

UNIVERSITE DE THIES
INSTITUT SUPERIEUR DE FORMATION AGRICOLE ET RURALE (ISFAR Ex ENCR)
DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS VEGETALES



EVALUATION DE VARIETES HYBRIDES DE MAÏS DANS LES CONDITIONS DE CULTURE DU SUD DU BASSIN ARACHIDIER DU SENEGAL



Mémoire présenté et soutenu publiquement le 5/12/2018 pour l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DES TRAVAUX

Spécialité : AGRICULTURE

Par

M. Cheikh Ahmadou Bamba SOKHNA

51^e Promotion

Président du jury : M. Michel DIATTA, Enseignant chercheur ISFAR

Membres : Dr Omar Ndaw FAYE, Sélectionneur à l'ISRA de Saint-Louis

Dr Codou GUEYE, Chercheur à l'ISRA/CERAAS

Directeur de mémoire : Pr Mouhameth CAMARA, Enseignant chercheur ISFAR

Co-Directeur de mémoire : M. Amadou FOFANA, Sélectionneur au CNRA de Bambey

Dr Ghislain KANFANY, Sélectionneur au CNRA de Bambey

DEDICACES

Je rends grâce à ALLAH, le Tout Puissant, le Tout Miséricordieux pour m’avoir prêté vie et santé afin que je puisse mener à bien ce cursus. Que la bénédiction et la paix soient sur le Prophète Muhammad, Serviteur d’Allah.

Je dédie ce modeste travail à :

- ☞ Mon père, **Lassana SOKHNA**, trouve à travers ce modeste travail le fruit de tous les sacrifices consentis ;
- ☞ Ma brave mère, **Houlèymatou SY**, pour toute son affection, toutes les peines endurées, tous les sacrifices et toutes les prières. Qu’elle trouve ici l’expression de mon amour le plus profond et de ma plus haute reconnaissance ;
- ☞ **Serigne Bassirou MBACKE** ibn **Serigne Saliou MBACKE** ibn **Cheikhoul Khadim**, notre guide spirituel ;
- ☞ Ma grand-mère **Dado DIALLO**. Que Dieu lui accorde longue vie, Amen ! ;
- ☞ Mes oncles et tantes (**Abdoulaye SOKHNA**, **Ousmane SOKHNA**, **Cheikh Tidiane DIAW**, **Oumou SY**, **Aissatou SY**) qui se sont toujours sacrifiés pour mon bien-être. Vous êtes pour moi ma plus grande source d’inspiration, symbole de courage, d’honnêteté, de discipline. Trouvez ici, le fruit de vos efforts ;
- ☞ Mes frères et sœurs (**Fallou**, **Mouhamed**, **Mame Diarra**, **Ndeye Yacine**), cousins et cousines, neveux et nièces. Que Dieu affermisse nos relations à jamais et qu’il vous comble de ses bienfaits, Amen ! ;
- ☞ **Moustapha DIAW** un ami, un frère, avec qui j’ai beaucoup partagé à l’ISFAR ;
- ☞ **Abdou DIENG**, **Khady THIALAO**, **Monique DIATTA**, **Mouhamed YADE**, **Samba FANE**, **Ousmane FAYE**, **Modou NGOM**, **Fatmata LY**, **Saybatou DIAMANKA**, **Momar GUEYE**, mes mots ne parviennent point à

définir la satisfaction que j'ai à votre égard. Je prie que les relations restent intactes à jamais ;

☞ Au Dahira **Fatkhoul Wakhab Toub**a ISFAR à travers **Baye Djib NDIAYE** ;

☞ Tous les collègues des promotions **48, 49, 50, 51, 52, 53 et 54** de l'**ISFAR** parmi lesquels je suis fier d'être. Je prie que nos relations restent intactes à jamais.

AVANT-PROPOS

Ce travail qui fait l'objet de ce présent mémoire est le fruit d'une sincère collaboration entre l'Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR) ex. ENCR de Bambey et l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Il a eu lieu au Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey et avait pour objectif de faire une évaluation de variétés hybrides de maïs dans les conditions de culture du sud du Bassin Arachidier du Sénégal.

Les données de terrain ont été recueillies au niveau de la station expérimentale de Nioro. L'exploitation et l'analyse des données ont eu lieu au service du Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey sous la supervision et l'encadrement des sélectionneurs M. Amadou Fofana et Dr Ghislain Kanfany.

C'est le résultat de trois mois d'un stage formateur et enrichissant qui parachève trois années de formation d'Ingénieur des Travaux Agricoles (ITA) à l'ISFAR pour mettre en valeur les connaissances, les compétences et les qualités acquises durant cette période.

REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements vont au **Pr. El hadji FAYE**, Directeur de l'ISFAR, à **M. Birahim FALL**, Directeur des études, et à travers eux, l'ensemble du personnel administratif de l'ISFAR.

Je tiens aussi à remercier :

- 👍 **Pr. Mouhameth CAMARA** pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'être mon maître de stage. La pertinence de ses réflexions et suggestions, ses qualités humaines et professionnelles ainsi que sa rigueur dans le travail ne sont plus à démontrer, je vous témoigne mes sincères considérations ;
- 👍 **M. Michel DIATTA**, chef du département Productions Végétales pour ses conseils et à travers lui tous les enseignants chercheurs de l'ISFAR qui m'ont fait l'honneur d'une formation sans faille ;
- 👍 **M. Amadou FOFANA**, coordonnateur du programme céréales qui m'a offert l'opportunité de réaliser ce travail sous sa direction scientifique et qui n'a ménagé aucun effort pour sa réussite. Je retiendrai toujours son grand intérêt pour ce document, son sens de l'hospitalité et sa disponibilité sans faille.
- 👍 **Dr. Ghislain KANFANY**, sélectionneur au CNRA de Bambey pour qui je suis spécialement touché par la qualité des enseignements que j'ai reçus à ses côtés, la rigueur scientifique, l'esprit d'ouverture et surtout la spontanéité d'avoir accepté d'encadrer ce travail. Il a supervisé tout le travail depuis le déroulement de l'essai, l'analyse des données et s'est donné corps et âme dans l'élaboration de ce document par des observations et suggestions pertinentes.
- 👍 **M. Bruno P.M. NDIAYE et M. Ndiouga SAMB** pour leur disponibilité et leurs orientations ;
- 👍 **M. Ibrahima DIOUM** pour son soutien technique et moral et à travers lui tous les techniciens de la station de Nioro qui m'ont accompagné durant la conduite des essais.
- 👍 **Mouhamed, Cheikh ...**, pour leur aide dans les opérations culturales et leurs suggestions multiformes.
- 👍 Mes anciens de l'ISFAR que j'ai rencontré au centre **Valdiodio SECK**. Votre ouverture et votre attention m'ont été d'un grand apport ;

👉 Aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce document.

Résumé

Au Sénégal, le maïs est la troisième céréale la plus cultivée. Cependant, sa culture y présente toujours un faible niveau de productivité en comparaison avec celle obtenue au niveau mondial. Pour rehausser la production, il est nécessaire de proposer des variétés plus performantes, plus spécifiquement des hybrides ayant un haut potentiel productif. Pour cela, une évaluation de cinq variétés hybrides de maïs a été effectuée en station, à Nioro, au cours de l'hivernage 2017. Le dispositif expérimental a été celui en blocs complets randomisés avec trois répétitions. Les résultats de l'analyse de variance montrent que l'effet est significatif pour le cycle semis-floraison mâle, le cycle semis-floraison femelle, la hauteur des plants et la longueur épi. Le rendement le plus élevé a été obtenu par l'hybride 1113- 5 STR (4993 kg/ha), suivi de LW 1120- 19 (3838 kg/ha) et 1109- 21 STR (3545 kg/ha). La variété la moins productive a été l'hybride LY 1001- 23 avec une production de 2686 kg/ha. Les hybrides 1113- 5 STR et LW 1120- 19 ont eu un rendement supérieur à celui du témoin Early Thai avec des plus-values variant de 112,26% à 146,04%. Le rendement a montré une corrélation positive et significative avec la hauteur des plants ($r = 0,627$) et le nombre d'épis récoltés par hectare ($r = 0,831$) mais significative et négative avec la durée semis-floraison mâle ($r = -0,628$) et la durée semis-floraison femelle ($r = -0,656$). Cependant, l'essai doit être reconduit en station, dans les conditions pluviales afin d'avoir une lecture exacte des performances des hybrides.

Mots clés : maïs ; variétés hybrides ; rendement ; hivernage ; Nioro.

Abstract

In Senegal, maize is the third most important cultivated cereal. However, the national maize production is low compared to that obtained worldwide. Therefore, to enhance production, it is necessary to grow high yielding varieties such as hybrids which have high yield potential. During the rainy season of 2017, five hybrids were evaluated at Nioro research station. The experimental design used was a randomized complete blocks with three replications. Analysis of variance showed significant differences among the tested varieties for the seeding-flowering cycle, the height of the plants and the length of the ear. The highest yielding variety was hybrid 1113-5 STR (4993 kg/ha), followed by LW 1120-19 (3838 kg/ha) and 1109-21 STR (3545 kg/ha). The lowest yielding variety was LY 1001-23 with a grain yield of 2686 kg/ha. Hybrids 1113-5 STR and LW 1120-19 had a higher yield than the Early Thai check with gains ranging from 112.26% to 146.04%. Yield showed a positive and meaningful correlation with height of the plant ($r = 0.627$) and number of harvested ears ($r = 0.831$) but negative and meaningful with male seeding-flowering cycle ($r = -0.628$) and female seeding-flowering cycle ($r = -0.656$). However, the test must be repeated in the station, in rain conditions in order to have an exact reading of hybrids' performance.

Key words: maize, hybrids, yield, rainy season, Nioro.

