

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR Sciences et Technologies

Département d'Agroforesterie

Mémoire de master

Spécialité: Aménagement et Gestion durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers
(AGDEFA)

Morpho-phénologie et performances agronomiques de quinze variétés de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) testées en Basse Casamance

Présenté par :

M. Cheikh Ahmadou Bamba GAYE

Sous la direction de Mme Siré DIEDHOU Maître de conférences UFR-ST/ UASZ

Encadreur : M. Djibril SARR Enseignant-Chercheur (UASZ)

Soutenu publiquement le 06 février 2023 devant le jury composé de:

Président:	M. Ismaïla COLY	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ
Membres:	M. Boubacar CAMARA	Maître-Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Abdoulaye SOUMARE	Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Djibril SARR	Maître-Assistant	UFR-ST / UASZ

Année Universitaire 2020-2021

DEDICACES

Tout d'abord je rends grâce à Dieu, le tout puissant, pour la santé et la force qu'il m'a accordées pour réaliser ce travail.

Je dédie ce Mémoire à:

- ✓ ma défunte grand-mère Aida GASSAMA et ma tante Maty GAYE en témoignage de ma gratitude pour l'amour et l'affection à mon égard depuis ma tendre enfance. Je prie pour votre repos au paradis éternel. Amine !
- ✓ mes parents, qui ont toujours été présents à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Je ne saurai jamais vous remercier assez pour l'amour, la patience dont vous faites preuve, pour le réconfort que je trouve auprès de vous. Je n'aurais sûrement pas réalisé tout ce chemin sans votre aide constante.
- ✓ Mame Cheikh Ibrahima FALL «Baboul Mouridina» Grand militant de la foi et du travail, mon éternelle référence.
- ✓ mes frères et sœurs pour l'amour, la tolérance, la paix dans lesquels nous avons vécu et l'assistance qu'ils m'ont gracieusement accordés.
- ✓ toute personne qui, de près ou de loin, m'a assisté dans ma vie.

REMERCIEMENTS

Je n'aurais pu mener ce travail à terme sans le concours de personnes animées d'une volonté de soutien, d'aide et de partage à qui je tiens à exprimer ma profonde gratitude.

Mes sincères remerciements vont en l'endroit de :

- ❖ mon encadrant Dr Djibril SARR Enseignant-chercheur à l'Université Assane Seck de Ziguinchor pour la confiance qu'il a portée en ma personne en dirigeant ce travail. Par ailleurs je ne cesserai d'exprimer ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect, pour ses efforts, sa disponibilité, son implication, sa confiance et ses encouragements mais surtout pour les précieux conseils, merci pour tout;
- ❖ tous les Enseignant-chercheurs du département d'Agroforesterie en l'occurrence: Pr Ngor NDOUR, Pr Ismaïla COLY, Pr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL, Pr Siré DIEDHIOU, Dr Antoine SAMBOU, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar CAMARA, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE et Dr Oulimata DIATTA pour la formation de qualité;
- ❖ mes camarades de promotion Ansou Ousmane Irah SANE et Mor Talla KONTE pour leur disponibilité et leur parfaite collaboration dans les travaux de terrain sans oublier Mame Sokhna Fall, Abdoulaye DIOP, Fatou SYLLA, Mamadou Lamine CISSE et Dieynaba WONE;
- ❖ la famille DIEDHIOU et la famille SANE pour leur accueil chaleureux et leur soutien financier et matériel;
- ❖ la dixième promotion du département d'Agroforesterie avec qui j'ai passé mes plus belles années universitaires; et mes confrères Mourides pour leur soutien moral.

Je remercie toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
RESUME.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1-ORIGINE ET DISTRIBUTION DU SOJA.....	3
1.2-BOTANIQUE DU SOJA	3
1.2.1-Systématique du soja.....	3
1.2.2-Morphologie du soja	3
1.2.2.1-Racines	3
1.2.2.2-Tige	4
1.2.2.3-Feuilles	4
1.2.2.4-Inflorescences	5
1.2.2.5-Fruit.....	5
1.3- BIOLOGIE DE LA PLANTE DU SOJA.....	5
1.3.1-Phase végétative.....	6
1.3.2-Phase reproductive	6
1.4-ECOLOGIE DU SOJA.....	6
1.4.1-Le climat	6
1.4.2-Besoins en eau.....	7
1.4.3-Besoins en lumière	7
1.4.4-Besoins en sols	7

1.5-LES UTILISATIONS DU SOJA	7
CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES	8
2.1-PRESENTATION DU SITE D'ETUDE	8
2.2-MATERIEL VEGETAL	9
2.3-FACTEUR ETUDIE ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL	9
2.4-CONDUITE DE L'ESSAI.....	11
2.4.1-Echantillonnage et analyses de sol.....	11
2.4.2-Préparation du sol	11
2.4.3-Semis.....	11
2.4.4-Fertilisation	12
2.4.5-Démariage	13
2.4.6-Desherbage.....	13
2.4.7-Récolte	14
2.5-OBSERVATIONS ET MESURES	14
2.5.1-Taux de levée	14
2.5.2-Date de floraison	15
2.5.3-Date de maturité.....	15
2.5.4-Hauteur des plantes à maturité	15
2.5.5-Verse	16
2.5.6-Déhiscence	16
2.5.7-Rendement	16
2.5.8-Poids de 100 graines	17
2.6-ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES.....	17
CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION.....	18
3.1-RESULTATS.....	18
3.1.1-Taux de levée	18
3.1.2-Date de floraison	18

3.1.3-Maturité.....	19
3.1.4-Hauteur des plantes	20
3.1.5-Poids de 100 graines	20
3.1.6-Rendement	21
3.1.7-Verse et déhiscence.....	22
3.1.8-Relation entre les variables étudiés.....	22
3.1.9-Analyse de sol.....	23
3.2-DISCUSSION	24
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	28

SIGLES ET ABREVIATIONS

ACIA: Agence Canadienne d'Inspection des Aliments

ANACIM: Agence Nationale de l'Aviation civile et de la Météorologie

ANOVA: Analysis of variance

ANSD: Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie.

APME 2A: Agence pour la Promotion de la petite et Moyenne Entreprise Agriculture et Artisanat

C.R.E.A.B. MP: Centre Régional d'Expérimentation en Agriculture Biologique Midi-Pyrénées

CAE: Centre Agro-Entreprise

CETIOM: Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains

CNUCED: Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement

DAP: Di Ammonium Phosphate

FAO: Food and Agriculture Organization

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

IITA: International Institute of Tropical Agriculture

IRAD/CNSPG: Institut de Recherche Agricole pour le Développement\ Centre Nord Station Polyvalente de Garoua (Cameroun)

JAS: Jours Après Semis

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

pH: Potentiel hydrogène

ppm: partie par million

UASZ: Université Assane Seck de Ziguinchor

UPOV: Union pour la Protection des Obtentions Végétales

WISHH: World Initiative for Soy in Human Health

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Morphologie du soja.....	4
Figure 2: Composition de la graine de soja.....	5
Figure 3: Cycle biologique annuel du soja.....	6
Figure 4: Plan d'aménagement de l'université.....	8
Figure 5: Pluviométrie mensuelle de l'année 2021 dans la région de Ziguinchor.....	9
Figure 6: Schéma du dispositif expérimental.....	10
Figure 7: Mise en place de dispositif expérimental.....	11
Figure 8: Sac d'engrais DAP (18-46-0).....	12
Figure 9: Application du mélange (DAP plus urée).....	12
Figure 10: Démariage.....	13
Figure 11: Désherbage manuel.....	13
Figure 12: Vannage.....	14
Figure 13: Fleur épanouie.....	15
Figure 14: Plantes de soja à maturité.....	15
Figure 15: Mesure de la hauteur d'une plante de soja.....	16
Figure 16: Pesée du poids des 100 graines.....	17
Figure 17: Taux de levée en fonction des variétés.....	18
Figure 18: Date de 50% à floraison en fonction des variétés.....	19
Figure 19: Date de maturité en fonction des variétés.....	19
Figure 20: Hauteur des plantes en fonction des variétés.....	20
Figure 21: Variation du poids des 100 graines en fonction des variétés.....	21
Figure 22: Rendement en graines en fonction des variétés.....	21

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Liste des variétés de soja étudiées	9
Tableau 2: Niveau de verse et de déhiscence des différentes variétés.....	22
Tableau 3: Matrice de corrélation de Pearson.....	23
Tableau 4: Résultat de l'analyse de sol.....	23

RESUME

Le soja a été pendant plus de 5 000 ans la principale source complète de protéines de haute qualité pour des millions de personnes dans le monde. En Afrique, cette culture connaît actuellement un engouement croissant. Cependant au Sénégal, la culture du soja est quasi inexistante. Cette étude vise à identifier des variétés de soja adaptées aux conditions pédoclimatiques de la Basse Casamance. Quinze variétés (correspondant chacune à un niveau) ont été étudiées au sein de l'Université Assane Seck de Ziguinchor durant l'hivernage 2021. Un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet avec 3 répétitions a été utilisé. Les paramètres quantitatifs que sont le taux de levée, la date de floraison, la date de maturité, la hauteur des plantes à maturité, le poids de 100 graines, et le rendement ont été déterminés. Les observations ont porté essentiellement sur la sensibilité à la verse, la sensibilité à la déhiscence des gousses et l'identification des différents ravageurs rencontrés. Les variétés S882 et R424 ont donné les meilleurs taux de levée avec respectivement 73% et 74%. Les variétés A773 et R424 sont les plus précoces en termes de floraison (34 JAS) et de maturité avec respectivement 78 JAS et 86 JAS; les plus grandes en termes de hauteur sont Panorama 2 et Panorama 357 avec respectivement 78 cm et 87 cm. Pour le rendement en graines, les variétés Afayak et Panorama 2 se sont révélées meilleures avec respectivement 2,06 t/ha et 1,52 t/ha. Toutes les variétés se sont révélées tolérantes à la verse et à la déhiscence. Cette étude a montré qu'il est possible de cultiver le soja en Casamance et d'obtenir des rendements relativement élevés.

Mots clés: soja, variété, floraison, maturité, déhiscence, rendement, Ziguinchor

ABSTRACT

For over 5,000 years, soybeans have been the main complete source of high-quality protein for millions of people around the world. In Africa, the crop is currently experiencing a growing popularity. However, in Senegal, soybean cultivation is almost non-existent. This study aims to identify soybean varieties adapted to the pedoclimatic conditions of the Lower Casamance. Fifteen varieties (each corresponding to a level) were studied at the Assane Seck University in Ziguinchor during the winter of 2021. A randomised complete block design with three replications was used. Quantitative parameters such as emergence rate, flowering date, maturity date, height of plants at maturity, weight of 100 seeds, and yield were determined. Observations focused on lodging susceptibility, pod dehiscence susceptibility and identification of the different pests encountered. The varieties S882 and R424 gave the best emergence rates with 73% and 74% respectively. Varieties A773 and R424 were the earliest in terms of flowering (34 JAS) and maturity with 78 JAS and 86 JAS respectively; the tallest in terms of height were Panorama 2 and Panorama 357 with 78 cm and 87 cm respectively. For seed yield, Afayak and Panorama 2 were the best varieties with 2.06 t/ha and 1.52 t/ha respectively. All varieties were found to be tolerant to lodging and dehiscence. This study showed that it is possible to grow soybeans in Casamance and obtain relatively high yields.

