2-2-6-Méthodes d'amélioration génétique de la résistance à la sécheresse

1-2-2-6-1-Méthodes conventionnelles

Ces méthodes se reposent sur des techniques couramment utilisées en amélioration végétale. On a entre autres : la sélection massale qui consiste à choisir des plantes dans une population sur leur aspect phénotypique ; les croisements de deux ou plusieurs variétés en vue d'incorporer les caractères de

résistance à la sécheresse. Ces techniques peuvent être utilisées pour cribler les variétés en fonction des critères morpho phénologiques.

1-2-2-6-2-Méthodes biotechnologiques.

Plusieurs méthodes biotechnologiques sont utilisées dans l'amélioration de la résistance à la sécheresse des plantes (Monneveux, et This, 1995). Ces méthodes sont :

Etude des mécanismes moléculaires de réponse au stress : elle consiste à induire un stress sur la plante entière, puis à suivre les modifications induites par ce stress au niveau des protéines ou des ARN messagers.

Etude du polymorphisme RFLP (restriction fragment length polymorphism ou PLFR : polymorphisme de longueur des fragments de restriction) de marqueurs moléculaires en relation avec la tolérance au stress: cette technique consiste à comparer les profils protéiniques de génotypes à comportement contrasté : résistant et sensible.

La recherche et localisation des gènes co-responsables de caractères quantitatifs (*Quantitative Trait Loci* ou QTL) : elle consiste à localiser des zones du génome impliquées dans les variations de caractères quantitatifs à l'aide de marqueur moléculaire. Cette technique peut être utilisée dans une sélection assistée par marqueurs.

Deuxième partie : Matériels et Méthodes

L'étude a été conduite en saison pluvieuse à Pobé-Mengao et en contre saison à Saria.

II-1- EXPERIMENTATION EN SAISON PLUVIEUSE

2-1-1- Présentation du site de Pobé-Mengao

Logé dans la partie nord du Burkina Faso à environ 260 km de Ouagadougou, Pobé-Mengao est situé à 13°58'6,27" latitude et 1°44'58,72" longitude avec une élévation de 330 m par rapport à la mer (CBDC, 2003). Son climat est de type sahélien, caractérisé par une forte évapotranspiration, de fortes amplitudes thermiques (38°- 45°) et une pluviométrie moyenne annuelle de 300 à 600 mm. La saison des pluies s'étale de Juin à Septembre et caractérisée par des poches de sécheresse de 10 à 15 jours (Drabo et *al.*, 1993) . De ce fait la végétation est dominée par des arbustes avec principalement des espèces telles que *Balanites aegyptiaca* (L.) Del, *Pterocarpus lucens* Guill. et Perr., et *Combretum micranthum* G. Don., qui sont bien adaptées à cette zone. Les sols sont principalement des sols tropicaux ferrugineux. Ce sont des sols sablonneux pauvres en matière organique avec une faible capacité de rétention hydrique.

2-1-2- Matériels

2-1-2-1-Matériel végétal

Deux groupes de variétés ont été testés à savoir des variétés à cycle précoce (30 lignées) et des variétés à cycle intermédiaire (30 lignées). Les tableaux 2 et 3 présentent la liste et les origines des variétés testées.

MENTION ASSEZ-BIEN

Tableau 2 : Variétés à cycle précoce**Tableau 3 : Variétés à cycle intermédiaire**

N	Variétés à cycle précoce	Origines
1	IT82-E18	IITA
2	Yacine	ISRA
3	IT85F-867-5	IITA
4	Mouride	ISRA
5	IT98K-1111-1	IITA
6	IT93K-693-2	IITA
7	Melakh	ISRA
8	UC-524B	UCR
9	IT98K-1105-5	IITA
10	IT84S-2049	IITA
11	IT95K-1479	IITA
12	IT85F-3139	IITA
13	Ife brown	Nigeria
14	UC-CB27	USA
15	Sasaque	Australie
16	UC-CB46	UCR
17	Sh-50	UCR
18	Bambey 21	Sénégal
19	IT93K-2046	IITA
20	Prima	ISRA
21	IT95K-181-9	IITA
22	IT95M-190	IITA
23	IT95M-303	IITA
24	UCR-P-24	USA
25	Apagbaala	Ghana-SARI
26	IT84S-2246	IITA
27	IT93K-93-10	IITA
28	IT95K-1491	IITA
29	IT97K-499-39	IITA
30	IT95K-1095-4	IITA

N	Variétés à cycle intermédiaire	Origines
1	IT 96D-610	IITA
2	IT98K-698-2	IITA
3	IT98K-317-2	IITA
4	IT83D-442	IITA
5	IT98K-205-8	IITA
6	KVX525	INERA
7	Mougne	ISRA
8	IT95K-1095-4	IITA
9	IT98K-128-2	IITA
10	IT97K-556-6	IITA
11	IAR8/7-4-5-3	INERA
12	N'diambour	ISRA
13	Iron clay	USA
14	IT97K-819-132	IITA
15	IT90K-284-2	IITA
16	IT00K-901-6	IITA
17	KVX 396	INERA
18	IT97K-207-15	IITA
19	58-57	ISRA
20	Suvita-2	INERA
21	IT95K-1090-2	IITA
22	KVX 421-2J	INERA
23	IT98K-428-3	IITA
24	IT99K-124-5	IITA
25	KVX 403	INERA
26	Petite-n-grn	USDA
27	IT98K-498-1	IITA
28	58-53	ISRA
29	IT98K-555-1	IITA
30	IT98K-1399	IITA

2-1-2-2- Matériels de mesures.

Une balance électronique qui a servi aux différentes pesées.

Une étuve pour le séchage des fanes.

2-1-3-Méthodes

2-1-3-1-Description de l'essai

Le dispositif expérimental: le dispositif expérimental utilisé a été le système de blocs complets randomisés à trois répétitions (blocs de Fisher). La parcelle élémentaire comportait une ligne de 3 mètres de long. La parcelle utile était de 2 mètres de long (en excluant 0,5 mètre de part et d'autre des extrémités de la parcelle élémentaire). L'essai a été entouré par deux lignes de bordure de la variété IT98K-205-8.

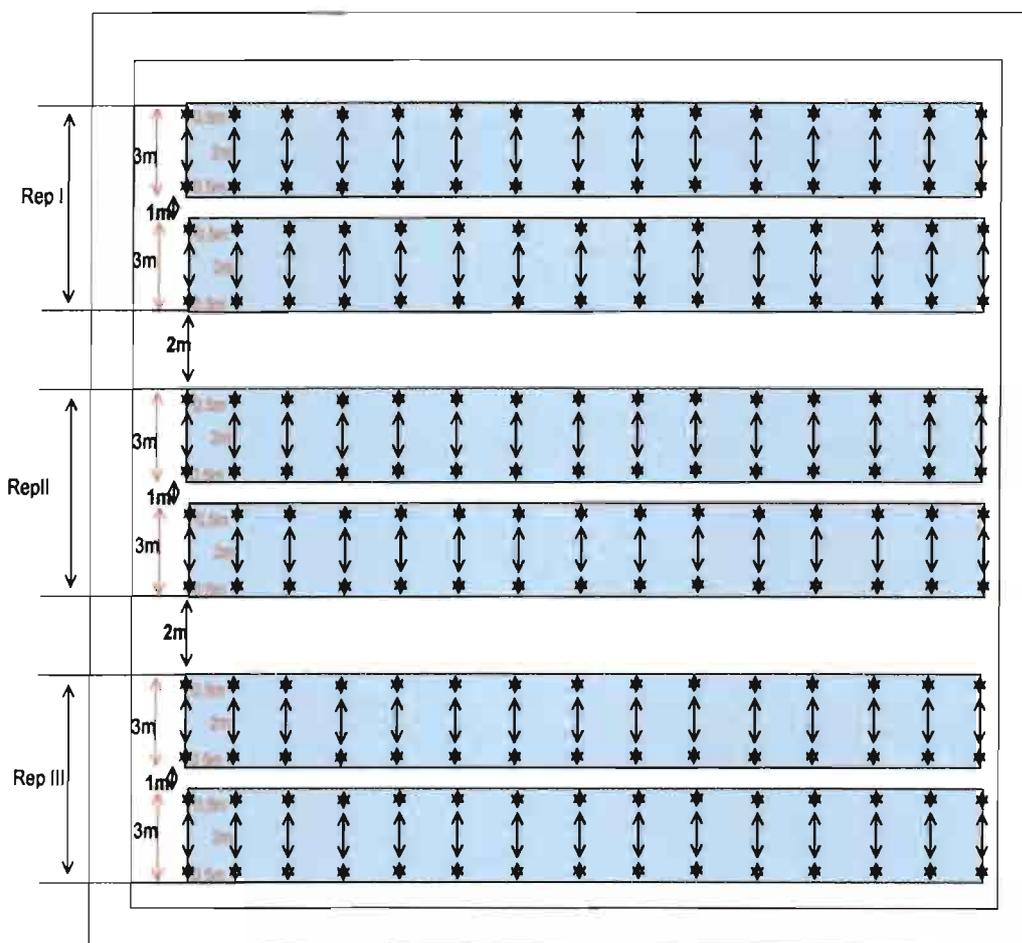


Figure 1: Dispositif expérimental.

Conduite de l'essai: l'essai a été implanté en deux dates de semis à Pobe-Mengao au cours de la saison pluvieuse. Cette localité sahéenne est caractérisée par des poches de sécheresse de dix à plus de quinze jours justifiant le choix du site. En choisissant deux dates de semis, nous avons voulu exposer et évaluer les

performances des variétés aux conditions variables de l'environnement. Les opérations de pré semis ont consisté en un labour au tracteur, suivi d'un pulvérisage et nivelage. Une fumure de fond a été apportée par épandage d'engrais NPK de formule 14-23-14 à la dose de 100 kg par hectare. Les semis ont été effectués aux écartements de 0,75 m entre les lignes et de 0,2 m entre les poquets à raison de deux (2) graines par poquet. Un démariage à un (1) plant par poquet a été effectué après la levée. Les travaux d'entretien ont consisté à des sarclages manuels, des désherbages, et des traitements insecticides. Les sarclages ont été effectués à deux reprises suivant le taux d'enherbement des parcelles. Les traitements insecticides (Décis) ont été effectués deux fois, contre les insectes des fleurs à la formation des boutons floraux et 15 jours plus tard contre les piqueurs suceurs des gousses.

Tableau 4 : Calendrier des opérations culturales de la saison pluvieuse.

Opérations culturales	1ère date de semis	2ème date de semis
Semis	02/08/08	15/08/08
Premier sarclage	15/08/08	02/09/08
Deuxième sarclage	02/09/08	15/09/08
Premier traitement insecticide	07/09/08	19/09/08
Deuxième traitement insecticide	21/09/08	03/10/08

2-1-3-2-Mesures des variables

Ces observations ont été réalisées sur les différentes parcelles utiles suivant le cycle de développement des plantes.

Nombre de plants par parcelle : il s'agit de compter le nombre de plants sur la parcelle élémentaire et sur la parcelle utile après le démariage à un (1) plant par poquet.

Nombre de jours à 50% maturité des gousses : il a été effectué par enregistrement du nombre de jours depuis les semis jusqu'au jour où 50% des plants de la parcelle utile portent des gousses mures.

Viroses (Vir) et le striga : le système de notation du parasitisme a été utilisé pour évaluer le degré d'attaque des parasites dans les différentes parcelles. La notation des viroses a porté sur l'observation du rabougrissement des plantes, et des diverses mosaïques et panachures sur les feuilles. En ce qui concerne l'infestation de striga, la notation a porté sur son émergence. Ces différents parasites ont été notés suivant une échelle de 1(sans attaque) à 5(infection totale).

Nombre de plantes récoltées : il a été effectué par comptage du nombre de plantes effectivement récoltées par parcelle utile.

Poids de graines (PG) : cette opération a consisté à faire battre séparément les gousses de chaque parcelle utile et à peser les graines à l'aide d'une balance électronique après séchage au soleil pendant au moins 10 jours.

Poids de 100 graines (PCG) : le comptage de 100 graines a été effectué à l'aide d'un compteur Numigral et le poids à l'aide d'une balance électronique.

Poids de fanes sèches (PF) : après la récolte, les fanes ont été immédiatement séchées au soleil pendant au moins 10 jours puis mises à l'étuve à 80° pendant 3 heures suivi des pesées à la balance électronique.

Poids de fanes par plante (PF/P) : il a été calculé par le rapport poids de fanes sur le nombre de plantes récoltées.

Poids de graines par plante (PG/P) : le Poids de graines par plante a été aussi calculé en faisant le rapport poids de graines sur le nombre de plantes récoltées.

2-1-3-3- Méthodes d'analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA), les analyses de corrélations entre les variables, et le test de la PPDS au seuil de 5% ont été effectués à l'aide du logiciel Genstat Discovery troisième édition. Chaque groupe de variété a été soumis à une ANOVA pour tester les différences significatives entre les variétés, les dates de semis et les effets de l'interaction date x variété.

2-1-3-4-Méthodes de sélection des variétés.

Le schéma de sélection a consisté à retenir les 15 meilleures variétés dans chaque date de semis et dans les deux dates de semis. Les variétés ont été classées par ordre de performance du rendement dans chaque date de semis. La sélection des 15 meilleures variétés dans les deux dates de semis a consisté à retenir les variétés sélectionnées dans la première et également dans la deuxième date de semis ou ayant une bonne production de fanes.

II-2- EXPERIMENTATION EN CONTRE SAISON

2-2-1- Présentation du site de Saria

Saria est situé dans le département de Koudougou (Province du Boulkiemdé). Le village de Saria qui abrite la station de recherches agricoles se situe à 23 km à l'Est de la ville de Koudougou et 80 km au Nord-ouest de la ville de Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso. La station se situe à une altitude de 300 m avec 12°16 de latitude Nord et 2°09 de longitude Ouest. Le climat de Saria est de type soudanno-sahélien, caractérisé par une forte évapotranspiration, de fortes amplitudes thermiques et une pluviométrie moyenne annuelle de 800 mm environ. La température moyenne annuelle est de 28°C, les maxima mensuels de 40°C se situent entre mars et avril. Les minima mensuels de 15°C se situent en décembre. La demande évaporative est en moyenne de 2000 mm en année sèche et de 1720 mm en année de bonne pluviométrie. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés ou non issus d'une roche granitique (Hien, 1979 cité par Batiéno, 2006). Ils sont carencés en phosphore et très pauvres en matière organique. La végétation est dominée par des espèces telles que *Parkia biglobosa* Benth, *Adansonia digitata* L. *Vitellaria paradoxa* (karité).

2-2-2- Matériels

2-2-2-1-Matériel végétal

Le matériel végétal soumis à cette expérimentation est constitué des mêmes variétés à cycle précoce utilisées dans l'expérimentation précédente, mais la variété IT95K-1095-4 a été remplacée par la K VX 61-1. Les variétés à cycle intermédiaire IT98K-555-1 et la IT98K-1399 ont été remplacées respectivement par les variétés IT89KD-288 et IT93K-503-1.

2-2-2-2- Autres Matériels

-Matériels de mesures :

Une balance électronique qui a servi aux différentes pesées.