Liste des sigles et acronymes

ANSD :	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
ANOVA :	Analyse Of Variance
CNRA :	Centre National de Recherches Agronomiques
CV :	Coefficient de Variation
FAO :	Food and Agriculture Organization
Ha :	Hectare
IRAT :	Institut de Recherches en Agronomies Tropicales et des cultures vivrières
ISRA :	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
JAS :	Jours Après Semis
NPK :	Azote Phosphore Potassium
P :	Probabilité
USDA :	United States Development for Africa

Listes des tableaux

Tableau 1 : Liste des différentes variétés.....	18
Tableau 2 : Performances agronomiques des différentes variétés évaluées en condition pluviale dans le sud du Bassin Arachidier	24
Tableau 3 : Performance des hybrides par rapport au témoin	25
Tableau 4 : Matrice de corrélations entre les paramètres étudiés	26

Liste des figures

Figure 1 : Plante de maïs.....	4
Figure 2 : Inflorescence mâle du maïs	4
Figure 3 : Inflorescence femelle du maïs	5
Figure 4: Les différentes phases de développement chez le maïs	8
Figure 5 : Situation de la station de Nioro	15
Figure 6 : Variation de la température minimale et maximale durant l'hivernage 2017	16
Figure 7 : Variation de l'humidité minimale et maximale durant l'hivernage 2017	17
Figure 8 : La pluviométrie à Nioro en 2017	17
Figure 9 : Plan du dispositif expérimental	19
Figure 10 : Schéma de la parcelle élémentaire	19

Sommaire

DEDICACES	I
AVANT-PROPOS	III
REMERCIEMENTS	IV
Résumé	VI
Abstract	VII
Liste des sigles et acronymes	VIII
Listes des tableaux	IX
Liste des figures	IX
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1. Généralités sur le maïs	3
Chapitre II : PRESENTATION DU SITE, MATERIEL ET METHODES	15
2.1. Présentation du site	15
2.2. Matériel et méthodes	18
2.3. Méthodes	19
Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION	22
3.1. Résultats.....	22
3.2. Discussion.....	26
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	28
Bibliographie	29
Table des matières	i
Annexes	iv

INTRODUCTION

Le maïs est l'une des cultures les plus importantes pour l'alimentation humaine, avec une production mondiale annuelle de l'ordre de 2,5 milliard de tonnes (FAO, 2016). Il fait partie des principales cultures céréalières mondiales, constituant ainsi le pilier de la sécurité alimentaire du monde (FAO, 2016). Les deux principaux producteurs, les Etats-Unis et la Chine, représentent près de 60% du total mondial, avec respectivement 40% et 20%. Dans ses prévisions de 2017, l'USDA a estimé la production mondiale de maïs à 481,3 millions de tonnes pour la campagne 2017/2018 (<https://www.ecofinance.sn>).

En Afrique, le maïs est le principal aliment de base de la plupart des pays. Ainsi, la sécurité alimentaire de la région dépend essentiellement de sa disponibilité et de son prix. En Afrique du Sud et en Zambie, les deux plus grands producteurs excédentaires du continent, les premières estimations de production montrent des baisses de 27% et de 21% de la récolte de 2016 par rapport à celle de 2015, respectivement.

Au Sénégal, le maïs est la troisième céréale la plus produite dans le pays. Les principales régions productrices sont : Kaolack, Fatick, Kaffrine, Kolda, Tambacounda et Sedhiou. D'après l'ANSD (2018), la production de maïs au niveau national était de 417 259 tonnes sur une superficie de 231 659 ha avec un rendement de 1801 kg/ha durant la campagne 2017/2018. En effet, les superficies emblavées et les rendements n'ont cessé d'augmenter au fil des années. Cette évolution s'explique en grande partie par la demande sans cesse croissante des industries qui fabriquent l'aliment de volaille et par l'utilisation d'hybrides par certains des producteurs de la zone sud du Bassin Arachidier. La culture du maïs est réalisée essentiellement sous conditions pluviales dans les zones comprises entre les isohyètes 700 et 1200 mm (Ndiaye, 1997). Autrefois, le maïs était cultivé autour des cases, mais sa culture a progressivement évolué en plein champ grâce aux résultats prometteurs obtenus par la recherche agronomique et aussi grâce à l'encadrement fourni par les Sociétés de Développement (Ndiaye et Sidibé, 1992).

La culture du maïs au Sénégal présente généralement un faible niveau de productivité en comparaison avec celle obtenue au niveau mondial en raison de multiples contraintes d'ordre écologique, variétal et technique. Ainsi, pour contribuer à l'amélioration des rendements, il est

nécessaire de mettre à la disposition des producteurs des variétés améliorées à haut potentiel de rendement comme les hybrides.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit notre étude dont le thème s'intitule : « Evaluation de variétés hybrides de maïs dans les conditions de culture du Sud du Bassin Arachidier du Sénégal ».

L'objectif général de ce travail est de contribuer à l'amélioration de la production du maïs au Sénégal.

Il s'agira plus spécifiquement d'identifier des hybrides performants et adaptés aux conditions de culture du Sud du Bassin Arachidier et de déterminer les corrélations entre les différents caractères.

Ce présent document comprend trois chapitres :

- la synthèse bibliographique présentant l'état de connaissances sur la plante du maïs et quelques acquis de la recherche ;
- la présentation du site, le matériel et les méthodes décrivant la démarche expérimentale ;
- les résultats et leur discussion qui ont permis de dégager une conclusion générale et des perspectives de recherches.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralités sur le maïs

1.1. Origine et taxonomie

Le maïs (*Zea mays L.*) est une culture très ancienne, originaire d'Amérique latine dans les pays du Mexique, Guatemala, Pérou et Bolivie. Sa présence en Afrique est signalée au XVII^e siècle en zone soudanienne. Il constitue l'unique espèce cultivée du genre *Zea*. Sa zone de culture s'est très vite élargie, surtout après la deuxième guerre mondiale, dans les pays tempérés, grâce aux progrès de la sélection variétale dont les travaux ont été facilités par l'architecture de la plante. Cette évolution est surtout liée à la création d'hybrides précoces à haut rendement. Par ailleurs, comme la plupart des plantes de types C4, le maïs se comporte bien dans les conditions écologiques des régions tropicales sèches caractérisées par de forts éclaircissements et des températures élevées. C'est une plante qui appartient à la famille des Poaceae (ex Graminées), tribu des Maydeae et genre *Zea* (Mémento de l'agronome, 2002). La protandrie, caractéristique du maïs, favorise la fécondation croisée.

1.2. Morphologie

1.2.1 Les organes végétatifs

- **La tige**

La tige du maïs est constituée d'un empilement de nœuds séparés par des entre-nœuds. Au niveau de chaque nœud, sont insérés une feuille et un bourgeon axillaire. La tige, avec un diamètre de 3 à 4 cm d'épaisseur s'amincit vers le sommet (Ndiaye, 1987).

- **Les feuilles**

La taille des feuilles de maïs varie en fonction de la variété et de leur position sur la plante mais toutes sont constituées de la même manière et comprennent trois parties : le limbe, la zone ligulaire et la gaine (figure 1). Le nombre de feuilles est plus important chez les génotypes de cycle long (Gay, 1984).

- **Les racines**

Le système racinaire comprend un très grand nombre de racines adventives qui naissent sur les nœuds situés à la base de la tige et forment des couronnes successives dans une zone où les

entrenœuds sont très courts. Outre ces racines adventives, il existe chez le maïs des racines formant un système fasciculé qui peut atteindre une profondeur supérieure à un mètre. Ces dernières sont appelées des racines d'ancrage car permettant d'éviter la verse de la plante (<http://www.afd.be>).

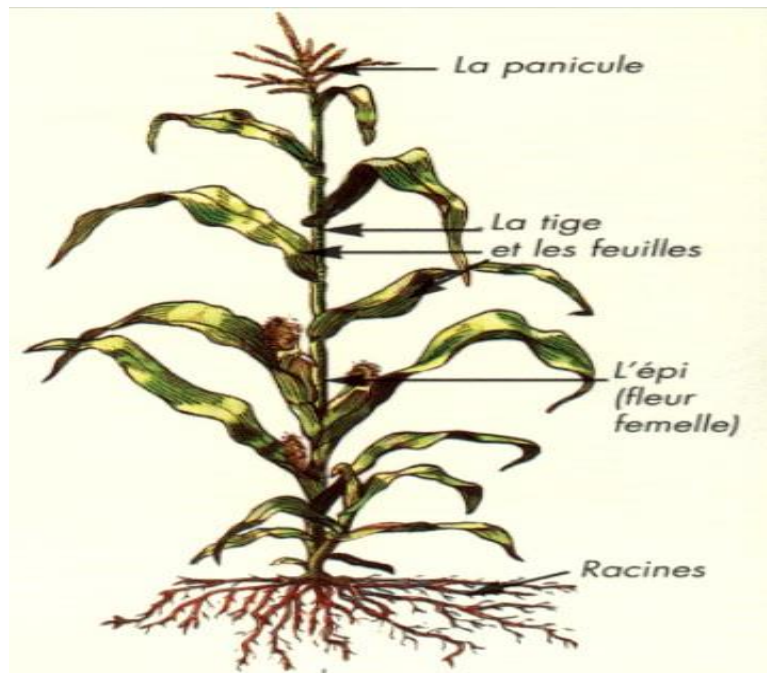


Figure 1 : Plante de maïs

Source : Sanou (2011)

1.2.2. Organes reproducteurs

Le maïs se distingue des autres graminées par ses fleurs qui sont unisexuées et regroupées en inflorescences mâles et femelles.

L'inflorescence mâle prend naissance au dernier nœud sur lequel naît également une dernière feuille dite feuille paniculaire. Cette inflorescence est une panicule formée de plusieurs ramifications portant chacune des fleurs mâles où épillets à leur surface. Chaque épillet de la panicule est composé de deux fleurs, chaque fleur possédant trois étamines.



Figure 2 : Inflorescence mâle du maïs

Source : Mballo (2017)

Les inflorescences femelles apparaissent à l'aisselle des feuilles situées à mi-hauteur entre la base et le sommet du plant. C'est un ensemble de ramifications ou spadice qui est constitué d'une suite de nœuds très courts portant chacun un organe foliaire appelé spathe.

A l'extrémité du spadice se développe l'épi porteur d'épillets, eux-mêmes composés de fleurs et donc d'ovaires. Ces derniers sont surmontés de longues soies de couleurs variables ou styles récepteurs du pollen sur toute leur longueur car recouverts de poils collants. Ces soies sont plus ou moins longues selon la position du grain dans l'épi. En effet, la progression des soies se fait de bas en haut jusqu'à l'extrémité de l'épi. Ce qui fait que les premières soies qui apparaissent à l'extérieur du cornet de spathes sont les soies qui prennent naissance à la base de l'épi donc les plus longs. A peine visibles, elles sont déjà réceptives (<http://www.afd.be>).



Figure 3 : Inflorescence femelle du maïs

Source : Mballo (2017)

1.3. Cycle de développement du maïs

Le cycle du maïs se décompose en trois phases de développement bien distinctes, définies par la formation d'un ou de plusieurs organes essentiels de la plante (figure 4). Ce cycle qui va du semis à la récolte varie considérablement. Il ne peut pas dépasser 70 jours chez certains cultivars exceptionnellement précoces tandis qu'il se prolonge jusqu'à 200 jours chez certains cultivars très tardifs. Dans les hautes terres tropicales par exemple, le cycle de développement peut prendre 9-10 mois jusqu'à la maturité (<https://www.prota4u.org/>). Ceci étant causé par l'influence des conditions climatiques, de la latitude et de l'altitude sur la durée de végétation.