Keywords: soybean, variety, flowering, maturity, dehiscence, yield, Ziguinchor

INTRODUCTION

La production mondiale de soja connaît une ascension depuis 1970 (Labalette, 2015). Les principaux pays producteurs sont les Etats-Unis, le Brésil et l'Argentine qui assurent à eux seuls 80% de la production mondiale de soja (SOJAXA, 2020). La Chine est le premier pays importateur mondial de la graine de soja. L'Union Européenne et le Japon constituent les principaux importateurs de produits transformés à base de soja (APME 2A, 2009). Actuellement la production mondiale de soja est estimée à plus de 330 millions de tonnes par an avec une augmentation de près de 5% chaque année (FAO, 2020). En Afrique, cette culture connaît actuellement un engouement croissant. En effet, le continent africain est le dernier à adopter la culture du soja qui a d'abord été introduite dans les pays anglophones (CAE, 2001). Le but était de combler les déficits en protéines ou de diversifier les cultures (Konan, 2014). Il existe une ceinture africaine du soja qui s'étend de l'Afrique de l'Ouest au Zimbabwe. Les principaux pays producteurs sont le Nigeria, l'Afrique du sud et le Zimbabwe (APME 2A, 2009).

Le soja est une des plus anciennes plantes cultivées (ACIA, 1996). Originaire de la Chine, il a été pendant plus de 5 000 ans un aliment de base, la principale source complète de protéines de haute qualité, pour des millions de personnes dans le monde (WISHH, 2014). Il contient 40 à 42% de protéines et 18 à 22% d'huile végétale (Mehmet, 2008 ; Baboy et *al.*, 2015). En ce début de 21^{ème} siècle, c'est l'oléo-protéagineux le plus cultivé, le plus échangé au monde ainsi que le constituant majeur dans l'alimentation animale dans le monde (APME 2A, 2009). En effet, le soja constitue 60% de la production mondiale de graines oléagineuses, 30% de l'huile produite dans le monde et 70% des tourteaux oléagineux produits (Labalette, 2015). Intercalé dans les assolements céréaliers, le soja améliore la structure du sol, permet de réduire sa salinité et intervient dans l'amélioration de la fertilité du sol par les nodosités qui fixent une quantité d'azote évaluée à 30-60 kg/ha, parfois d'avantage (Kabalan, 1998). Ainsi, le soja contribue à réduire la pollution de la nappe phréatique grâce à l'économie sur l'utilisation des engrais azotés qu'il permet.

Au Sénégal, la culture du soja est quasi inexistante. Le dernier programme de recherche sur l'adaptabilité de la culture du soja aux conditions pédoclimatiques date de 1970 (Wey et *al.*, 2004). Ainsi cinq séries de croisements avaient été réalisées par l'ISRA. Les premières variétés issues de ces sélections se caractérisaient par des rendements de 2 300 à 2 900 kg/ha (Wey et *al.*, 2004). Ces résultats montrent la possibilité de cultiver le soja dans certaines

zones agro-écologiques du pays. Cependant face aux aléas climatiques actuels, il est indispensable de trouver de nouvelles variétés performantes et adaptées.

L'objectif général de la présente étude est de contribuer à la diversification des cultures au Sénégal. De manière spécifique il s'agit de trouver des variétés de soja adaptées aux conditions pédoclimatiques de la Basse-Casamance.

Le présent mémoire comporte 3 chapitres: le premier est une revue bibliographique donnant une vue d'ensemble sur la culture du soja, le deuxième est consacré au matériel et méthodes utilisés et enfin le troisième est consacré aux résultats obtenus et à leur discussion.

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1-ORIGINE ET DISTRIBUTION DU SOJA

Originaire de la Mandchourie ou du Centre-Est de la Chine, le soja est l'un des protéagineux constituant la base alimentaire des populations d'Extrême-Orient environ 3000 ans avant J.-C (CETIOM, 2011). Le soja est introduit en Europe autour de 1700 comme plante fourragère et aux Etats-Unis vers 1765 (Karaboneye, 2013). C'est à partir du début du 20^{ème} siècle que les américains se sont intéressés à la production des graines et entreprennent des recherches importantes pour adapter cette plante à leur climat et aux besoins des marchés (CETIOM, 2011). Il est introduit en Afrique au début de 19^{ème} siècle d'abord en Algérie, puis au début de 20^{ème} siècle au Nigéria, en Ouganda, au Congo-Kinshasa et au Zimbabwe (APME 2A, 2009).

1.2-BOTANIQUE DU SOJA

1.2.1-Systématique du soja

Le soja est une espèce de plante herbacée annuelle qui est largement cultivée pour ses graines. Il appartiendrait à la classe des dicotylédones, ordre des dialypétales, famille des fabacées (Papilionaceae), sous-famille des Faboideae, tribu des Phaseoleae, sous-tribu des Glycininae et au genre *Glycine*. L'espèce *Glycine max* (L 1753) Merrill est la forme cultivée (Ramarson, 2002 ; APME 2A, 2009 ; Artigot, 2012).

1.2.2-Morphologie du soja

Une plante de soja (Figure 1) comporte un système racinaire, une tige, des feuilles, des inflorescences et est entièrement (feuilles, tiges, gousses) revêtue de poils gris ou bruns (Artigot, 2012).

1.2.2.1-Racines

Le système racinaire du soja est formé d'une racine pivotante pouvant atteindre une profondeur de 1,5 m mais qui dépasse rarement la couche labourée; des racines secondaires (Figure 1) qui partent de la racine pivotante et de racines tertiaires qui sont de petites ramifications qui dérivent des racines secondaires. La grande partie de l'enracinement du soja reste dans les 15-20 cm de l'horizon. Lorsque les rhizobiums existent dans le sol, il se forme des nodosités sur les racines (CIRAD-GRET, 2002).

1.2.2.2-Tige

La tige du soja (Figure 1) est dressée et porte des ramifications dont le nombre dépend du type de croissance: déterminé ou indéterminé (Boni, 2015). Elle est semi-ligneuse, ronde ou plus ou moins anguleuse et couverte de poils blanchâtres, bruns ou gris.

1.2.2.3-Feuilles

Les premières feuilles sont simples et opposées tandis que les suivantes sont trifoliolées et alternes (Artigot, 2012). La plante possède parfois des feuilles présentant plus de trois folioles (ACIA, 1996). La feuille terminale de la tige principale des variétés à croissance déterminées a environ la même taille que les autres feuilles aux niveaux inférieurs. Pour les variétés à croissance indéterminées la feuille terminale est nettement plus petite (UPOV, 1998).

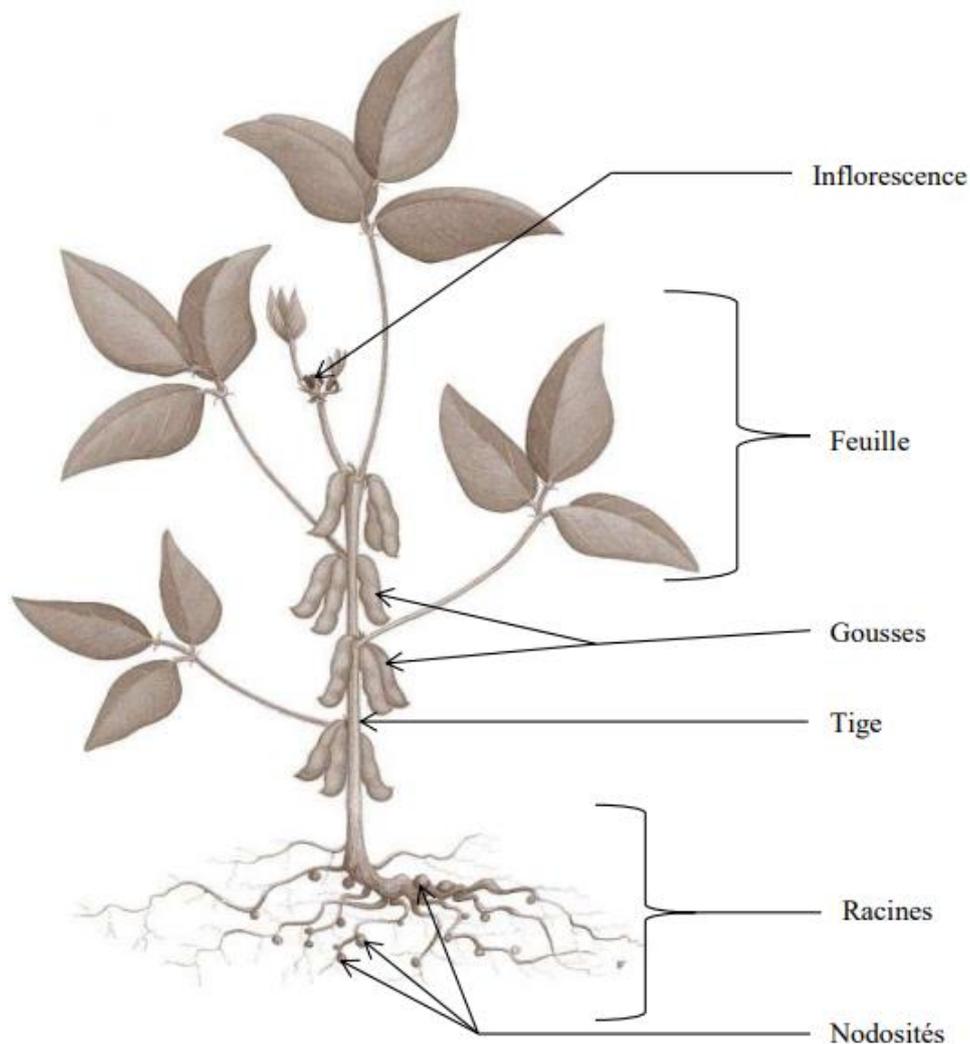


Figure 1: Morphologie du soja

Source: IITA (2000)

1.2.2.4-Inflorescences

Les inflorescences du soja sont des grappes localisées à l'aisselle des feuilles et à l'extrémité de la tige principale et des ramifications. Leurs pédoncules sont très courts chez les variétés à croissance indéterminées, un peu plus allongés chez les variétés à croissance déterminées. Le nombre moyen de fleurs par grappe est compris entre 2 et 5 mais peut aller jusqu'à 36 et plus. Les fleurs sont petites et leurs couleurs varient selon les variétés, du blanc au violet en passant par le jaune. Le soja est autogame. Trois stades successifs sont chronologiquement distingués: stade du bouton, stade de la fleur épanouie et stade de la gousse (Tamini, 1982).