Un compteur Numigral pour le comptage des graines (Annexe 2).

Une étuve pour le séchage des fanes.

-Système d'irrigation : Le sous-système d'irrigation à la raie a été utilisé pour les apports d'eau sur les parcelles. Une moto pompe a servi à l'exhaure de l'eau qui est transportée dans un réservoir à l'aide de tuyaux. Le transport de l'eau du réservoir et son application sur les parcelles ont été fait à l'aide d'un canal bétonné muni d'orifices faisant suite aux raies.

2-2-3-Méthodes

2-2-3-1-Description de l'essai

Le dispositif expérimental : le dispositif expérimental utilisé a été le système de blocs complets randomisés à trois répétitions (blocs de Fisher). La parcelle élémentaire comportait 4 lignes de 3 mètres de long et la parcelle utile comportait les 2 lignes centrales de 2 mètres de long (en excluant 0,5 mètre de part et d'autre des extrémités de la parcelle élémentaire afin d'éviter les effets de bordures).

Conduite de l'essai: l'essai a été implanté en contre saison à Saria. Les opérations de pré semis ont consisté en un labour au tracteur, suivi de billonnage pour la confection des sillons d'irrigation. Une fumure de fond a été apportée par épandage d'engrais NPK de formule 14-23-14 à la dose de 100 kg/ha. Les semis ont été effectués sur les billons aux écartements de 0,75 m entre les lignes et de

0,2 m entre les poquets à raison de deux (2) graines par poquet. Un démariage à un plant par poquet a été effectué après la levée. Les travaux d'entretien ont consisté à un buttage des plants, à un sarclage manuel et à des traitements insecticides (Décis). Le buttage a été effectué pour soutenir les plantules et rétablir les billons. Un seul sarclage a été nécessaire pour lutter contre les mauvaises herbes. Des traitements insecticides ont été effectués à deux reprises, contre les insectes des fleurs au stade boutons floraux et contre les piqueurs suceurs 15 jours plus tard. Le sous-système d'irrigation à la raie a été utilisé pour les apports d'eau sur les parcelles. Les variétés ont été évaluées sous un seul régime hydrique. Elles ont subi un stress hydrique et le déficit hydrique a été stimulé par arrêt de l'irrigation juste avant la floraison jusqu'à la maturité par analogie à la sécheresse de fin de cycle.

Tableau 5: Calendrier des opérations culturales de la contre saison.

Opérations culturales	Variétés à cycle précoce.	Variétés à cycle intermédiaire.
Semis	08/10/08	07/10/08
Buttage	23/10/08	22/10/08
Sarclage	03/11/08	03/11/08
Premier traitement insecticide (Décis)	14/11/08	14/11/08
Deuxième traitement insecticide (Décis)	29/11/08	29/11/08
Arrêt de l'irrigation	31/10/08	04/11/08

2-2-3-2-Mesures des variables

Ces observations ont été réalisées sur les différentes parcelles utiles suivant le cycle de développement des plantes.

Nombre de plants par parcelle : il s'agit de compter le nombre de plants sur la parcelle élémentaire et sur la parcelle utile après le démariage à un plant par poquet.

Nombre de jours à 50% maturité des gousses (Mat) : il a été effectué par enregistrement du nombre de jours depuis les sernis jusqu'au jour où 50% des plants de la parcelle utile portent des gousses mures.

Viroses (Vir) : le système de notation du parasitisme a été utilisé pour évaluer le degré d'attaque des parasites dans les différentes parcelles. La notation a porté sur l'observation du rabougrissement des plantes et des diverses mosaïques et panachures sur les feuilles suivant une échelle de 1(sans attaque) à 5(infection totale).

Nombre de plantes récoltées : il a été effectué par comptage du nombre de plantes effectivement récoltées par parcelle utile.

Nombre de gousses (NG) : le nombre de gousses a été compté manuellement pour chaque parcelle utile.

Poids de gousses (PGsse) : le poids des gousses de chaque parcelle utile a été déterminé à l'aide d'une balance électronique après séchage au soleil pendant au moins 10 jours.

Poids de graines (PG) : cette opération a consisté à faire battre séparément les gousses de chaque parcelle utile et peser les graines à l'aide d'une balance électronique après séchage au soleil pendant au moins 10 jours.

Nombre de graines (NG) : le nombre de graines a été compté à l'aide d'un compteur Numigral.

Poids de 100 graines (PCG): le comptage de 100 graines a été effectué à l'aide d'un compteur Numigral et le poids à l'aide d'une balance électronique.

Poids de fanes sèches (PF) : après la récolte, les fanes ont été immédiatement séchées au soleil pendant au moins 10 jours puis mises à l'étuve à 80° pendant 3 heures suivi des pesées à la balance électronique.

Indice de récolte (IR) : il a été calculé par la formule suivante :

$IR = \text{Rendement graine} / \text{Biomasse totale}$.

Taux d'égrainage (TE): il a été calculé en faisant le rapport poids de graines sur le poids de gousses. Il permet d'évaluer le pourcentage de remplissage des gousses.

Poids de fanes par plante (PF/P): il a été calculé par le rapport poids de fanes sur le nombre de plantes récoltées.

Nombre de graines par gousse (NG/G): le nombre de graines par gousse a été aussi calculé en faisant le rapport nombre de graines sur le nombre de gousses.

Sénescence : elle a été évaluée visuellement à l'aide d'une échelle de 1 à 5 :

1 : feuilles vertes et turgescents ;

2 : feuilles vertes et légèrement flétries ;

3 : feuilles, d'un vert jaune, avec un flétrissement modéré ;

4 : feuilles jaunâtres avec un flétrissement sévère ;

5 : feuilles sénescents, marron ou mortes.

2-2-3-3-Méthodes d'analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA), les analyses de corrélations entre les variables, et le test de la PPDS au seuil de 5% ont été effectués à l'aide du logiciel Genstat Discovery troisième édition.

2-2-3-4-Méthodes de sélection des variétés.

Le schéma de sélection a consisté à retenir les 15 meilleures variétés résistantes à la sécheresse. Les variétés ont été classées par ordre de performance du rendement en graines.

II-3-ETUDE DE LA RESISTANCE DES VARIETES PAR LA MESURE DE LA TENEUR EN CHLOROPHYLLE

2-3-1- Présentation du site expérimental

L'essai a été conduit sur le site de Saria précédemment décrit dans l'expérimentation de la contre saison à Saria.

2-3-2- Matériels

2-3-2-1-Matériel végétal

L'étude a porté sur 11 lignées à cycle précoce et 11 lignées à cycle intermédiaire précédemment sélectionnées pour leurs bons comportements sous stress hydrique. Les tableaux 6 et 7 donnent la liste des variétés testées.

Tableau 6 : Variétés à cycle précoce Tableau 7 : Variétés à cycle intermédiaire

N	Variétés	Cycle
1	IT98K-1111-1	Précoce
2	Apagbaala	Précoce
3	Mouriide	Précoce
4	UCR-P24	Précoce
5	UC-524B	Précoce
6	IT95K-1491	Précoce
7	IT85F-3139	Précoce
8	IT84S-2246	Précoce
9	IT95K-1479	Précoce
10	IT84S-2049	Précoce
11	IT98K-205-8	Précoce

N	Variétés	Cycle
1	IT97K-207-15	Intermédiaire
2	IT00K-901-6	Intermédiaire
3	KVX-525	Intermédiaire
4	Petite-n-grn	Intermédiaire
5	IT96D-610	Intermédiaire
6	KVX-421-2J	Intermédiaire
7	IT98K-317-2	Intermédiaire
8	IT98K-698-2	Intermédiaire
9	Suvita 2	Intermédiaire
10	Iron clay	Intermédiaire
11	IT95K-1090-2	Intermédiaire

2-3-2-2-Autres matériels

Système d'irrigation : l'essai a été conduit sur le même système d'irrigation utilisé lors de l'expérimentation de la précédente contre saison à Saria.

Matériel de mesure : le " SPAD meter " c'est un appareil qui permet d'estimer la teneur en chlorophylle d'un végétal en général la feuille (Annexe 3).

2-3-3-Méthodes

Les méthodes utilisées dans cette expérimentation sont analogues à celles précédemment décrites dans l'expérimentation de la contre saison à Saria. Mais, dans cette étude, les variétés ont été évaluées sous deux régimes hydrique : i) sous irrigation complète et ii) sous stress hydrique induit avant la formation des boutons floraux jusqu'à la maturité. La mesure des valeurs SPAD a été effectuée au 21^{ème} jours après l'arrêt de l'irrigation. La valeur SPAD de chaque variété est mesurée sur 3 plants de la parcelle utile au niveau de la troisième feuille à partir du bourgeon terminal. Sur chaque feuille, deux prises ont été effectuées (sur chaque moitié du limbe). La valeur SPAD de chaque variété est donnée par la moyenne des différentes mesures effectuées sur les feuilles des 3 plants. Les variétés ont été évaluées en comparant leurs valeurs SPAD.

II-4- ETUDE DE L'INTERACTION GENOTYPE X ENVIRONNEMENT

2-4-1- Présentation des sites expérimentaux

Les expérimentations de la saison pluvieuse à Pobe-Mengao et de la contre saison à Saria ont servi à l'étude de l'interaction génotype x environnement. La première et la deuxième date de semis à Pobe-Mengao ainsi que la première contre saison à Saria ont porté respectivement les noms Pobe1, Pobe2, et Saria.

2-4-2- Matériels

2-4-2-1-Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 28 variétés à cycle précoce et de 29 variétés à cycle intermédiaire. Les tableaux 8 et 9 donnent la liste des variétés testées.

Tableau 8 : Variétés à cycle précoce. Tableau 9 : Variétés à cycle intermédiaire

N	Variétés à cycle précoce
1	IT82-E18
2	Yacine
3	IT85F-867-5
4	Mouride
5	IT98K-1111-1
6	IT93K-693-2
7	Melakh
8	UC-524B
9	IT98K-1105-5
10	IT84S-2049
11	IT95K-1479
12	IT85F-3139
13	Ife brown
14	UC-CB27
15	Sasaque
16	UC-CB46
17	Sh-50
18	Bambey 21
19	IT93K-2046
20	Prima
21	IT95K-181-9
22	IT95M-190
23	IT95M-303
24	UCR-P-24
25	Apagbaala
26	IT84S-2246
27	IT93K-93-10
28	IT95K-1491
29	IT97K-499-39

N	Variétés à cycle intermédiaire
1	IT 96D-610
2	IT98K-698-2
3	IT98K-317-2
4	IT83D-442
5	IT98K-205-8
6	KVX525
7	Mougne
8	IT95K-1095-4
9	IT98K-128-2
10	IT97K-556-6
11	IAR8/7-4-5-3
12	N'diambour
13	Iron clay
14	IT97K-819-132
15	IT90K-284-2
16	IT00K-901-6
17	KVX 396
18	IT97K-207-15
19	58-57
20	Suvita-2
21	IT95K-1090-2
22	KVX 421-2J
23	IT98K-428-3
24	IT99K-124-5
25	KVX 403
26	Petite-n-grn
27	IT98K-498-1
28	58-53

2-4-3-Méthodes

2-4-3-1-Description de l'essai

Les variétés ont été testées dans différents environnements afin de permettre une meilleure description des différents génotypes et une meilleure caractérisation des différents environnements. Pour comprendre les relations génotype/milieu, il faut déployer le génotype dans différents milieux, mais aussi le milieu sur différents génotypes (Gallais, 1990)

2-4-3-2-Mesures des variables

Les variétés ont été évaluées sur la variable poids de graines par plante (PG/P).

2-4-3-3-Méthode de l'analyse statistique

Les données ont été soumises à une analyse AMMI (Additive main effect and multiplicative interaction) à l'aide du logiciel Genstat Discovery troisième édition pour l'étude de l'interaction génotype x environnement (G x E).

MENTION ASSEZ BIEN

Troisième partie: Résultats et Discussions

III-1- EXPERIMENTATION EN SAISON PLUVIEUSE

3-1-1- Résultats

3-1-1-1-Conditions expérimentales

Avec une pluviométrie totale de 389,5 mm, la campagne agricole 2008 à Pobé-Mengao a été caractérisée par une mauvaise répartition pluviométrique. La répartition mensuelle de la pluviométrie suit une courbe unimodale (Figure2) atteignant son pic au mois d'Août qui représente 47,24% de la pluviométrie totale. La première date de semis (02/08/08) a subi des stress intermittents modérés au cours de son développement suite à une pluviométrie modérée du mois d'Août. La deuxième date de semis (15/08/08) a subi des stress intermittents plus sévères comparativement à la première date de semis. (cf annexe 1 pour la répartition journalière de la pluie).

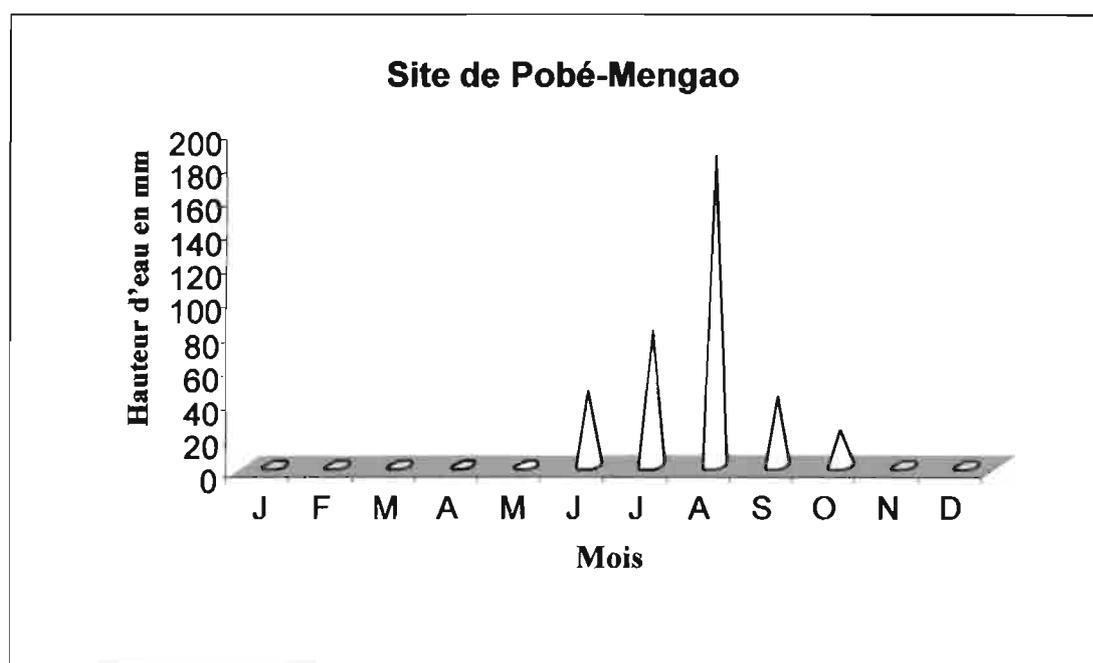


Figure 2 : Pluviométrie de Pobé-Mengao en 2008

3-1-1-2-Les variétés à cycle précoce

Résultats de l'analyse de variance: le tableau 10 présente les valeurs moyennes des différentes variables pour chaque variété, les résultats de l'analyse de variance entre les variétés, et les résultats de l'analyse combinée des deux dates de semis ainsi que de l'interaction variété x date. Les variables présentées

sont : le poids de fanes par plante (PF/P), le poids de graines par plante (PG/P), la maturité à 50% (MAT), le poids de cent graines (PCG), l'infestation de *striga gesnerioides* (Stri), et les viroses (vir).