1.3.1. La phase végétative

Elle correspond à la formation de l'ensemble de la tige et des feuilles, et se termine quand les limbes de 5 à 10 feuilles sont visibles (www.gnis.fr). Ainsi, on distingue les étapes suivantes :

- Le stade de germination est déclenché par l'imbibition du grain et prend 1 à 3 semaines. La température minimale de germination étant de 10°C et la température optimale autour de 20°C. A la germination, le grain de maïs émet d'une part plusieurs racines primaires ou racines séminales et d'autre part, une petite gaine cotylédonaire ou coléoptile qui se dirige vers la surface du sol.
- Dès que le coléoptile atteint la lumière, la première feuille ou piléole va se développer : c'est le stade de la levée. Suite à la levée, la plantule dispose de minuscules nœuds empilés à la surface du sol d'où prennent naissance les jeunes feuilles. En moyenne neuf jours après la levée, 3 à 4 feuilles se sont développées. A ce moment, des racines qui ne proviennent pas de la graine prennent naissance aux premiers nœuds. Ce sont des racines adventives ou racines nodales qui vont prendre la relève des racines séminales. Dix-huit jours après la levée, elles se sont déployées sur les quatre premiers nœuds. A ce stade, les réserves de la graine sont épuisées et la plantule devient autonome. Deux à huit semaines après la levée, les plants sont au stade six à huit feuilles apparentes.

A la fin de la phase végétative, l'initiation florale a lieu alors sans interrompre la croissance des entre-nœuds et des feuilles non apparentes mais déjà préformées.

1.3.2. La phase de reproduction

Le déroulement de cette période passe par différentes étapes qui sont : la formation des organes reproducteurs, la floraison mâle et femelle et la fécondation.

La fabrication de ses organes reproducteurs mâles (épillets, étamines, grains de pollen) débute dès l'initiation de la panicule. Elle se termine par la floraison mâle. La durée de cette floraison mâle varie selon le génotype et les conditions du milieu (Ndiaye, 1994). Elle s'étale sur 8-10 jours. Les besoins en eau deviennent maximaux à ce stade. Si une sécheresse ou stress hydrique prolongé survient durant cette période cela réduirait la fertilité du pollen. Les premières ébauches d'épillets se forment un mois avant la floraison (Hilaire, 2000).

La floraison femelle correspond à la sortie des soies à l'aisselle des feuilles du milieu de la tige. Les premières soies correspondent aux grains de la base, les dernières à ceux de la pointe (Westphal et Ferwerda, 1985). A ce niveau, le maïs a une sensibilité accrue pour son alimentation en eau et les besoins en éléments minéraux comme l'azote.

La fécondation ou pollinisation correspond au transport du pollen de la panicule à la soie. Dans les conditions normales elle ne dure guère que quelques secondes. Dans sa chute le pollen n'a qu'une chance sur vingt de tomber sur une soie. Si le grain de pollen est déficient en quelques acides aminés, la soie doit obligatoirement les contenir pour que la germination ait lieu. Ce processus est le suivant : le tube germinatif contient à son extrémité le noyau végétatif et juste derrière, les noyaux reproducteurs. Il pénètre au niveau d'un poil à l'intérieur de la soie où deux zones imprégnées des substances attractives le canalisent jusqu'à l'ovule. Le tube pollinique y progresse rapidement digérant les parois des cellules dont il utilise les composés pour sa propre alimentation. Après son passage, des bouchons de callose se forment en colmatant l'ouverture pour empêcher sa dessiccation. La progression du tube pollinique se fait en un temps variable en fonction de la longueur des soies mais dure moins de 24 heures (Hilaire, 2000).

1.3.3. La phase de développement du grain et de maturation

A ce stade de développement, les ovules déjà fécondés commencent à gonfler et se transforment pour devenir plus tard ce qu'on nomme les grains de maïs.

- **Développement du grain**

Environ 10 jours après la pollinisation, le grain de maïs contient du liquide et peu de matière solide. A 21 jours après pollinisation, les grains ont accumulé environ un tiers du rendement total en matière solide qu'ils auront à leur maturité physiologique. A partir de ce stade, tout

type de stress est plus susceptible d'affecter la taille du grain plutôt que le remplissage de l'épi à l'extrémité de celui-ci. Huit jours après, le grain passe à la phase pâteuse (www.gnis.fr).

Au fur et à mesure que l'on se rapproche de la maturité, les feuilles du bas jaunissent et meurent. Chez une plante saine et bien nourrie, ceci ne devrait se produire que lorsque l'épi est pratiquement mûr. Cependant, tout facteur de stress sérieux, sécheresse, faible fertilité du sol, chaleur excessive, maladies peut causer la perte prématurée des feuilles.

- **Maturation**

A la maturité physiologique, les grains ont atteint leur rendement maximal et ont cessé d'accumuler d'avantage de matières sèches. Mais ils ont toujours une teneur en eau de 30 à 35%, ce qui est trop élevé pour pouvoir les récolter mécaniquement (ramasseuse-égreneuse) sans entrainer des dommages ou les entreposer sans qu'ils ne se détériorent.

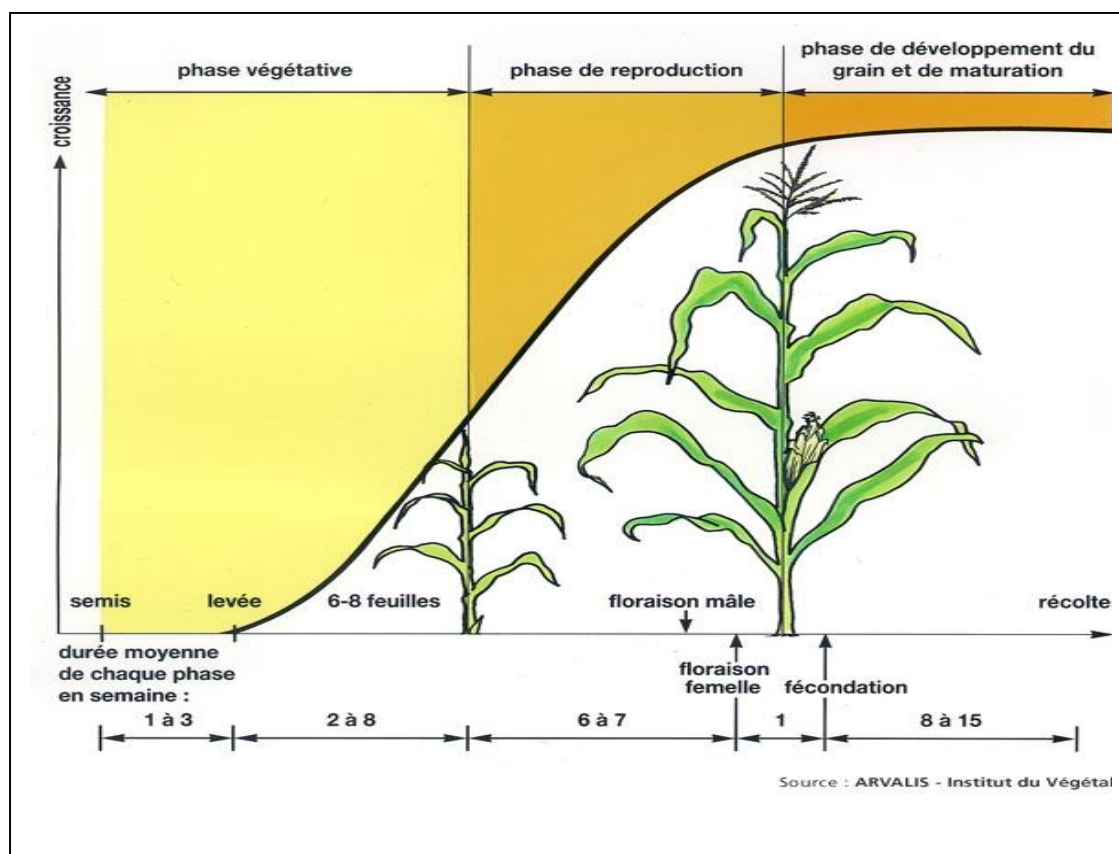


Figure 4: Les différentes phases de développement chez le maïs

Source : <http://www.gnis-pedagogie.org/index.php?numpage=85&numrub=6&numbcateg=7&numsscateg=6>

1.4. Exigences écologiques

1.4.1. Besoin en sol

Le maïs s'adapte mieux dans les sols à forte teneur en matière organique (Rouanet, 1997). En effet, la matière organique joue un rôle primordial dans la nutrition du maïs, en améliorant la qualité physique du sol, la capacité de rétention en eau du sol et le développement de la vie microbienne. Par contre, les sols acides ou salés limitent fortement la croissance et le rendement du maïs.

1.4.2. Besoin en eau

Le maïs est une plante exigeante en eau avec une capacité photosynthétique très élevée. Une diminution de l'alimentation hydrique provoque une chute de la photosynthèse (Katerji et Bethenod, 1997). Un cumul de 500 mm d'eau bien répartie suffit pour un maïs de 90 jours en zone guinéenne alors que ces besoins en eau peuvent dépasser 900 mm en zone soudanienne pour un maïs de 120 jours (Rouanet, 1997).

1.4.3. Besoin en température

Le maïs pousse bien dans la zone tropicale chaude. D'ailleurs, la chaleur est d'une importance capitale car elle règle le rythme de développement des plantes. Il a des exigences en température assez importantes à la germination. Ainsi, les optimums sont de l'ordre de 25°C. Cependant la germination n'est possible que lorsque les températures sont en dessous de 10°C (Memento de l'Agronome, 2002).

1.5. Les contraintes liées à la culture du maïs

1.5.1. Contraintes biotiques

- **Adventices**

Les mauvaises herbes font partie des principaux facteurs qui occasionnent des pertes énormes de rendement. Les principaux adventices rencontrés chez le maïs sont : *Striga hermontica*, *Borreria stachydea*, *Andropogon pseudapricus*, *Digitaria horizontalis*, *Cyperus amabilis*, *Mariscus squarosus*, *Bulbostylis barbata*, *Mitracarpus villosus* et *Fimbristylis hispida* (Fall et Lo, 2009, cités par Mballo, 2017).

- **Insectes**

Les principaux insectes nuisibles du maïs qui limitent la production sont : *Sesamia calamistis*, *Ostrinia nubilalis*, *Macrotermes subhyalinus*, *Cicadulina spp*, *Rhaphalosiphum maidis* et la

chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*). La chenille légionnaire a été détectée pour la première fois en 2016 en Afrique centrale et occidentale sur le maïs. Selon la FAO (2017), elle est originaire des régions tropicales et subtropicales des Amériques. C'est le stade larvaire de l'insecte, c'est-à-dire la chenille qui cause des dégâts. Elle se nourrit surtout des feuilles mais peut aussi attaquer les épis.

