

UNIVERSITÉ ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT D'AGROFORESTERIE

Mémoire de fin de cycle

MASTER : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers

Sujet :

Exploitation de la diversité biologique du Soja dans le cadre de l'Amélioration de la Sécurité Alimentaire au Sénégal : Etude du comportement agro morphologique de 40 variétés de soja (*Glycine max (L.) Merrill*) dans la zone agro écologique de la moyenne Casamance

Présenté par :

M. Oumar BAH

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

Encadreur : Djibril SARR Enseignant-Chercheur (UASZ)

Soutenu publiquement le 17 Juillet 2021 devant le jury

Président : **Mme Siré DIEDHIOU** Maître de conférences UFR-ST/ UASZ

Membres : **M. Djibril SARR** Maître-Assistant UFR-ST/ UASZ

M. Ismaila COLY Maître-Assistant UFR-ST/ UASZ

M. Antoine SAMBOU Maître-Assistant UFR-ST/ UASZ

Année Universitaire 2019 – 2020

DEDICACES

Je dédie ce travail :

A mes chers parents ABDOURAHMANE et FATOU pour l'éducation et les valeurs que vous m'avez inculqué. Vous avez toujours pris soin de moi et vous avez toujours été là pour me permettre de grandir dans un environnement sain et épanoui. Si j'arrive à cette étape de ma vie aujourd'hui c'est grâce à votre soutien, vos conseils et vos bénédictions. Je ne saurai vous payer pour tous ces sacrifices que vous avez consentis fussent-ils le poids d'un atome. Je prie néanmoins le tout puissant de vous accorder une longue vie, une bonne santé pour que vous puissiez, ne serait-ce qu'un seul jour, récolter le fruit de votre incommensurable labeur. AMINE !

REMERCIEMENTS

Je rends grâce d'abord au TOUT MISERICORDIEUX de m'avoir donné le courage, la volonté et la motivation nécessaire pour accomplir ce travail. Ces quelques mots sont pour moi une occasion de remercier les personnes qui, de près ou de loin et de manières diverses à la réalisation de ce travail. Mes sincères remerciements vont à l'endroit de :

- ❖ Dr Djibril SARR pour la confiance qu'il a portée à ma personne en dirigeant ce travail. Par ailleurs je ne cesserai de le remercier pour sa disponibilité, son sens d'écoute et de partage, son soutien mais surtout pour les précieux conseils, merci pour tout ;
- ❖ Mme mangélie Fatou Bintou Diedhou dite MISS pour la mise à notre disposition de ses parcelles pour l'expérimentation ;
- ❖ Malainy Sané, gestionnaire de la ferme qui m'a accompagné tout au long du travail ;
- ❖ A la merveilleuse famille SARR de koussy qui m'a accueilli durant tout mon séjour ;
- ❖ Aux partenaires de l'UT, de l'UIUC et de l'USAID pour l'accompagnement et la facilitation du travail ;
- ❖ Membres du jury qui ont accepté d'évaluer le travail et d'apporter leurs suggestions pour l'amélioration de la qualité du document ;
- ❖ Tous les enseignants de du département d'agroforesterie pour la formation, la qualité de l'enseignement ainsi que leur soutien et leurs encouragements ;
- ❖ Nos enseignants vacataires ;
- ❖ Au chef de département ;
- ❖ Au responsable du Master ;
- ❖ Nos ainés pour leur soutien et accompagnement ;
- ❖ A l'ensemble des mes tuteurs à Ziguinchor pour leur hospitalité ;
A ceux-ci j'associe également mes remerciements à tous mes amis, frères, sœurs, cousins, oncles, tantes pour les encouragements. Je donne une mention spéciale à Saidou, Kindy , les deux Seydi, Algassimou, Momed pour toutes ces années passées ensemble pétries de hauts et de bas. Je terminerai par remercier

l'ensemble des membres de « l'assemblée » pour leur soutien de diverses manières et encouragements sous toutes ses formes.

Table des matières

DEDICACES.....	II
REMERCIEMENTS	III
SIGLES ET ABREVIATIONS	VII
LISTE DES FIGURES :.....	VIII
LISTE DES TABLEAUX	IX
RESUME.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
1.1 Le soja	3
1.2 Origines et historique du soja :.....	3
1.3 Botanique du soja	3
1.4 Ecologie du soja :	3
1.5 Culture du soja et domaines d'utilisation	4
1.5.1 La culture du soja	4
1.5.2 Domaines d'utilisation du soja	4
1.5.2.1. Le soja dans l'alimentation humaine et animale :	4
1.5.2.2. Le soja dans les bioénergies :	5
1.6 Avantages de la culture du soja	5
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES.....	5
2.1 Description du site.....	5
2.2 Matériel végétal.....	5
2.3 Facteur étudié et dispositif expérimental.....	6
2.4 Conduite de l'essai	7
2.4.1. Echantillonnage et analyses de sol	7
2.4.2. Préparation du sol :	8
2.4.3. Délimitation du champ et séparation des parcelles :.....	8
2.4.4. <i>Semis</i>	9
2.4.5. Entretien des cultures :	10
2.4.6. Fertilisation :.....	11
2.4.7. Récolte.....	11
2.5 Observations et mesures	11
2.5.1. Le taux de levée.....	11
2.5.2. La floraison :.....	11
2.5.3. La maturité.....	13

2.5.4.	La hauteur des plantes à maturité :	13
2.5.5.	La verse :	13
2.5.6.	La déhiscence :	14
2.5.7.	Le rendement	15
2.5.8.	Le poids de 100 graines :	15
2.5.9.	Les ravageurs et maladies.....	16
2.5.9.1.	Les ravageurs :	16
2.5.9.2.	Les maladies :	16
2.6	Analyse et traitement des données :	16
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION		17
3.1	RESULTATS :	17
3.1.1	Le taux de levée	17
3.1.2	La floraison :	18
3.1.3	La maturité :	19
3.1.4	Hauteur des plantes	20
3.1.5	La verse :	21
3.1.6	La déhiscence :	21
3.1.7	Poids de 100 graines	22
3.1.8	Rendement.....	23
3.1.9	Les maladies et ravageurs.....	23
3.1.9.1	Les maladies	23
3.1.9.2	les ravageurs :	25
3.2	DISCUSSION.....	1
CONCLUSION		5
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		6

SIGLES ET ABREVIATIONS

ANSD :	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
CIRAD :	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRA :	Centre National de Recherche Agronomique
DAC :	Domaine Agricole Communautaire
DPV :	Direction de la Protection des Végétaux
FAO :	Food and Agriculture Organization
GES :	Gaz à Effet de Serre
IAEA :	Agence Internationale de l'Energie atomique
IITA:	International Institute of Tropical Agriculture
IRAD:	Institut de recherche Agricole pour le Developpement
ISRA :	Institut Sénégalaise de Recherche Agricole
J A S :	Jours Après Semis
OCDE :	Organisation de Coopération et de Développement Economique
SRSDS :	Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Sédhiou
STN :	Student-Newman-Keuls
UASZ :	Université Assane Seck de Ziguinchor
UFR :	Unité de Formation et de Recherche
UIUC:	University of Illinois Urbana-Champaign
USAID:	US Agency for International Development
USSEC :	US Soybean Export Council

LISTE DES FIGURES :

Figure 1: Carte de localisation du site d'expérimentation	5
Figure 2: Schéma du dispositif expérimental	7
Figure 3: Pesée des échantillons de sol à analyser	7
Figure 4: Labour avant une charrue à disque	8
Figure 5: Délimitation du périmètre de l'expérimentation	Figure 6: Parcelles délimitées
Erreur ! Signet non défini.	
Figure 7: Matériel conçu pour le semis afin de respecter la distance de 5 cm entre les poquets.....	9
Figure 8: Séance de semis avec la main d'œuvre 1	10
Figure 9: Séance de semis avec la main d'œuvre 2	10
Figure 10: Jeunes plants à 3 J A S	Erreur ! Signet non défini.
Figure 11: Parcelle en début de floraison	12
Figure 12: Jeune inflorescence de couleur violette	Figure 13: Jeune inflorescence de
couleur blanche.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 14: Plantes de soja à maturité.....	13
Figure 15: Plantes de soja versées	14
Figure 16: Gousses de soja déhiscents.....	15
Figure 17: Production parcellaire d'une variété sur les 3 blocs.....	15
Figure 18: Balance électronique de haute précision utilisée pour déterminer le poids des 100 graines	16
Figure 19 : Taux de levée en fonction des 40 variétés	18
Figure 20: Dates de floraison des 40 variétés	19
Figure 21: Nombre de jours du semis à la maturité.....	20
Figure 22: Hauteur des plantes en fonction des variétés	21
Figure 23: Variation du poids des 100 graines en fonction des variétés	22
Figure 24: Rendement par hectare de Chaque variété	23
Figure 25: Feuilles atteintes de la Mosaïque du soja	Figure 26: Plante attaquée par la pustule
du soja.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 27: Tige et gousses d'une plante atteinte d'Anthracnose.....	24
Figure 28: Myriapode (mille-pattes inoffensif) en train de brouter les feuilles d'une plante de soja.....	25
Figure 29 : Punaise verte ponctuée (Nezara Viridula).....	26
Figure 30 : Punaise marbrée ou punaise diabolique (Halyomorpha Halys)	26

LISTE DES TABLEAUX

Table 1: liste des 40 variétés de soja étudiées	6
---	---

RESUME

Le soja est l'une des plantes les plus cultivées et les plus utilisées au monde. Au Sénégal le soja n'est pas encore cultivé et les recherches menées dans les années 1980 restent inexploitées. Cette étude vise à exploiter la diversité des variétés de soja afin de proposer un matériel végétal adapté. C'est dans ce contexte que quarante variétés (correspondant chacune à un traitement) ont été étudiées dans la commune de Koussy (région administrative de Sédhiou). 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 des 100 graines et le rendement ont été mesurés. Les observations ont porté essentiellement sur la sensibilité à la verse, la sensibilité à la déhiscence des gousses, la tolérance aux maladies et l'identification des différents ravageurs rencontrés.