1.2.2.5-Fruit

Le soja possède des fruits sous forme de gousses (ou légumes) bosselées et velues, déhiscentes, de longueur et couleur variables en fonction des variétés, contenant deux à quatre graines riches en protéines (Doré et Varoquaux, 2006).

Selon Labalette (2015), la graine de soja est composée de 40% de protéines, 38% de matières glucidiques, 18% de matières grasses et 4% de matières minérales en pourcentage de matière sèche (Figure 2).

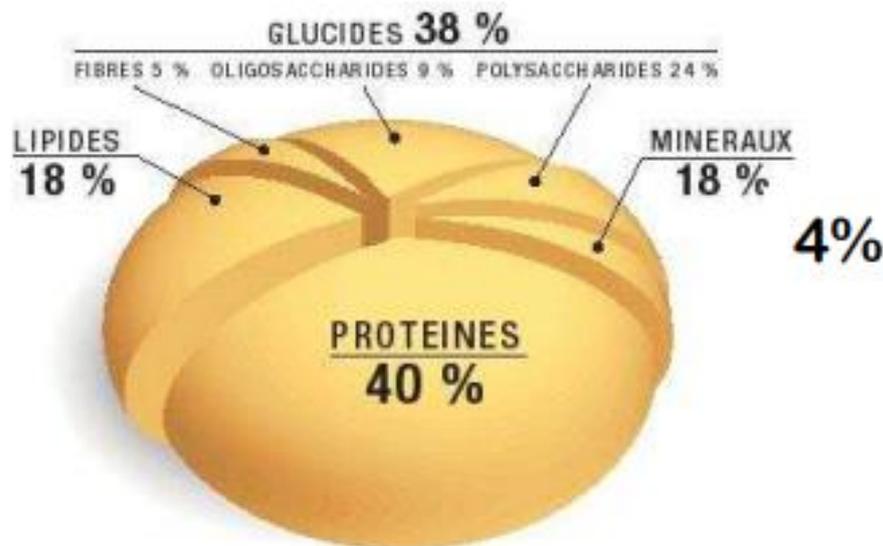


Figure 2: Composition de la graine de soja

Source: Labalette (2015)

1.3- BIOLOGIE DE LA PLANTE DU SOJA

Le cycle biologique annuel du soja montre des changements progressifs et importants de taille et d'aspect dont le rythme et l'amplitude sont très variables selon les variétés et les individus. La croissance du soja dure 90 à 120 jours (MAHRH, 2011). C'est un cycle divisé en deux

phases: une phase végétative et une phase reproductive. Chacune de ces phases comprend plusieurs stades; un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade.

1.3.1-Phase végétative

La phase végétative va de la levée de la plantule à l'apparition des premières fleurs. Cette phase dure entre 6 à 8 semaines et est marquée par l'apparition de 5 à 8 feuilles (figure 3).

1.3.2-Phase reproductive

La phase reproductive commence à partir de la floraison (stade R1) jusqu'à la maturation des graines (stade R8) (Figure 3). Le mécanisme de la floraison dépend de la durée de la nuit pendant les 24 heures de la journée. Plus les nuits sont longues plus la floraison du soja est précoce. La même plante de soja peut produire jusqu'à 400 gousses, à raison de deux à vingt par nœud. Chaque gousse renferme une à cinq graines (ACIA, 1996).

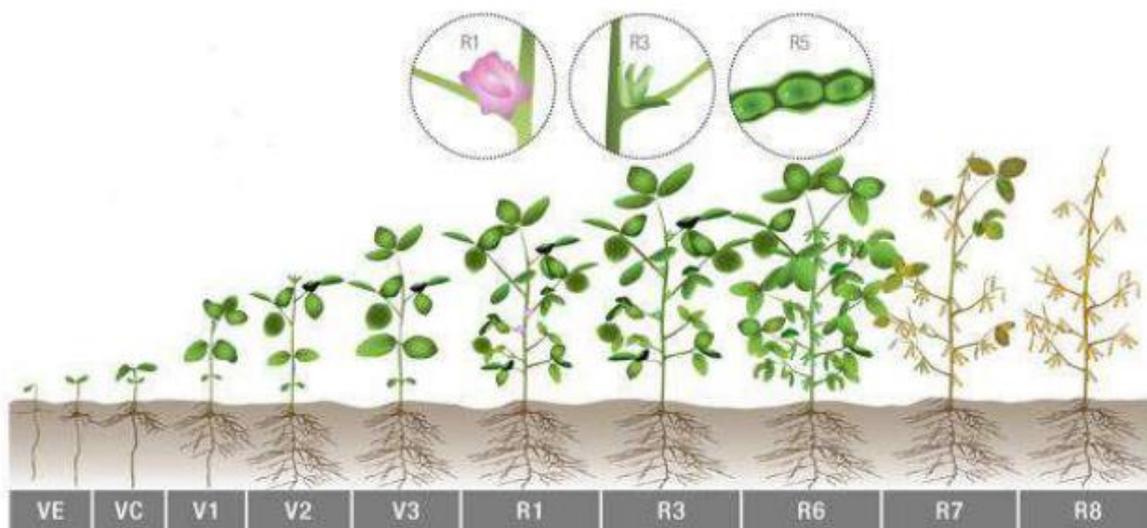


Figure 3: Cycle biologique annuel du soja

Source: CNUCED (2016)

1.4-ÉCOLOGIE DU SOJA

1.4.1-Le climat

A peu près comme le maïs mais beaucoup moins que l'arachide, le soja résiste correctement à la sécheresse. Les diverses variétés sont plus ou moins sensibles à la longueur des jours et des nuits (photosensibles). Un cycle un peu différent est observé selon la latitude à laquelle on se trouve et la saison à laquelle on la cultive (Laurent, 2011). D'après Ramarson (2002), les besoins thermiques du soja sont les suivants:

- germination = température supérieure à 10°C ;
- en cours de la floraison = température supérieure à 13°C
- lors de la maturation = température supérieure ou égale à 28° C

1.4.2-Besoins en eau

Le soja connaît deux périodes critiques en ce qui concerne ses besoins en eau: à partir du moment où il est semé jusqu'à la germination et pendant le remplissage des gousses. Pendant la germination, la graine doit absorber 50 % de son poids avant de pouvoir germer. Un excès d'eau peut cependant être plus fatal à cette phase qu'un manque d'eau. Pour obtenir une bonne récolte, il faut que le soja absorbe 450 à 800 mm d'eau au cours de tout le cycle (Rienke et Joke, 2005). Il faut en principe entre 700 et 1000 mm de pluie pour le soja. Mais d'autres facteurs comme l'humidité de l'air ou la nature du sol (bas-fonds, rizières, irrigation complémentaire) permettent des variations importantes (Laurent, 2011).

1.4.3-Besoins en lumière

Le soja est une plante photosensible. Il fleurit lorsque la durée du jour ne dépasse pas 12 à 14 heures (Rienke et Joke, 2005)

1.4.4-Besoins en sols

Le sol est un facteur très important pour la croissance des légumineuses. La croissance du soja atteint son optimum sur les sols profonds, meubles et frais à texture argilo-sablonneuse avec un pH de 6,5 à 7 (Ramarson, 2002). Le soja apprécie également les sols ayant une grande teneur en matière organique (Rienke et Joke, 2005). Les sols salins sont à proscrire (CIRAD-GRET, 2002).

1.5-LES UTILISATIONS DU SOJA

Le soja est trituré pour fabriquer du tourteau, riche en protéines, qui représente désormais la première matière première utilisée en alimentation animale (FAO, 2007). L'huile de soja est utilisée en cuisine, pour fabriquer de la margarine et d'autres biens de consommation comme les cosmétiques et les détergents. L'huile de soja est également souvent utilisée comme agro-carburant. On recourt aux sous-produits du soja, comme la lécithine, un émulsifiant, dans une vaste gamme d'aliments industriels, dont le chocolat, les glaces et les produits de boulangerie. De l'alimentation animale aux agro-carburants, le soja fait aujourd'hui partie intégrante de la vie quotidienne.

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

2.1-PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

L'essai a été réalisé dans la région de Ziguinchor qui se situe dans la partie Sud-Ouest du Sénégal à 12°33' Latitude Nord et 16°16' de Longitude Ouest, (ANSD, 2018) plus précisément au sein de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ). Selon Faye (2011) l'Université (figure 4) est située à cheval entre les quartiers de Kenya (au Sud), Diabir (à l'Ouest), Boucotte (au Nord) et Néma (à l'Est). Les sols ferrallitiques sont les seuls présents dans le domaine de l'université (Faye, 2011). Le climat est de type sud soudanien continental (Sagna et *al.*, 2012). Elle a la particularité d'être la zone la plus pluvieuse du pays. Sur la période 1951 à 2014, les précipitations enregistrées dans la région de Ziguinchor variaient entre 746 et 2007 mm soit une moyenne de 1345 mm, avec une température annuelle moyenne qui varie entre 20,7 °C et 34,1 °C