- **Maladies**

Les principales maladies cryptogamiques qui attaquent le maïs sont causées par : l'*Helminthosporium maydis*, *Peronosclerospora sclerospora*, *Fusarium moniliforme* var *subglutmaï* et *Macrophomina phaseoli*, striure du maïs. L'helminthosporiose la maladie la plus fréquente est du même type que la rouille. La contamination peut être précoce et évoluer en des taches desséchantes et parallèles aux nervures. Les spores sont pour la plupart des cas conservés dans les résidus de récolte. Il a été observé que cette maladie apparaît tard sur les cultures et a peu d'influence sur le rendement. Les rares pertes qui peuvent être enregistrées sont liées à une réduction du potentiel photosynthétique de la plante lors de la phase de remplissage des grains (Sy, 2004).

La virose à stries, également désignée sous le nom de « Streak », est signalée. Selon Diop (2012), elle est répandue en zone tropicale. En effet, cette maladie d'origine africaine causerait 60 à 100% de pertes.

1.5.2. Contraintes abiotiques

Ce sont les contraintes pédoclimatiques (le déficit pluviométrique, la pauvreté des sols) et les contraintes socio-économiques (la pauvreté des populations, la faible technicité des producteurs). Selon Mballo (2017), les sols ferrugineux lessivés du Sénégal présentent des teneurs en K_2O , P_2O_5 et soufre relativement faibles. Ces éléments sont importants dans l'augmentation de rendement du maïs.

1.6. Utilisations du maïs

1.6.1. Alimentation animale

L'utilisation du maïs dans l'alimentation animale de loin le premier débouché et concerne surtout les pays industrialisés est en net progrès en Afrique et surtout au Sénégal. En fonction des résultats escomptés en élevage, la couleur du grain est généralement prise en compte. Le grain jaune est le plus souvent utilisé pour sa teneur en carotène. Le grain de maïs normal a une

faible teneur en protéines (10%) qui rend obligatoire l'addition des compléments protéiques (Kenzy et Wahaj, 2015). Très tôt, l'amélioration de la teneur en protéines est devenue un sujet de recherche important pour les chercheurs. C'est ainsi que les efforts de la sélection classique ont conduit au développement d'un nouveau maïs à haute valeur protéique dénommé QPM (Joanis, 2018).

1.6.2. Alimentation humaine

Dans les pays en voie de développement, notamment en Afrique subsaharienne et en Amérique latine, la consommation du maïs est particulièrement importante. Le maïs y constitue le plus souvent l'alimentation de base. Cette consommation est plus marginale dans les pays industrialisés, où son utilisation est beaucoup plus orientée vers les industries de transformation. Au Sénégal, le maïs constitue la base du régime alimentaire des populations rurales. C'est une céréale d'appoint qui entre dans diverses compositions culinaires. Les épis frais grillés ou bouillis sont le plus souvent consommés en dehors des principaux repas, en guise de friandise.

1.6.3. Industrie agro-alimentaire

Environ 25% de la production est destinée aux industries qui transforment le maïs en produit alimentaire (Kenzy et Wahaj, 2015). La semoulerie produit des farines spéciales, des semoules, des flocons à partir de l'amidon et une huile riche en vitamine E et F à partir du germe. L'amidonnerie quant à elle transforme par hydrolyse l'amidon en divers produits avec le glucose comme dérivé ultime. Ce glucose est utilisé en biscuiterie, en confiserie et en pharmacie. Au-delà de l'industrie agro-alimentaire, le maïs intervient également dans l'industrie de la fabrication de l'éthanol, des colles industrielles, des textiles, le papier, les boues de forage pour le pétrole et les matières plastiques biodégradables.

1.7. Amélioration variétale du maïs

1.7.1. Principales méthodes de sélection

Le maïs est une plante naturellement allogame. Pour chaque plante, une forte hétérogénéité existe et le maïs s'est adapté à cet état. On peut croiser le maïs, l'autoféconder aussi, mais une forte pression de consanguinité interdit l'utilisation directe des lignées homozygotes. La sélection massale est la méthode la plus anciennement connue de toutes les méthodes de sélection. Elle consiste à choisir des plants dans une population sur la base de leur aspect

phénotypique. La semence des plants retenus est mélangée pour le cycle suivant. Il n'y a donc ni test de descendance, ni contrôle de la fécondation. Cette méthode ayant présenté assez de limites, les sélectionneurs ont recours à d'autres méthodes. Selon Elola (2012), Trois méthodes séparées, successives ou conjointes sont communément utilisées:

- **La sélection généalogique** : elle est basée sur l'obtention de lignées et de familles de lignées avec choix des meilleures d'entre elles. Chez le maïs, il s'agit de lignées autofécondées.
- **L'hybridation** : c'est l'inter-croisement entre deux individus non apparentés ou génétiquement non similaires.
- **La sélection récurrente** : cette méthode présente deux variantes que sont :
 - une amélioration entre populations;
 - une amélioration dans la population visant à bonifier la population et les lignées qui en résulteront.

1.7.2. Vigueur hybride ou phénomène d'hétérosis chez le maïs

L'autofécondation se traduit par une baisse de la vigueur des plantes, qui s'accroît au fur et à mesure que le nombre de générations autofécondées s'accroît. Cependant, cette vigueur est restaurée dès que l'on croise entre elles deux lignées différentes (Rouanet, 1997). Cela est appelé vigueur hybride ou phénomène d'hétérosis. C'est le résultat de l'interaction entre des groupes de gènes issus de deux lignées différentes. L'effet de certains de ces gènes non désirables qui s'expriment sur les lignées sera masqué par l'effet des gènes désirables provenant d'une autre plante. Cela est appelé hétérosis et a été exploité pour développer des hybrides qui sont maintenant cultivés par les producteurs (Fakorede et Apraku, 2014).

1.7.3. Types variétaux

Les variétés de maïs sont classées en fonction de leur constituant génétique :

- **les composites** qui sont constitués par un nombre d'entrées plus ou moins élevé. Chez le maïs on procède à une succession de poly-cross, permettant de maintenir au maximum possible l'égalité de contribution des entrées constitutantes ;
- **les synthétiques** qui sont développées en croisant des lignées fixes dans toutes les combinaisons possibles et la progéniture est maintenue par accouplement aléatoire ;
- **les hybrides** qui sont des cultivars dans lesquels la progéniture F1, produite par croisement de parents consanguins, est la culture commerciale.

1.7.3.1. Différents types d'hybrides

On distingue les hybrides conventionnels et les hybrides non conventionnels. En effet, l'intensification de la culture du maïs n'est envisageable qu'avec les variétés d'hybrides conventionnels qui sont les plus fréquents. Selon Fakorede et Apraku (2014), on distingue parmi ceux-ci :

- **L'hybride simple** qui résulte de croisement de deux lignées différentes. Une parcelle semée avec des hybrides simples est extraordinaire parce que les plantes sont uniformes en termes de hauteur des plantes et longueur des épis. La période de floraison est réduite puisque toutes les plantes fleurissent en même temps.
- **L'hybride trois voies** : pour ce type d'hybride, trois parents sont utilisés. Le parent femelle est un hybride issu d'un croisement simple ($A \times B$) et le parent mâle est une lignée (C).
- **L'hybride double** : pour ce type d'hybride, les deux parents sont des hybrides simples. Ce type d'hybride est produit en croisant deux parents issus de croisement simple $(A \times B) \times (C \times D)$. Cela permet de regrouper en un hybride quatre différents parents avec des caractéristiques différentes.

1.7.4. Acquis de la recherche en amélioration variétale au Sénégal

Au Sénégal, les travaux sur l'amélioration variétale du maïs ont débuté avant l'indépendance avec la MAS (Mission d'aménagement du Sénégal). A partir de 1960, l'IRAT a obtenu des résultats importants sur les stations de Richard-Toll, Guédé, Kaédi et Séfa. Ainsi, dans les années 1970-1980, les variétés Early-Thaï, Maka, Diara et Penjalinan permettent déjà de répondre à bon nombre de besoins. A partir de 1984, plusieurs variétés sont vulgarisées grâce à une collaboration étroite avec les institutions nationales régionales : Synth-C de Jaune Denté de Bambey (JDB) et du composite jaune extra-précoce CP75 (Ndiaye et *al.*, 2005).

Selon Ndiaye (1987), un travail de sélection de grande envergure entrepris par la recherche a permis de fabriquer des hybrides variétaux de qualité dénommés HVB1 et HBV2 (pour hybrides variétaux de Bambey). Ainsi, à partir de 1998, des variétés hybrides destinées au centre-nord et au centre-sud du Sénégal ont été identifiées et proposées à la vulgarisation dans le cadre de l'élargissement de la gamme variétale et du renouvellement de la carte du maïs : Acroos pool-16-DR, Suwan-1 TZEE-Y, TZEE-W avec des rendements de plus de 3 t/ha.

1.8. Les avantages et inconvénients de l'utilisation des hybrides de maïs

- **Avantages**

Selon Bordes (2006), l'intérêt des variétés hybrides par rapport aux variétés populations ou lignées porte sur :

- leur homogénéité qui facilite les opérations culturales ;
- leur homéostasie qui facilite l'adaptation à des milieux divers ;
- leur potentiel productif ;
- la vigueur des plants.

- **Inconvénients**

Selon Fakorede et Apraku (2014), les hybrides de maïs présentent des inconvénients, bien qu'ils soient productifs :

- les producteurs ont besoin d'avoir des rendements de 3-5 t/ha pour justifier le coût d'achat de la semence. Les paysans vivant dans un environnement avec un potentiel de rendement faible et n'ayant pas les moyens d'acheter des intrants ne pourront pas recouvrir les dépenses ;
- la cherté des semences qui doivent être renouvelées annuellement ;
- le producteur doit obligatoirement acheter chaque année ses semences pour éviter les baisses de rendement en F2.

Chapitre II : PRESENTATION DU SITE, MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation du site

L'essai a été conduit à l'ISRA au niveau de la station expérimentale de Nioro du Rip située dans le centre sud du Bassin Arachidier. La station de Nioro rattachée au CNRA de Bambey est située dans la région de Kaolack entre l'arrondissement de Paoskoto et la ville de Nioro du Rip sur la route nationale Kaolack-Ziguinchor. Les coordonnées géographiques sont 13°45 Nord et 15°48 Ouest.