Les résultats ont montré des différences significatives entre les variétés pour tous les paramètres quantitatifs sauf pour le rendement. Les observations sur la verse montrent une tolérance presque générale pour toutes les variétés sauf celles qui avaient les hauteurs les plus élevées comme MAKSOY 2N et MAKSOY 4N. La déhiscence quant à elle a été observée chez toutes les variétés mais avec une sévérité très variable. Les différentes maladies observées sont la pustule bactérienne qui a touché le plus grand nombre de variétés suivie de l'antracnose et de la mosaïque du soja. Les différents ravageurs variaient en fonction du stade de croissance des plantes : les oiseaux et les myriapodes (millepattes) ont été constatés pendant le stade végétatif et les attaques d'insectes (*Halyomopha halys* et *Nezara viridula*) sont notées pendant le stade reproductif plus précisément pendant la phase de floraison. Sur la base de la longueur de leur cycle de développement (qui varie entre 94 et 105 JAS) et de leur résistance à la déhiscence (score inférieur à 2), les variétés TGX 2033-69FZ, TGX 2002-41FZ, TGX 2014-16FM, QUARSHE, SOUNG PUNGUN et FAVOUR se sont révélées être les meilleures variétés. L'étude a ainsi montré qu'il y'a de l'espoir sur des variétés ciblées pouvant être utilisées pour des études plus approfondies et éventuellement pour une vulgarisation auprès des producteurs.

Mots clés : soja, variété, floraison, maturité, déhiscence, verse, ravageurs, maladies, rendement

ABSTRACT

The soybean is the one of the most cultivated and indented plants in the world. Unfortunately, in Senegal it is not yet cultivated. This kind of study is aimed to identify from the diversity of soybean varieties an adapted equipment for Casamance. Thus, forty varieties (correspond with each treatment) have been studied in the township of Kossy (an administrative region of Sedhiou). An experimental device of an entire random block with 3 repetitions have been used. The quantitative parameters what are the lifting rate, the date of blossom, the date of maturity, the height of matured plants, the weight of 100 seeds and the output have been measured. The qualitative observations was oriented essentially to the sensitivity to the pouring, the sensitivity to the dehiscence of pods, the disease resistance and the identification of different experienced pests. A significant differences between varieties have been discovered for all the quantitative parameters unless for the output. The pouring observations shows an almost resistance for all varieties except for those who had the highest height like MAKSOY 2N and MAKSOY 4N. The dehiscence was observed as for her in all varieties but with a full variable severity. The different diseases that observed was the bacterial pustules that infected the largest number of varieties following after that by the anthracnose and the soybean mosaic. The different pests observed varied in terms of the growth stage of the plants: the birds and centipedes (millipede) was noted during the vegetative stage and the insect attack (*Halyomorpha halys* and *Nezara viridula*) was observed during the blossom period. Based on the length of their development cycle (which vary between 94 and 105 JAS) and their dehiscence resistance (inferior score to 2), the varieties TGX 2033-69FZ, TGX 2002-41FZ, TGX 2014-16FM, QUARSHE, SOUNG PUNGUN and FAVOUR are the best varieties. The study show that it exist a soybean varieties susceptible to be adapted to the pedoclimatic conditions of Casamance.

Key words: Soybean, varieties, blossom, maturity, dehiscence, pouring, pests, diseases, output.

INTRODUCTION

Le soja est l'une des plantes les plus cultivées au monde avec le maïs, le blé et le riz (Duc et al., 2020). Cette place occupée par le soja n'est pas tributaire du hasard. En effet depuis les années 1950 la culture du soja a explosé dans le monde. Elle est passée du statut de simple plante fourragère et de plante alimentaire des pays asiatiques, au statut de production agricole de première importance et de fer de lance de l'intensification agricole (Roumet, 2010). 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).

Les avantages de la culture du soja sont presque unanimement reconnus et sont d'ordre socioéconomique, écologique, nutritionnel. La culture du soja, en dehors de la consommation locale, constitue une source de devises non négligeable pour les pays producteurs. Le cas des Etats-Unis est une parfaite illustration avec 3,1 milliards de dollars issus de la vente de soja à la Chine pour (seulement) l'année 2018 (Mariethoz, 2020). Ceci est une bonne nouvelle pour les pays de l'Afrique subsaharienne dont les conditions climatiques et les terres sont favorables à la culture du soja et surtout avec son secteur agricole qui fournit près de 50% des emplois (OCDE/FAO, 2016). En plus le soja joue un rôle intéressant dans les assolements et comme précédent cultural dans les champs. Des études réalisées dans plusieurs pays ont montré que l'utilisation du soja comme précédent agricole augmenterait le rendement de près de 50 % sur les champs ayant un précédent soja par rapport aux champs n'ayant pas de précédent soja (Badou, 2013). Quant à la valeur nutritionnelle le soja en possède de manière nettement supérieure à la plupart des plantes. Avec un taux de protéines des graines pouvant avoisiner les 40%, le soja est la première source de protéine végétale après la spiruline (Philips et al., 2009). D'ailleurs une étude menée par des chercheurs du Missouri aux Etats unis a montré que le soja peut être un très bon substitut aux protéines animales car ayant les mêmes valeurs de protéines (Hughes et al. 2011).

Malgré les nombreux avantages que procurent la culture du soja, la forte consommation ainsi que la demande grandissante en produits issus du soja, l'Afrique en produit très peu (FAO, 2021). Les principaux producteurs restent le trio Etats unis-Brésil-Argentine (qui produit plus de 80% du soja cultivé dans le monde), la Chine et quelques pays européens ; l'Afrique quant à elle ne représente que moins de 2% de la

production mondiale (Germain, 2017). Au Sénégal la culture du soja est quasi inexistante quoique des études menées dans les années 1970 aient montré la possibilité de la cultiver dans une grande partie des zones agro écologiques du Sénégal notamment dans le Sine Saloum, le Sénégal oriental et surtout en Casamance.

L'objectif général de la présente étude est d'exploiter la diversité des variétés de soja dans le but de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire au Sénégal. De manière spécifique il s'agit de tester quarante variétés de soja afin d'identifier un matériel adapté aux conditions pédoclimatiques de la Casamance.

Le présent document s'articule autour de trois points. Le premier porte sur les généralités sur le soja, le deuxième aborde le matériel et les méthodes utilisées, le troisième décrit les résultats obtenus et leur discussion.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Le soja

1.2 Origines et historique du soja :

Le soja (*glycine max* L. Merrill) serait originaire de l'Asie (Giller, 2001). Il a été décrit pour la première fois il y a 2500 ans avant JC en Chine (Morse, 1950). Vers le 11^e siècle, il sera domestiqué en Chine ; pays à partir duquel il sera dispersé dans le monde. En Europe, le soja sera introduit vers 1700 et les États-Unis l'adopteront un demi-siècle après vers 1765 (Horowitz et Shurtleff, 2005). En Afrique l'introduction du soja dans les systèmes de culture fut tardive et aurait été cultivé pour la première fois en Égypte en 1858 avant de rejoindre le reste du Maghreb ; et seulement au début des années 1900 en Afrique australe et Madagascar (Giller et Dashiell, 2007). Au Sénégal les premières expérimentations ont lieu dans les années 1970 (Tchakerian, 1980) .

1.3 Botanique du soja

Le soja est une plante appartenant au genre *Glycine*, à la famille des fabacées et à l'ordre des légumineuses ou fabales. Le genre *Glycine* comprend environ 20 espèces réparties dans les régions tropicales et subtropicales de l'Asie et de l'Australie. Il est subdivisé en 2 sous-genres *glycine* (espèces vivaces) et *soja* (espèces annuelles) (Demol et al., 2002). Le sous-genre *soja* comprend les espèces soja Sieb et Zucc (formes sauvages) et *glycine max* (L.) Merrill (forme cultivée). Ces deux taxons s'hybrident facilement et peuvent être considérés comme une seule espèce biologique (Javaheri et Baudin, 2001).

Le soja est une plante herbacée annuelle, au port rampant ou érigé dont la hauteur varie de 0,3 à 1 mètre en moyenne. Ses feuilles sont alternes trifoliées de couleur vert clair et à très forte pubescence. Ses fruits sont des gousses d'une taille variant de 3 à 11 cm et également très pubescentes. Les graines du soja sont ovales ou rondes, 2 à 3 par gousses avec une couleur variant selon les variétés (Pollet, 1987). On distingue des variétés indéterminées, semi-déterminées et déterminées (Williams, 2004).

1.4 Ecologie du soja :

L'aire de distribution du soja est très vaste. Elle s'étend de 25° de latitude N à 60° longitude O; poussant donc dans les zones tempérées comme dans les régions

tropicales (Gay, 2018). En général le soja pousse de façon optimale lorsqu'il bénéficie d'une quantité d'eau, d'une température et d'une lumière adaptées. Néanmoins la température minimale pour que le soja pousse est de 10°C et la température optimale tourne autour de 30°C avec une température maximale de 40°C (Nieuwelink, 2005). Le soja est également une plante sensible à la photopériode. Le soja pousse bien sur des sols dont la texture n'est pas trop légère (sols sablonneux), ni trop lourde (sols argileux). Le pH idéal pour la culture du soja est situé entre 6 et 6,8 (PIONEER, n.d.).