Tableau 10 : Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle précoce.

Var	MAT1	MAT2	PF/P1	PF/P2	PG/P1	PG/P2	PCG1	PCG2	Stri1	Stri2	Vir1	Vir2
1	57,33	58,67	7,58	8,18	10,44	8,29	15,00	16,67	1,00	3,67	1,33	1,00
2	57,67	56,00	11,18	10,05	14,44	8,52	16,67	20,00	1,00	1,00	1,00	2,33
3	53,67	54,67	6,41	6,96	10,34	6,80	10,00	11,67	2,67	4,00	1,00	1,67
4	58,67	58,00	14,38	10,92	15,48	6,79	13,33	15,00	1,00	1,00	1,33	1,33
5	53,67	53,00	11,27	8,18	14,51	8,72	15,00	15,00	2,33	2,33	1,00	1,00
6	62,00	59,00	14,71	10,04	12,14	7,81	15,00	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	57,00	55,33	13,00	15,98	14,56	9,02	15,00	13,33	1,00	1,00	1,00	1,67
8	53,67	51,67	10,18	8,39	14,94	11,65	20,00	20,00	1,67	3,00	1,00	1,33
9	61,00	56,00	16,90	14,65	15,24	11,18	21,67	20,00	1,00	3,00	1,00	1,67
10	57,33	53,33	12,95	10,44	12,74	8,44	15,00	15,00	1,00	1,67	1,00	1,00
11	57,33	56,00	15,39	12,56	15,42	10,78	15,00	15,00	1,00	1,00	1,00	1,33
12	60,67	59,00	25,56	16,35	29,86	13,17	15,00	15,00	1,00	1,33	1,33	1,00
13	59,67	58,33	10,61	9,81	13,03	9,17	15,00	15,00	2,67	2,33	1,00	1,00
14	54,33	52,33	11,48	6,26	14,44	8,31	16,67	20,00	1,00	2,67	1,00	1,67
15	49,67	50,67	4,68	5,22	6,02	7,05	13,33	11,67	2,33	2,67	1,00	1,00
16	56,00	55,00	11,16	9,70	12,58	8,15	15,00	18,33	1,33	3,33	2,00	2,00
17	53,33	52,67	8,33	7,68	11,71	8,04	20,00	21,67	1,67	2,00	1,00	1,67
18	55,67	53,67	13,31	8,89	13,38	6,70	15,00	18,33	2,33	2,67	1,00	1,00
19	60,67	55,67	14,27	9,37	10,50	8,41	20,00	20,00	1,33	3,33	1,00	1,00
20	54,33	54,00	9,93	8,63	13,33	7,37	11,67	15,00	1,00	1,67	1,00	1,67
21	60,67	59,00	14,63	7,67	12,70	5,44	13,33	11,67	1,00	1,00	1,00	1,00
22	60,00	58,00	23,06	18,61	25,83	19,72	18,33	20,00	1,33	1,00	1,00	1,00
23	58,00	57,00	9,72	6,81	9,48	4,48	10,00	10,00	1,00	1,00	1,00	1,33
24	54,67	51,00	9,05	7,80	14,76	8,96	20,00	20,00	1,33	2,33	1,33	1,67
25	61,00	61,67	29,72	13,33	27,22	8,21	13,33	13,33	1,33	1,33	1,00	1,00
26	61,33	57,00	11,48	9,93	14,95	8,69	16,67	16,67	1,33	2,33	1,00	1,00
27	58,00	55,00	18,31	12,38	15,03	9,04	15,00	15,00	1,00	1,33	1,00	1,00
28	58,33	56,67	16,25	10,20	20,14	8,57	15,00	16,67	1,00	1,00	1,00	1,00
29	58,00	57,67	8,42	8,26	11,42	9,58	13,33	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	75,00	80,16	15,56	11,76	3,87	2,47	20,00	20,51	1,05	1,00	1,00	1,66
MG	57,98	55,72	13,32	10,11	14,71	8,86	15,61	16,35	1,36	1,93	1,08	1,30
CV	2,90	2,50	58,20	34,6	41,00	40,50	11,50	12,30	41,60	44,80	35,80	35,7
PPDS	2,73	2,27	12,60	5,72	9,85	5,87	2,89	3,25	0,92	1,44	0,63	0,75
PPDS date	0,498		1,728		1,497		0,574		0,2396		0,1284	
PPDS Var												
x date	2.502		Ns		Ns		Ns		1.1985		Ns	

Ppds (5 %) : Plus petite différence significative au seuil de 5 %.

CV (%) : Coefficient de variation en pourcentage.

MG : Moyenne générale.

Ns : Non significatif au seuil de 5%.

1 : Première date de semis.

2 : Deuxième date de semis.

Les résultats de l'analyse de variance de la première et de la deuxième date de semis montrent des différences significatives entre les variétés pour tous les caractères étudiés. Ceci montre bien la variabilité génétique des variétés sous stress hydrique. Pour le facteur date de semis, les différences sont également significatives pour tous les caractères démontrant que les dates de semis ont eu un impact sur les caractères étudiés. L'effet date de semis s'est traduit par un raccourcissement de la maturité (MAT). Une diminution du poids moyen de fanes par plante (PF/P) et du poids moyen de graines par plante (PG/P) est observée de la première à la deuxième date de semis. Par contre, un accroissement du poids moyen de cent graines (PCG) est observé de la première à la deuxième date de semis. L'interaction date x variété n'est significative que pour la maturité (MAT) et l'infestation de *striga* (Stri). Cette quasi-absence d'interaction indique que les variétés semblent avoir réagi de la même manière face aux stress intervenus dans les deux dates de semis.

Résultats de corrélations : les tableaux 11 et 12 montrent les corrélations entre les différentes variables étudiées respectivement pour la première date et la deuxième date de semis.

Tableau 11: Matrice de corrélation de la première date de semis

	MAT	PF/P	PG/P	PCG	Stri	Vir
MAT	1.000					
PF/P	0.443*	1.000				
PG/P	0.322	0.863*	1.000			
PCG	0.099	0.077	0.114	1.000		
Stri	-0.342	-0.157	-0.141	-0.125	1.000	
Vir	0.087	-0.027	-0.033	-0.031	-0.067	1.000

*significatif au seuil de 5%

Tableau 12: Matrice de corrélation de la deuxième date de semis

	MAT	PF/P	PG/P	PCG	Stri	Vir
MAT	1.000					
PF/P	0.342	1.000				
PG/P	0.095	0.751*	1.000			
PCG	-0.245	0.072	0.222	1.000		
Stri	-0.278	-0.343	-0.168	0.149	1.000	
Vir	-0.242	-0.091	-0.172	0.252	0.016	1.000

*significatif au seuil de 5%

50% MAT : Nombre de jours à 50% maturité des gousses ;

PF/P : Poids de fanes par plante ;

PG/P : Poids de graines par plante ;

PCG : Poids de cent graines ;

Stri : Infestation de *striga gesnerioides* ;

Vir : Viroses.

L'examen des matrices de corrélations fait ressortir les relations suivantes:

Une forte corrélation positive entre le poids de fanes par plante (PF/P) et le poids de graines par plante (PG/P) dans les deux dates de semis.

Une corrélation positive et significative entre la maturité (MAT) et le poids de fanes par plante (PF/P) dans la première date de semis.

Variétés à cycle précoce sélectionnées :

Tableau 13 : Liste des variétés à cycle précoce sélectionnées.

Variétés sélectionnées dans la première date de semis					Variétés sélectionnées dans la deuxième date de semis					Variétés sélectionnées dans les deux dates de semis
Variétés	PG/P	PF/P	Striga	Vir	Variétés	PG/P	PF/P	Striga	Vir	Variétés
IT85F-3139	29,86	25,56	1,00	1,33	IT95M-190	19,72	18,61	1,00	1,00	IT85F-3139
Apagbaala	27,22	29,72	1,33	1,00	IT85F-3139	13,17	16,35	1,33	1,00	IT95M-190
IT95M-190	25,83	23,06	1,33	1,00	UC-524B	11,65	8,39	3,00	1,33	IT98K-1105-5
IT95K-1491	20,14	16,25	1,00	1,00	IT98K-1105-5	11,18	14,65	3,00	1,67	IT95K-1479
Mouride	15,48	14,38	1,00	1,33	IT95K-1479	10,78	12,56	1,00	1,33	UC-524B
IT95K-1479	15,42	15,39	1,00	1,00	IT97K-499-39	9,58	8,26	1,00	1,00	IT93K-93-10
IT98K-1105-5	15,24	16,90	1,00	1,00	Ife brown	9,17	9,81	2,33	1,00	Melakh
IT93K-93-10	15,03	18,31	1,00	1,00	IT93K-93-10	9,04	12,38	1,33	1,00	UCR-P-24
IT84S-2246	14,95	11,48	1,33	1,00	Melakh	9,02	15,98	1,00	1,67	IT98K-1111-1
UC-524B	14,94	10,18	1,67	1,00	UCR-P-24	8,96	7,80	2,33	1,67	IT84S-2246
UCR-P-24	14,76	9,05	1,33	1,33	IT98K-1111-1	8,72	8,18	2,33	1,00	IT95K-1491
Melakh	14,56	13,00	1,00	1,00	IT84S-2246	8,69	9,93	2,33	1,00	Yacine
IT98K-1111-1	14,51	11,27	2,33	1,00	IT95K-1491	8,57	10,20	1,00	1,00	Mouride
Yacine	14,44	11,18	1,00	1,00	Yacine	8,52	10,05	1,00	2,33	Apagbaala
UC-CB27	14,44	11,48	1,00	1,00	IT84S-2049	8,44	10,44	1,67	1,00	IT84S-2049

Le tableau 13 donne la liste des variétés à cycle précoce sélectionnées par date de semi et dans les deux dates de semis. Ces variétés présentent un bon comportement sous stress hydrique. Les variétés IT85F-3139, IT95K-1479, UC-524B, IT95M-190, et IT98K-1105-5, sont les plus performantes dans les deux

MENTION ASSEZ-BIEN

dates de semis en donnant de bons rendements (graines et fanes) sous stress hydrique. La variété IT85F-3139 s'est montrée exceptionnelle en maintenant des rendements (graines et fanes) élevés, et en ayant une bonne résistance apparente aux attaques parasitaires. La variété Apagbaala est la plus performante en production fourragère.

3-1-1-3-Les variétés à cycle intermédiaire

Résultats de l'analyse de variance : Le tableau 14 présente les résultats de l'analyse de variance entre les variétés, les résultats de l'analyse combinée entre les dates de semis et de l'interaction variété x date. Les variables présentées sont : le poids de fanes par plante (PF/P), le poids de graines par plante (PG/P), la maturité à 50% (MAT), le poids de cent graines (PCG), l'infestation de *striga gesnerioides* (Stri), et les viroses (vir).

Tableau 14 : Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle intermédiaire.

Var	MAT1	MAT2	PF/P1	PF/P2	PG/P1	PG/P2	PCG1	PCG2	Stri1	Stri2	Vir1	Vir2
1	60,00	56,67	9,88	6,98	12,42	8,00	15,00	15,00	1,67	1,67	1,00	1,00
2	60,33	59,00	15,28	14,70	15,69	12,74	15,00	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	59,33	58,67	18,72	10,44	11,50	5,35	13,33	15,00	2,00	2,33	1,00	1,00
4	59,33	60,00	9,50	10,44	7,67	3,66	10,00	10,00	2,33	2,00	1,00	1,00
5	59,33	61,00	16,87	12,48	16,98	7,71	15,00	15,00	2,00	1,33	1,00	1,00
6	59,33	60,00	16,90	9,92	18,24	9,46	15,00	15,00	1,00	1,00	2,00	1,33
7	57,67	57,00	9,98	7,76	6,69	5,94	10,00	11,67	2,33	2,33	1,00	1,33
8	58,67	57,33	10,73	8,46	8,34	7,17	13,33	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	61,33	59,67	18,59	9,32	14,11	5,98	15,00	15,00	2,67	2,33	1,00	1,00
10	60,67	61,00	16,98	5,50	11,26	3,17	18,33	17,59	2,00	1,67	1,33	1,67
11	59,00	59,67	11,17	9,50	9,37	5,33	11,67	13,33	2,00	3,00	1,33	1,00
12	58,00	56,67	9,74	7,67	8,30	4,35	11,67	11,67	2,33	2,67	1,00	1,33
13	58,00	57,67	9,17	9,17	10,50	7,20	10,00	13,33	1,67	1,67	1,00	1,00
14	62,00	60,67	15,17	14,14	8,25	5,33	18,33	16,67	1,33	1,33	1,00	1,00
15	59,33	58,00	11,52	7,14	10,29	7,46	15,00	18,33	2,67	1,00	1,00	1,00
16	60,33	58,67	11,69	12,50	12,52	10,22	15,00	13,33	2,00	1,67	1,00	1,00
17	60,00	57,33	13,79	8,32	13,94	6,29	11,67	15,00	1,67	2,67	1,00	1,00
18	60,00	59,33	22,79	9,79	21,70	9,26	15,00	16,67	1,33	2,00	1,00	1,00
19	56,67	60,67	9,72	7,79	9,77	2,87	10,00	10,00	1,00	1,00	1,00	2,00
20	59,33	58,67	9,96	9,61	9,75	8,45	13,33	13,33	1,00	1,00	1,00	1,67
21	61,67	56,33	14,26	6,22	13,31	6,69	15,00	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00
22	61,67	60,67	21,19	12,62	15,12	8,18	16,67	20,00	1,00	1,00	1,00	1,00
23	55,33	56,00	7,38	4,52	10,71	6,93	15,00	15,00	1,33	1,00	1,00	1,00
24	58,33	59,00	11,76	10,90	8,70	7,78	15,00	15,00	1,00	1,00	1,00	1,00
25	61,00	59,33	19,21	12,44	10,28	5,44	11,67	16,67	1,67	2,33	1,00	1,00
26	56,33	59,00	12,69	7,67	14,60	5,29	10,00	12,59	1,33	1,67	1,00	1,00
27	59,33	59,33	9,00	12,50	9,33	9,81	16,67	15,00	2,00	2,67	1,00	1,00
28	57,67	58,00	6,83	9,15	8,84	9,53	15,00	15,00	1,33	1,67	1,00	1,00
29	59,33	60,67	13,00	7,17	9,17	4,00	15,00	15,00	1,33	1,67	1,00	1,00
30	61,33	59,67	11,57	8,00	6,17	5,83	11,67	15,00	2,00	1,33	1,00	1,00
MG	59,29	58,76	13,23	9,56	11,72	6,99	13,81	14,65	1,63	1,67	1,06	1,11
CV	2,90	2,40	29,80	38,90	31,40	40,70	12,90	14,70	42,10	41,70	34,40	27,30
Ppds 5%	2,85	2,32	6,46	6,08	6,01	4,65	2,92	3,51	1,12	1,14	0,59	0,49
Ppds date	0.526		1.259		1.047		0.607		Ns		Ns	
Ppds var x date	2.561		6.247		Ns		Ns		Ns		Ns	

Ppds (5 %) : Plus petite différence significative au seuil de 5 %.