Le domaine d'une superficie de 115 ha est composé d'une station principale et d'une station annexe située de part et d'autre de la route nationale.

- La station principale a une superficie de 80 ha et est utilisée pour les essais agronomiques et la production de semences. Il faut noter que cette dernière abrite aussi des infrastructures (logements, magasins de stockage, bureaux, etc).
- La station annexe communément appelée BIT a une superficie de 35 ha et est utilisée pour les expérimentations en agroforesterie et abrite diverses plantations.

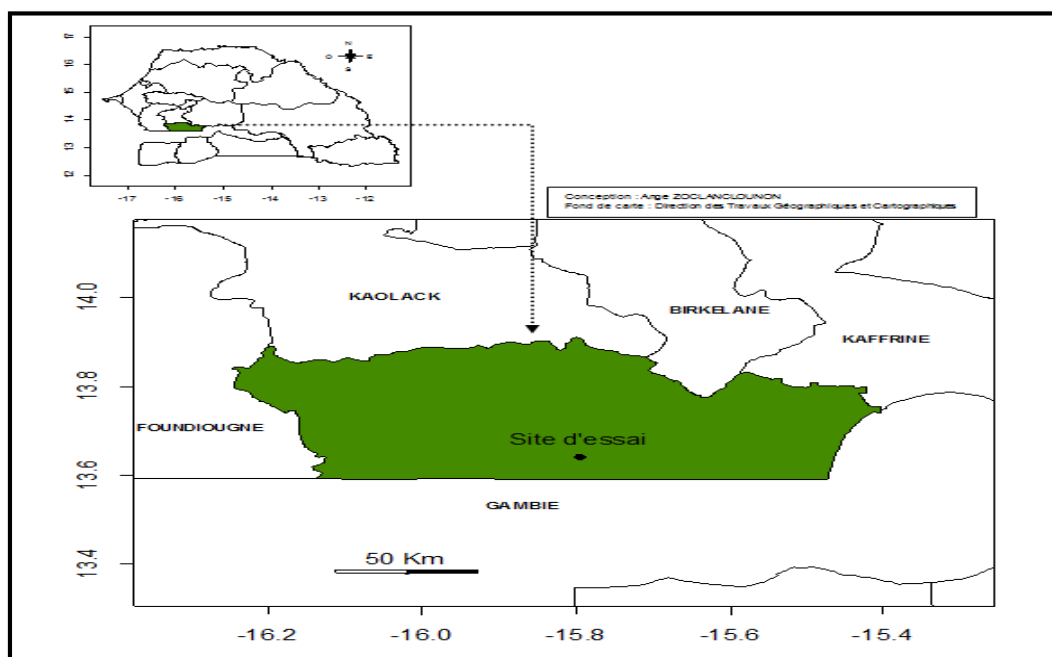


Figure 5 : Situation de la station de Nioro

Source : Ndiaye (2017)

2.1.1. Le climat

Il est caractérisé par une alternance d'une saison sèche (de Novembre à Mai) et d'une saison de pluie (de Juin à Octobre), qui se traduit par d'importantes variations au niveau des paramètres climatiques.

❖ La température et l'humidité

Durant toute la période de l'expérimentation, une température plus ou moins variable a été notée. La moyenne des températures se situait autour de 28°C. Ainsi, la température moyenne la plus élevée a été enregistrée au mois d'Octobre avec 38,39°C et la température la plus faible a été observée au mois d'Août avec 20,84°C. La phase floraison-maturation (début septembre à fin octobre) avait coïncidé avec de fortes températures qui atteignaient 35°C (figure 6).

Cette même phase a coïncidé aussi avec de fortes humidités qui variaient de 95 à 100% avec une moyenne de 83,36% (figure 7).

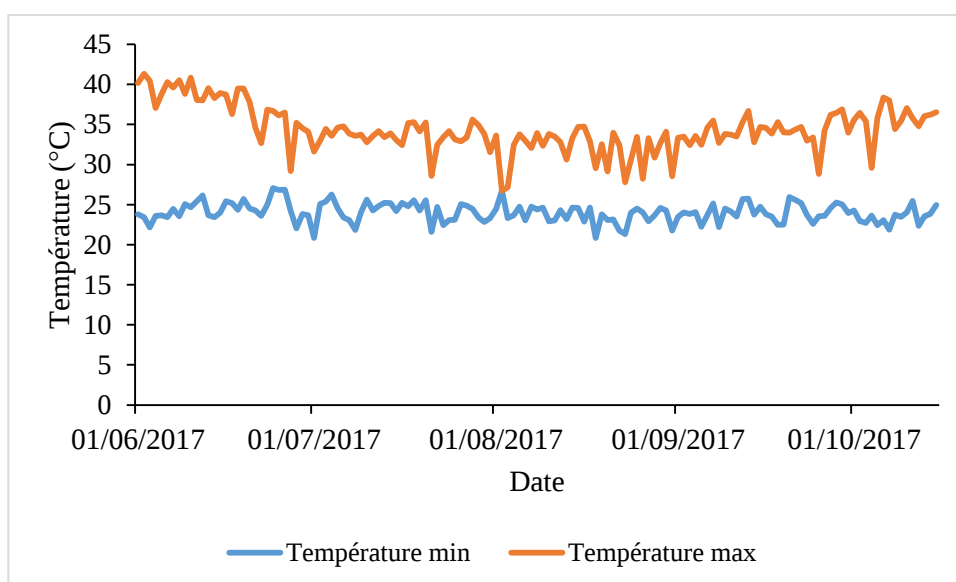


Figure 6 : Variation de la température minimale et maximale durant l'hivernage 2017

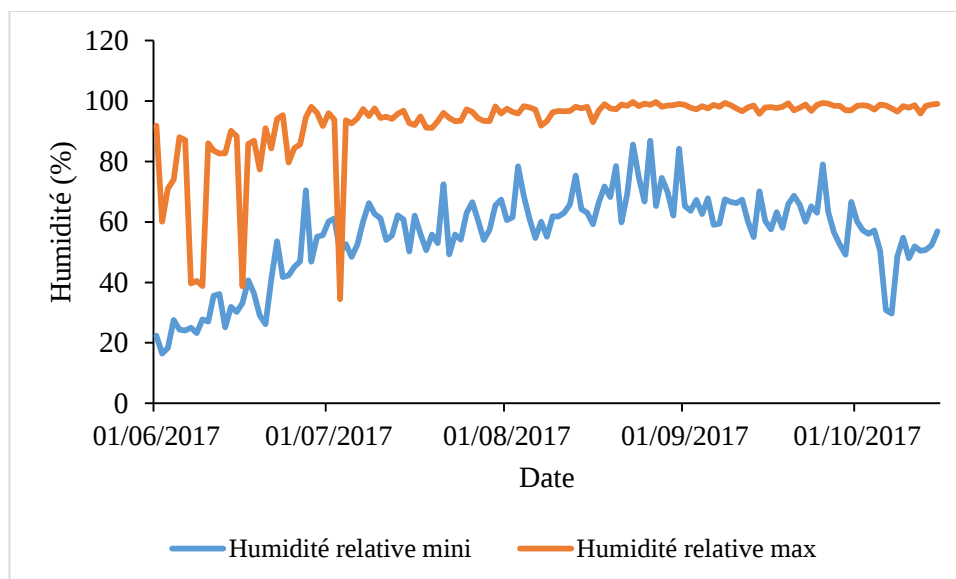


Figure 7 : Variation de l'humidité minimale et maximale durant l'hivernage 2017

❖ La pluviométrie

Les pluies ont démarré durant la troisième décade du mois de juin avec 89,3 mm. En effet, la première pluie utile est tombée le 28 juin avec 33,7 mm et les pluies se sont poursuivies jusqu'au mois d'octobre. Toutefois, des pauses pluviométriques ont été enregistrées durant la phase de développement du maïs. Le cumul pluviométrique enregistré était de 694,2 mm durant 42 jours de pluies (figure 8).

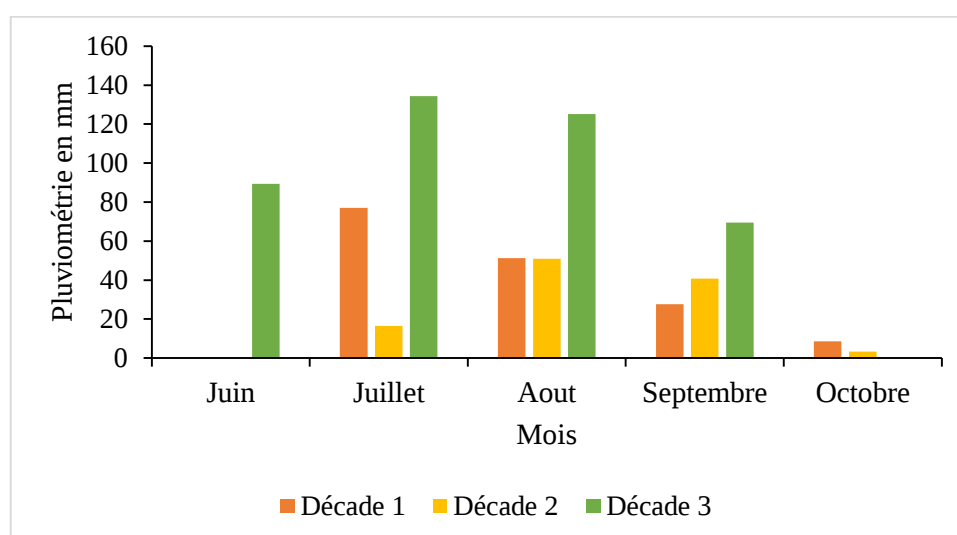


Figure 8 : La pluviométrie à Nioro en 2017

2.1.2. Le sol

Dans la station expérimentale on rencontre des sols de type (B.P.S, 1993) :

- dior deck de texture sablo-limoneuse avec moins de 10% d'argile ;
- deck dior de texture sablo-limoneuse avec plus de 15% d'argile ;
- deck qui se caractérise par une texture limono-argilo-sableuse sur les 40 premiers centimètres ; et c'est sur ce dernier qu'a été installé l'essai.

2.1.3 La végétation

La zone étudiée est une savane arborée marquée par une nette prédominance de *Cordyla pinnata* avec une répartition assez homogène sur l'ensemble de la zone.

La strate arbustive est caractérisée par trois espèces qui sont les plus représentatives : *Combretum glutinosum* (ratt), *Guiera senegalensis* (ngère) et *Bauhinia reticulatum* (nguiguis). Ces espèces se rencontrent, la plupart du temps, en repousses assez denses sur les sols sableux des plateaux.