1.5 Culture du soja et domaines d'utilisation

1.5.1 La culture du soja

Le soja est l'une des plantes les plus cultivées au monde, avec des superficies qui ne cessent d'augmenter vu la demande croissante en besoin de produits soja. Les principaux producteurs restent les pays de l'Amérique notamment les Etats unis, le Brésil et l'Argentine qui concentrent environ 80% de la production mondiale. Ils sont suivis par la Chine et certains pays de l'union européenne. Malgré sa faible production (moins de 2 % de la production mondiale) l'Afrique commence à s'intéresser au soja avec des pays tels que l'Afrique du sud, le Nigéria, le Ghana, le Bénin, le Burkina Faso.

1.5.2 Domaines d'utilisation du soja

Le soja est utilisé dans plusieurs domaines allant de la consommation humaine, à la production d'énergie en passant par la consommation animale.

1.5.2.1. Le soja dans l'alimentation humaine et animale :

L'utilisation du soja dans l'alimentation humaine n'est plus à démontrer. Elle va de l'utilisation directe de la graine (tofu, viande de soja, lait de soja) aux dérivés (lécithine) en passant par l'huile et les compléments alimentaires (Chatenet, 2007). L'huile de soja occupe aujourd'hui la deuxième place (en termes de consommation) après l'huile de palme. Le soja est également utilisé dans l'alimentation des enfants en état de sevrage pour compenser le déficit protéique (Gustave, 2011).

Par ailleurs il faut noter que la plus grande partie du soja cultivé est destiné à la trituration et par ricochet à l'utilisation des tourteaux dans l'alimentation des animaux d'élevage (bovins, porcins, volaille,...). L'efficacité nutritionnelle du soja à travers sa forte densité protéique et énergétique lui confère un avantage dans la formulation d'aliments et le rend difficilement substituable (Quinsac et al., 2012).

1.5.2.2. Le soja dans les bioénergies :

L'huile et le tourteau représentent les débouchés majeurs du soja (plus de 90 % de la production mondiale) (CIRAD, 1998). En dehors de la production pour l'alimentation humaine et animale des études ont montré que le soja pouvait être également utilisé dans la production de biocarburant. Le soja posséderait un atout considérable pour la production de biodiésel comparé aux autres espèces tel que le palmier à huile (Sachs, 2006) .

1.6 Avantages de la culture du soja

Le soja présente des avantages socioéconomiques, agronomiques et écologiques intéressants. Jouant un rôle fondamental dans les assolements, l'utilisation du soja comme précédent cultural peut être très bénéfique pour les agriculteurs. Le soja à travers son système de fixation symbiotique de l'azote permet non seulement de fertiliser les champs de manière écologique mais aussi et surtout de réduire les dépenses liées à l'achat des engrais chimiques (Pointereau, 2001). Par exemple au Nigéria les chercheurs ont montré que la rotation soja-mais sur deux ans pourrait favoriser une augmentation du rendement de 50 % à 70 % par rapport à la monoculture du maïs (Carsky, Doiuthwaite, Manyong, Sanginga, Schulz, 2003) .

Selon USSEC (XXXX), en 2013, l'industrie américaine du soja a contribué à l'économie américaine avec quatre millions d'emplois et 369 milliards de dollars.

La culture du soja possède deux atouts environnementaux : une faible émission de gaz à effet de serre (GES) et une utilisation modérée des produits phytosanitaires (Jouffret et al., 2015).

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1 Description du site

L'essai a été réalisé dans la zone agro écologique de la moyenne Casamance, plus précisément dans la région de Sédhiou (12° 42' Nord ; 15° 33' Ouest). La région de Sédhiou est constituée de plusieurs types de sols ; allant des sols hydromorphes aux sols halomorphes en passant par les sols argilo-limoneux. Elle est surtout constituée de sols ferrugineux tropicaux (sols « DECK ») favorables à la culture des céréales et de l'arachide (SRSD, 2017). Son climat est tropical de type Soudano-guinéen avec une température moyenne annuelle de 26,9°. Les précipitations s'étalent de juin à octobre avec une moyenne de 1000 mm par an (ANSD / SRSDS 2017). Le site se trouve précisément à Keur Habib ; un village de la commune de Koussy à 3 kilomètres du DAC de Séfa.

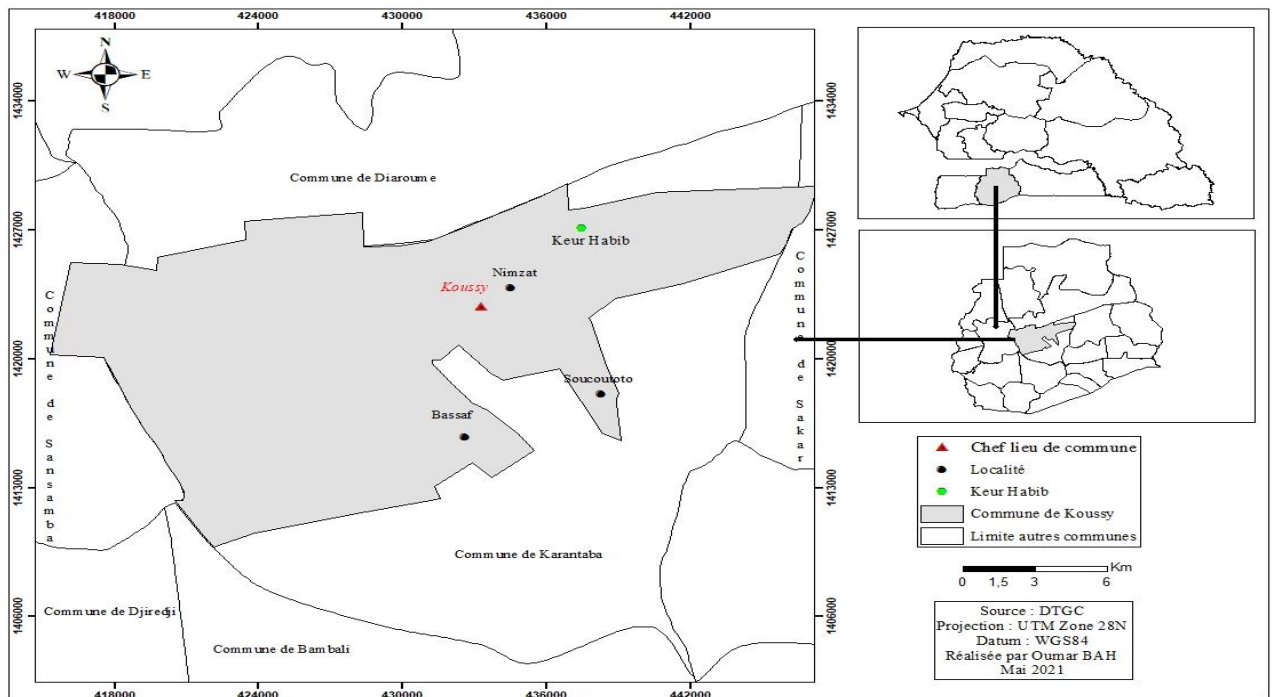


Figure 1: Carte de localisation du site d'expérimentation

2.2 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est une collection de 40 variétés de Soja provenant de la Zambie.

Table 1: Liste des 40 variétés de soja étudiées

AFAYAK	SC SAXON	MWEMBESHI	TGX 2002 41 FZ
FAVOUR	SC SIGNAL	M 667	TGX 2002 46 FZ
JENGUMA	SC SPIKE	PANORAMA 2	TGX 2021 09 FZ
KALEYA	SC 1079-6-7	PANORAMA 3	TGX 2023 04 FZ
MAKSOY 1N	SC 882	PANORAMA 27 D	TGX 2023 17 FZ
MAKSOY 2N	SONGDA	PANORAMA 29 I	TGX 2033 01 FZ
MAKSOY 3N	SUNG PUNGUN	PANORAMA 357	TGX 2033 10 FZ
MAKSOY 4N	TGX 2001 24 FM	PANORAMA 358	TGX 2033 16 FZ
MAKSOY 5N	TGX 2014 16 FM	QUARSHE	TGX 2033 17 FZ
MAKSOY 6N	TGX 2014 22 FZ	SALITUNYA	TGX 2033 69 FZ

2.3 Facteur étudié et dispositif expérimental

Le facteur étudié est la variété et chaque variété représente un traitement. Le dispositif expérimental utilisé est celui de Fisher (blocs aléatoires complets) avec trois répétitions (Figure 3). Chaque parcelle mesure 5 m sur 1,5 m.

La parcelle est constituée de 4 lignes de semis avec une distance de 50 cm entre 2 lignes.

La distance entre 2 blocs et entre 2 parcelles est de 1 m.