CV (%) : Coefficient de variation en pourcentage.

MG : Moyenne générale.

Ns : Non significatif au seuil de 5%.

1 : Première date de semis.

2 : Deuxième date de semis.

L'analyse statistique de chaque date de semis montre des différences significatives entre les variétés pour tous les caractères étudiés. Ceci montre que les variétés sont génétiquement différentes par l'expression de ces caractères.

L'effet date de semis est significatif pour toutes les variables étudiées sauf les variables striga et viroses. Ceci montre que les dates de semis ont eu un impact sur les caractères étudiés excepté les variables striga et viroses. L'effet date de semis s'est traduit par un raccourcissement de la maturité (MAT). Une diminution du poids moyen de fanes par plante (PF/P) et du poids moyen de graines par plante (PG/P) est observée de la première à la deuxième date de semis. Par contre, un accroissement du poids moyen de cent graines (PCG) est observé de la première à la deuxième date de semis. L'interaction date x variété est significative pour la maturité (MAT) et le poids de fanes par plante (PF/P). Ceci montre que l'effet date de semis sur ces caractères dépend des variétés. Pour les variables telles que le poids de graines par plante (PG/P), le poids de cent graines (PCG), les viroses, et l'infestation de striga, l'interaction date x variété n'est pas significative. Cette absence d'interaction indique que le stress hydrique a eu un même impact sur ces caractères dans les deux dates de semis.

Résultats de corrélations : Les tableaux 15 et 16 montrent les corrélations entre les différentes variables étudiées.

Tableau 15 : Matrice de corrélation de la première date de semis.

	MAT	PF/P	PG/P	PCG	Stri	Vir
MAT	1.000					
PF/P	0.487*	1.000				
PG/P	0.169	0.672*	1.000			
PCG	0.364	0.256	0.161	1.000		
Stri	0.089	-0.040	-0.161	-0.115	1.000	
Vir	0.117	0.179	0.190	0.070	-0.090	1.000

*significatif au seuil de 5%

Tableau 16 : Matrice de corrélation de la deuxième date de semis.

	MAT	PF/P	PG/P	PCG	Stri	Vir
MAT	1.000					
PF/P	0.199	1.000				
PG/P	-0.172	0.436*	1.000			
PCG	0.205	0.211	0.294	1.000		
Stri	-0.059	-0.110	-0.273	-0.147	1.000	
Vir	0.158	-0.025	-0.139	-0.209	-0.131	1.000

*significatif au seuil de 5%

50% MAT : Nombre de jours à 50% maturité des gousses ;

PF/P : Poids de fanes par plante ;

PG/P : Poids de graines par plante ;

PCG : Poids de cent graines ;

Stri : Infestation de *striga gesnerioides* ;

Vir : Viroses.

L'examen des matrices de corrélations entre les différentes variables fait ressortir les relations suivantes :

Une forte corrélation positive entre le poids de fanes par plante (PF/P) et le poids de graines par plante (PG/P) dans les deux dates de semis.

Une corrélation positive et significative entre la maturité (MAT) et le poids de fanes par plante (PF/P) dans la première date semis.

Variétés à cycle intermédiaire sélectionnées :

Tableau 17 : Liste des variétés à cycle intermédiaire sélectionnées.

Variétés sélectionnées dans la première date de semis					Variétés sélectionnées dans la deuxième date de semis					Variétés sélectionnées dans les deux dates de semis
Variétés	PG/P	PF/P	Striga	Vir	Variétés	PG/P	PF/P	Striga	Vir	Variétés
IT97K-207-15	21,70	22,79	1,33	1,00	IT98K-698-2	12,74	14,70	1,00	1,00	IT98K-698-2
KVX525	18,24	16,90	1,00	2,00	IT00K-901-6	10,22	12,50	1,67	1,00	IT00K-901-6
IT98K-205-8	16,98	16,87	2,00	1,00	IT98K-498-1	9,81	12,50	2,67	1,00	KVX525
IT98K-698-2	15,69	15,28	1,00	1,00	58-53	9,53	9,15	1,67	1,00	IT97K-207-15
KVX 421-2J	15,12	21,19	1,00	1,00	KVX525	9,46	9,92	1,00	1,33	KVX 421-2J
Petite-n-grn	14,60	12,69	1,33	1,00	IT97K-207-15	9,26	9,79	2,00	1,00	IT 96D-610
IT98K-128-2	14,11	18,59	2,67	1,00	Suvita-2	8,45	9,61	1,00	1,67	IT98K-205-8
KVX 396	13,94	13,79	1,67	1,00	KVX 421-2J	8,18	12,62	1,00	1,00	Iron clay
IT95K-1090-2	13,31	14,26	1,00	1,00	IT 96D-610	8,00	6,98	1,67	1,00	IT98K-428-3
IT00K-901-6	12,52	11,69	2,00	1,00	IT99K-124-5	7,78	10,90	1,00	1,00	IT98K-498-1
IT 96D-610	12,42	9,88	1,67	1,00	IT98K-205-8	7,71	12,48	1,33	1,00	Suvita-2
IT98K-317-2	11,50	18,72	2,00	1,00	IT90K-284-2	7,46	7,14	1,00	1,00	IT99K-124-5
IT97K-556-6	11,26	16,98	2,00	1,33	Iron clay	7,20	9,17	1,67	1,00	Petite-n-grn
IT98K-428-3	10,71	7,38	1,33	1,00	IT95K-1095-4	7,17	8,46	1,00	1,00	IT98K-128-2
Iron clay	10,50	9,17	1,67	1,00	IT98K-428-3	6,93	4,52	1,00	1,00	IT98K-317-2

Le tableau 17 donne la liste des variétés à cycle intermédiaire sélectionnées par date de semis et dans les deux dates de semis. Les variétés IT97K-207-15, IT00K-901-6, K VX 525, K VX 421-2J, et IT98K-698-2, sont les plus performantes dans les deux dates de semis en donnant de bons rendements (graines et fanes) en condition de stress hydrique. La variété IT98K-698-2 présente une bonne productivité et une bonne résistance aux attaques parasitaires.

3-1-2- Discussion

Les résultats de l'analyse de variance montrent l'existence d'une variabilité génétique des variétés par les différentes réponses aux stress hydriques. Cette variabilité génétique a une grande importance en sélection en ce sens que l'amélioration des plantes n'est qu'une exploitation de cette variabilité existante.

Il ressort de nos résultats que l'effet date de semis est significatif pour toutes les variables étudiées à l'exception des viroses et de l'infestation de striga chez les variétés à cycle intermédiaire. Cela montre que les performances des variétés sont significativement différentes dans les deux dates de semis. Des résultats similaires ont été obtenus par Muleba et *al.*, (1997) qui ont montré que les dates de semis affectaient négativement le rendement du niébé dans les trois zones agro écologiques du Burkina Faso. Ces effets dates de semis étaient consécutifs aux températures élevées et à la sécheresse, qui s'accroissaient avec le retard des semis. De ce fait, la succession des dates de semis crée une variabilité de conditions environnementales ayant des effets sur les variétés. De la première à la deuxième date de semis, on observe un raccourcissement de la maturité à 50% (MAT), une diminution du poids moyen de fanes par plante (PF/P) et du poids moyen de graines par plante (PG/P). Ceci montre les effets du retard des semis sur ces caractères. L'effet date de semis s'est traduit par un accroissement du poids moyen de cent graines (PCG). Des résultats similaires ont été obtenus par Sarr et *al.*, (2001) qui ont montré un accroissement du poids de cent graines de certaines variétés du niébé sous stress hydrique.

Au niveau des associations de caractères, nos résultats montrent une forte corrélation positive entre le poids de fanes par plante (PF/P) et le poids de graines par plante (PG/P). Ce résultat corrobore celui de Sarr et *al.*, (2001) qui ont

montré l'existence d'une forte corrélation positive entre la biomasse aérienne et le rendement en graines de certaines variétés de niébé sous stress hydrique. Cette forte liaison serait due à la capacité des variétés à maintenir un nombre de graines par mètre carré (m²) en raison probablement de la capacité de reprise du développement foliaire et de la production de biomasse Sarr et *al.*, (2001). La reprise du développement montre l'existence des mécanismes de plasticité du développement.

La quasi-absence d'interaction variétés x date signifie que les variétés se comportent de la même manière dans les deux dates de semis.

Conclusion

La stratégie d'utilisation des dates de semis dans cette expérimentation s'est montrée très efficace dans la sélection de variétés résistantes à la sécheresse. Ainsi, elle a permis d'exposer les variétés à une variabilité de conditions environnementales et de sélectionner celles ayant un rendement en graines élevé. Les variétés sélectionnées pourraient être utilisées dans les programmes d'amélioration pour la résistance à la sécheresse. De même, elles devraient faire l'objet d'évaluation multilocale afin d'identifier la meilleure qui pourrait être pré vulgarisée dans la région du nord.

III-2- EXPERIMENTATION EN CONTRE SAISON

3-2-1- Résultats

3-2-1-1-Conditions expérimentales

L'irrigation à la raie a été le système utilisé pour les apports d'eau sur les parcelles. Au cours de l'expérimentation, les variétés ont été soumises à un seul régime hydrique et ont subi un stress hydrique de fin de cycle. Ce stress a été stimulé par arrêt de l'irrigation avant la floraison jusqu'à la récolte par analogie à la sécheresse de fin de cycle. Les variétés à cycle précoce ont été ainsi privées d'eau au 23^{ème} jours après semis, et les variétés à cycle intermédiaire au 27^{ème} jours après semis.

3-2-1-2-Les variétés à cycle précoce

Résultats de l'analyse de variance : Le tableau 18 présente les résultats des effets de la contrainte hydrique sur les variétés. Les variables présentées sont : l'indice de récolte (IR), le taux d'égrainage (TE), le nombre de graines par gousse (NG/G), le poids de graines par plante (PG/P), le poids de fanes par plante (PF/P), le poids de cent graines (PCG), la maturité à 50% (MAT), la sénescence (Sen), et les viroses (vir).

Tableau 18: Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle précoce.

Var	MAT	PF/P	PG/P	IR	PCG	NG/G	Sen	TE	Vir
1	63,33	8,41	5,64	0,33	15,00	5,34	3,33	0,64	2,33
2	63,67	8,72	7,65	0,35	16,67	5,62	2,33	0,67	3,67
3	62,67	10,48	3,96	0,23	13,33	8,75	2,00	0,66	1,67
4	63,00	6,30	10,14	0,53	15,00	7,12	3,67	0,79	2,00
5	59,00	7,89	11,40	0,52	15,00	8,31	4,00	0,80	1,33
6	64,67	5,95	10,12	0,54	15,00	6,56	3,33	0,79	1,67
7	59,33	7,96	13,26	0,53	15,00	6,91	3,67	0,77	1,33
8	58,33	7,11	9,90	0,51	23,33	5,50	3,67	0,80	1,33
9	64,67	8,25	2,37	0,17	15,00	2,41	2,00	0,43	2,33
10	59,00	8,41	9,41	0,42	15,00	6,80	3,00	0,67	1,33
11	62,67	8,40	11,54	0,51	15,00	7,76	3,33	0,80	1,00
12	64,00	12,71	19,07	0,53	16,67	8,31	3,00	0,84	1,00
13	62,00	7,03	6,64	0,41	13,33	6,51	2,67	0,74	1,00
14	57,33	5,99	8,63	0,49	18,33	8,11	3,67	0,75	1,00
15	57,33	9,31	4,47	0,27	13,33	4,65	2,33	0,59	1,00
16	58,33	7,89	9,56	0,49	16,67	7,53	3,00	0,83	2,00
17	58,00	6,27	10,20	0,55	20,00	5,96	4,33	0,83	1,33
18	62,00	13,21	11,01	0,39	15,00	6,43	2,67	0,76	1,00
19	64,67	8,14	7,63	0,39	16,67	5,75	2,00	0,68	1,00
20	57,33	5,49	7,87	0,49	15,00	8,07	4,00	0,75	1,33
21	63,33	4,85	8,31	0,55	15,00	7,54	4,00	0,81	1,00
22	63,00	5,88	6,39	0,43	16,67	6,07	3,00	0,72	1,00
23	66,00	14,24	2,09	0,12	9,97	4,39	2,00	0,61	1,00
24	58,67	8,82	11,26	0,50	20,00	7,36	3,67	0,81	1,33
25	64,33	8,53	9,99	0,44	13,33	6,59	2,67	0,71	1,00
26	64,00	4,79	7,08	0,49	15,00	8,37	3,67	0,78	1,00
27	63,00	10,96	5,79	0,29	15,00	6,89	2,67	0,64	1,00
28	61,64	11,99	16,40	0,50	17,47	9,34	3,56	0,81	0,98
29	65,67	8,26	6,90	0,37	13,33	5,54	2,00	0,65	1,67
30	64,67	10,35	9,26	0,40	10,00	6,53	2,67	0,77	1,00
MG	61,76	8,35	8,78	0,42	15,66	6,71	3,07	0,72	1,41
CV	1,96	21,40	27,90	10,80	13,90	18,90	15,90	5,00	42,70
Ppds	1,90	2,92	4,01	0,07	3,56	2,07	0,80	0,06	0,98

Ppds (5 %) : Plus petite différence significative au seuil de 5 %
CV (%) : Coefficient de variation en pourcentage
MG : Moyenne générale

L'analyse statistique montre des différences significatives entre les variétés pour toutes les variables étudiées. Cela signifie qu'une différence dans l'expression de ces caractères existe faisant apparaître une variabilité génétique. L'examen du rendement en graines (PG/P), montre que le plus faible rendement est de 2,09 g et le plus élevé est de 19,07 g. Cette grande ségrégation des variétés sur la variable rendement en graines montre l'impact du stress hydrique sur les variétés et les différences de performances des variétés sous stress hydrique (Annexe 4).

Résultats de corrélations : le tableau 19 montre les corrélations entre les différentes variables étudiées.

Tableau 19 : Matrice de corrélation des variétés à cycle précoce.

	%50MAT	PF/P	PG/P	IR	PCG	NG/G	Sen	TE	Vir
%50MAT	1.000								
PF/P	0.136	1.000							
PG/P	-0.160	0.375	1.000						
IR	-0.311	-0.339	0.694*	1.000					
PCG	-0.316	-0.109	0.310	0.405*	1.000				
NG/G	-0.218	0.028	0.500*	0.551*	0.053	1.000			
Sen	-0.475*	-0.315	0.397	0.685*	0.339	0.387	1.000		
TE	-0.293	-0.176	0.623*	0.868*	0.344	0.581*	0.641*	1.000	
Vir	0.136	-0.128	-0.150	-0.142	0.104	-0.218	0.204	0.216	1.000

*significatif au seuil de 5%

50% MAT : Nombre de jours à 50% maturité des gousses ;

PF/P : Poids de fanes par plante ;

PG/P : Poids de graines par plante ;

IR : Indice de récolte ;

PCG : Poids de cent graines ;

NG/G : Nombre de graines par gousse ;

Sen : Sénescence ;

TE : Taux d'égrainage ;

Vir : Viroses.