La strate herbacée est formée de graminées annuelles *Andropogon* et de *Cassia tora*. Elle est assez abondante dans les zones non cultivées (cuirasses, vallées,...) généralement utilisées comme parcours pour le bétail.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de cinq variétés hybrides et d'un témoin, Early Thai qui est une variété à pollinisation libre (tableau 1).

Tableau 1 : Liste des différentes variétés

Types	Variété	Code
Hybride	1109- 21 STR	1
Hybride	1113- 5 STR	2
Hybride	LW1120- 41	3
	LW1120- 19	4
	LY 1001- 23	5
Témoin	Early Thai	6

2.3. Méthodes

2.3.1. Le Dispositif expérimental

Le facteur étudié constitue la variété. Le dispositif expérimental a été celui en blocs complets randomisés ou bloc de Fisher avec trois répétitions. Chaque répétition a comporté six parcelles élémentaires distantes de 0,5 m. Les répétitions étaient séparées par une allée de 1,5 m.

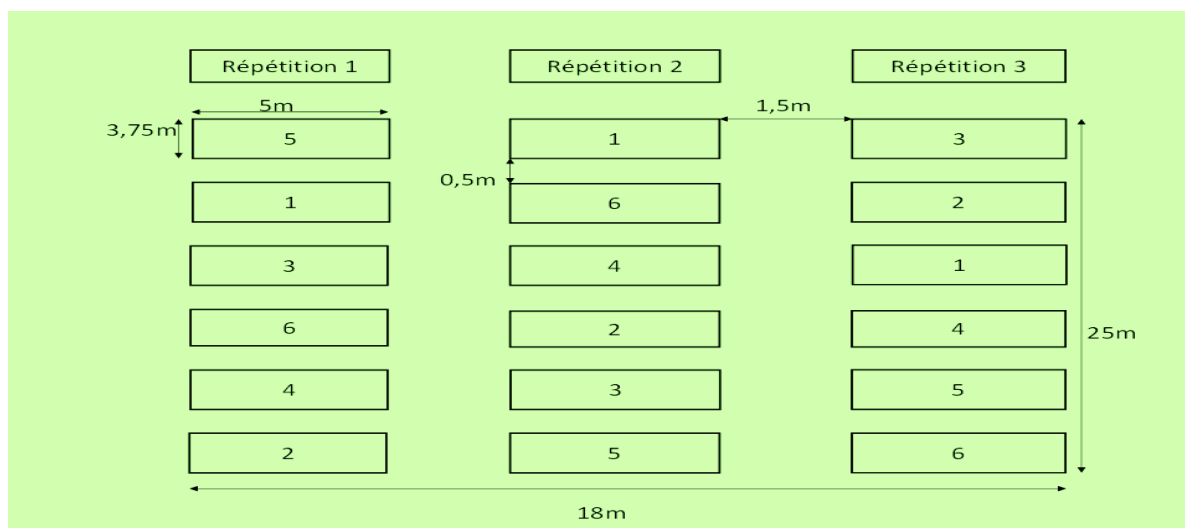


Figure 9 : Plan du dispositif expérimental

2.3.2. L'Unité expérimentale

Chaque parcelle élémentaire était constituée de 6 lignes de 5 m de long dont chacune comportait 126 poquets. L'écartement entre les lignes était de 0,75 m et celui entre les poquets sur les lignes de 0,25 m. Un carré de rendement formé par les 84 poquets centraux (4 lignes x 21 poquets) a été délimité.

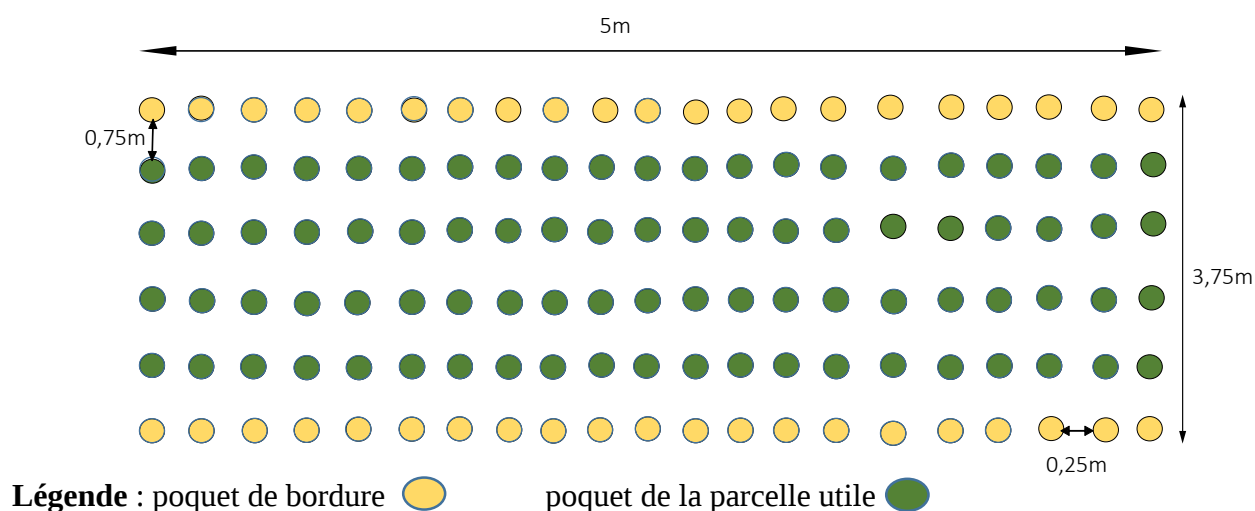


Figure 10 : Schéma de la parcelle élémentaire

2.3.3. Conduite de l'essai

La culture a été installée en condition hydrique strictement pluviale. Le précédent cultural était l'arachide. Un bon nettoyage de la parcelle a été effectué suivi d'un labour au tracteur à une profondeur de 20 cm et d'un hersage. Une finition manuelle (émottage) a été effectuée pour préparer le lit de semence. Le semis, effectué le 8 juillet 2017 après une pluie utile de 24,7 mm, était en poquets avec 3 grains par poquet à une profondeur comprise entre 3 et 5 cm. Un démariage a été fait à 2 plants par poquet au 16^{ième} jour après semis (JAS). La fumure de fond avec du NPK (15-15-15) à la dose de 200 kg/ha a été appliquée avant le semis. L'épandage d'urée s'est effectué à la dose de 200 kg/ha, en deux applications : 100 kg/ha au 27^{ème} JAS et 100 kg/ha au 45^{ème} JAS. Deux opérations de sarclo-binage ont été faites à deux dates différentes : d'abord au 15^{ième} JAS, ensuite au 30^{ième} JAS. Pour lutter contre les insectes, le Décis (0,5 l/ha) a été utilisé comme traitement.

2.4. Mesures et observations

Les observations et mesures ont été faites dans la parcelle utile et les paramètres étudiés ont été :

- ❖ **Floraison mâle (FM)** : c'est le nombre de jours après semis pour atteindre la floraison mâle (50% des plantes présentes dans le carré de rendement émettant du pollen) ;
- ❖ **Floraison femelle (FF)** : c'est le nombre de jours du semis à la sortie des soies de 50% des plantes de la parcelle utile.
- ❖ **Hauteur des plants (HP)** : c'est la mesure de la hauteur des plants, du sol jusqu'à la base de la panicule. Cette mesure est exprimée en centimètres (cm). Les mesures étant faites sur 5 plants pris au hasard dans le carré de rendement ;
- ❖ **Hauteur d'insertion de l'épi (HIE)** : elle correspond à la mesure en centimètre de la hauteur d'insertion de l'épi depuis la base de la plante jusqu'au nœud d'insertion de l'épi.
- ❖ **Nombre d'épis récoltés (NER)** : le nombre d'épis récoltés par hectare a été calculé par la formule suivante :

$$NER/ha = \frac{\text{nombre épis récoltés} * 10000}{\text{nombre de plants récoltés} * 0,75 * 0,25}$$

- ❖ **Longueur épi (LE)** : elle a consisté à mesurer juste après la récolte la longueur de cinq épis choisis au hasard dans chaque carré de rendement ;
- ❖ **Diamètre épi (DE)** : c'est la mesure du diamètre de cinq épis choisis au hasard dans chaque carré de rendement ;
- ❖ **Rendement en grain (RG)** : le rendement en Kg/ha a été calculé par la formule suivante :

$$RG \left(\frac{Kg}{ha} \right) = \frac{[\text{poids grains} * ((100 - \text{humidité à la récolte}) / 85)] * 10000}{\text{nombre de plants récoltés} * 0,75 * 0,25}$$

- ❖ **Hétérosis standard** : l'hétérosis standard a été calculée par la formule suivante :

$$H = \left(\frac{\text{Rendement variété} - \text{Rendement témoin}}{\text{Rendement témoin}} \right) * 100$$

2.5. Méthodes d'analyse statistique des données

Les données collectées sur le terrain ont été d'abord consignées et arrangées dans un classeur avec Microsoft Excel 2013. L'analyse de variance (ANOVA) et l'analyse de corrélation ont été effectuées avec le logiciel Genstat discovery édition 12. Le test de Student-Newman-Keuls est réalisé afin de classer les moyennes des génotypes pour les différents paramètres mesurés par groupe.

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Performances agro-morphologiques

Les résultats de l'analyse de variance montrent que les génotypes diffèrent au seuil $\alpha=5\%$ pour tous les caractères étudiés, à l'exception de la hauteur d'insertion de l'épi, du nombre d'épis récoltés, du diamètre de l'épi et du rendement en grains (tableau 2).

3.1.1.1. Cycle semis-floraison femelle

En moyenne, les variétés ont un cycle semis-floraison femelle de 53 jours. L'hybride LY 1001-23 est la variété la plus tardive (56 jours). Par contre, le témoin Early Thai a obtenu le cycle semis-floraison femelle le plus court (51 jours). Les hybrides LW 1120-19, LW 1120-41 et LY 1001-23 ont un cycle semis-floraison femelle significativement plus long que le témoin.

3.1.1.2. Hauteur des plants

La hauteur des plants a varié de 159 à 195 cm avec une moyenne de 181,2 cm. Le test de Student-newman-keuls donne une classification des variétés au seuil $\alpha=5\%$ en trois groupes. D'abord, un premier groupe constitué uniquement par l'hybride LW1120-41, qui présente la plus petite hauteur moyenne de l'essai (159 cm). Ensuite, un deuxième groupe intermédiaire formé par 4 hybrides avec des hauteurs comprises entre 179 et 188 cm et enfin un dernier groupe avec la hauteur la plus élevée, soit 195 cm respectivement, constitué par le témoin Early Thai.