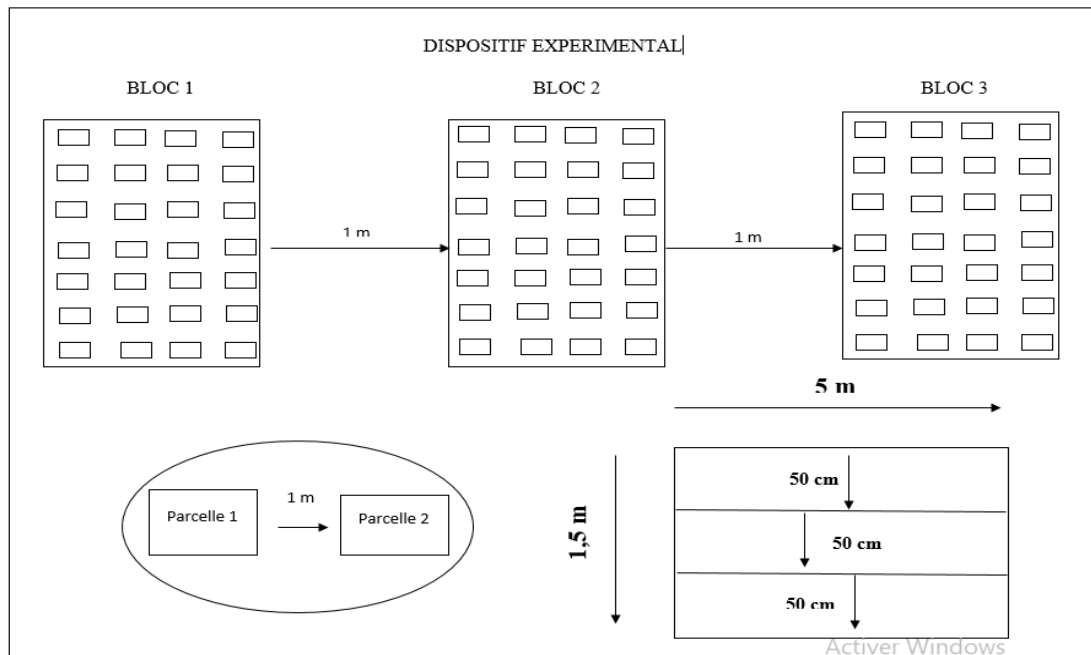


Figure 2: Schéma du dispositif expérimental

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 sont séchés, mélangés et débarrassés des débris (racines, restes d'animaux,...). Sur le mélange 150 grammes sont pesés (Figure 4) pour chaque bloc, mis dans des sacs plastiques et expédiés vers le laboratoire pour l'analyse.



Figure 3: Pesée des échantillons de sol à analyser

2.4.2. Préparation du sol :

Un labour semi-profond est réalisé le 17 juillet avec une charrue à disque (Figure 5).



Figure 4: Labour avant une charrue à disque

2.4.3. Délimitation du champ et séparation des parcelles :



Figure 5: Délimitation des parcelles



Figure 6: Parcelles délimitées

2.4.4. Semis

2.4.4.1. Inoculation

Avant d'être semées les graines de soja ont d'abord été inoculées avec une souche de bactéries de *bradyrhizobium japonicum* suspendu dans de la tourbe. L'inoculum a été fourni par l'IITA.

2.4.4.2. Préparation de l'inoculum

Avant l'inoculation, un liant a été préparé avec 20 g de gomme arabique dissous dans 150 ml d'eau chauffée à 100 ° C. Les bactéries suspendues dans la tourbe sont ensuite versées dans le liant pour former une solution homogène de couleur noire.

L'inoculation a consisté à enduire les graines de soja de cette solution contenant les bactéries. Les graines sont ensuite séchées pendant quelques minutes à l'abri de la lumière avant d'être semées.

2.4.4.3. Semis proprement dit :

Le semis a été effectué le 05 Août 2020. Les graines sont semées à une profondeur de 3 cm dans des poquets distants de 5 cm (Figure 9 et 10). Dans le souci de respecter la distance de 5 cm, un traceur (Figure 8) a été fabriqué localement.



Figure 7: Matériel conçu pour le semis afin de respecter la distance de 5 cm entre les poquets



Figure 8: Séance de semis avec la main d'œuvre 1



Figure 9: Séance de semis avec la main d'œuvre 2

2.4.5. Entretien des cultures :

Après le semis et durant les 45 jours qui ont suivi le semis, des opérations de sarclage ont été réalisées tous les 15 jours.

Le désherbage entre les lignes s'est fait de façon mécanique avec une herse tractée par un âne.

2.4.6. Fertilisation :

Une fertilisation a été appliquée au 16^e et 31^e J A S avec une dose de 40 kg de N/ha, 75 kg de P/ha et 75 kg de K/ha à la première application. La dose de la deuxième application a été de 100 kg de N/ha, 60 kg de P/ha et 45 kg de K/ha L'engrais a été appliquée par enfouissement dans un sillon situé à 5 centimètres de la ligne de semis et profond de 5 cm.

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 plantes sont battues pour libérer les graines des gousses avant le vannage qui sépare les graines des débris.

2.5 Observations et mesures

2.5.1. Le taux de levée

Une semaine après le semis, le taux de levée est relevé en comptant le nombre de plants ayant émergé sur les deux lignes centrales de chacune des 120 parcelles. Il faut préciser que sur chacune des 4 lignes de semis sur une parcelle donnée, il a été semé 100 graines. Après comptage le nombre de jeunes plants qui ont émergé constitue le pourcentage de levée par rapport au nombre total de graines semées.

2.5.2. La floraison :



Figure 10: Jeunes plants à 3 J A S



Figure 11: Parcelle en début de floraison

Le nombre de jours, depuis le semis, jusqu'à la date de la première floraison qui correspond à la date à laquelle 50 % des plants d'une parcelle ont au moins une fleur ouverte, a été déterminé. Une observation quotidienne s'imposait à partir de l'apparition de la première fleur.



Figure 12 : jeune inflorescence de couleur violette



Figure 13 : jeune inflorescence de couleur blanche

2.5.3. La maturité

L'observation de la maturité (Figure 14) repose sur le changement de couleur des gousses qui passent du vert au brun ou beige.

La maturité est considérée atteinte lorsque 95% des plants d'une parcelle voient changent de couleur.



Figure 12: Plantes de soja à maturité

2.5.4. La hauteur des plantes à maturité :

Pour chaque parcelle, 5 plantes sont choisies au hasard. Pour chacune des 5 plantes choisies, la mesure a consisté à prendre la distance, de la surface du sol (collet) au nœud supérieur de la tige principale.

2.5.5. La verse :

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

Niveau 1 : Toutes les plantes sont presque dressées ;

Niveau 2 : Toutes les plantes sont penchées ou bien quelques plantes sont penchées ;

Niveau 3 : Toutes les plantes s'inclinent modérément avec un angle de 45° degrés ou 25 à 50 % des plantes sont inclinées ;

Niveau 4 : Toutes les plantes se penchent considérablement, soit 50 à 80 % des plantes sont inclinées ;

Niveau 5 : Toutes les plantes sont inclinées.

La verse a été observée à la maturité des plantes.



Figure 13: Plantes de soja versées

2.5.6. La 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 : Quelques plantes seulement sont déhiscentes ;

Niveau 3 : La moitié des plantes de la parcelle sont déhiscentes ;

Niveau 4 : Plus de la moitié des plantes sont déhiscentes ; jusqu'à 80 % ;

Niveau 5 : Toutes les plantes de la parcelle sont déhiscentes



Figure 14: Gousses de soja déhiscentes

2.5.7. Le rendement

La production de chaque parcelle est pesée avec une balance électronique.



Figure 15: Production parcellaire d'une variété sur les 3 blocs

2.5.8. Le poids de 100 graines :

Des graines sont triées, comptées et pesées avec une balance électronique de précision 10^{-4} g (Figure 18).



Figure 16: Balance électronique de haute précision utilisée pour déterminer le poids des 100 graines

2.5.9. Les ravageurs et maladies

2.5.9.1. Les ravageurs :

Au cours de l'expérimentation les différents ravageurs rencontrés sur le terrain sont répertoriés et identifiés grâce à la littérature scientifique.

2.5.9.2. Les maladies :

A l'image des autres informations, les données sur les maladies constatées sur le terrain ont également été répertoriées. Une fois la maladie identifiée, une échelle allant de 0 à 5 est utilisée pour déterminer le niveau de gravité et de sévérité de la maladie concernée. Pour la pustule bactérienne par exemple, il a été procédé comme suit :

0 : Pas de pustules visibles

1 : 1 à 10 pourcent des feuilles couvertes de pustules ;

2 : 11 à 35 pourcent des feuilles couvertes de pustules ;

3 : 36 à 65 pourcent des feuilles couvertes de pustules ;

4 : 66 à 90 pourcent des feuilles couvertes de pustules ;

5 : 91 à 100 pourcent des feuilles couvertes de pustules.

2.6 Analyse et traitement des données :

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 statistique le logiciel IBM SPSS a été utilisé. L'ANOVA avec le test F de Fisher au seuil de 5% a été

effectuée. Quand ce test a été significatif le test de comparaison de moyennes de Student-Newman-Keuls au seuil de 5% a été effectué.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS :

3.1.1 Le taux de levée

La figure 19 présente la variation du taux de levée en fonction des variétés étudiées. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les variétés. Le test de Student-Newman-Keuls décèle 5 sous-ensembles. Les taux de levée les plus importants ont été observés chez deux variétés : TGX 2014-16FM (82,5 %) et TGX 2002-41FZ (83,1 %) tandis que les plus faibles taux sont observés au niveau de PANORAMA 358 (29,1 %) et PANORAMA 29-I avec moins

de 10% de taux de levée (7,6 %). Toutefois il faut noter que des variétés telles que SOUNG PUNGUN, TGX 2033-69FZ, PANORAMA 3, TGX 2033-17FZ, MAKSOY 2N, TGX 2014-22FZ et TGX 2002-46FZ ont un taux de levée non négligeable dépassant les 65 % et avoisinant les 80 % (pour certaines).