L'examen de la matrice de corrélation entre les différentes variables fait ressortir les relations suivantes :

Une corrélation négative et significative ($r=-0,475$) entre la maturité (MAT) et la sénescence (Sen).

Une corrélation significative et positive ($r=0,5$) entre le nombre de graines par gousse (NG/G) et le poids de graines par plante (PG/P).

Des fortes corrélations positives entre le poids de graines par plante (PG/P) et le taux d'égrainage (TE) ($r=0,623$), d'une part, et l'indice de récolte (IR) ($r=0,694$) d'autre part.

Des fortes corrélations positives entre le taux d'égrainage (TE) et l'indice de récolte (IR) ($r=0,868$), d'une part, et le nombre de graines par gousse (NG/G) ($r=0,581$) d'autre part.

Une corrélation significative et positive entre le nombre de graines par gousse (NG/G) et l'indice de récolte (IR) ($r=0,551$).

Une corrélation positive et significative entre le poids de cent graines (PCG) et l'indice de récolte (IR) ($r=0,405$).

Des corrélations positives et significatives entre la sénescence (Sen) et l'indice de récolte (IR) ($r=0,685$) d'une part, et le taux d'égrainage (TE) ($r=0,641$) d'autre part.

Variétés à cycle précoce sélectionnées :

Tableau 20 : Liste des variétés à cycle précoce sélectionnées.

N	Variétés	PG/P	PF/P	IR	TE	NG/G
12	IT85F-3139	19,07	12,71	0,53	0,84	8,31
28	IT95K-1491	16,40	11,99	0,50	0,81	9,34
7	Melakh	13,26	7,96	0,53	0,77	6,91
11	IT95K-1479	11,54	8,40	0,51	0,80	7,76
5	IT98K-1111-1	11,40	7,89	0,52	0,80	8,31
24	UCR-P-24	11,26	8,82	0,50	0,81	7,36
18	Bambey 21	11,01	13,21	0,39	0,76	6,43
17	Sh-50	10,20	6,27	0,55	0,83	5,96
4	Mouride	10,14	6,30	0,53	0,79	7,12
6	IT93K-693-2	10,12	5,95	0,54	0,79	6,56
25	Apagbaala	9,99	8,53	0,44	0,71	6,59
8	UC-524B	9,90	7,11	0,51	0,80	5,50
16	UC-CB46	9,56	7,89	0,49	0,83	7,53
10	IT84S-2049	9,41	8,41	0,42	0,67	6,80
14	UC-CB27	8,63	5,99	0,49	0,75	8,11

Le tableau 20 présente la liste des variétés à cycle précoce sélectionnées par ordre de performance du rendement en graines (PG/P). Nous retrouvons les mêmes variétés à cycle précoce sélectionnées dans l'expérimentation de la saison pluvieuse à Pobé-mengao à l'exception des variétés Bambey 21, Sh 50, et UC-CB46. La variété IT85F-3139, a les meilleures performances de part son bon comportement tout en étant hautement productive.

3-2-1-3- Les variétés à cycle intermédiaire

Résultats de l'analyse de variance : Le tableau 21 présente les résultats des effets de la contrainte hydrique sur les variétés. Les variables présentées sont : l'indice de récolte (IR), le taux d'égrainage (TE), le nombre de graines par gousse (NG/G), le poids de graines par plante (PG/P), le poids de fanes par plante (PF/P), le poids de cent graines (PCG), la maturité à 50% (MAT), la sénescence (Sen), et les viroses (vir).

Tableau 21: Résultats de l'analyse statistique des variétés à cycle intermédiaire.

N	MAT	PF/P	PG/P	IR	PCG	NG/P	Sen	TE	Vir
1	63,00	4,64	10,54	0,59	16,67	8,47	4,67	0,80	1,00
2	63,00	6,85	8,84	0,44	13,33	7,16	4,67	0,66	1,33
3	64,66	6,66	10,73	0,54	10,12	10,40	3,95	0,79	1,05
4	64,67	12,89	4,89	0,23	10,00	6,08	2,33	0,58	1,33
5	64,00	11,98	13,27	0,45	15,00	6,59	4,00	0,79	1,33
6	64,33	7,83	13,65	0,57	13,33	7,97	4,00	0,82	1,33
7	62,33	6,76	8,47	0,47	15,00	7,64	4,00	0,71	2,00
8	63,00	7,19	7,96	0,42	15,00	5,56	3,33	0,68	1,00
9	65,00	9,12	9,41	0,42	13,33	5,84	3,67	0,71	1,00
10	66,00	16,41	4,73	0,17	13,33	4,56	3,67	0,44	1,67
11	65,67	12,32	11,27	0,41	15,00	7,76	3,67	0,75	1,00
12	65,33	10,06	10,12	0,41	15,00	6,03	3,67	0,68	1,67
13	65,00	8,15	9,61	0,45	11,67	8,42	4,00	0,72	2,00
14	64,67	14,58	3,75	0,16	11,67	4,02	4,00	0,40	1,67
15	64,00	5,95	10,92	0,53	15,00	6,77	4,67	0,75	2,00
16	64,00	7,26	10,54	0,52	15,00	6,67	3,33	0,81	1,00
17	64,33	19,70	9,52	0,30	16,67	8,14	3,00	0,66	1,67
18	64,33	5,08	11,31	0,58	16,67	6,11	3,67	0,74	1,33
19	63,33	5,67	11,70	0,55	10,00	9,08	4,33	0,74	1,33
20	64,33	6,53	15,22	0,61	15,00	7,70	4,33	0,82	1,33
21	63,67	9,14	8,72	0,38	13,33	6,72	2,67	0,64	1,00
22	66,00	6,02	8,94	0,51	16,67	5,82	4,00	0,76	1,67
23	63,67	8,16	10,18	0,46	15,00	6,06	4,00	0,72	1,00
24	63,33	8,89	14,06	0,51	15,00	6,53	3,67	0,76	1,67
25	67,33	7,66	8,85	0,45	15,00	6,75	3,33	0,74	2,00
26	64,33	13,59	14,36	0,46	15,00	9,38	3,67	0,76	2,00
27	65,67	15,02	12,67	0,39	15,00	5,89	3,33	0,74	1,00
28	64,00	5,22	15,42	0,67	16,67	9,24	3,00	0,83	1,00
29	64,46	5,44	11,23	0,54	15,62	6,81	3,92	0,77	1,00
30	65,66	10,29	3,45	0,20	10,12	5,93	2,89	0,55	1,00
MG	64,39	9,26	10,34	0,45	14,23	7,05	3,71	0,71	1,41
CV	1,80	41,70	29,70	13,80	13,00	20,50	22,90	7,00	43,70
Ppds (5%)	1,88	6,33	5,02	0,10	3,03	2,36	Ns	0,08	Ns

Ppds (5 %) : Plus petite différence significative au seuil de 5 %

CV (%) : Coefficient de variation en pourcentage

MG : Moyenne générale

Ns : Non significatif au seuil de 5%.

L'analyse statistique montre des différences significatives entre les variétés pour les différentes variables étudiées à l'exception de la Sénescence (Sen) et des Viroses (Vir). Le rendement en graines (PG/P) le plus faible est de 3,45 g et le plus élevé est de 15,42 g. Ceci montre l'impact du stress hydrique sur les variétés ainsi que les différences de performances des variétés sous stress hydrique.

Résultats de corrélations : le tableau 22 montre les corrélations entre les différentes variables étudiées.

Tableau 22 : Matrice de corrélation des variétés à cycle intermédiaire.

	%50%mat	PF/P	PG/P	IR	PCG	NG/G	Sen	TE	Vir
%50%mat	1.000								
PF/P	0.348	1.000							
PG/PL	-0.049	0.054	1.000						
IR	-0.322	-0.718*	0.569*	1.000					
PCG	0.077	-0.019	0.173	0.170	1.000				
NG/G	-0.142	-0.187	0.492*	0.522*	-0.256	1.000			
Sen	-0.231	-0.014	0.208	0.156	0.100	-0.011	1.000		
TE	-0.130	-0.408*	0.643*	0.830*	0.167	0.627*	0.122	1.000	
Vir	0.250	0.073	-0.166	-0.137	-0.003	0.018	0.077	-0.060	1.000

*significatif au seuil de 5%

50% MAT : Nombre de jours à 50% maturité des gousses ;

PF/P : Poids de fanes par plante ;

PG/P : Poids de graines par plante ;

IR : Indice de récolte ;

PCG : Poids de cent graines ;

NG/G : Nombre de graines par gousse ;

Sen : Sénescence ;

TE : Taux d'égrainage ;

Vir : Viroses.



L'analyse de la matrice de corrélation entre les différentes variables fait ressortir les relations suivantes :

Des fortes corrélations négatives entre le poids de fanes par plante (PF/P) et l'indice de récolte (IR) ($r=-0,718$) d'une part, et le taux d'égrainage (TE) ($r=-0,408$) d'autre part.

Des corrélations significatives et positives entre le nombre de graines par gousse (NG/G) et le poids de graines par plante (PG/P) ($r=0,492$) d'une part, et l'indice de récolte (IR) ($r=0,552$) d'autre part.

Des fortes corrélations positives entre le poids de graines par plante (PG/P) et l'indice de récolte (IR) ($r=0,569$) d'une part, et le taux d'égrainage (TE) ($r=0,643$) d'autre part.

Une forte corrélation positive entre l'indice de récolte (IR) et le taux d'égrainage (TE) ($r=0,830$).

Une corrélation significative entre le nombre de graines par gousse (NG/G) et le taux d'égrainage (TE) ($r=0,627$).

Variétés à cycle intermédiaire sélectionnées :

Tableau 23: Liste des variétés à cycle intermédiaire sélectionnées.

N	Variétés	PG/P	PF/P	IR	TE	NG/G
28	58-53	15,42	5,22	0,67	0,83	9,24
20	Suvita-2	15,22	6,53	0,61	0,82	7,7
26	Petite-n-grn	14,36	13,59	0,46	0,76	9,38
24	IT99K-124-5	14,06	8,89	0,51	0,76	6,53
6	KVX525	13,65	7,83	0,57	0,82	7,97
5	IT98K-205-8	13,27	11,98	0,45	0,79	6,59
27	IT98K-498-1	12,67	15,02	0,39	0,74	5,89
19	58-57	11,7	5,67	0,55	0,74	9,08
18	IT97K-207-15	11,31	5,08	0,58	0,74	6,11
11	IAR8/7-4-5-3	11,27	12,32	0,41	0,75	7,76
15	IT90K-284-2	10,92	5,95	0,53	0,75	6,77
3	IT98K-317-2	10,73	6,66	0,54	0,79	10,4
1	IT 96D-610	10,54	4,64	0,59	0,8	8,47
16	IT00K-901-6	10,54	7,26	0,52	0,81	6,67
23	IT98K-428-3	10,18	8,16	0,46	0,72	6,06

Le tableau 23 présente la liste des variétés à cycle intermédiaire sélectionnées. Les variétés sélectionnées sont en conformité avec celles sélectionnées dans l'expérimentation de la saison pluvieuse à Pobé-Mengao à l'exception des variétés IAR8/7-4-5-3, et 58-57. Les différentes variétés ont été sélectionnées pour leurs bons rendements en condition de sécheresse.

3-2-2- Discussion.

L'examen des coefficients de corrélations montre de nombreuses liaisons entre quelques caractères et le poids de graines par plante (PG/P). Ce dernier est positivement lié, d'une part, au taux d'égrainage (TE) et à l'indice de récolte (IR), et d'autre part, au nombre de graines par gousse (NG/G) dans les deux groupes de variétés. Les interactions les plus marquantes sont représentées par la figure suivante :

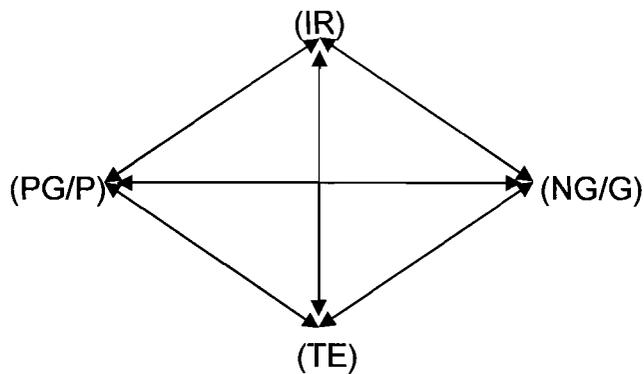


Figure 2: Liaison des caractères.

Les liaisons entre l'indice de récolte (IR), le taux d'égrainage (TE), et le poids de graines par plante (PG/P) montrent qu'un taux d'égrainage élevé implique un poids de graines élevé et par conséquent un indice de récolte élevé. Ce résultat est en accord avec celui de Jose et *al.*, (2008) qui ont montré que certaines variétés du niébé sous stress hydrique présentaient un indice de récolte élevé suite à une grande mobilisation des assimilats photosynthétiques pour la production et le remplissage des graines. Cela montre qu'un bon remplissage des graines entraîne une augmentation du taux d'égrainage (TE) et par conséquent, une augmentation de l'indice de récolte et du poids de graines par plante. La liaison entre le nombre de graines par gousse (NG/G) et le poids de graines par plante (PG/P) montre que l'augmentation du nombre de graines par gousse entraîne une augmentation du poids de graines par plante (PG/P). Des résultats similaires ont été obtenus par Fussel et *al.*, (1989) qui ont montré une forte liaison positive entre le rendement en grains et le nombre de grains par panicule du mil sous stress hydrique. Cette forte liaison était définie par la capacité des plantes à maintenir un nombre de grains par panicule élevé sous stress hydrique.

Pour ce qui concerne les liaisons spécifiques à chaque groupe de variété, nos résultats montrent des liaisons négatives entre le poids de fanes par plante (PF/P) et le taux d'égrainage (TE) d'une part, et l'indice de récolte (IR) d'autre part, au niveau des variétés à cycle intermédiaire. Ces liaisons sont le fait de l'implication des tiges dans le remplissage des graines. Des résultats similaires ont été obtenus par Richard et *al.*, (2002) qui ont montré que la diminution de la biomasse chez les céréales sous stress hydrique contribuait à maximiser l'indice de récolte si les carbohydrates sont mobilisés pour le remplissage des grains.

Pour ce qui concerne les variétés à cycle précoce, nos résultats montrent une corrélation positive entre la sénescence (Sen) et le taux d'égrainage (TE), et une corrélation négative entre la sénescence et la Maturité. Ceci montre que la précocité de la maturité entraîne la précocité de la sénescence. La précocité de la maturité revêt des mécanismes d'esquive à la sécheresse permettant à la plante d'accomplir son cycle avant l'événement de sécheresse. Singh, (1987), montre que les variétés du niébé à cycle précoce évitent le stress terminal mais présentent une mauvaise performance si elles sont exposées à des stress intermittents durant le stade végétatif.