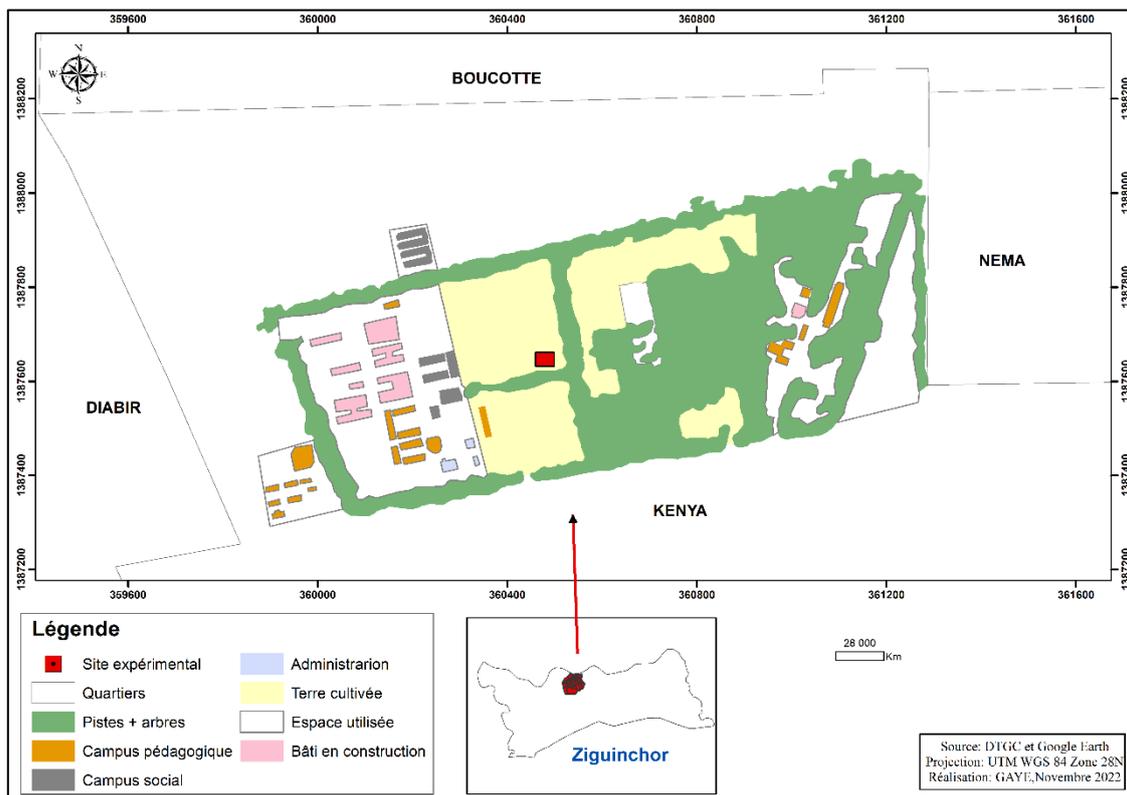


Figure 4: Plan d'aménagement de l'université

L'hivernage 2021 a été moins pluvieux que celui de 2020 avec moins d'évènements de pluies extrêmes (supérieures à 100 mm) dans la région de Ziguinchor. Il est aussi caractérisé par une fin tardive et par un début normal à précoce (ANACIM, 2021). La saison des pluies a duré environ cinq (05) mois dans cette zone sud du pays (figure 5), de juin à octobre.

Les mois d'août et septembre sont les plus pluvieux avec 326 mm et 401 mm respectivement. Le mois de juin marquant le début de l'hivernage est le moins pluvieux avec seulement 39 mm dans la région de Ziguinchor.

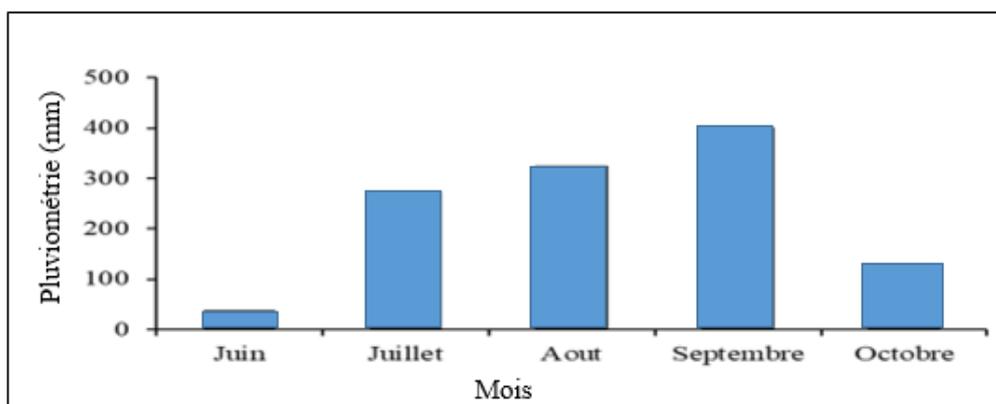


Figure 5: Pluviométrie mensuelle de l'année 2021 dans la région de Ziguinchor

Source: station météorologique de Ziguinchor (2021)

2.2-MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué de 15 variétés de soja (Tableau 1) provenant de l'IITA de la Zambie.

Tableau 1: Liste des variétés de soja étudiées

Variétés		
T267	R424	Panorama357
Afayak	Jenguma	A773
S882	S1150/6/22	Favour
S1187/6/25	M667	N390
Quarshie	K872	Panorama2

2.3-FACTEUR ETUDIE ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le facteur étudié est la variété dont chacune représente un niveau. Le dispositif expérimental (Figure 6) utilisé est celui de Fisher (blocs aléatoires complets) avec trois répétitions. Chaque répétition est composée de quinze (15) parcelles élémentaires. Chaque parcelle élémentaire longue de 5 m et large de 1,5 m est composée de 4 lignes de semis. L'écartement entre les lignes de semis est de 0,5 m et la distance entre les poquets sur la ligne de semis est de 5 cm. La distance entre 2 blocs et entre 2 parcelles élémentaires est de 1 m.

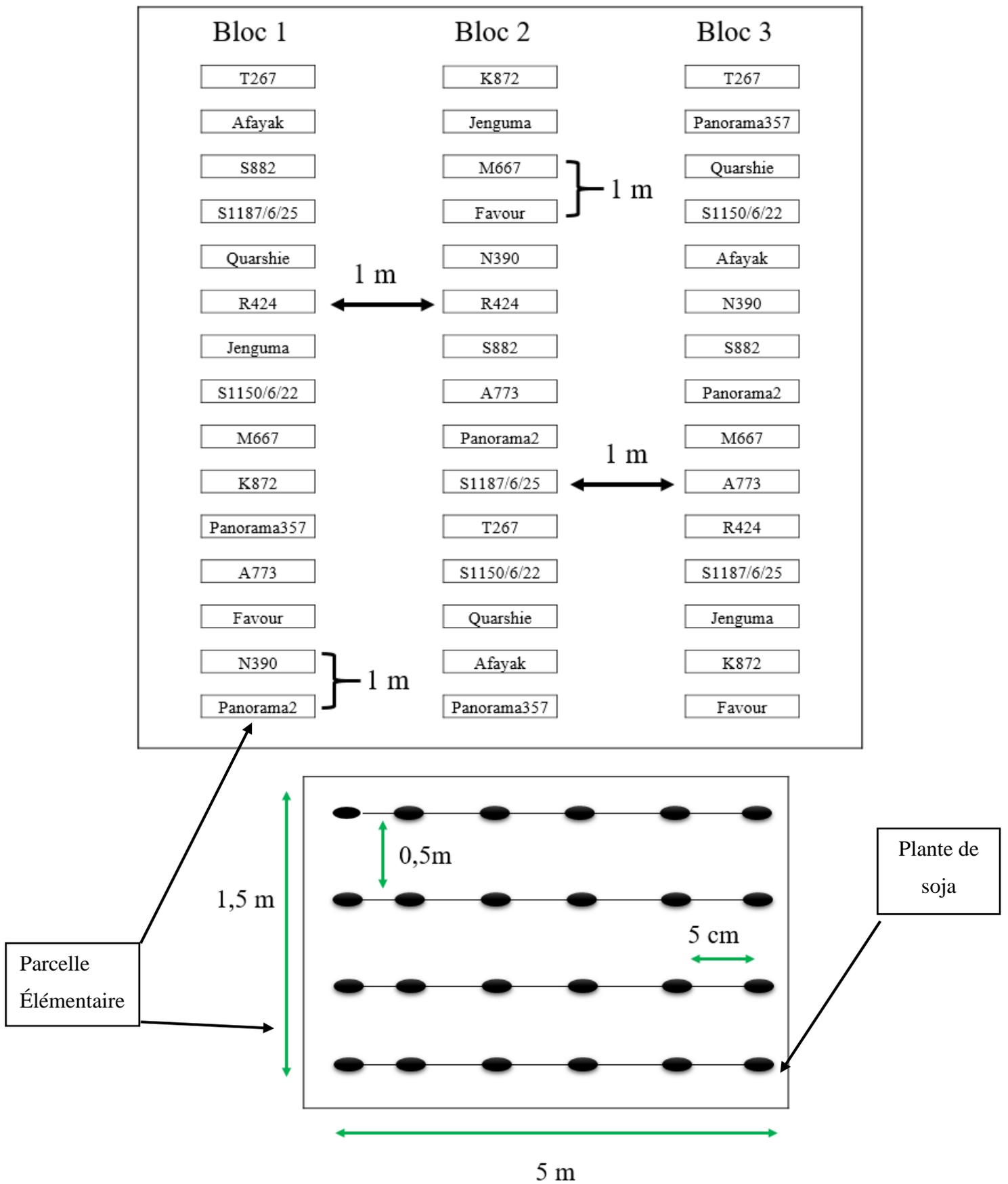


Figure 6: Schéma du dispositif expérimental

2.4-CONDUITE DE L'ESSAI

2.4.1-Echantillonnage et analyses de sol

Après le choix du site, des échantillons de sols ont été prélevés au sein de chaque bloc. L'échantillonnage a consisté à prendre dans chaque bloc 5 échantillons de sol pris entre 10 et 20 cm de profondeur après avoir nettoyé la surface. Les échantillons de sol sont séchés, mélangés et débarrassés des débris (racines, restes d'animaux, etc.). Ils sont mis dans des sacs en plastiques et envoyés vers le labo BROOKSIDE LABORATORIES, INC pour effectuer une analyse Chimique.

2.4.2-Préparation du sol

Le travail du sol a débuté le 17 juillet 2021. Il a consisté d'abord au désherber du terrain à l'aide de la machette. Ensuite un labour manuel peu profond avec un "kajandu" a été effectué. Enfin, un cordeau a été utilisé pour la délimitation de la surface d'étude subdivisée en parcelles élémentaires (figure 7). La méthode trois, quatre, cinq a été utilisée pour la délimitation afin d'avoir des angles droits sur les quatre côtés de la surface.



Figure 7: Mise en place de dispositif expérimental

2.4.3-Semis

Le semis a été effectué le 26 juillet 2021. Les graines ont été semées à une profondeur d'environ 3 cm dans des poquets distants de 5 cm.

Dans le souci de respecter la distance de 5 cm, un traceur a été fabriqué localement. En raison d'un déficit en nombre de graine, un semis à plat a été réalisé en raison de 2 graines pour les lignes centrales, soit 200 graines par ligne et une graine pour les lignes latérales.

2.4.4-Fertilisation

Deux (02) applications d'engrais ont été effectuées. L'engrais DAP (18-46-0) (figure 8) a été utilisé 22 JAS à la dose de 160 g/ligne pour la première fertilisation. Il a été appliqué par enfouissement dans un sillon situé à 5 centimètres de la ligne de semis à une profondeur d'environ 5 cm.



Figure 8: Sac d'engrais DAP (18-46-0)

La deuxième fertilisation a été effectuée 34 JAS. Un mélange composé de 25 kg de DAP et de 50 kg d'urée a été appliqué à la dose de 120 g/ligne (figure 9).