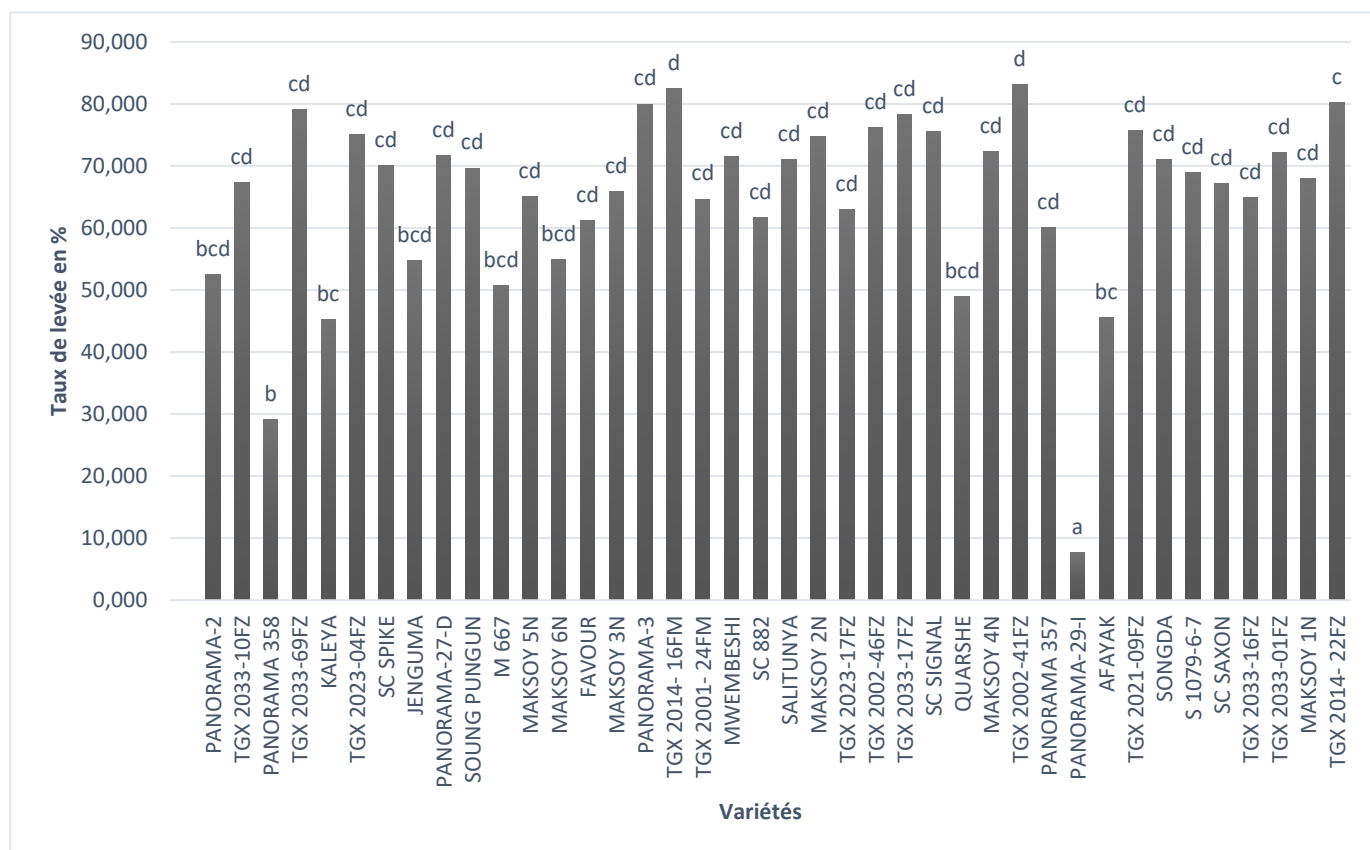


Figure 17 : Taux de levée en fonction des 40 variétés

3.1.2 La floraison :

Les dates de floraison des quarante variétés étudiées sont présentées dans la figure 20. Il y a une différence très hautement significative ($P < 0,001$) entre les dates de floraison des différentes variétés. Les tests de comparaison multiple de SNK montrent une subdivision de 7 sous-ensembles. Il apparaît donc que les dates de floraison les plus précoces sont obtenues avec les variétés KALEYA, TGX 2023-04FZ, SC SPIKE, SC 882, SCSIGNAL, S 1079-6-7 et SC SAXON qui ont fleuri à seulement 36 JAS. Dans le même temps d'autres variétés n'ont pu fleurir que dix jours après, c'est-à-dire 46 JAS, c'est le cas notamment des variétés AFAYAK, FAVOUR, JENGUMA et SONGDA. La variété SALITUNYA quant à elle a fleuri 49 JAS.

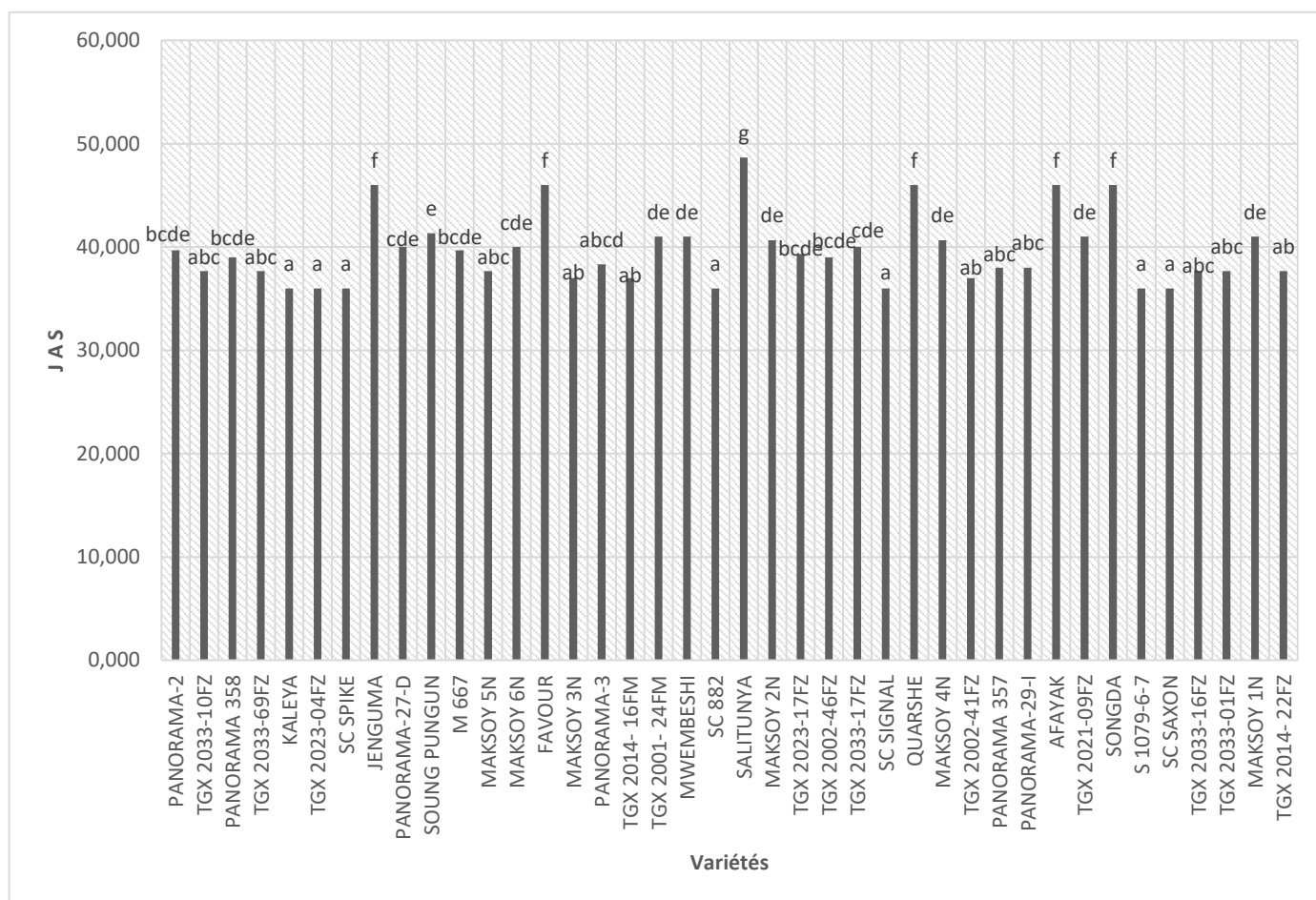


Figure 18: Dates de floraison des 40 variétés

3.1.3 La maturité :

La figure 21 présente le nombre de jour mis par les variétés avant d'atteindre la maturité. Il existe une différence significative ($P = 0,0003$) entre les variétés. Le test de SNK distingue deux sous-ensembles. Les variétés les plus précoces sont TGX 2002-46FZ et SOUNG PUNGUN qui arrivent à maturité respectivement à 95 JAS et 94 JAS. Les variétés SC SPIKE et PANORAMA 358 ont atteint leur maturité 20 jours plus tard.