Conclusion

Cette expérimentation nous a permis de confirmer les résultats de l'expérimentation de la saison pluvieuse à Pobé-Mengao, et la mise en évidence des caractères morfo phénologiques liés au rendement du niébé sous stress hydrique. Les corrélations faites entre le poids de graines par plante et certaines variables (nombre de graines par gousse, l'indice de récolte, et le taux d'égrainage) ont montré des relations positives et significatives. Les différents caractères fortement liés au poids de graines par plante permettront d'orienter le sélectionneur sur les caractères pouvant être améliorés en même temps que le rendement.

III-3-ETUDE DE LA RESISTANCE DES VARIETES PAR LA MESURE DE LA TENEUR EN CHLOROPHYLLE

3-3-1-Resultats.

3-3-1-1- Les variétés à cycle précoce

La figure 3 présente les valeurs SPAD des variétés à cycle précoce stressées et non stressées (témoins).

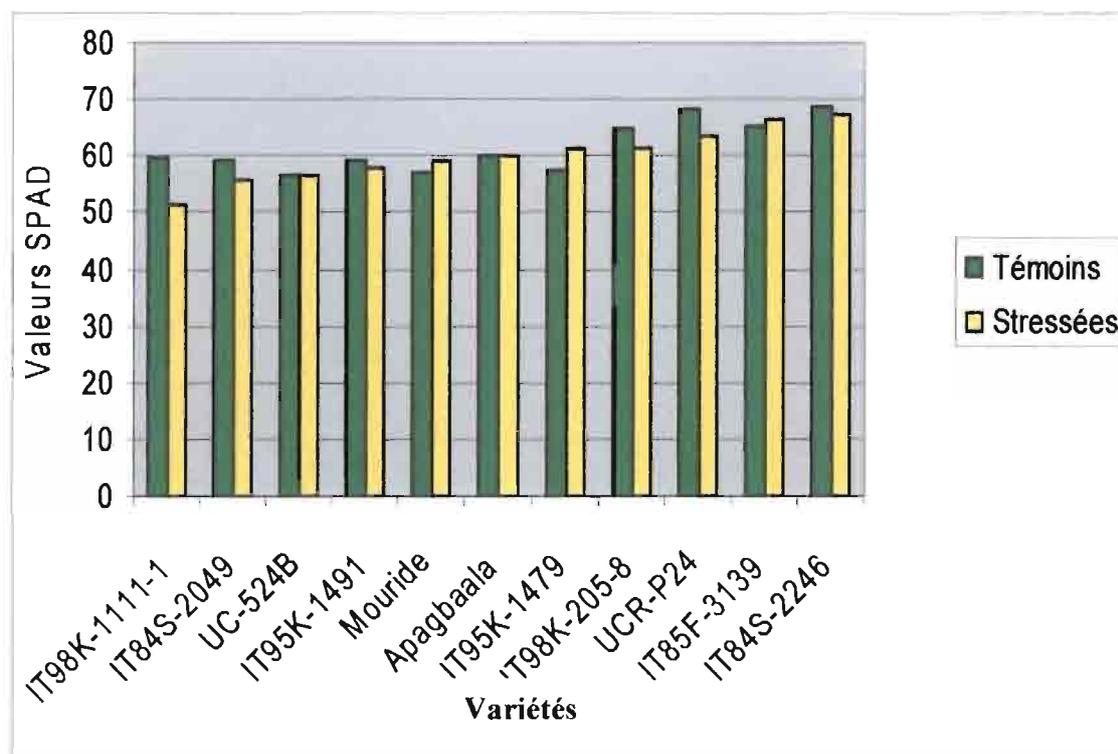


Figure 3 : Valeurs SPAD des variétés à cycle précoce.

L'observation de la figure 3, montre que les valeurs SPAD sont plus élevées chez les variétés témoins irrigués que chez les variétés stressées à l'exception des variétés mouride, IT95K-1479, et IT85F-3139. Les variétés IT98K-1111-1, IT98K-205-8, UCR-P24 et IT84S-2049 manifestent une réduction importante de leurs valeurs SPAD sous stress hydrique comparativement à leurs valeurs SPAD sous irrigation complète. Les variétés UC-524B, Apaglaala, IT95K-1491, et IT84S-2246 maintiennent leurs valeurs SPAD presque constantes dans les deux types de régimes hydriques.

3-3-1-2-Les variétés à cycle intermédiaire

La figure 4 présente les valeurs SPAD des variétés à cycle intermédiaire stressées et non stressées (témoins).

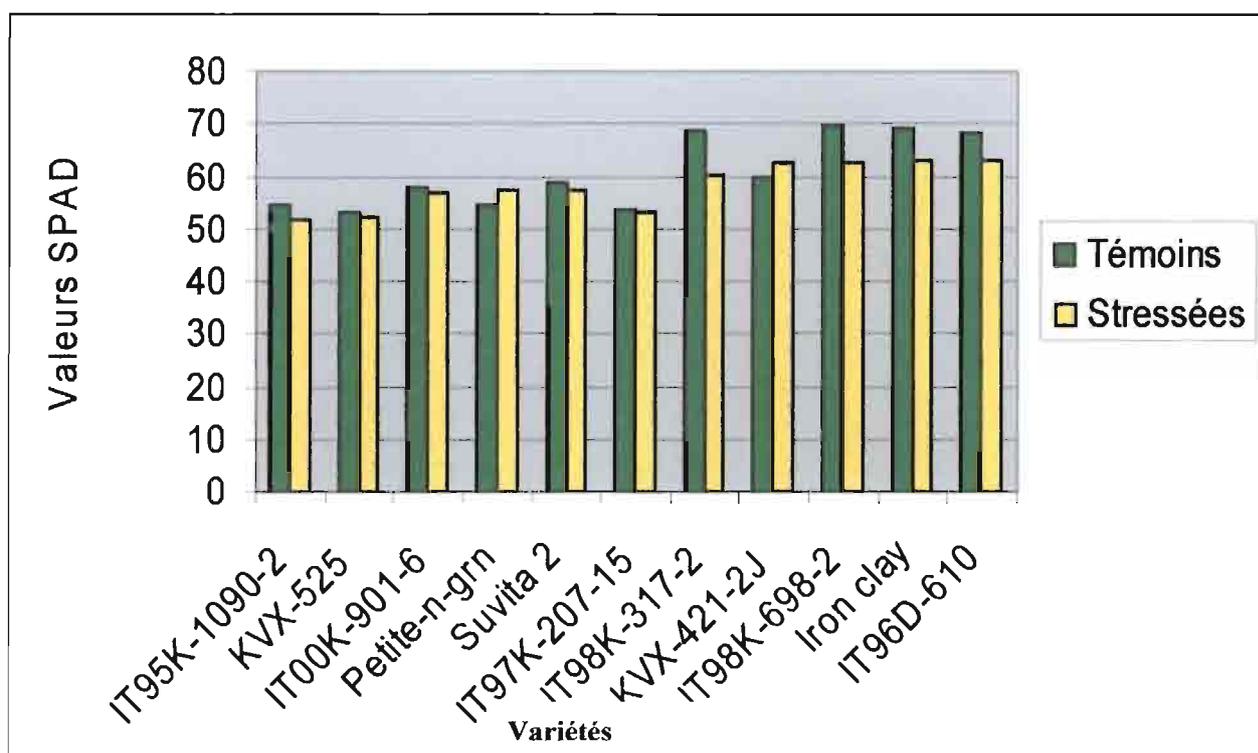


Figure 4 : Valeurs SPAD des variétés à cycle intermédiaire.

D'une manière générale, les valeurs SPAD sont plus élevées chez les variétés témoins irrigués que chez les variétés stressées. Les variétés IT00K-901-6, IT97K-207-15, K VX-525, et Suvita-2 présentent des valeurs SPAD presque constantes sous stress hydrique et sous irrigation complète. Par contre, les variétés IT98K-317-2, IT98K-698-2, IT96D-610 et Iron clay présentent une diminution importante de leurs valeurs SPAD sous stress hydrique comparativement à leurs valeurs SPAD sous irrigation complète.

3-3-2- Discussion

L'objectif de cette étude est d'analyser le comportement physiologique du niébé sous stress hydrique à partir de la mesure de la teneur en chlorophylle des feuilles. Roy-Macauley (1999) a montré un lien entre la tolérance à la sécheresse, le maintien de la teneur en pigments photosynthétiques et l'activité photochimique. Il ressort de nos résultats que les variétés non stressées présentent une teneur en chlorophylle plus élevée comparativement aux variétés stressées. Ceci montre que la teneur des pigments chlorophylliens est liée à l'état hydrique de la plante. Nos résultats montrent que les variétés à cycle précoce UC-524B, Apaglaala, IT95K-1491, et IT84S-2246 et à cycle intermédiaire IT00K-901-6, IT97K-207-15, K VX-525, et Suvita-2 présentent des valeurs SPAD presque constantes sous stress hydrique et sous irrigation complète. Par contre, les variétés à cycle précoce IT98K-1111-1, IT98K-205-8, UCR-P24, et IT84S-2049 et à cycle intermédiaire IT98K-317-2, IT98K-698-2, IT96D-610, et Iron clay présentent une diminution importante de leurs valeurs SPAD sous stress hydrique. A cet effet, la relation entre la valeur SPAD et le régime hydrique, met en évidence deux groupes de comportement différents. Le premier groupe présente des valeurs SPAD presque constantes sous stress hydrique et sous irrigation complète. Le deuxième groupe présente des valeurs SPAD élevées sous irrigation complète et manifeste une réduction importante de leurs valeurs SPAD sous stress hydrique. Roy-Macauley (1999) montre que la diminution des pigments chlorophylliens est plus marquée chez les cultivars sensibles que chez les cultivars tolérants. Quant aux variétés dont les valeurs SPAD sous stress hydrique sont supérieures à celles sous irrigation complète, elles pourraient être classées dans le premier groupe en admettant une marge d'erreur dans les mesures.

Conclusion

Deux groupes de comportement ont été mis en évidence. Le premier groupe présente des valeurs SPAD presque constantes sous stress hydrique et sous irrigation complète. Le deuxième groupe présente des valeurs SPAD élevées sous irrigation complète et manifeste une réduction importante de leurs valeurs SPAD sous stress hydrique. Ce résultat permettra une amélioration des connaissances sur le comportement des variétés du niébé résistantes à la sécheresse.

III-4- ETUDE DE L'INTERACTION GENOTYPE X ENVIRONNEMENT

3-4-1- Résultats

3-4-1-1- Les variétés à cycle précoce

Les tableaux 24, 25 et 26 présentent respectivement les paramètres de stabilité du rendement de chaque génotype, les paramètres de stabilité du rendement dans chaque environnement, et le tableau ANOVA de l'analyse AMMI (Additive main effect and multiplicative interaction). Les paramètres présentés sont : le rendement moyen par génotype (RM/G), le rendement moyen des génotypes par environnement (RMg/E), et les scores des axes IPCA de chaque génotype (IPCAg) et de chaque environnement (IPCAe). Les IPCA (Interaction principal composant axis) sont des axes principaux de l'interaction génotype x environnement (G x E). Ils expliquent la stabilité des génotypes dans les différents environnements et la part de chaque environnement dans les effets de l'interaction G x E. Un génotype est moins influencé par les effets des différents environnements si son score IPCA est proche de zéro. De même, un environnement a moins d'effets dans l'interaction G x E si son score IPCA est proche de zéro. Quand un génotype et un environnement portent les mêmes signes sur leurs scores IPCA, leur interaction est positive dans le cas contraire leur interaction est négative.

MENTION ASSEZ-BIEN

Tableau 24 : Paramètres de stabilité des géotypes précoces

Géotypes	NG	RM/G	IPCAg[1]	IPCAg[2]
G1	1	8.12	0.03175	0.69060
G2	2	10.21	-0.16482	0.03300
G3	3	7.03	-0.20556	0.49643
G4	4	10.80	0.25481	-0.61136
G5	5	11.55	0.53960	-0.14707
G6	6	10.03	0.67639	0.09052
G7	7	12.28	0.87827	-0.19724
G8	8	12.16	0.04123	0.47151
G9	9	9.60	-1.43285	0.75589
G10	10	10.20	0.42266	0.17091
G11	11	12.58	0.33347	0.13153
G12	12	20.70	-0.39601	-1.93653
G13	13	9.61	-0.19006	0.43119
G14	14	10.46	0.03412	-0.06524
G15	15	5.85	0.49910	1.15668
G16	16	10.09	0.48805	0.12595
G17	17	9.99	0.74114	0.19660
G18	18	10.36	0.72843	-0.36894
G19	19	8.85	0.40045	0.59501
G20	20	9.52	0.09486	-0.05062
G21	21	8.82	0.36649	-0.37309
G22	22	17.32	-2.59936	0.70683
G23	23	5.35	-0.32772	0.25520
G24	24	11.66	0.46562	-0.12741
G25	25	15.14	-1.52487	-2.04838
G26	26	10.24	-0.35683	0.02606
G27	27	9.95	-0.63369	0.15838
G28	28	15.14	0.76576	-1.30584
G29	29	9.30	0.06959	0.73942

Tableau 25 : Paramètres de stabilité des environnements

Environnements	NE	RMg/E	IPCAe[1]	IPCAe[2]
Pobe1	1	14.71	-2.37164	-2.21887
Pobe2	2	8.86	-0.83335	3.06408
Saria	3	8.79	3.20499	-0.84521

Tableau 26 : ANOVA de l'analyse AMMI des variétés à cycle précoce

Source	DL	SC	MC	SC (%)
Total	86	6035	70.2	
Génotypes	28	2525	90.2	41.90**
Environnements	2	2007	1003.7	33.19**
Interactions	56	1503	26.8	24.98*
IPCA1	29	826	28.5	55.00*
IPCA2	27	677	25.1	45.00Ns

*Significatif au seuil de 5%.

**Significatif au seuil de 1%

Ns : non significatif au seuil de 5%

L'analyse AMMI du poids de graines par plante (PG/P) de 29 génotypes précoces dans 3 environnements montre que 33,19% de la somme des carrés total sont attribuables aux effets des environnements, 41,90% aux effets variétaux et 24,98% aux effets de l'interaction G x E. Ces différents effets sont significatifs indiquant respectivement la variabilité des conditions environnementales, la variabilité génétique des variétés testées et la dépendance variétale aux effets environnementaux. Cette analyse montre que seul le premier axe principal (IPCA1) fournit des informations significatives et contribue à 55% de la somme des carrés de l'interaction G x E.

La figure 5 est une représentation graphique des tableaux 24, et 25. Les valeurs représentées sont : le rendement moyen par génotype et le rendement moyen des génotypes par environnement qui sont placés sur l'axe des abscisses, et les scores de l'axe IPCAg1 et de l'axe IPCAe1 qui sont placées sur l'axe des ordonnées.