3.1.1.3. Hauteur d'insertion de l'épi

La hauteur d'insertion de l'épi a varié de 79 (LW 1120-41) à 106 cm (Early Thai), avec une moyenne de 88,1 cm.

3.1.1.4. Nombre d'épi récolté

Le nombre moyen d'épis récoltés le plus élevé a été obtenu par l'hybride 1113-5 STR (64444 épis/ha) et le plus faible est enregistré au niveau des hybrides LW 1120-41 et LY 1001-23 (54033 épis/ha, 54044 épis/ha) avec une moyenne de 57442 épis ha⁻¹.

3.1.1.5. Longueur épi

Les épis les plus longs (18 cm) ont été observés avec l'hybride LW1120- 19. Par contre, l'hybride 1113- 5 STR a produit les épis les plus courts (16 cm).

3.1.1.6. Diamètre épi

Le diamètre épi a varié de 4 cm avec l'hybride 1109- 21 STR à 5 cm avec l'hybride LW 1120- 19.

3.1.1.7. Rendement en grain

Le rendement le plus élevé a été obtenu par l'hybride 1113- 5 STR (4993 kg/ha), suivi de LW 1120- 19 (3838 kg/ha) et 1109- 21 STR (3545 kg/ha). La variété la moins productive a été l'hybride LY 1001- 23 avec une production de 2686 kg/ha. Le témoin a eu un rendement de 3419 kg/ha.

Tableau 2 : Performances agronomiques des différentes variétés évaluées en condition pluviale dans le sud du Bassin Arachidier

Variétés	Floraison mâle (jr)	Floraison femelle (jr)	Hauteur des plants	Hauteur d'insertion épi	Nombre d'épis récoltés par hectare	Longueur épi	Diamètre épi	Rdt grains (kg/ha)
1109- 21 STR	50±2,89 ^{ab}	52±2,89 ^a	179,3±19,40 ^{ab}	85±9,50	55556±3849	17±1,04 ^{ab}	4±0,36	3545±1913,88
1113- 5 STR	49±1,53 ^{ab}	51±1,53 ^a	188±17,58 ^{ab}	88±14,29	64444±13877,77	16±1 ^a	4±0,47	4993±3505,51
LW1120- 41	52±1,53 ^{bc}	55±1,53 ^b	159±15,63 ^a	79±8,33	54033±609	17±0,00 ^{ab}	4±0,57	3209±1322,77
LW1120- 19	51±1,53 ^{bc}	54±1,15 ^{ab}	182±11,79 ^{ab}	79±10,97	59957±5625,67	18±0,17 ^b	5±0,31	3838±1179
LY 1001- 23	54±1,53 ^c	56±2,65 ^b	184±16,46 ^{ab}	91±14,73	54044±1231,68	17±1,23 ^{ab}	4±0,90	2686±1031,66
Early Thai (témoin)	48±0,58 ^a	51±1,00 ^a	195±19,66 ^b	106±16,20	56615±5684,68	18±0,64 ^b	4±0,06	3419±1357,04
Moyenne	51,0	53,0	181,2	88,1	57442	17,1	4,3	3615
P value	0,003 ^{**}	0,004 ^{**}	0,051 [*]	0,103 ^{ns}	0,376 ^{ns}	0,024 [*]	0,731 ^{ns}	0,369 ^{ns}
Cv	2,3	2,5	6,3	12,2	11,2	3,6	12,1	33,8

(ns)=non significative (*)=significative (**) =très significative

3.1.2. Hétérosis pour le rendement en grains

Les hybrides 1109- 21 STR, 1113- 5 STR et LW1120- 19 ont donné des rendements supérieurs à celui du témoin Early Thai (tableau 3). La supériorité de ces hybrides par rapport au témoin a varié de 3,69 à 46,04%. Par contre, les rendements des hybrides LW1120- 41 et LY 1001- 23 ont été inférieurs à celui du témoin. Seul l'hybride 1113- 5 STR a produit plus de 20% que le témoin Early Thai.

Tableau 3 : Performance des hybrides par rapport au témoin

Variétés hybrides	Rendement	Effet d'hétérosis (%)
1109- 21 STR	3545	3,69
1113- 5 STR	4993	46,04
LW1120- 41	3210	-6,11
LW1120- 19	3838	12,26
LY 1001- 23	2686	-21,44
Early Thai (témoin)	3419	

3.1.3. Relation entre les caractères agro-morphologiques observés

Les corrélations entre les paramètres sont pour la plupart significatives. La durée semis-floraison femelle est corrélée de manière forte et positive à la durée semis-floraison mâle ($r = 0,971$). La hauteur des plants a présenté une corrélation positive et significative avec la hauteur d'insertion des épis ($r = 0,84$) mais significative et négative avec la durée semis-floraison mâle ($r = -0,655$) et semis-floraison femelle ($r = -0,699$). Le rendement a montré une corrélation positive et significative avec la hauteur des plants ($r = 0,627$) et le nombre d'épis récoltés par hectare ($r = 0,831$). Cependant le rendement est corrélé négativement de façon significative avec la durée semis-floraison mâle ($r = -0,628$) et semis-floraison femelle ($r = -0,656$). Les corrélations les plus fortes ont été celles entre les caractères phénologiques (FM, FF) d'une part et celles entre les caractères morphologiques (HP) et les caractères du rendement (NER) d'autre part.

Tableau 4 : Matrice de corrélations entre les paramètres étudiés

	FM	FF	HP	HIE	NER	LE	DE
FF	0,971**						
HP	-0.655**	-0,699**					
HIE	-0,590	-0,595	0,840**				
NER	-0,430	-0,482	0,443	0,332			
LE	-0,244	-0,247	0,409	0,399	0,134		
DE	-0,153	-0,204	0,103	0,185	0,254	0,399	
RG	-0,628**	-0,656**	0,627**	0,475	0,831**	0,358	0,224

3.2. Discussion

Les statistiques descriptives ont montré des écarts importants entre les valeurs maximales et les valeurs minimales pour la plupart des caractères agro-morphologiques analysés. Cette importante variabilité constitue le fondement de tout programme de sélection (Sanou, 1992). Une faible variabilité a été observée au niveau de la phénologie. Néanmoins, notre étude a permis d'identifier chez les hybrides, deux variétés qui, par leur précocité pourraient s'adapter à la zone Sud Bassin Arachidier. Il s'agit des hybrides 1109- 21 STR et 1113- 5 STR. Les résultats montrent que les hybrides testés ont une hauteur moyenne inférieure à celui du témoin avec des épis qui sont insérés sensiblement au milieu du plant de maïs. En effet cette position leur permet de résister aux vents qui pourraient les fragiliser. La variété LW1120- 19 a enregistré la longueur de l'épi la plus élevée que celle du témoin Early Thai. Cet hybride pourrait répondre aux besoins des paysans car ces derniers préfèrent les épis longs aux épis courts (Ngom, 2017, com.pers.). Pour ce qui est du rendement, les résultats montrent que l'utilisation des hybrides permet d'augmenter significativement le rendement du maïs. Ainsi, les hybrides LW1120- 19 et 1113- 5 STR ont eu un rendement supérieur à celui du témoin Early Thai avec des plus-values variant de 112,26% à 146,04%. En effet, la supériorité agronomique des hybrides par rapport aux variétés à pollinisation libre se traduit par une vigueur importante favorisant les rendements élevés. Du fait de leurs performances, ces hybrides ne semblent pas avoir subi l'effet négatif des pauses pluviométriques intervenues au cours de l'essai. Cela s'explique par le fait que les hybrides se comportent mieux en cas de sécheresse.

La présente étude a montré une corrélation forte et positive entre la durée de semis-floraison mâle et femelle. Nos résultats concordent avec ceux de Moussa et *al.* (2018) qui ont montré que les durées des cycles semis-floraison mâle et femelle sont corrélées positivement et de manière significative. La corrélation positive et significative qui lie la hauteur d'insertion de l'épi, la hauteur des plants et le rendement montre que ce dernier dépend de la taille des plants. Ceci est en phase avec les résultats obtenus par Monneveux (1989), qui stipule que la productivité en grains est plus ou moins importante chez les variétés à tige haute par rapport à celles à tige courte. La relation forte et positive qui lie le rendement et le nombre d'épis récoltés peut être expliquée par le fait que, ce dernier est une des composantes du rendement. Ainsi on peut rejoindre les résultats Bouzerzour et *al.*, (2000), selon lesquels le nombre d'épis est la composante la plus déterminante du rendement. La relation négative et significative qui lie le cycle semis-floraison et le rendement indique que ce dernier dépend du cycle semis-floraison. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus Ndiaye, (1987), qui avance qu'une floraison tardive peut être associée à un bon rendement si les conditions climatiques sont favorables.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus ont montré que les hybrides testés ont été plus tardifs que le témoin. Les hybrides ont formé un groupe homogène pour la hauteur des plants, la hauteur d'insertion des épis et le diamètre épi. Les meilleurs rendements ont été obtenus par les hybrides 1113- 5 STR (4993 kg/ha), LW 1120- 19 (3838 kg/ha) et 1109- 21 STR (3545 kg/ha) avec des plus-values variant de 112,26% à 146,04%. La matrice de corrélation a montré des relations fortes et positives entre le rendement et la hauteur des plants ($r = 0,627$), entre le nombre d'épis récoltés et le rendement ($r = 0,831$).

Vu les résultats préliminaires obtenus dans cette étude, il serait nécessaire de :

- ✓ reconduire l'essai en station, dans les conditions pluviales afin d'avoir une lecture exacte des performances des hybrides ;
- ✓ tester ces hybrides en milieu paysan dans plusieurs sites pour déterminer leur adaptabilité.

Bibliographie

ANDS, 2018. Bulletin mensuel des statistiques économiques de janvier 2018

Bordes, J., 2006. *Création de lignées haploïdes doublées de maïs par gynogenèse induite in situ : amélioration de la méthode et intégration dans les schémas de sélection*. Thèse Doctorat pour l'obtention du grade de docteur d'université spécialité agronomie et génétique quantitative. Université Blaise Pascal, France, 124 p.

Bouzerzour, H. ; Benmahammed, A. ; Hazmoune, T. ; Mimouni, H. ; Bourmel, S. et Mekhlouf, A., 2000. Stabilité des performances et caractéristiques phéno-morphologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) issues d'une sélection multilocale. **In:** Actes du premier symposium international sur la filière blé : enjeux et stratégies. ITGC. Février 2000, p : 187-194.

Bureau Pédologie du Sénégal, 1993. Etude semi détaillée des sols de Nioro. 123p

Diop, M.S., 2012. *Etudes de trois variétés de maïs (Zea mays L.) sous différentes conditions hydriques et minérales dans le centre sud du Bassin Arachidier*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Bambey, Sénégal, 61 p.