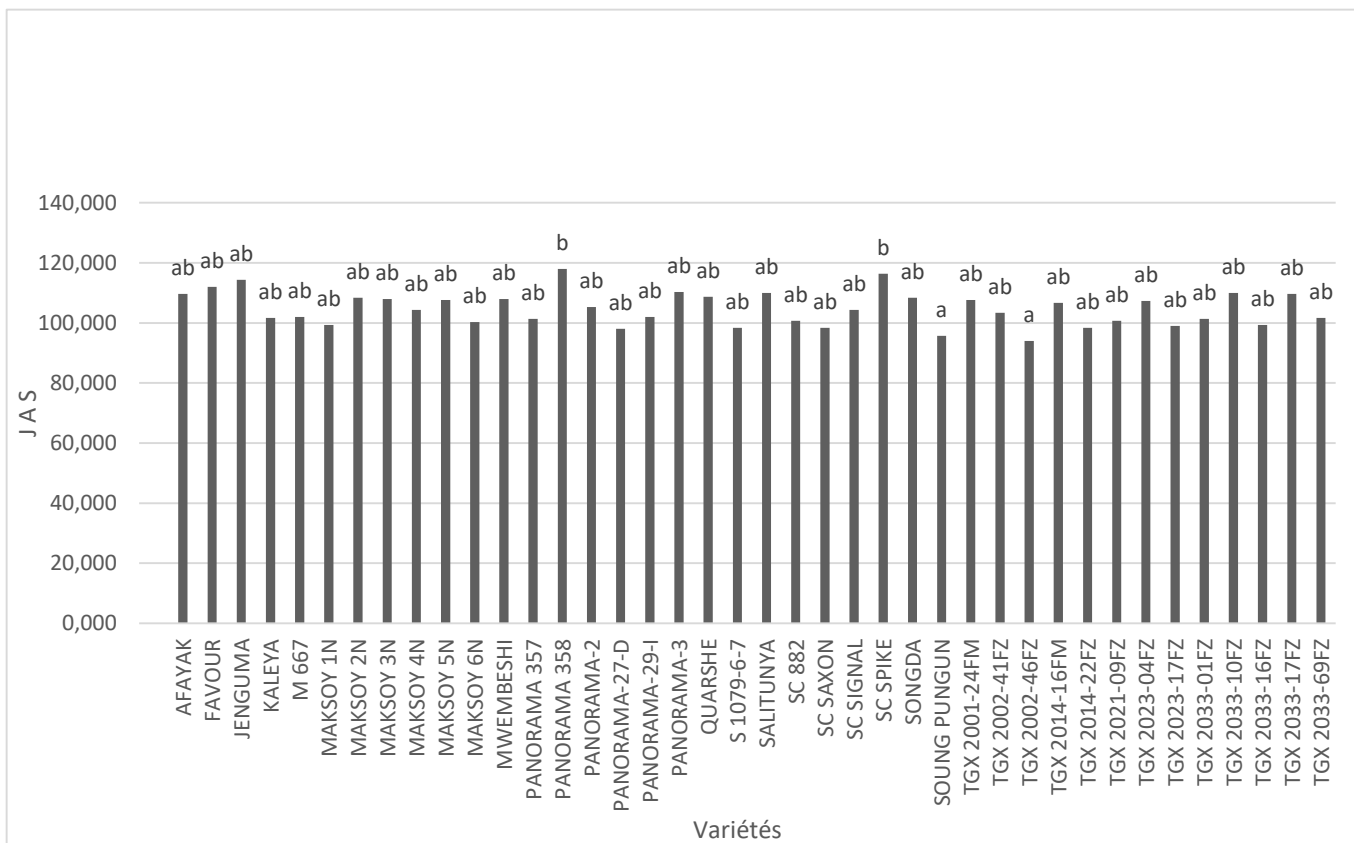


Figure 19: Nombre de jours du semis à la maturité

3.1.4 Hauteur des plantes

La hauteur des plantes des quarante variétés est présentée à la figure 22. Il existe une différence très hautement significative entre les variétés. Les variétés présentant les hauteurs les plus élevés sont MAKSOY 2N et MAKSOY 4N avec comme valeurs respectives 126 cm et 120 cm tandis que les valeurs les plus petites sont obtenues avec les variétés M 667, MWEMBESHI, TGX 2002-46FZ, AFAYAK et TGX 2033-16FZ avec des moyennes situées entre 42 cm et 46 cm ; la plus faible (32 cm) est enregistrée avec la variété KALEYA.

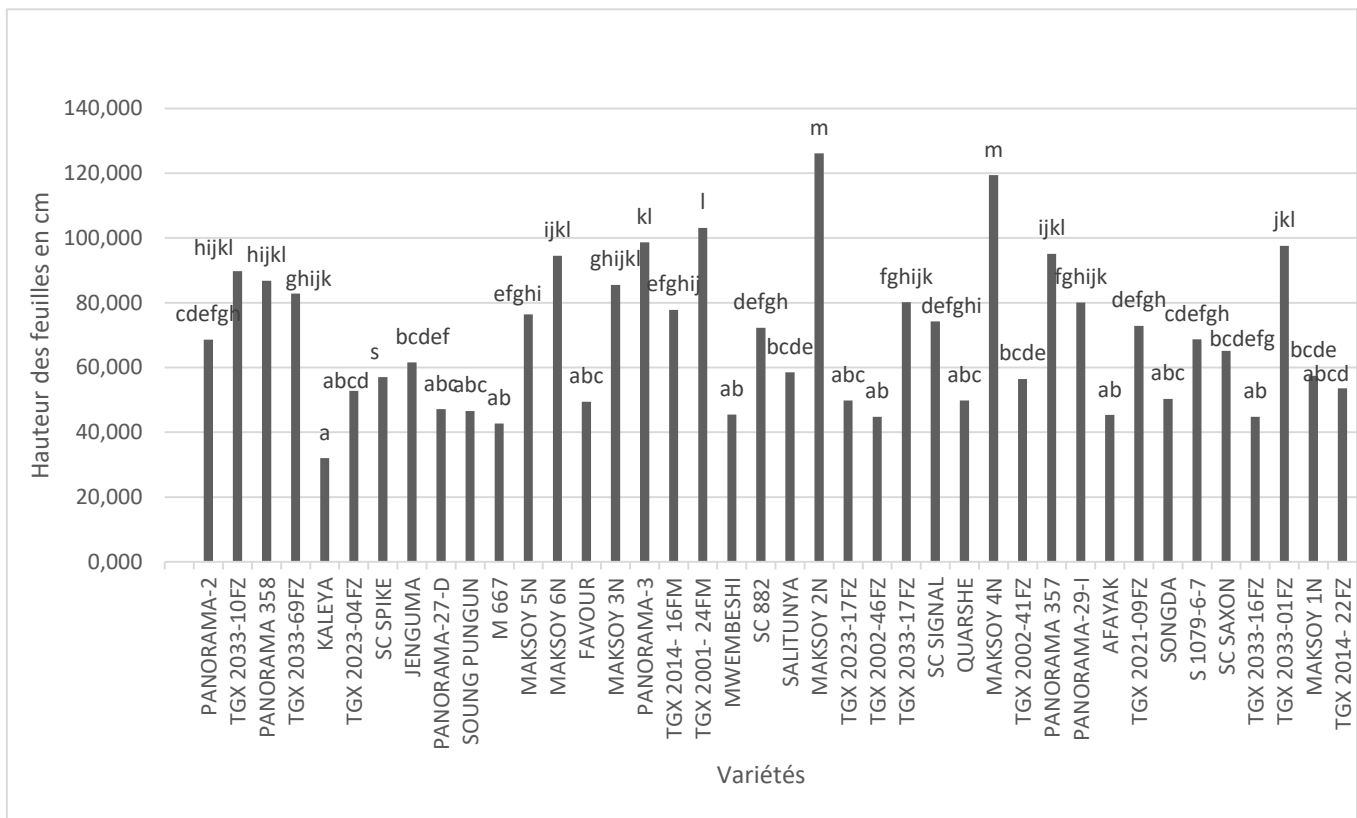


Figure 20: Hauteur des plantes en fonction des variétés

3.1.5 La verse :

Seize variétés parmi les quarante testées sont tolérantes à la verse avec un score égal à 1. Une seule variété, MAKSOY 4N, présente un score relativement élevé avec un score de 3. Trois autres variétés dont MAKSOY 2N, MAKSOY 6N et TGX 2001-24FM présentent le score de 2.

3.1.6 La déhiscence :

Douze variétés (MAKSOY 5N, MAKSOY 6N, SC 882, SC SIGNAL, SC SPIKE, KALEYA, M 667, MAKSOY 3N, PANORAMA 357, PANORAMA 358, PANORAMA-27-D, PANORAMA 3) présente un score de déhiscence élevé atteignant le niveau 5 ;

Cinq variétés ne présentent pas de déhiscence avec un score de 1 : ce sont les variétés SOUNG PUNGUN, TGX 2002 46-FZ, TGX 2033-69FZ, SALITUNYA et JENGUMA. A cela s'ajoutent des variétés ayant un niveau de déhiscence de niveau 2; il s'agit des variétés AFAYAK, FAVOUR, MWEMBESHI, PANORAMA-2, QUARSHE, SONGDA, TGX 2001-24FM, TGX 2002-41FZ, TGX 2014-16FM, TGX

2021-09FZ, TGX 2033-01 FZ. Les dix autres variétés restant ont un niveau de déhiscence qui est situé entre d autour de 3.

3.1.7 Poids de 100 graines

La figure 23 présente le poids de 100 graines des variétés étudiées. Les analyses montrent qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative ($P = 0,930$). Néanmoins on observe des variétés qui se démarquent avec un poids de 100 graines plus important que les autres. C'est le cas par exemple des variétés MAKSOY 6N (19,2 g), S 1079-6-7 (19,1 g), TGX 2014-16FM (18,7), MAKSOY 4N (18,6 g), SC SIGNAL (18,4 g), et PANORAMA-2 (18,2 g). Dans le même sillage on trouve également un autre groupe de variétés qui se distinguent par leurs faibles poids, on a entre autres : SALITUNYA (11,1 g), TGX 2002-46FZ (12,8 g), AFAYAK (12,4 g) et MWEMBESHI (12,3 g). Le reste des variétés présente des poids compris entre 13 g et 17,5 g.