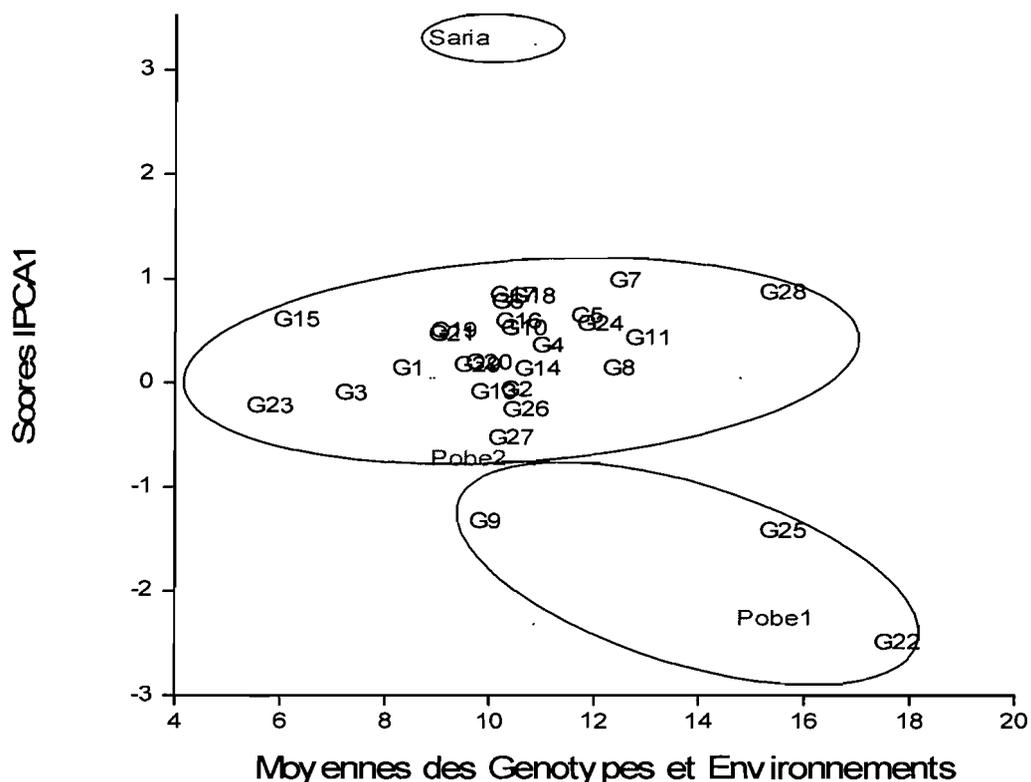


Figure 5 : Représentation graphique de l'analyse AMMI des variétés à cycle précoce.

La figure 5 montre que l'environnement Pobe2 est proche du centre de l'axe IPCA1 montrant que cet environnement a un score IPCA1 proche de zéro. Par contre, Pobe1 et Saria sont éloignés du centre de l'axe IPCA1 indiquant qu'ils ont des scores IPCA1 élevés. On observe sur cette figure un regroupement des génotypes formant deux groupes de variétés en fonction de leurs adaptations aux différents environnements. Le premier groupe est formé par les génotypes G9 (IT98K-1105-5), G22 (IT95M-190), et G25 (Apagbaala) qui sont éloignés du centre de l'axe IPCA1 et le deuxième groupe plus proche du centre de l'axe IPCA1 renferme les autres variétés. Parmi les génotypes du deuxième groupe, les génotypes G1 (IT82E-18), G8 (UC-524B), G14 (UC-CB27), G20 (Prima), et G29 (IT97K-499-39) sont plus proches du centre de l'axe IPCA1 indiquant que leurs scores IPCA1 sont proches de zéro. Les génotypes du premier groupe sont plus adaptés à l'environnement Pobe 1.

3-4-1-2-Les variétés à cycle intermédiaire

Les tableaux 28, 29 et 30 présentent respectivement les paramètres de stabilité du rendement de chaque génotype, les paramètres de stabilité du rendement dans chaque environnement, et le tableau ANOVA de l'analyse AMMI. Les paramètres présentés sont : le rendement moyen par génotype (RM/G), le rendement moyen des génotypes par environnement (RMg/E), et les scores des axes IPCA de chaque génotype (IPCAg) et de chaque environnement (IPCAe)

Tableau 28: Paramètres de stabilité des génotypes intermédiaires

Génotypes	NG	RM/G	IPCAg[1]	IPCAg[2]
G1	1	10.320	-0.07062	-0.16351
G2	2	12.425	-0.83101	-1.36262
G3	3	9.132	0.02173	0.43486
G4	4	5.404	-0.20312	-0.41810
G5	5	12.654	-0.53299	0.78688
G6	6	13.783	-0.65911	0.51229
G7	7	7.032	0.64992	-0.50404
G8	8	7.821	0.28422	-0.75288
G9	9	9.835	-0.65527	0.32703
G10	10	6.385	-0.95328	0.01469
G11	11	8.658	0.55705	0.36246
G12	12	7.592	0.54774	0.32674
G13	13	9.101	0.12836	-0.28802
G14	14	5.774	-0.44586	-0.98295
G15	15	9.557	0.39370	-0.15818
G16	16	11.094	-0.01469	-0.72702
G17	17	9.916	-0.59302	0.24854
G18	18	14.092	-1.72836	0.49794
G19	19	8.115	0.46730	1.10460
G20	20	11.138	1.23204	0.24644
G21	21	9.572	-0.58500	-0.04262
G22	22	10.747	-0.85629	-0.22604
G23	23	9.275	0.16981	-0.10686
G24	24	10.178	1.22837	0.13103
G25	25	8.192	-0.00998	0.01857
G26	26	11.419	0.03111	1.36856
G27	27	10.607	0.94601	-0.56444
G28	28	11.261	1.48125	-0.08334

Tableau 29 : Paramètres de stabilité des environnements

Environnements	NE	RMg/E	IPCAe [1]	IPCAe [2]
Pobe1	1	11.721	-2.96273	0.90409
Pobe2	2	6.986	0.50933	-2.51878
Saria	3	10.338	2.45340	1.61469

Tableau 30: ANOVA de l'analyse AMMI des variétés à cycle intermédiaire.

Source	DL	SC	MC	SC (%)
Total	83	3140	37.83	
Géotypes	27	1177	43.61	37,50**
Environnements	2	996	498.01	31,72**
Interactions	54	966	17.90	30,78*
IPCA1	28	680	24.29	70,40**
IPCA2	26	286	11.01	26,60Ns

*Significatif au seuil de 5%.

**Significatif au seuil de 1%

Ns : non significatif au seuil de 5%

L'analyse de variance du poids de graines par plante (PG/P) de 28 variétés à cycle intermédiaire dans 3 environnements montre que 31,72% de la somme des carrés total sont attribuables aux effets des environnements, 37,50% aux effets variétaux et 30,78% aux effets de l'interaction G x E. L'analyse montre que seul le premier axe principal (IPCA1) apporte des informations significatives et fournit 70,40% de la somme des carrés de l'interaction G x E.

La figure 6 est une représentation graphique des tableaux 28 et 29. Les valeurs représentées sont : le rendement moyen par géotype et le rendement moyen des géotypes par environnement qui sont placés sur l'axe des abscisses, et les scores de l'axe IPCAg1 et de l'axe IPCAe1 qui sont placées sur l'axe des ordonnées.

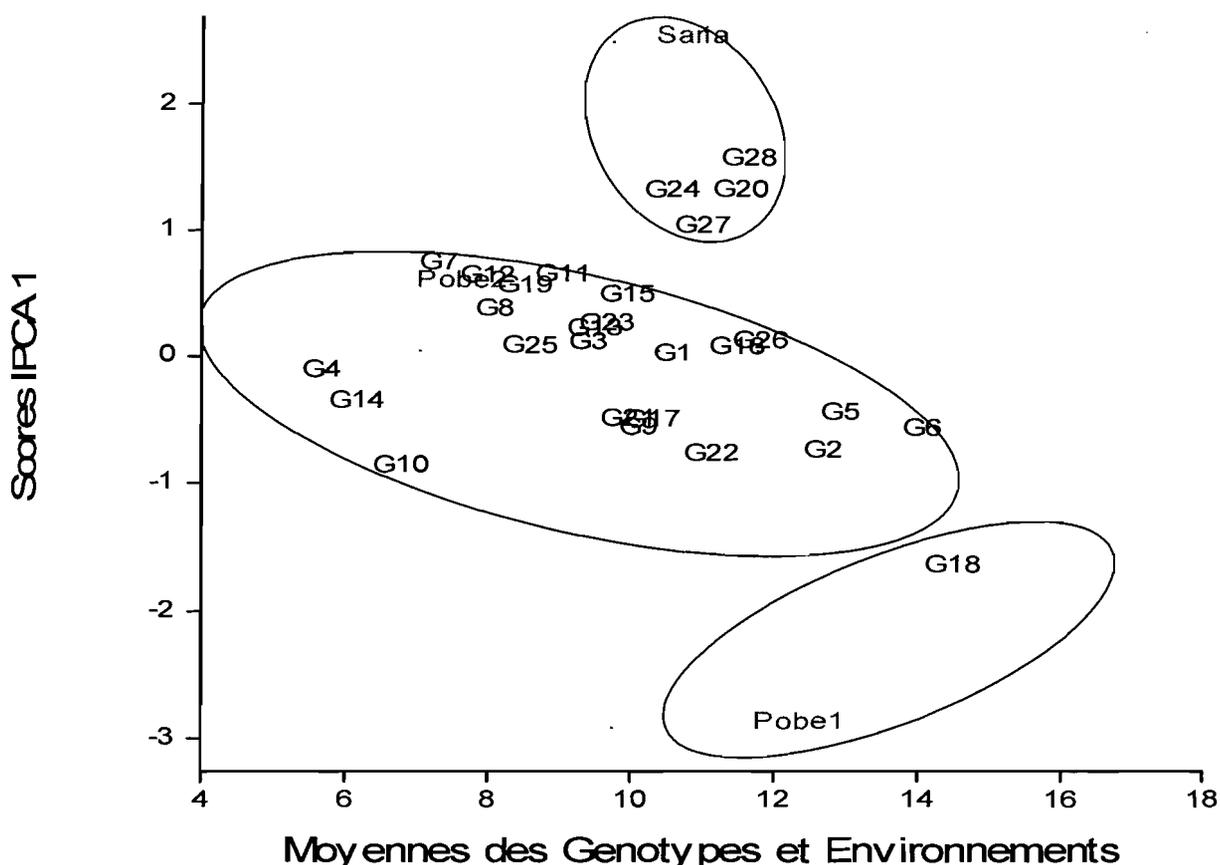


Figure 6 : Représentation graphique de l'analyse AMMI des variétés à cycle intermédiaire.

La figure 6 montre que l'environnement Pobe2 est proche du centre de l'axe IPCA1. Par contre, les environnements Saria et Pobe1 sont éloignés du centre de l'axe IPCA1. On observe sur cette figure un regroupement des génotypes formant trois groupes de variétés en fonction de leurs adaptations aux différents environnements. Le premier groupe est formé par le génotype G18 (IT97K-207-15) dans l'environnement Pobe1. L'environnement Saria renferme les génotypes G20 (Suvita-2), G27 (IT98K-498-1) G24 (IT99K-124-5), et G28 (58-53) formant le deuxième groupe. Le troisième groupe est constitué des génotypes restants parmi lesquels G1 (IT 96D-610), G3 (IT98K-317-2), G16 (IT00K-901-6), G25 (K VX 403), et G26 (Petite-n-grn) sont plus proches du centre de l'axe IPCA1.

3-3-2- Discussion

L'analyse AMMI montre l'existence d'une variabilité génétique des variétés confirmant les résultats des expérimentations précédentes. Les effets des environnements sont également significatifs montrant l'existence d'une variabilité de conditions environnementales. De même les effets de l'interaction G x E sont significatifs indiquant que l'effet variétal dépend de l'environnement.

Les figures 5 et 6 montrent que l'environnement Pobe2 est proche du centre de l'axe IPCA1 indiquant qu'il a moins d'effets dans l'interaction G x E. Par contre, les environnements Pobe1 et Saria sont éloignés du centre de l'axe IPCA et sont situés de part et d'autre de l'axe IPCA1. Ceci montre, d'une part, que ces environnements ont plus d'influence dans l'interaction G x E, et d'autre part, qu'ils ont des interactions positives avec certains génotypes et négatives avec d'autres. L'existence d'interaction G x E signifie que selon l'environnement l'ensemble des gènes d'un génotype ne s'exprime pas de la même façon (Gallais. 1989). Cela serait dû aux caractéristiques des environnements en termes de facteurs limitants du rendement, mais aussi aux exigences des variétés à ces facteurs limitants.

La figure 5 montre un regroupement des génotypes au centre de l'axe IPCA1 à l'exception des génotypes IT95M-190, IT98K-1105-5 et Apagbaala qui sont éloignés du centre de l'axe. Ceci montre que les génotypes regroupés au centre de l'axe IPCA1 sont moins influencés par les environnements à l'opposé des génotypes IT95M-190, IT98K-1105-5 et Apagbaala qui sont très interactifs. Parmi les génotypes qui sont moins influencés par les environnements, les génotypes IT82E-18, UC-524B, UC-CB27, Prima, et IT97K-499-39, présentent une grande stabilité du rendement dans les divers environnements (Plus proches du centre de l'axe IPCA). Les génotypes IT95M-190, IT98K-1105-5 et Apagbaala présentent le même signe que l'environnement Pobe1 sur l'axe IPCA1 montrant que ces génotypes sont plus adaptés à la localité de Pobe. En ce qui concerne les génotypes intermédiaires, la figure 6 montre un regroupement des génotypes au centre de l'axe IPCA1 à l'exception des génotypes IT97K-207-15, 58-53, IT99K-124-5, IT98K-498-1 et Suvita-2. Ceci montre que les génotypes regroupés au centre de l'axe IPCA1 sont moins influencés par les environnements. Par contre,

les génotypes IT97K-207-15, 58-53, IT99K-124-5, IT98K-498-1 et Suvita-2 sont plus influencés par les environnements. Les génotypes IT 96D-610, IT98K-317-2, IT00K-901-6, K VX 403 et Petite-n-grn sont plus proches du centre de l'axe indiquant leur grande stabilité du rendement dans les différents environnements. Parmi les génotypes subissant plus l'influence des environnements, les génotypes 58-53, IT99K-124-5, IT98K-498-1 et Suvita-2 présentent les mêmes signes que l'environnement Saria sur l'axe IPCA1 montrant l'adaptation spécifique de ces variétés à cette localité. Le génotype IT97K-207-15 est le plus adapté à la localité de Pobe-Mengao. Gallais (1989) montrent que l'adaptation d'un génotype au milieu peut être due à l'effet hétérosis, la présence des gènes de stabilité, des systèmes de régulation permettant un meilleur fonctionnement du génotype dans des conditions assez variées du milieu, et l'hétérogénéité intrapeuplement.

Conclusion

Les génotypes précoces G1 (IT82E-18), G8 (UC-524B), G14 (UC-CB27), G20 (Prima) et G29 (IT97K-499-39) et intermédiaire G1 (IT 96D-610), G3 (IT98K-317-2), G16 (IT00K-901-6), G25 (K VX 403), et G26 (Petite-n-grn) présentent une adaptation générale aux différents environnements. Ces génotypes pourraient être intéressants dans les différentes localités compte tenu de leur capacité à maintenir leur production dans une variabilité de conditions environnementales. Les génotypes précoces G9 (IT98K-1105-5), G22 (IT95M-190) et G25 (Apagbaala) et intermédiaires G18 (IT97K-207-15) sont plus adaptés à la localité de Pobe-Mengao tandis que les génotypes intermédiaires G20 (Suvita-2), G24 (IT99K-124-5) G27 (IT98K-498-1), et G28 (58-53) se présentent comme étant plus adaptés à la localité de Saria. Ces différentes variétés pourraient être pré-vulgarisés dans les différentes localités dont elles sont mieux adaptées.