Figure 9: Application du mélange (DAP plus urée)

2.4.5-Démariage

Un démariage à une plante par poquet pour les lignes centrales a été effectué 24 JAS (figure 10).



Figure 10: Démariage

2.4.6-Desherbage

Deux opérations de désherbage manuel avec des binettes (figure 11) ont été effectuées aux 15^{eme} et 35^{eme} JAS.



Figure 11: Désherbage manuel

2.4.7-Récolte

A la maturité, la récolte est réalisée manuellement en coupant la plante au niveau du collet pour récupérer la partie aérienne. Après la récolte, les graines sont séchées au soleil sur des bâches pendant une semaine. Après le séchage, les graines sont libérées des gousses grâce au battage. Le vannage (figure 12) permet de séparer les graines des débris.



Figure 12: Vannage

2.5-OBSERVATIONS ET MESURES

Toutes les observations et mesures ont été effectuées au niveau des 2 lignes centrales qui constituent ainsi la parcelle utile.

2.5.1-Taux de levée

Une semaine après le semis, la levée est relevée en comptant le nombre de plants ayant émergées sur les deux lignes centrales de chacune des parcelles. Après comptage le nombre de jeunes plants qui ont émergées divisé par le nombre total de graines semées constitue le pourcentage de levée.

$$\text{Taux de levée} = \frac{\text{nombre de plantes levées}}{\text{nombre de graines semées}} \times 100$$

2.5.2-Date de floraison

Elle est obtenue en notant la date où 50% des plantes des deux lignes centrales ont au moins une fleur épanouie (figure 13). Une observation quotidienne s'imposait à partir de l'apparition de la première fleur dans la parcelle.



Figure 13: Fleur épanouie

2.5.3-Date de maturité

Elle est obtenue en notant la date où au moins 85% des plantes de la parcelle utile sont à maturité. L'observation de la maturité repose sur le changement de couleur des gousses qui passent du vert au brun ou beige (figure 14).



Figure 14: Plantes de soja à maturité

2.5.4-Hauteur des plantes à maturité

Elle a été mesurée dans chacune des parcelles utiles sur 5 plantes au hasard, de la base de la tige principale au bourgeon apical. La mesure est effectuée avec une règle graduée (figure 15).



Figure 15: Mesure de la hauteur d'une plante de soja

2.5.5-Verse

La verse a été évaluée sur une échelle de sévérité de 1 à 5 avec :

- + Niveau 1: Presque toutes les plantes sont dressées ;
- + Niveau 2: 10 à 25 % plantes sont penchées ;
- + Niveau 3: 25 à 50 % des plantes sont inclinées modérément
- + Niveau 4: 50 à 80 % des plantes sont inclinés considérablement
- + Niveau 5: Toutes les plantes sont inclinées.

La verse a été observée à la maturité des plantes.

2.5.6-Déhiscence

La déhiscence a été observée 15 jours après que les plantes aient atteint leur maturité sur une échelle de sévérité allant de 1 à 5 avec :

- + Niveau 1: Aucune plante déhiscente ;
- + Niveau 2: 10 à 25 % des plantes sont déhiscentes ;
- + Niveau 3: 25 à 50 % des plantes sont déhiscentes ;
- + Niveau 4: 50 à 80 % des plantes sont déhiscentes ;
- + Niveau 5: Toutes les plantes de la parcelle sont déhiscentes.

2.5.7-Rendement

La production de chaque parcelle utile est pesée avec une balance électronique de précision 1g. Après pesée, le poids des graines a été rapporté à la surface de la parcelle utile pour obtenir le rendement.

$$\text{Rendement (t/ha)} = \frac{\text{poids total des graines de la parcelle utile (en t)}}{\text{superficie de la parcelle utile (5 m}^2\text{)}} \times 10000 \text{ m}^2$$

2.5.8-Poids de 100 graines

Il a été obtenu en faisant la moyenne des poids de trois lots de cent grains prélevés dans chaque parcelle utile à l'aide d'une balance électronique (figure 16) de précision 10^{-4} g.



Figure 16: Pesée du poids des 100 graines

2.6-ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Les données collectées sur le terrain ont été saisies sur le tableur Excel également utilisé pour le codage des données. En ce qui concerne l'analyse de variance (ANOVA) et la matrice de corrélation le logiciel IBM SPSS version 23 a été utilisé. Le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5% a été effectué pour la comparaison de moyennes.

CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION

3.1-RESULTATS

3.1.1-Taux de levée

La figure 17 présente la variation du taux de levée en fonction des variétés étudiées. Il existe une différence hautement significative ($P=0,004$) entre les variétés et 2 groupes sont identifiés. Les taux de levée les plus importants ont été observés chez deux variétés: S882 (73%) et R424 (74%) tandis que les plus faibles taux sont observés au niveau de Jenguma (46%) et M667 (47%) n'atteignant même pas les 50%. Toutefois il faut noter que le reste des variétés ont un taux de levée non négligeable dépassant toutes les 50 % et avoisinant les 70 % (pour certaines).

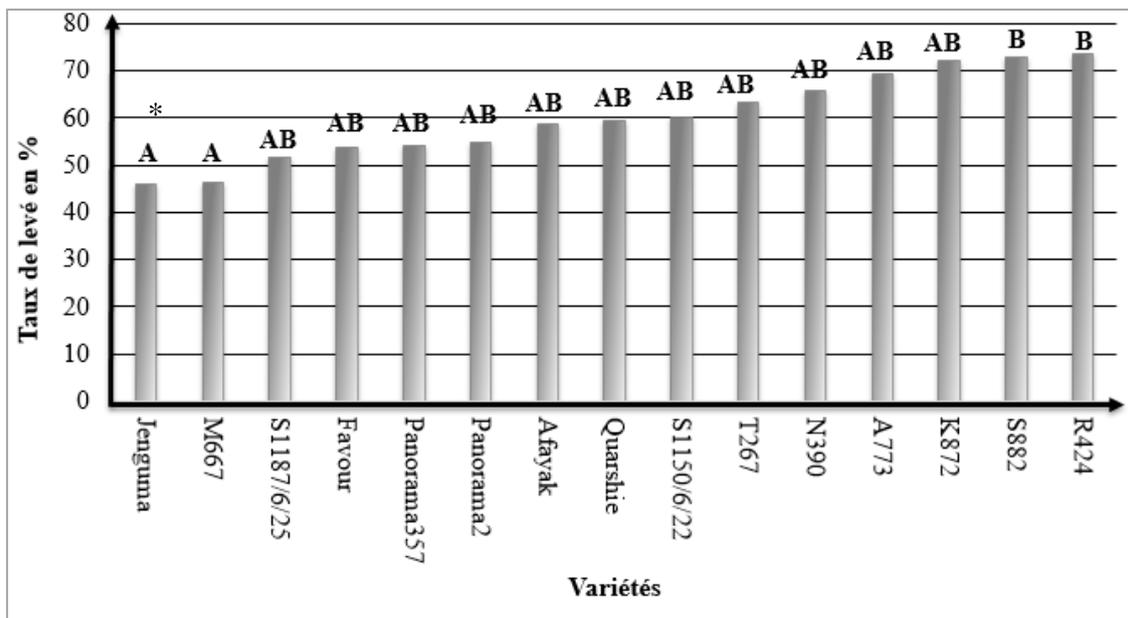


Figure 17: Taux de levée en fonction des variétés

* Il n'existe pas de différence significative entre les variétés ayant les mêmes lettres (Test de SNK au seuil de 5%).

3.1.2-Date de floraison

Les dates de floraison des quinze variétés étudiées sont présentées à la figure 18. Il y a une différence très hautement significative ($P<0,001$) entre les dates de floraison des différentes variétés. Le test de Student-Newman-Keuls montre une subdivision de 7 groupes. La date de floraison la plus précoce est obtenue avec les variétés S1150/6/22, A773, R424 et S1187/6/25 qui ont fleuri avant 36 JAS. Les variétés Favour, Afayak, Jenguma et Quarshie sont les dernières à fleurir (47 à 49 JAS).

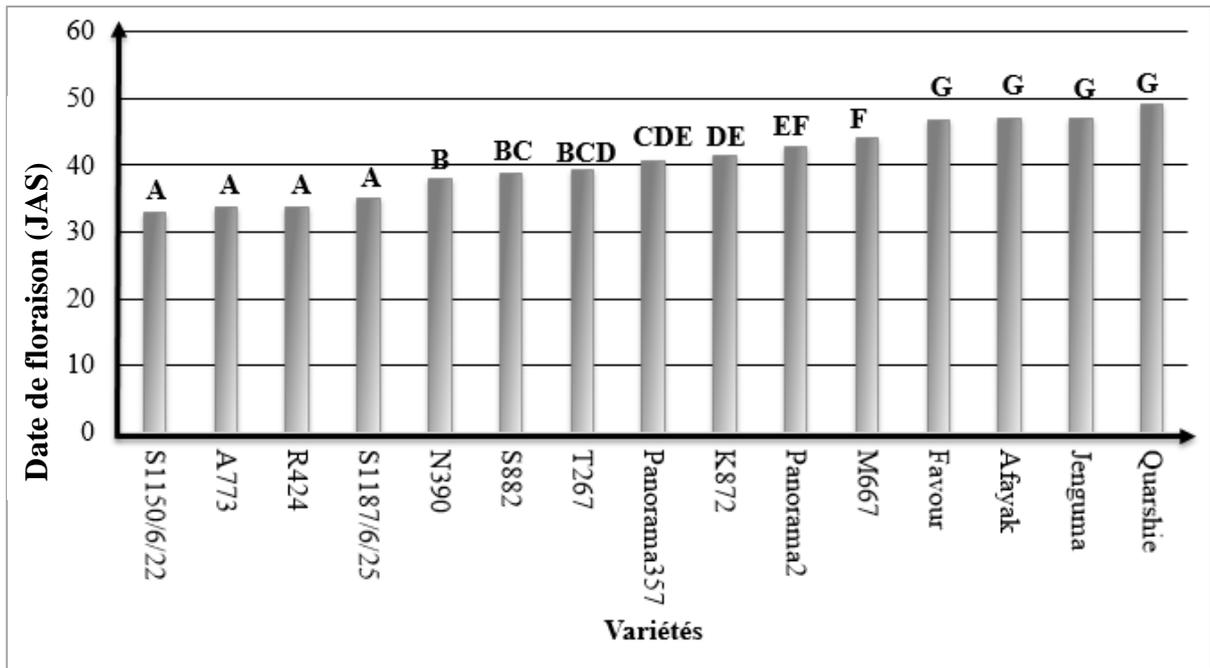


Figure 18: Date de 50% à floraison en fonction des variétés.