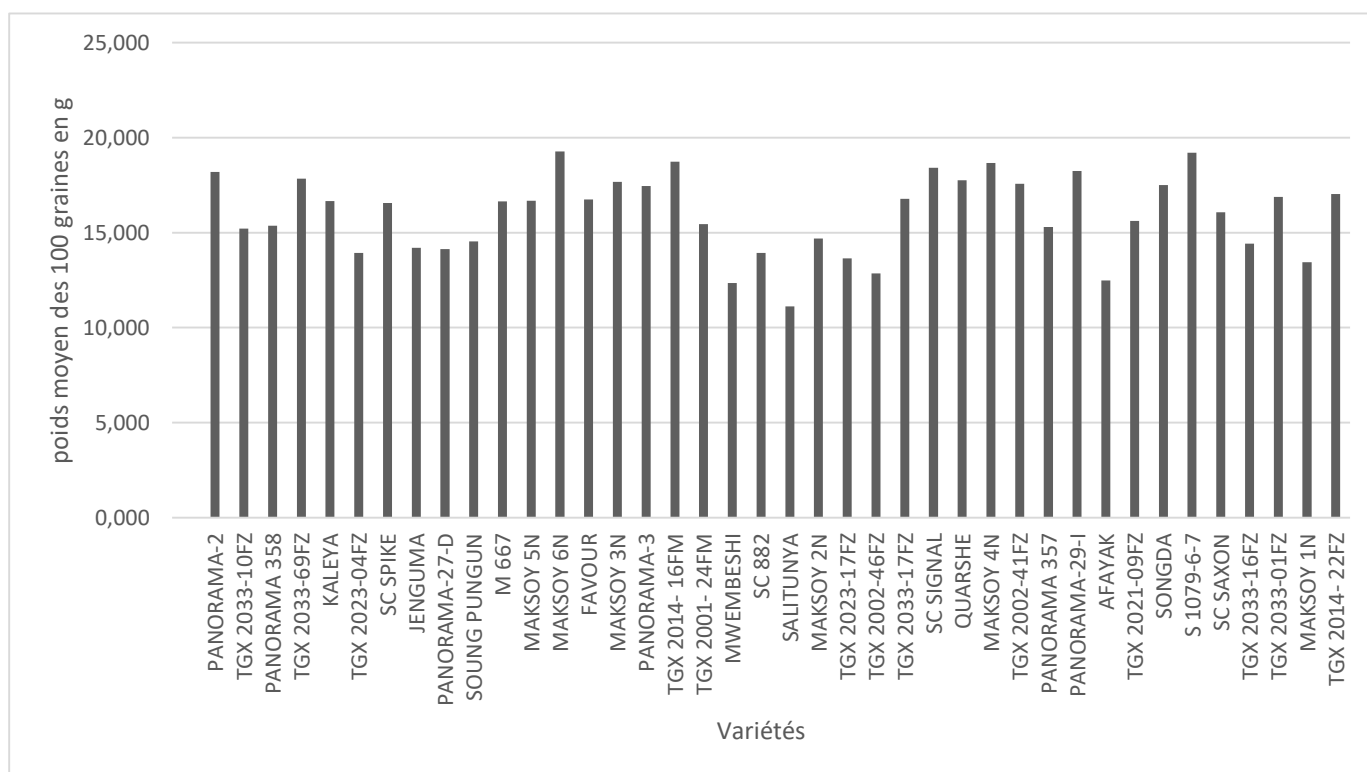


Figure 21: Variation du poids des 100 graines en fonction des variétés

3.1.8 Rendement

Le rendement (en fonction des variétés) est consigné dans la figure 24. D'après les analyses, les différences observées ne sont pas statistiquement significatives ($P = 0,977$). En dépit de cela on distingue quand même des variétés plus performantes que d'autres avec des rendements parfois dépassant les 1,4 t/ha. C'est le cas par exemple des variétés PANORAMA-27-D (1,65 t/ha), QUARSHE (1,61 t/ha), TGX 2002-41FZ (1,53 t/ha), TGX 2014-22FZ et TGX 2033-01FZ (1,46 t/ha), TGX 2014-16FM (1,45 t/ha), MAKSOY 1N (1,43 t/ha), TGX 2033-10FZ (1,40 t/ha).

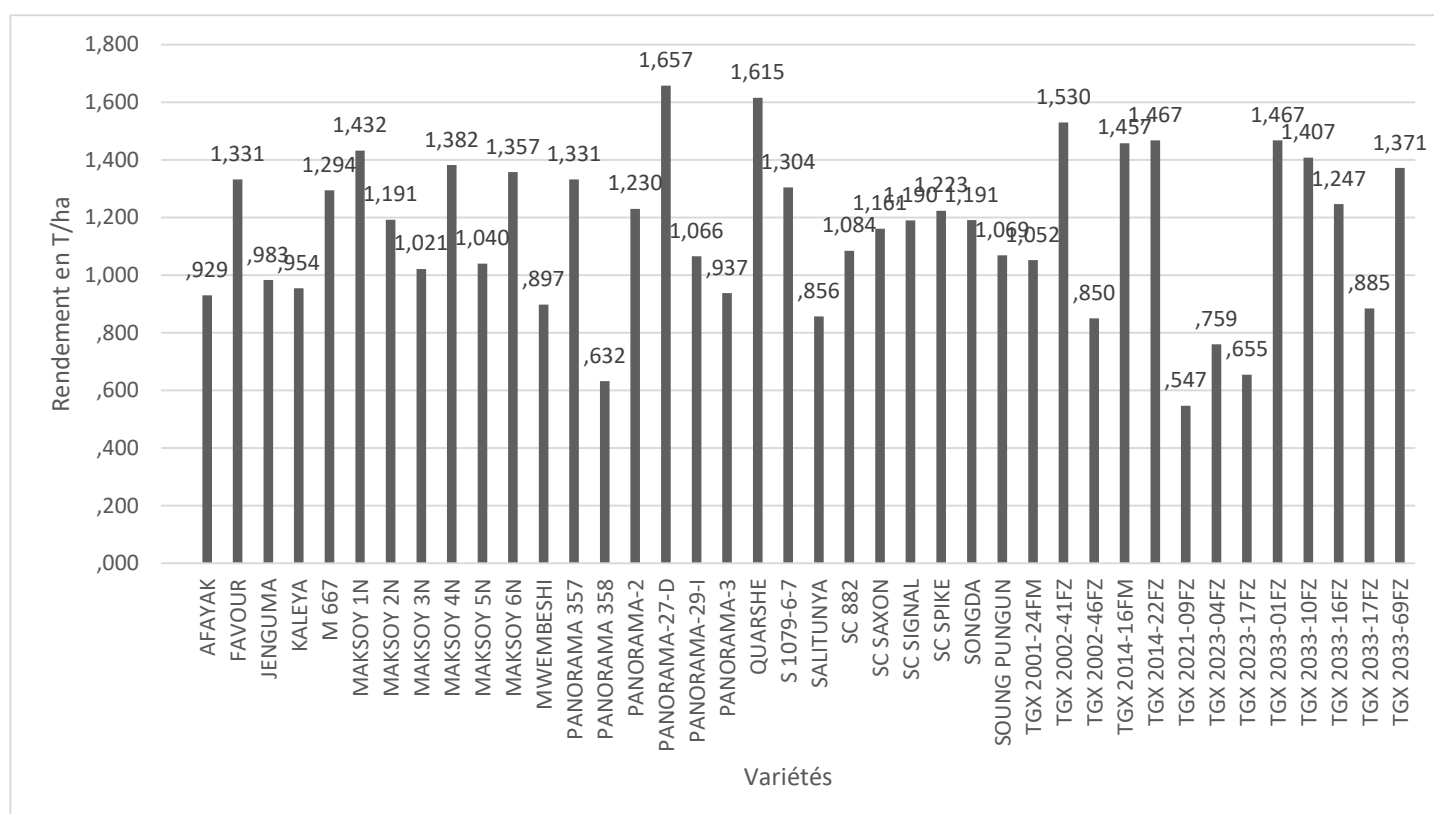


Figure 22: Rendement par hectare de Chaque variété

3.1.9 Les maladies et ravageurs

3.1.9.1 Les maladies

Les principales maladies notées sont présentées sur les figures 25 ; 26 et 27. On distingue ainsi trois types de pathologie : la Pustule du soja, la Mosaique du soja et l'Anthracnose. Le constat qui a été fait est que la Pustule du soja est la maladie la plus fréquente ; sa présence est notée chez toutes les variétés à l'exception de JENGUMA et MAKSOY 6N. Elle est suivie par l'Anthracnose qui a touché 32 sur les 40 variétés.

Les variétés épargnées sont entre autres KALEYA, M 667, MAKSOY 5N, SC SAXON, TGX 2002-46FZ, TGX 2014-16FM, TGX 2014-22FZ, TGX 2021-09FZ. Quant à la mosaïque du soja elle n'est observée que chez 4 variétés notamment SALITUNYA, PANORAMA 357, PANORAMA-2 et SC 882.

Pustule du soja : les variétés les plus touchées par la pustule sont TGX 2002-46FZ (5), TGX 2023-17FZ (5), TGX 2002-41FZ (4,5), TGX 2021-09FZ (4), SC SAXON (3,5), TGX 2001-24FM (3), TGX 2014-22FZ (3), KALEYA (3). En dehors des variétés M 667, MAKSOY 5N, SC SIGNAL et TGX 2023-04FZ qui ont un score de sévérité dépassant de peu la notation 2, les autres variétés restantes ont été très faiblement impactées par la pustule du soja.

Anthracnose : comme indiqué ci-haut, elle occupe la deuxième place après la pustule en termes de nombre de variétés touchées ; par contre sa sévérité est très minime d'ailleurs le score le plus sévère est de 1.