Conclusion et perspectives

Ce travail avait pour objectif, d'une part, d'effectuer le phénotypage de deux groupes (précoce et intermédiaire) de variétés du niébé en mesurant leur capacité de production sous stress hydrique, et d'autre part de sélectionner les meilleures lignées résistantes à la sécheresse.

La stratégie d'utilisation des dates de semis et l'induction du stress hydrique de fin de cycle ont permis de sélectionner des variétés résistantes à la sécheresse et d'évaluer les performances des variétés dans différents environnements. Ainsi les variétés à cycle précoce IT85F-3139, IT95M-190, Apagbaala, Mouride, IT98K-1111-1, IT95K-1479, UCR-P-24, et UC-524B et intermédiaire IT97K-207-15, IT00K-901-6, K VX 525, IT98K-205-8, Iron clay, IT98K-317-2, Petite-n-grn, et IT96D-610 sont les plus résistantes à la sécheresse dans les différentes expérimentations à Pobé-Mengao et à Saria. En ce qui concerne l'interaction G x E, les génotypes précoces G9 (IT98K-1105-5), G22 (IT95M-190), et G25 (Apagbaala) et intermédiaires G18 (IT97K-207-15) présentent une bonne adaptation à la localité de Pobe-Mengao tandis que la localité de Saria convient spécifiquement aux génotypes intermédiaires G20 (Suvita-2), G24 (IT99K-124-5) G27 (IT98K-498-1), et G28 (58-53). Les variétés présentant une adaptation générale à ces deux localités sont représentées par les génotypes précoces G1 (IT82E-18), G8 (UC-524B), G14 (UC-CB27), G20 (Prima), et G29 (IT97K-499-39) et intermédiaires G1 (IT 96D-610), G3 (IT98K-317-2), G16 (IT00K-901-6), G25 (K VX 403), et G26 (Petite-n-grn). Le génotype précoce Apagbaala et intermédiaire IT97K-207-15 combinent une bonne productivité sous stress hydrique et une adaptation spécifique à la localité de Pobé-Mengao. Les variétés sélectionnées constituent un palliatif pour une bonne production agricole dans les zones fortement affectées par la sécheresse. Elles pourraient être un intérêt dans l'amélioration variétale du niébé pour la résistance à la sécheresse. Nos résultats montrent que le comportement des variétés dépend du type de stress hydrique. Les corrélations faites entre les variables montrent que l'indice de récolte (IR), le taux d'égrainage (TE), et le nombre de graines par gousse (NG/G) sont fortement liés au rendement du niébé sous stress hydrique de fin de cycle tandis que, le poids de fanes par plante (PF/P) est fortement lié au rendement sous stress intermittents. La mise en évidence de ces différentes liaisons peut aider au

développement d'outils pour la recherche de variétés de niébé résistantes à la sécheresse. L'étude physiologique de la résistance à la sécheresse a permis la mise en évidence de deux groupes de comportement différents des variétés sous stress hydrique. Le premier groupe présente des valeurs SPAD presque constantes sous stress hydrique et sous irrigation complète. Le deuxième groupe présente des valeurs SPAD élevées sous irrigation complète et manifeste une réduction importante de leurs valeurs SPAD sous stress hydrique.

Dans les perspectives de continuation de ce travail, une étude pourrait intéressée l'identification des QTL (*Quantitative Trait Loci* ou QTL) de la résistance à la sécheresse qui servira à la sélection in vitro (sélection assistée par marqueurs) de lignées résistantes à la sécheresse. En plus une étude plus complète étalée sur au moins deux saisons permettrait une confirmation ou une infirmation des résultats obtenus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bance, S., Sawadogo, P., Ouédraogo, L., Yameogo, S., Balma, D., Bognounou, O., Ouédraogo, L., Ouédraogo, M., Ouédraogo, A., Koudougou, Z., Thiombiano, J. M., Traoré, O., Ouattara, F. N., Zerbo, I., et Sawadogo, A., 1999. Monographie nationale sur la diversité biologique du Burkina Faso. Publiée par le Secrétariat Permanent du Conseil National pour la Gestion de l'Environnement

Batieno, B. J., 2006. Hérité de la texture du tégument des graines du niébé (*Vigna unguiculata L Walp*) et caractérisation génotypique de quelques variétés vulgarisées au Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur Option Agronomie. IDR.

Benzarti, Z., Habaieb, H., 2001. Etude de la persistance de la sécheresse en Tunisie par l'utilisation des chaînes de Markov. Sécheresse, vol 12, No 4

Bergaoui, M., et Alouini, A., (2001). Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique: cas du bassin versant de Siliana en Tunisie. Sécheresse, vol 12, No 4

MENTION ASSEZ-BIEN

Bidinger, F. R., Mahalakshmi, V., and Rao, G. D. P., 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leekel). Estimation of genotype response of stress. J. Agric. Res., 1987, 38, 49-59

Blum, A., 1988. Plant Breeding for stress environment . CRC Press eds.

CBDC., 2003. Le développement des cultivars locaux dans les régions sahéliennes du Burkina faso pour la gestion en milieu paysan de la diversité biologique agricole pour assurer une sécurité semencière. Phase II, 2000-2003. Rapport technique annuel, CNRST/INERA. Burkina Faso.

Clavel, D., Drame, N. K., Diop, N. D., Zuily-Fodil. Y., 2005. Adaptation à la sécheresse et création variétale : le cas de l'arachide en zone sahélienne. Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 12, Numéro 3, 248-60, MAI-JUIN 2005, Fondamental

Dabiré, L. C. B. 2001. Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de *Clavigralla tomentosicollis* STÅL. 1855 (Hemiptera : coreidae), punaise suceuse de gousse de niébé, *Vigna unguiculata* L. Walp. dans la perspective de la lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université de Cocody, UFR/Biosciences. 179

Dabire, F., 2000. Sélection inter et intra variétale pour la résistance à la sécheresse en cours de culture chez le maïs (*Zea mays* L.). Memoire de fin de d'étude. Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingenieur du développement rural. Option Agronomie. IDR.

Dabiré, C. Drabo, .I (2008). Problématique de la production et de la conservation du niébé. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Programme protéagineux.

Drabo, I. 1981. Inheritance of some seed qualities in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Master of Philosophy thesis, University of Ibadan. 146 pages.

Drabo, I., Ouédraogo, J. T., Dabiré, C., 1993. Rapport technique sur l'évaluation de la performance des variétés améliorées du niébé en milieu réel et cartographie des besoins en traitement insecticide du niébé au Burkina Faso. INERA/Programme protéagineux

Drabo, I., Ouédraogo, J. T., Tignegre, J. B., Dabiré, C., Ba, N. M., Sanon, A., Gnissa, G., Neya, B. J., Paco, S., Diasso, G. A., Ouedraogo, O., Ilboudo, D., Traore, G. J., Bounkougou, D. A., Tapsoba, B., Ouedraogo, T., Pato, R. J.,

Nanema, R., Weta, O., Batiemo, B., Thio, J., Tarpigidia, S., 2008. Amélioration variétale du niébé au Burkina Faso. CNRST/INERA.

Falalou, H., 2006. Paramètres physiologiques, biochimiques et agronomiques pertinents pour les programmes d'amélioration et d'adaptation du niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) au déficit hydrique. Thèse présentée à l'UFR/SVT pour obtenir le grade de docteur à l'Université de Ouagadougou .Spécificité écophysologie.

Faris, D.G., 1965. The origin and evolution of the cultivated forms of *Vigna sinensis*. Canadian Journal of Genetics and Cytology 7:433-452.

Faris, G. D., 1963. Evidence for the West African origin of *Vigna sinensis* L. Savi. Ph.D. Dissertation. University of California. 84 pages.

Fery, R. L. 1985. The genetics of cowpeas: a review of the world literature. In: Cowpea Research, Production and Utilization. Singh, S.R. and Rachie, K.O. (Eds.), Chichester, John Wiley and Sons. pp. 25 - 62.

Fussell, L. K., and Bieler, P., 1989. Screening Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br) for post flowering drought in West Africa. In L.K. Fussell and J. Werder. (eds), Proceeding of regional Pearl Millet improvement workshop. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Sahelian Center, Sadoré , Niger.

Gallais, A.1989. Théorie de la sélection en amélioration des plantes, Ed. Masson, Paris.

Jose, A. P., Miguel, G., Cesar, C., Ramiro, G., Jaumer, R., Steve, B.0, and Rao, M., 2008. Physiological evaluation of drought resistance in elite lines of common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) under field conditions. International Center for Tropical Agriculture (ICTA), A. A. 6713, Cali Colombia

Lush, W. M. and Evans, L. T., 1981. Domestication and improvement of cowpea. *Euphytica* 30, pp. 579-587.

Langyintuo, A. S., Lowenberg-DeBoer, J., Faye, M., Lambert, D., Ibro, G., Moussa, B., Kergna, A., Kushwaha, S., Mussa, S., Ntougam, G., 2003. Cowpea supply and demand in West, and Central Africa. In : Peter H. Graham., Anthony E. Hall., Dernet P. Cogne. (Eds), *Field crops Research*.

Levitt, J., 1980 Responses of plants to environmental stresses. In : *Water, radiation, salt and others stresses*, Vol I. New York, USA.

Maréchal, R.; Mascherpa, J. M. and Stainier, F., 1978. Etude taxonomique d'un groupe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (*Papilionaceae*) sur la base de données morphologique et pollinique traitées pour l'analyse informatique. *Boissier* 28: pp. 1-273.

Monneveux, P., This, D., 1995. Intégration des approches physiologiques génétiques et moléculaires pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez les céréales. In : *Quel avenir pour l'amélioration des plantes*. Paris, France : AUPELF-UREF Ed, : 149-63.

Monneveux, P., This, D., et Behlhassen, E., 1997. Amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse. In *l'eau dans l'espace rural. Production végétale et qualité de l'eau*. Eds. C. Riou., R. Bonhomme., P. Chassiu., H. Neveu., F. Papy. INRA.

Muleba, N., Ouedraogo, J. T., Drabo, I., et Dabiré, C., 1997. Improving the efficiency in breeding cowpea for adaptation in Semi-Arid Tropics. *African crop science journal*, vol. 5. No. 4, pp 325-340

Parurel, J. E., Koukponou, P., Ouattara, F., L'Aour, A., Mahe, G., Cres, F. N., 2002. Variabilité du climat du Burkina Faso au cours de la moitié du XXème siècle. *Sud Science & Technologie*.

Pasquet, R. S., et Baudoin, J. P., 1997. Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: L'amélioration des plantes tropicales. Ed. Charrier A., Jacquot M., Hammon S., Nicolas D., Montpellier (France), CIRAD-ORSTOM, 483-505.

Piper, C. V., 1913. The wild prototype of cowpea. U.S. Department of Agric. Bot. Plant Indus. Circ. 124: pp. 29-32.

Quin, F. M., 1997. Introduction. In: Advances in Cowpea Research- Singh, B. B., Mohan Raj, Dashiell, K. E. et Jackai, L. E. N. (eds)- 375p.

Richards , R. A., Rebetzke, G. J., Condon, A. G., and Van Herwaarden, A. F., 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop physiologie and metabolisme. Published in crop science.42:111-121.

Roy-Macauley, H., 1999. Physiologie de l'adaptation à la sécheresse et création variétale pour les régions sèches. Agriculture Tropicale et Subtropicale, troisième programme STD, 1992-1995.

Sarr, A., 1975 : Modèle d'étude d'une structure de population : Analyse de la variabilité des populations «naturelles » de maïs (*Zea mays*. L) du Sénégal. Thèse de doctorat-ingenieur. Université de paris-sud, France, 155p.

Sarr, B., Diouf, O., Diouf, M., Roy-Macauley, H., Brou, C., 2001. Utilisation des paramètres agronomiques comme critères de résistance à la sécheresse chez trois variétés de niébé cultivées au Sénégal et au Niger. Sécheresse, vol 12, No 4 :

Singh , B. B., 1987. Breeding cowpea varieties for drought escape in food grain production in semi-arid Africa., eds by J.M.Menyonga., T.Bezuneh0., and A.Youdeowei. OUA/STRC-SAFGRAD, Ouagadougou, Burkina Faso.

Singh, B. B., Chambliss, O. L., Sharma, B., 1997.Recent advances in Cowpea breeding. In *Advances in Cowpea Research-* (Singh, B. B., Mohan Raj, Dashiell, K. E. et Jackai, L. E. N. eds)-IITA. Ibadan , Nigeria.

Singh, B. B., et Matsui, T., 2002. Cowpea varieties for drought tolerance. In *Challenges and opportunities for sustainable Cowpea production*, Fatokun, C. A., Tarawali, S. A., Singh, B. B., Kormawa, P. M., and Tamo (eds).IITA Ibadan, Nigeria.

Singh, S. R., et Allen, D. J., 1979. Les insectes nuisibles et maladies du niébé. Manuel n°2 IITA.

Steele, W. M., 1972. Cowpeas in Africa. Reading, UK, University Reading. (Ph. D. thesis). 242 pages.

Vanderborght, T., Baudoin, J, P., 2001. Niébé: *Vigna unguiculata* (L.) Walpers. *Agriculture en Afrique Tropicale*. DGCI.

Verdcourt, B., 1970. Studies in the *Leguminosae-Papilionoideae* for the "Flora of Tropical East Africa" vols III and IV. *Kew Bull.* 24:379-447 and 507-569.

Watanabe, I., Hakoyama, S., Terao, T., and Singh , B. B., 1997. Evaluation methods for drought tolerance of cowpea. In *Advances in Cowpea Research-* (Singh, B. B., Mohan Raj, Dashiell, K. E. et Jackai, L. E. N. eds)-IITA. Ibadan , Nigeria

Annexe 1 : Répartition journalière de la pluviométrie.

DATE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1								13				
2							5		4			
3										5		
4								15	4			
5												
6						1,5						
7								10				
8						4,5	20,5					
9												
10								24				
11												
12							21	27	19			
13									8	12		
14												
15								10	13			
16												
17								3				
18												
19												
20					2	1		3				
21							4			4,5		
22												
23								27				
24						16						
25												
26						12	30	13	1,5			
27												
28												
29												
30						10		20				
31								19				
Nombre de jours					1	6	5	12	6	3		
Nombre de jours cumulés					1	7	12	24	30	33		
Total					2	45	85,5	184	51,5	21,5		
Total cumulé					2	47	132,5	316,5	368	389,5		

Annexe 2 Compteur Numigral



Annexe 3 Appareil SPAD



Annexe 4 : Différences de performance des variétés sous stress hydrique



Plantes
vertes
avec des
gousses

Plantes
jaunies
sans
production
de gousses

Annexe 5 : Plantes sous stress hydrique



Plantes
sous stress
hydrique

Annexe 6 : Effet de la sécheresse sur les feuilles



Plante flétrie

Annexe 7 : Effet de la sécheresse sur la plante entière.



Plante desséchée

MENTION ASSEZ BIEN