Elola, D., 2012. *Evaluation multilocale d'hybrides et de lignées de maïs (Zea mays L.)*. Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural option agronomie, Institut de Développement Rural (IDR), UPB, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 69 p.

Fakorede, M.A.B. et Apraku, B.B., 2014. Maintenance breeding and seed production in maize. **In:** Training material for regional training workshop on implementation of the ECOWAS seed regulation, 24th Feb-1st March, 2014; Abuja, Nigeria.

FAO, 2016. *Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande en céréales*

FAO, 2017. *Note d'information de la FAO sur la chenille légionnaire d'automne en Afrique*

Gay, J.P., 1984. *Fabuleux maïs : histoire et avenir d'une plante*. AGPM, Infocompo, pau, 295 p.

Hilaire, M.M., 2000. *Développement et diffusion des variétés de maïs tolérantes à la sécheresse. Cas des variétés précoces*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Bambey, Sénégal, 38 p.

Joanis, Y., 2018. *Essai d'adaptation de douze (12) variétés de maïs QPM (Zea mays L.) introduites à Saint Marc (Localité Lalouère)*. Mémoire de fin d'études agronomiques pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur-Agronome option phytotechnie, Université d'Etat d'Haïti, Haïti, 38 p.

Katerji, N. et Bethenod, O., 1997. Comparaison du comportement hydrique et de la capacité photosynthétique du maïs et du tournesol en condition de contrainte hydrique. Conclusions sur l'efficience de l'eau. *Agronomie, EDP Sciences* **17(1)** : 17-24.

Kenzy, M.Z. et Wahaj, M., 2015. *Etude sur l'alimentation du poulet de chair à base du maïs*. Mémoire pour l'obtention du diplôme Master en Agronomie option technologie des industries agroalimentaires, Université Abou-Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 65 p.

Mballo, M., 2017. *Etude des effets d'un biostimulant foliaire sur la croissance et le rendement en grains du maïs pluvial en Haute Casamance (Sénégal)*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Bambey, Sénégal, 31 p.

Mémento de l'agronome, 2002. Mémento de l'agronome. Ministère de la coopération française, CIRAD-GRET, Paris, France, 1698 p.

Monneveux, P., 1989. *Quelles stratégies pour l'amélioration de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hivers*. Journée scientifique de l'AUPELF : amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride, 22 p.

Moussa, A.A. ; Salako, V.K. ; Gbemavo, D.S.J. ; Zaman-Allah, M. ; Kakai, R.G. et Bakasso, Y., 2018. Performances agro-morphologiques des variétés locales et améliorées de maïs au Sud-Ouest du Niger. *African Crop Science Journal* **26 (2)** : 157-173.

Ndiaye, A., 1987. *La sélection du maïs au Sénégal et étude de la variabilité génétique des populations*. Rapport de stage de titularisation. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, 41 p.

Ndiaye, A. ; Fofana, A. ; Ndiaye, M. ; Mbaye, D.F. ; Séne, M. ; Mbaye, I. et Chantereau, J., 2005. Les céréales. In : *Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal*. ISRA, ITA, CIRAD. p: 246-247.

Ndiaye, J, B, P, M., 2017. *Evaluation variétale de riz de plateau dans les conditions de culture du sud du Bassin Arachidier du Sénégal*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Bambey, Sénégal, 34 p.

Ndiaye, M., 1987. Rapport de stage du 14 septembre au 4 décembre 87 à l'IITA, Abidjan-Nigéria, 36 p.

Ndiaye, M., 1997. *Contribution des légumineuses arbustives à l'alimentation azotée du maïs (Zea mays L.) : cas d'un système de culture en allées dans le Centre-Sud Sénégal*. Thèse de Doctorat, INPL, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et Industrie Alimentaires, Nancy, France, 122 p.

Ndiaye, M. et Sidibé, M., 1992. *Recherche de formules d'engrais NPK économiquement rentables pour la culture du maïs pluvial*. Etudes et documents, UNIVAL / ISRA, Vol. 5, N°2, 24 p.

Ndiaye, W., 1994. *Etude des interactions géotypes-milieu sur la tolérance au stress hydrique du maïs*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome spécialité production végétale. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, Sénégal, 70 p.

Rouanet, G., 1997. *Le maïs. Le technicien de l'agriculture*. Maisonneuve et Larose éd., 142 p.

Sanou, A., 2011. *Création et évaluation d'hybrides et de lignées de maïs dans le cadre d'une intensification de la maïsiculture au Burkina Faso*. Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural option agronomie, Institut de Développement Rural (IDR), UPB, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 84 p.

Sanou, J., 1992. *Variabilité génétique dans les croisements tempérés X exotique chez le maïs*. Mémoire de DEA à l'ENSA de Montpellier, France, 35 p

Sy, A.A., 2004. *Conduite de la culture du maïs en zone cotonnière sénégalaise. Analyse pratiques paysannes dans le département de Vélingara*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome spécialité production végétale. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, Sénégal, 76 p.

Westphal, E. et Ferwerda, J.D., 1985. Les oléagineux. 190-259. **In:** Westphal et al, eds. *Culture vivrières tropicales : avec référence spéciale au Cameroun*. Pudoc, Wageningen, 514 p.

Webographie

https://www.ecofinance.sn/Mais-la-production-mondiale-en-recul-de-005-en-mai_a1468.html
consulté le 26/05/2018 à 13h00mn.

<https://www.afd.be/plant-ch/mais/conaiss/AGmais.htm>.

consulté le 13/08/2018 à 21h18mn.

<https://www.prota4u.org/>

Consulté le 13/08/2018 à 21h30mn.

[http://www.gnis-pedagogie.org/index.php?numpage=85&numrub=6&numbcateg=7
&numsscateg=6](http://www.gnis-pedagogie.org/index.php?numpage=85&numrub=6&numbcateg=7&numsscateg=6)

consulté le 13/08/2018 à 22h00mn.

Tables de matières

DEDICACES	I
AVANT-PROPOS	III
REMERCIEMENTS	IV
Résumé	VI
Abstract	VII
Liste des sigles et acronymes	VIII
Listes des tableaux	IX
Liste des figures	IX
Sommaire	X
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I.1. Généralités sur le maïs	3
1.1. Origine et taxonomie	3
1.2. Morphologie	3
1.2.1 Les organes végétatifs	3
1.2.2. Organes reproducteurs	4
1.3. Cycle de développement du maïs	6
1.3.1. La phase végétative	6
1.3.2. La phase de reproduction.....	7
1.3.3. La phase de développement du grain et de maturation	7
1.4. Exigences écologiques.....	9
1.4.1. Besoin en sol.....	9
1.4.2. Besoin en eau.....	9
1.4.3. Besoin en température	9
1.5. Les contraintes liées à la culture du maïs	9
1.5.1. Contraintes biotiques	9
1.5.2. Contraintes abiotiques	10
1.6. Utilisations du maïs	10
1.6.1. Alimentation animale	10
1.6.2. Alimentation humaine	11

1.6.3. Industrie agro-alimentaire.....	11
1.7. Amélioration variétale du maïs.....	11
1.7.1. Principales méthodes de sélection	11
1.7.2. Vigueur hybride ou phénomène d'hétérosis chez le maïs	12
1.7.3. Types variétaux.....	12
1.7.3.1. Différents types d'hybrides	13
1.7.4. Acquis de la recherche en amélioration variétale au Sénégal	13
1.8. Les avantages et inconvénients de l'utilisation des hybrides de maïs	14
Chapitre II : PRESENTATION DU SITE, MATERIEL ET METHODES	15
2.1. Présentation du site	15
2.1.1. Le climat	16
2.1.2. Le sol	18
2.2. Matériel et méthodes	18
2.2.1. Matériel végétal	18
2.3. Méthodes	19
2.3.1. Le Dispositif expérimental	19
2.3.2. L'Unité expérimentale	19
2.3.3. Conduite de l'essai.....	20
2.4. Mesures et observations.....	20
2.5. Méthodes d'analyse statistique des données	21
Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION	22
3.1. Résultats.....	22
3.1.1. Performances agro-morphologiques.....	22
3.1.1.1. Cycle semis-floraison femelle	22
3.1.1.2. Hauteur des plants	22
3.1.1.3. Hauteur d'insertion de l'épi	22
3.1.1.4. Nombre d'épi récolté	22
3.1.1.5. Longueur épi.....	23
3.1.1.6. Diamètre épi	23
3.1.1.7. Rendement en grain	23
3.1.2. Hétérosis pour le rendement en grains	25
3.1.3. Relation entre les caractères agro-morphologiques observés.....	25
3.2. Discussion.....	26
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	28
Bibliographie	29

Tables de matières	i
Annexes	iv

Annexes

Annexe 1 : Tableau d'analyse de la variance du nombre de jours à 50 % floraison mâle

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	22.333	11.167	8.17	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	56.000	11.200	8.20	0.003
Residual	10	13.667	1.367		
Total	17	92.000			

Annexe 2 : Tableau d'analyse de la variance du nombre de jours à 50 % floraison femelle

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	27.444	13.722	7.97	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	62.278	12.456	7.23	0.004
Residual	10	17.222	1.722		
Total	17	106.944			

Annexe 3 : Tableau d'analyse de la variance de la hauteur des plants

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	2149.8	1074.9	8.25	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	2153.1	430.6	3.31	0.051
Residual	10	1302.2	130.2		
Total	17	5605.1			

Annexe 4 : Tableau d'analyse de la variance de la hauteur d'insertion de l'épi

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	764.8	382.4	3.29	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	1447.6	289.5	2.49	0.103
Residual	10	1162.6	116.3		
Total	17	3374.9			

Annexe 5 : Tableau d'analyse de la variance du nombre d'épis récoltés

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	132257482.	66128741.	1.60	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	248294315.	49658863.	1.20	0.376
Residual	10	414260696.	41426070.		
Total	17	794812492.			

Annexe 6 : Tableau d'analyse de la variance de la longueur épi

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	4.2478	2.1239	5.56	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	8.2444	1.6489	4.32	0.024
Residual	10	3.8189	0.3819		
Total	17	16.3111			

Annexe 7 : Tableau d'analyse de la variance du diamètre épi

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	0.4900	0.2450	0.91	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	0.7467	0.1493	0.56	0.731
Residual	10	2.6833	0.2683		
Total	17	3.9200			

Annexe 8 : Tableau d'analyse de la variance du rendement en grains

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Repetition stratum	2	29090253.	14545126.	9.76	
Repetition.*Units* stratum					
Variete	5	9060161.	1812032.	1.22	0.369
Residual	10	14904177.	1490418.		
Total	17	53054591.			