3.1.3-Maturité

La figure 19 présente le nombre de jour mis par les variétés avant d’atteindre la maturité. Il existe une différence hautement significative ($P < 0,0001$) entre les variétés. Le test de SNK distingue cinq groupes. La variété la plus précoce A773 arrive à maturité à 78 JAS tandis que les variétés les plus tardives Afayak, Quarshie, Panorama2, Jenguma et Favour atteignent la maturité 32 jours plus tard.

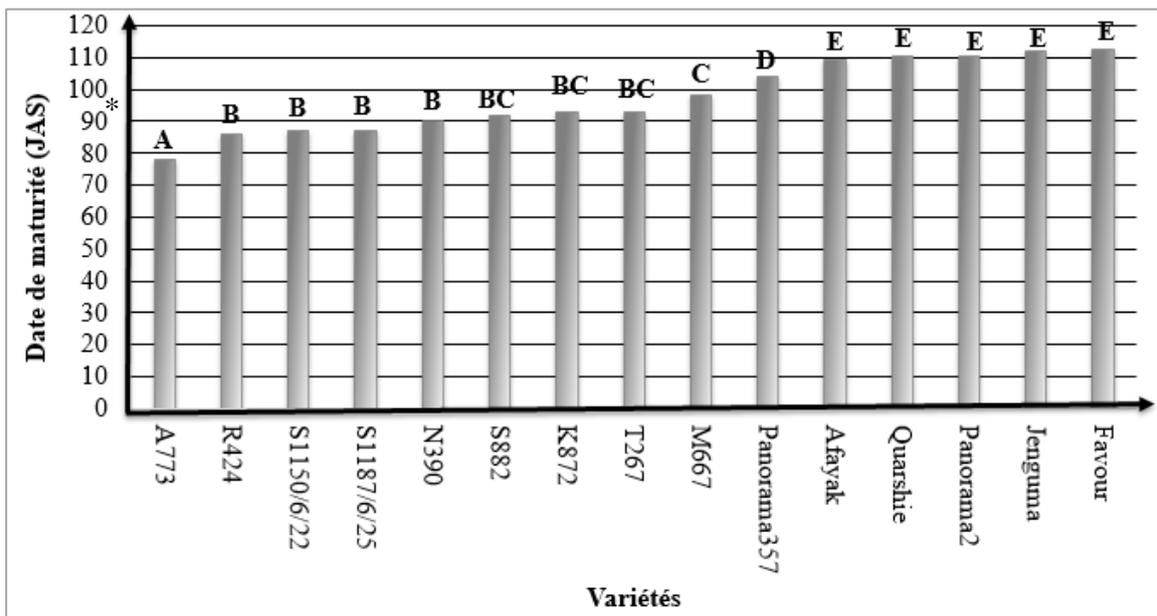


Figure 19: Date de maturité en fonction des variétés

* Il n'existe pas de différence significative entre les variétés ayant les mêmes lettres (Test SNK au seuil de 5%).

3.1.4-Hauteur des plantes

La variation de la hauteur moyenne des plantes en fonction des différentes variétés est illustrée par la figure 20. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence hautement significative ($P < 0,0001$) entre les variétés. En effet, cette différence se traduit par une plus haute taille des variétés Panorama 2 (78 cm) et Panorama 357 (87 cm) comparées aux autres variétés.

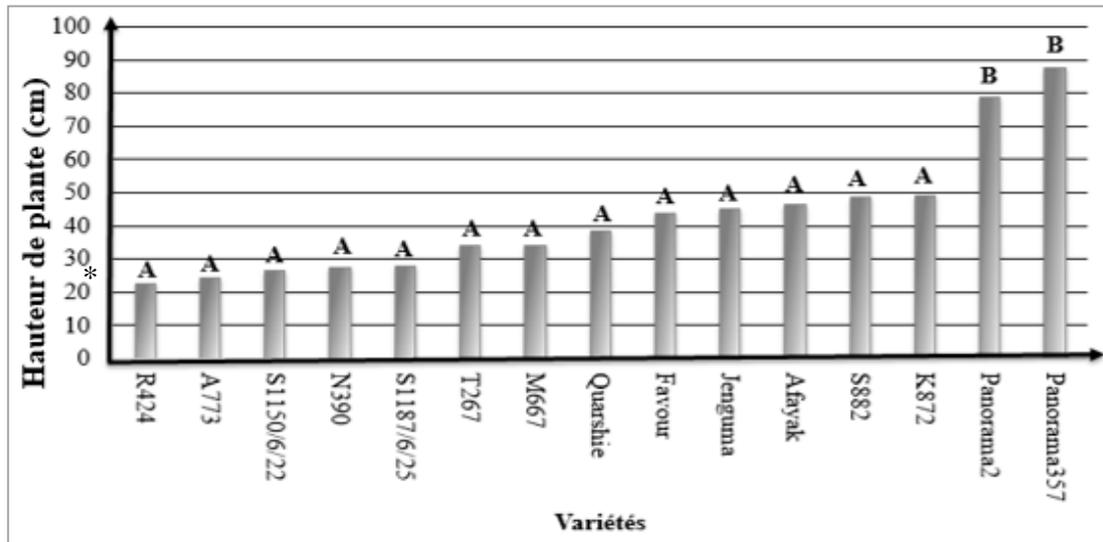


Figure 20: Hauteur des plantes en fonction des variétés

* Il n'existe pas de différence significative entre les variétés ayant les mêmes lettres (Teste de Fisher au seuil de 5%).

3.1.5-Poids de 100 graines

La figure 21 présente le poids de 100 graines des différentes variétés étudiées. Il existe une différence hautement significative ($P = 0,001$) entre les variétés. Le test de Student-Newman-Keuls décèle 3 groupes. Les variétés qui présentent le poids de 100 graines le plus important sont T267 (15,73g) et N390 (16,30g) tandis que le plus faible poids est observé au niveau de A773, Jenguma et Quarshie avec moins de 12 g. Toutefois il faut noter que des variétés telles que Panorama 2, M667, Panorama 357, Afayak, K872, R424S, 1150/6/22 et S882 ont un poids de 100 graines non négligeable.

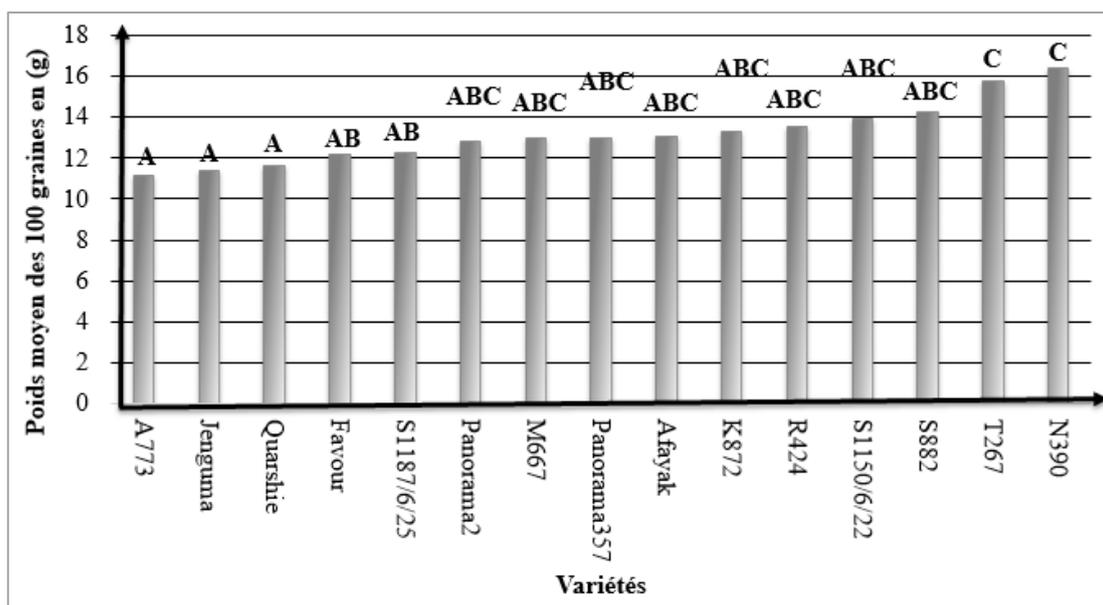


Figure 21: Variation du poids des 100 graines en fonction des variétés

3.1.6-Rendement

Le rendement (en fonction des variétés) est consigné dans la figure 22. D'après les analyses, les différences observées ne sont pas statistiquement significatives ($P = 0,127$). En dépit de cela on distingue quand même des variétés plus performantes que d'autres en termes de valeur absolu avec des rendements atteignant voire dépassant 1,5 t/ha. C'est le cas par exemple des variétés Afayak (2,06 t/ha), Panorama2 (1,52 t/ha), Panorama357 (1,51 t/ha) et Favour (1,46 t/ha).

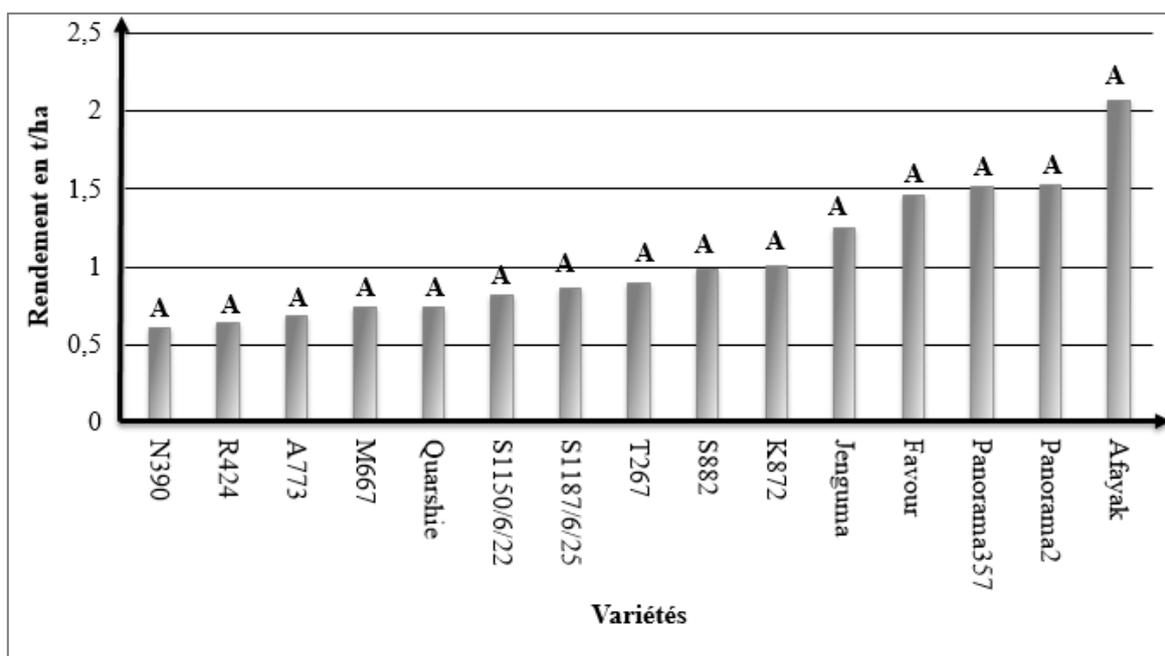


Figure 22: Rendement en graines en fonction des variétés

3.1.7-Verse et déhiscence

Le niveau de sévérité de la verse et de la déhiscence des quinze variétés étudiées est consigné dans le tableau 2

Tableau 2: Niveau de verse et de déhiscence des différentes variétés

Variétés	Verse niveau	Déhiscence niveau
R424	1	1
N390	1	1
A773	1	1
Quarshie	1	1
S882	1	1
K872	1	1
T267	1	1
S1150/6/22	1	1
M667	1	1
S1187/6/25	1	1
Favour	1	1
Panorama357	1	1
Panorama2	1	1
Jenguma	1	1
Afayak	1	1

3.1.8-Relation entre les variables étudiés

La matrice de corrélation de Pearson (Tableau 3) a montré que le rendement en graines (**RD**) est positivement corrélé à la date de floraison(**r=0,33**), à la maturité (**r=0,50**) et surtout à la hauteur des plantes (**r=0,59**). Ce qui signifie que plus les variétés ont une date de 50 % à floraison tardive, une maturité tardive et une hauteur des plantes élevées plus leur rendement en graine est importante. La date de maturité est significativement et positivement corrélée à la date de floraison et à la hauteur des plantes avec les coefficients de corrélation (r) respectifs de **0,89** et **0,53**. Il ressort aussi de l'analyse de cette matrice que le taux de levée est significativement et négativement corrélé à la date de floraison (**r= -0,37**) et à la maturité (**r= -0,45**). Le poids des 100 graines n'est pas significativement corrélé avec les autres paramètres.

Tableau 3: Matrice de corrélation de Pearson

Paramètres	TL	DF	MA	HA	RD	P.100
TL	1					
DF	-0,373*	1				
MA	-0,452**	0,891**	1			
HA	-0,172	0,334*	0,533**	1		
RD	-0,197	0,331*	0,497**	0,592**	1	
P.100	0,226	-0,23	-0,171	-0,105	-0,011	1

Légende : **TL**= Taux de levée; **DF**= Date de 50% à floraison; **MA**= Maturité; **HA**= Hauteur; **RD**= Rendement en graine (t/ha); **P.100**= Poids des 100 graines (g);

* La corrélation est significative au niveau 0,05 ($P \leq 0,05$)

** La corrélation est significative au niveau 0,01 ($0,01 < P \leq 0,05$)

3.1.9-Analyse de sol

Les trois principaux macronutriments dont le soja a le plus besoin sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Les valeurs obtenues de ces macronutriments en partie par million (mg kg⁻¹) ainsi que le Ph du sol sont consignés dans le tableau 4. Le pH montre que le sol est acide.

Tableau 4: Résultat de l'analyse de sol

Macronutriments	
Azote	33 ppm
Phosphore	26 ppm
Potassium	34 ppm
Ph= 4,5	

3.2-DISCUSSION

Un taux de levée très variable et généralement très faible (aucune variété n'atteint 80 %) a été noté chez les variétés étudiées. Le faible taux de germination observé pourrait s'expliquer par des facteurs intrinsèques du milieu. L'excès d'eau dans le sol pendant le semis, peut être à l'origine du pourrissement de plusieurs graines entraînant un faible taux de levée. En effet selon Salinas et *al.*, (1989), un excédent en eau constitue un facteur limitant dans l'émergence du soja. Il faut rappeler que le semis a été réalisé le 26 juillet en pleine saison des pluies, avec des précipitations très abondantes pendant cette période. Un deuxième facteur explicatif peut être la nature du sol qui est lourd, créant ainsi un problème de levée au niveau de la graine. Il est connu que le soja germe difficilement sur les sols très lourds (Nieuwelink, 2005). Le troisième facteur pourrait être les attaques d'oiseaux surtout pour les parcelles situées aux extrémités du périmètre de l'essai.

L'étude de la date de floraison a montré une variabilité entre les différentes variétés étudiées. Les variétés les plus précoces (S1150/6/22, A773, R424 et S1187/6/25) ont fleuri avant 36 JAS et les plus tardives (Favour, Afayak, Jenguma et Quarshie), 47 à 49 JAS. Une précocité de la floraison a été notée. En effet, toutes les variétés ont fleuri avant 50 JAS. Cette précocité peut être expliquée par des conditions liées aux facteurs environnementaux du milieu: d'abord la température et ensuite la photopériode. Selon Parker et Borthwick (1943), l'induction florale du soja est très sensible à la température nocturne dont la valeur optimale est comprise entre 21 et 27 °C et la photopériode. En effet le soja est une plante classée dans la catégorie des plantes à « jours courts » donc très sensible à la variation de la longueur du jour. Or l'essai a été réalisé entre le mois de Juillet et de novembre, une période où les températures sont relativement élevées et où la longueur du jour diminue. Cette combinaison entre température élevée et durée des jours en train de décroître serait également une cause du raccourcissement du cycle végétatif. Les résultats obtenus sur la date de floraison sont conformes avec les résultats obtenus par Bah (2021), et différents de ceux obtenus par (Nzoue et *al.*, 2003) dont les dates de floraison se situaient entre 52 et 59 JAS.

En ce qui concerne la maturité, les résultats obtenus montrent que les variétés les plus tardives (Afayak, Quarshie, Panorama2, Jenguma et Favour) sont arrivées à maturité 110 JAS tandis que la variété la plus précoce, A773 est arrivée à maturité 78 JAS. Nos résultats sont en phase avec les travaux de Nieuwelink (2005) qui ont catégorisé les variétés les plus précoces comme

étant celles qui arrivent à maturité entre 75 et 105 JAS et les plus tardives, entre 110 et 140 JAS. Les résultats obtenus sur la maturité corroborent les résultats obtenus par Bah (2021) dont les variétés les plus précoces bouclent leur cycle 95 JAS et les plus tardives, 115 JAS.

Pour la taille des plantes, les variétés précoces sont les plus courtes. Les autres variétés mesurent au moins 40 cm. Comme Boni (2015), il est constaté que les variétés sont de grande taille. Ces résultats obtenus diffèrent de ceux de Bah (2021) qui distingue des tailles variant de 32 à 126 cm. Cette différence peut être expliquée par la baisse précoce des pluies en mi-octobre c'est-à-dire à 79 JAS. Selon C.R.E.A.B. MP (2015), la hauteur des plantes d'une variété peut diminuer de 7 à 28 cm d'une saison de bonne pluviométrie à une saison de mauvaise pluviométrie. En effet, le développement végétatif des plantes est dépendant des conditions pédoclimatiques du site (IRAD/CNSPG, 2006).

Un poids des 100 graines généralement faible a été obtenu chez les variétés étudiées. Il varie entre 11,5 g (pour le poids le plus faible) et 16,30 g (pour le poids le plus élevé). L'ensemble de ces conditions (semis tardif, arrêt des pluies) peut être un facteur explicatif de ces résultats. En effet, il est à l'origine d'un déficit hydrique pendant la période de remplissage des gousses affectant ainsi la qualité des graines qui a une répercussion sur le poids des graines. A cela s'ajoute également la teneur en potassium (K) (inférieur à 60 ppm) comme étant faible pour la culture du Soja dans un sol acide (pH= 4,5) (Mehlich, 1984 ; Sawyer et Mallarino, 1999). La carence en potassium affecte la qualité des graines et de facto a une répercussion sur le poids des graines (Borkert *et al.*, 1989). Ces résultats sont sensiblement similaires à ceux de Bah (2021) qui avait trouvé des poids de 100 graines variant entre 11,1 et 19,2 g mais différents de ceux de N'zoue *et al.*, (2003) dont les poids de 100 graines variaient entre 17 et 22,5 g.

Les rendements en graines obtenus varient entre 0,71 t/ha et 2,06 t/ha. Les rendements les plus faibles ont été notés chez les variétés à floraison précoce. Ceci s'explique par le fait que ces variétés ont accumulé, avant leur floraison, beaucoup moins d'assimilats que les variétés plus tardives. Ce qui s'accorde avec les recherches de Whigham *et al.*, (1978), Parvez et Gardner (1987), Board et Settimi (1988), Kenworthy *et al.*, (1989) qui trouvent que la floraison précoce s'accompagne de modifications morphologiques marquées par une réduction du nombre de nœuds, de la hauteur des plants, de la superficie foliaire et du rendement. Les rendements obtenus sont faibles comparés au rendement potentiel, qui est de l'ordre de 4 t/ha (FAOSTAT, 2016) mais sont plus élevés que ceux obtenus par Bah (2021) dont le rendement

maximal était de 1,657 t/ha. Les faibles rendements obtenus dans cette étude peuvent être expliqués par l'acidité du sol (pH= 4,5) qui est un facteur limitant dans la production du soja. Il a des effets directs et indirects sur les autres facteurs. Parmi les effets indirects de l'acidité du sol, la toxicité aluminique est probablement le principal facteur limitant de la croissance des plantes (Martini et *al.*, 1974; Borkert et *al.*, 1975). Les autres effets indirects de l'acidité du sol affectent la nature, la quantité et l'activité des micro-organismes impliqués dans les transformations de la matière organique ainsi que de la disponibilité de l'azote pour la plante. L'obtention des rendements maximum exige un apport adéquat d'eau pendant la période critique de développement des graines mais également un sol neutre.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude réalisée dans la région de Ziguinchor avait pour objectif d'identifier des variétés de soja adaptées aux conditions pédoclimatiques de la Basse Casamance. Le taux de levée, la hauteur des plantes, les dates de floraison et de maturité ainsi que le rendement ont été déterminés. A cela s'ajoute également des observations sur la sensibilité des variétés à la verse et à la déhiscence.

Toutes les variétés testées se sont révélées tolérantes à la verse et à la déhiscence. En dépit d'un semis tardif et de l'arrêt précoce des pluies certaines variétés se sont révélées très performantes. La variété R424 est adaptée si l'on considère son taux de levée, sa précocité, et sa productivité en graines. Cependant les variétés Afayak, Panorama 2, Panorama 357 et Favour se sont révélées performantes par leur rendement en termes de valeurs absolues qui varient entre 1,46 t/ha à 2,06 t/ha.

En perspective nous suggérons:

- que l'étude soit poursuivie avec des dates de semis plus précoces et sur des sols au pH plus élevé.
- qu'une analyse bromatologique soit faite pour voir la qualité nutritive des graines des variétés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACIA., 1996. Document de biologie (1996-10): La biologie du *Glycine max* (L.) Merr. (Soja). Cahier parallèle à la Directive 94-08, Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux, 12 p.

ANACIM., 2021. Rapport annuel du Groupe de Travail Pluridisciplinaire pour le suivi de la campagne agricole 2021 (gtp national), édition 2021.45 p

ANSD., 2018. Situation Economique et Sociale de la Région de Ziguinchor, édition 2015.17 p

APME 2A., 2009. Etude sur la filière soja au Burkina Faso. Rapport final, Ouagadougou, Burkina Faso, 62 p.

ARTIGOT M. P., 2012. Etude du déterminisme génétique des différences de teneurs et de profils en isoflavones dans la graine de soja (*Glycine max* L. Merrill). Thèse de doctorat /Discipline : Pathologie, Toxicologie, Génétique et Nutrition. Institut national polytechnique de Toulouse (INP Toulouse), Université de Toulouse, France, 218 p.

Baboy L.L., Kidinda K.L., Kilumba K.M., Langanu S., Mazinga M., Tshipama D., & Kimuni L., 2015. Influence du semis tardif sur la croissance et le rendement du soja (*Glycine max* Merrill) cultivé sous différents écartements à Lubumbashi, RD Congo [Influence of late sowing on growth and yield of Soybean (*Glycine max* Merrill) grown under different spaces in Lubumbashi, DR Congo]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12(1), 104.

Bah, O., 2021. Exploitation de la diversité biologique du Soja dans le cadre de l'amélioration de la sécurité alimentaire au Sénégal : étude du comportement agro morphologique de 40 variétés de soja *Glycine max* (L.) Merrill) dans la zone agro écologique de la moyenne Casamance. Available at: <http://rivieresdusud.uasz.sn/xmlui/handle/123456789/1397> (Accessed: February 2022).

BOARD, J.E. ET SETTIMI, J. R., 1988. Photoperiod requirements for flowering and flower production in soybean. *Agron. J.*, 80: 518- 525.

BONI. B., 2015. Caractérisation agro-morphologique des variétés de soja (*Glycine max* (L.) Merr) de la collecte vivante au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur d'agriculture. Centre agricole polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso 84 p.

BORKERT, C.M., DE B. FRANÇA NETO, J. & HENNING, A.A., 1989. Potassium fertilization reduces seed infection by *Phontopsis* sp. and improves seed quality. In A.J. Pascale, éd. Actas IV. Conf. Mundial de Investigaciôn en Soja, Buenos Aires, 5-9 mars, p. 2265-2275. Buenos Aires, Argentine, Asociaciôn Argentina de la Soja (AASOJA).

BORKERT, C.M., FREIRE, J.R.J., VIDOR, C. & GRIMM, S.S., 1975. Efeito do calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos oxissolos Santo Ângelo e Passo Fundo e absorção de manganês por duas cultivares de *Glycine max* (L.) Merrill. Agron. Sulriograndense, 11:

C.R.E.A.B. MP., 2015. Résultats de l'essai variétés de soja conduit en sec en agriculture biologique : campagne 2015. Midi-pyrénées, France, 18 p.

CAE., 2001. Etude pour la promotion des filières agro-industrielles, Bamako, Mali, 166 p.

CETIOM., 2011. Guide de culture : soja bio, centre de Grignon, France, 24 p.

CIA., 1996. Document de biologie (1996-10) : La biologie du *Glycine max* (L.) Merr. (Soja). Cahier parallèle à la Directive 94-08, Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux, 12 p.

CIRAD-GRET., 2002. Memento de l'agronome. Editions du GRET, éditions du CIRAD, Ministère français des Affaires étrangères. ISBN : 2- 86844 - 129 -7. 198 p.

CNUCED., 2016. Soja : un profil de produit de base par INFOCOMM. Conférence des nations unies sur le commerce et le développement. Genève, Suisse, 25 p.

DORE, C. ET VAROQUAUX, F., 2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Éditions Quae, 840 p..

FAO., 2007. Future Expansion of Soybean 2005-2014. Bureau Régional de la FAO pour l'Amérique latine et la zone caraïbe, Rome, Italie.

FAO., 2020. Perspectives de récolte et situation alimentaire #1, mars 2021. In 2020 Rapport mondial trimestriel (Ed.), Perspectives de récolte et situation alimentaire #1, mars 2021. <https://doi.org/10.4060/cb3672fr>

FAYE.M.M., 2011. Cadre de Gestion Environnementale et Sociale (CGES). Projet Gouvernance et Financement de l'Enseignement Supérieur pour les Résultats (GFESR) au Sénégal.39 p

FAOSTAT., 2016. Les derniers enregistrements pour l'indicateur: Soja-Production (Tonnes):Togo.[http://20modiale%202016/Togo%20%20Soja%20%20Production%20\(Tonnes\)%20-%202016.html](http://20modiale%202016/Togo%20%20Soja%20%20Production%20(Tonnes)%20-%202016.html).

IITA., 2000. Annual report. International institue of tropical agriculture, Ibadan, Nigéria, 60 p.

IRAD/CNSPG., 2006. Cultures de diversification : Étude de faisabilité du soja et du tournesol dans la zone cotonnière du Nord Cameroun. Résultats de la campagne expérimentale 2006. Institut de recherche agricole pour le développement/Centre du nord, station polyvalente de Garoua, Garoua, Cameroun, 55 p.

KABALAN R., 1998. Consommation en eau et productivité d'une culture du soja à la bekaa INRA 30p.

KARABONEYE F., 2013. Caractérisation de l'efficacité symbiotique de lignées africaines de soya à haute promiscuité. Maitrise en biologie végétale, université Laval, Québec, Canada, 123 p.

KENWORTHY, W.J., BROWN, A.H.D. & THIBOU, G.A., 1989. Variation in flowering re- sponse to photoperiod in perennial Glycine species. *Crop Sci.*, 29: 6

KONAN G., 2014. Transformations alimentaires du soja en Côte d'Ivoire. www.wishh.org/wp-content/uploads. (Consulté le 23 mars 2022)

LABALETTE.F., 2015. Le soja, leader mondial des sources riches en protéines végétales. Communication à la rencontre technique régionale sur le soja, Chalon sur Saône, France 12p.

LAURENT X., 2011. La culture familiale du Soja en zones tropicales.Expérience et pratique au Cameroun (Nord et Sud), document 11 a – bamisagora.org, 13 p.

MAHRH., 2011. Manuel technique de production pour des semences certifiées : maïs/sorgho/mil/niébé/arachide/soja/sésame, ministère de l'agriculture de l'hydraulique et des ressources halieutiques, Ouagadougou, Burkina Faso, 85 p.

MARTINI, J.A., KOCHHANN, R.A., SIQUEIRA, D.J. & BORKERT, C.M., 1974. Response of soybeans to liming as related to soil acidity. Al and Mn toxicities and P in some oxisols of Brazil. *Soil Sri. Amer. Proc.*, 38: 616-620.

MEHLICH, A., 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15 (12), 1409-1416.

MEHMET, O. Z., 2008. Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in soybean. *African Journal of Biotechnology*, 7(24)

N'zoué, A. Kouamé, C. Mondeil, F. 2003. Analyse agro-morphologique de deux lignées de soja (*Glycine max* L. MERR) , *Agronomie africaine*, 15(3), pp. 93–104.

NIEUWELINK, J. 2005. AD10F La culture du soja et d'autres légumineuses. *Agromisa Foundation*, 75 p

PARKER, M.W. & BORTHWICK, H.A., 1943. In- fluence of température on photoperiodic reactions in leaf blades of Biloxi soybeans. *Bot. Gaz.*, 104: 612-629.

PARVEZ, A.Q. & GARDNER, F.P., 1987. Day length and sowing date responses of soybean lines with "Juvénile" trait. *Crop Sci.*, 27: 305-310.

RAMARSON, H., 2002. Etude de faisabilité techico-économique du Soyourt ou lait de soja fermenté. Mémoire d'ingénieur en Agronomie option IAA, ESSA, Ankatso/ Antananarivo, Madagascar, 68 p

- RIENKE N., JOKE N., 2005.** La culture du soja et d'autres légumineuses. CTA, Série Agrodok No. 10, *AGROMISA*, ISBN 90-8573-012-0. Fondation Agromisa, seconde édition, Wageningen, Pays-Bas, 76 p.
- SAGNA P., YADE M. & SAMBOU P.C., 2012.** Migrations de l'équateur météorologique, fréquences de la mousson et importance des précipitations au Sénégal en 2008 et 2009. Annales de la faculté des lettres et sciences humaines N° 42/B -2012, Université Cheikh Anta Diop.
- SALINAS, A. R., SANTOS, D.S.B., SANTOS FILHO, B.G., GOMES, A.S., MELO, V.D.C. & ZONTA, E.P., 1989.** Comportamiento de genotipos de soja, hasta el estado de plántulas, en diferentes niveles de humedad. ht A.J. Pascale, éd. Actes IV Conf. Mondial de Investigación en Soja, Buenos Aires, 5-9 mars, p. 376-382. Buenos Aires, Argentine, Asociación Argentina de la Soja (AASOJA).
- SAWYER, J. E.; MALLARINO, A. P., 1999.** Differentiating and understanding the Mehlich 3, Bray, and Olsen soil phosphorus tests, 8p
- SOJAXA., 2020.** Le soja français, une solution pour manger responsable. Dossier de presse ,10p
- TAMINI Z., 1982.** Contribution à l'étude morphogénétique de la chute des organes fructifères chez le soja (*Glycine max* (L) Merrill) cultivé au champ et en conditions contrôlées. Thèse de doctorat. UFR de recherche scientifique et technique, Université de Clermont II, Clermont, France.
- UPOV., 1998.** Principes directeurs pour la conduite de l'examen des caractères distinctifs, de l'homogénéité et de la stabilité : soja (*Glycine max* (L.) Merr). Genève, Suisse, 41 p.
- Wey J, Ganry F, Larcher J, Ndiaye M., 2004.** Le soja, une alternative pour les agriculteurs sénégalais ? Synthèse des résultats d'un projet de recherche conduit à l'ISRA Bambey entre 1970 et 1983. Montpellier: CIRAD, 32 p. N° de rapport: CIRAD-TERA N°03-04
- WHIGHAM, D.K., MINOR, H.C. & CARMER, S. G., 1978.** Effects of environment and management on soybean performance in the tropics. *Agron. J.*, 70: 587-592.
- WISHH., 2014.** L'initiative mondiale pour le soja dans la santé humaine et le pouvoir des partenariats. <http://www.wishh.org> (consulté le 23 mars 2022)