Mosaïque : elle est la maladie la moins présente et la moins virulente. En effet sur les 4 variétés au niveau desquelles ses symptômes ont été observés, seule SALITUNYA détient un score atteignant 2. Le reste des variétés n'ont que des traces de la maladie



Figure 23: Feuilles atteintes de la Mosaïque du soja



Figure 24: Plante atteinte par la pustule du soja



Figure 25: Tige et gousses d'une plante atteinte d'Anthracnose

3.1.9.2 les ravageurs :

Les principaux ravageurs ont été remarqués principalement sur deux périodes : la première période allant du semis à 15 J A S et la seconde période qui s'étend de la fin de la floraison à la maturité des plantes. Les ravageurs sont principalement de trois catégories : les oiseaux, les myriapodes et les insectes.

Les oiseaux : leur action a été constatée à partir du jour même du semis jusqu'à l'apparition des deux premières feuilles. Les attaques se faisaient en deux périodes : très tôt le matin jusqu'au lever du soleil et l'après-midi jusqu'au coucher du soleil.

Les Myriapodes : le type identifié sur le terrain est l'iule encore appelé mille-pattes inoffensif (*Tachypodoiulus albipes*). Ses attaques ont été constatées après que les graines aient commencé à germer. Le mode d'action observé est d'une part l'attaque des graines germées en mangeant les cotylédons et/ou la racine. D'autre part le mille-pattes s'enroule autour de la plantule pour la déterrer et la consommer après. Un peu plus tard il attaque les jeunes plants en consommant cette fois-ci les feuilles. Lorsque les plantes atteignent un certain niveau de croissance les attaques deviennent très faibles. Par ailleurs il faut préciser que les attaques se font la plupart du temps la nuit et c'est au petit matin que l'on constate les dégâts et quelques individus qui sont restés accrochés aux plantes.



Figure 26: Myriapode (mille-pattes inoffensif) en train de brouter les feuilles d'une plante de soja

Les insectes : les insectes observés sont essentiellement des punaises. Deux types ont été notés : la punaise verte ou ponctuée, *Nezara viridula*, (Figure 29) et la punaise marbrée encore appelée punaise diabolique, *Halyomorpha halys*, (Figure 30). Leur présence a été notée pendant la phase reproductive. Parmi ces deux ravageurs, les attaques de la punaise verte furent les plus agressifs non seulement par le nombre invasif de ses individus mais aussi et surtout par les dégâts constatés à la récolte. Quant à la punaise diabolique, seulement quelques individus ont été identifiés. En dehors de ces punaises il a été noté également la présence de petits criquets et sauterelles Vertes.



Figure 27 : Punaise verte ponctuée (*Nezara Viridula*)



Figure 28 : Punaise marbrée ou punaise diabolique (*Halyomorpha Halys*)

3.2 DISCUSSION

Un taux de levée très variable et généralement très faible a été noté chez la plupart des variétés étudiées (seulement deux variétés ont un taux de levée dépassant à peine 80 %). Cette situation pourrait être expliquée par trois facteurs. Le premier concerne la température élevée (dépassant les 40°C) dans cette zone pendant la période du semis ; selon Boote (2011), la température optimale pour le développement du soja se situerait entre 22°C et 32°C. Luo (2011) va plus loin en soutenant qu'une température de 39°C pourrait être létale pour le soja. Le deuxième facteur (qui n'est pas le moindre) serait l'excès d'eau dans le sol pendant le semis, qui peut être à l'origine du pourrissement de plusieurs graines entraînant un faible taux de levée. En effet selon Thomas et al. (2005), l'excès d'eau affecte particulièrement l'émergence du soja. Il faut rappeler que le semis a été réalisé le 05 Août en pleine saison des pluies, avec des précipitations très abondantes pendant cette période. Le troisième facteur explicatif peut être la nature du sol qui est plutôt lourd, créant ainsi un problème de levée au niveau de la graine. A cela pourrait s'ajouter également l'effet des 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 et une information intéressante qu'est la précocité de la floraison. En effet, toutes les variétés ont fleuri avant 50 JAS, avec la plus précoce qui a fleuri à 36 JAS et la plus tardive (SALITUNYA) à 49 JAS. A première vue on pourrait dire que c'est une caractéristique intrinsèque des variétés liées à la précocité de celles-ci. Mais une autre situation liée aux facteurs environnementaux du milieu peut expliquer ce phénomène. D'abord la température et ensuite 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 d'Août et de novembre, une période où les températures sont relativement élevées et où la longueur du jour diminue. Cette combinaison entre température élevée et courte durée des jours serait également une cause du raccourcissement du cycle végétatif et de surcroît de l'entrée précoce des plantes dans la phase de reproduction. Les résultats obtenus sur la date de floraison sont différents de ceux obtenus par (Nzoue., 2003) , dont les dates de floraison se situaient entre 52 et 59 JAS. Des essais réalisés récemment au Mali, dans des conditions plus ou moins identiques mais à une date de semis réalisée au

mois de juillet, soit 30 jours avant notre essai, ont montré que les dates de floraison des différentes variétés se situaient entre 46 et 62 JAS (SIL, 2019).

Les mêmes effets ont été aussi observés pour la maturité avec des dates qui tournent autour de 100 JAS. Cette précocité peut être imputée à la génétique des différentes variétés sans oublier les rôles majeurs joués par la température et la photopériode. Déjà dans les années 1930, les chercheurs japonais catégorisaient en variétés précoces, celles dont le nombre de jours (du semis à la maturité) se situaient entre 100 et 120 JAS (Gay, 1938). Par ailleurs (Ougouag et Laytou, 1978) concluaient que pour les mêmes variétés de soja semées à deux périodes différentes (période de semis conventionnelle et 30 jours plus tard) la différence dans la longueur du cycle variait de 10 à 15 jours et les dates de maturité se situaient entre 85 et 117 JAS pour les variétés semées tardivement. Ces résultats sont similaires aux nôtres même si les variétés sont différentes.

Les résultats sur la taille des plantes montrent forte variabilité, allant des plus faibles (32 cm) aux plus importantes (126 cm). Ces résultats obtenus diffèrent de ceux de Nzoue et al (2003) qui distinguent des hauteurs variant de 60 à 106 cm. Toutefois, on pourrait dire d'une part que les différences existantes entre les valeurs de la hauteur sont liées au caractère génotypique des différentes variétés, les plantes n'ayant pas subi une contrainte hydrique pendant cette phase végétative. Pour Delaveau (2003) et Doré et al (2006) la hauteur du soja varie entre 30 cm à 150 cm. D'autre part, on pourrait penser que le semis tardif a eu un impact en diminuant la hauteur des plantes. En tout cas c'est ce que soutiennent Louis et al., (2015), en remarquant que pour les mêmes variétés semées à intervalle de 30 jours il y'avait une diminution de plus de 20 cm de la taille au niveau des plantes lors du dernier semis.

Les observations sur la verse ont montré que la plupart des variétés étudiées n'étaient pas sensibles à la verse. La remarque qui a été faite est que les deux variétés (MAKSOY 2N et MAKSOY 4N) qui ont enregistré un score de verse élevé par rapport aux autres variétés avaient les tailles les plus élevées avec respectivement 126 cm et 120 cm. Ce qui fait dire qu'il existe une relation entre taille des plantes et sensibilité à la verse. (Kato et al., (2019) ont montré que la sensibilité à la verse augmenterait avec la hauteur. Par ailleurs (Roumet, 2010) soutient que les variétés

déterminées de taille courte sont beaucoup plus résistantes à la verse que les variétés indéterminées qui ont tendance à avoir une taille beaucoup plus grande.

La déhiscence a été observée chez toutes les variétés, certaines étant beaucoup plus sensibles que d'autres. Ce constat permet de conclure que la tolérance observée pour certaines variétés ou la sensibilité notée chez d'autres est une caractéristique propre au génotype de chaque variété. Il ne faudrait néanmoins pas exclure les impacts environnementaux physiques tels que la température et l'hygrométrie. En effet la déhiscence est un phénomène mécanique qui s'opère par la rupture des tissus le long de la nervure centrale de la gousse dès que celle-ci atteint un degré hygrométrique adéquat dû à l'absence de pluies et une température plus ou moins élevée. Ce même phénomène a été observé dans des essais réalisés au Cameroun en 2009 (IRAD, 2010).

En ce qui concerne le poids de 100 graines, là aussi des différences ont été observées. Il varie entre 11,1 gr (pour le poids le plus faible) et 19,2 gr (pour le poids le plus élevé). En outre il faut préciser qu'à cause du semis tardif, les variétés ont connu une période de sécheresse à partir du 70^e JAS correspondant à l'arrêt des pluies dans la zone. Cette période de sécheresse observée à cette étape cruciale chez les plantes correspondant au début de la phase de remplissage des gousses a également eu un impact sur la qualité des graines et de facto une répercussion sur le poids des graines. Ces résultats diffèrent de ceux de Nzoue et al (2003) qui avaient des poids de 100 graines variant entre 17 et 22,5 gr. En revanche ceux du Pan-African Soybean Variety Trials présentent des résultats plus faibles dont les poids varient entre 9,9 et 18,6 g.

Les ravageurs observés sont de trois catégories. Les deux premières catégories à savoir les oiseaux et les myriapodes ont agi au cours du stade végétatif. Il faut noter que leur impact est négligeable. Dans une étude réalisée au Bénin (HOUNOUVI NOUKPO jemime, 2018) a montré que les mille-pattes détruisaient une bonne partie des récoltes en s'attaquant aux gousses souterraines des plants de lentille. Les insectes (punaises et criquets) par contre sont apparus au début du stade reproductif et leur impact s'est fait ressentir pendant la phase de maturation. Après les ravageurs viennent les maladies. La pustule bactérienne causée par *Xanthomonas axonopodis* pv *Glycines* est la plus présente sur les lieux causant des taches jaunâtres au niveau des feuilles et affectant de manière considérable le rendement de certaines variétés. C'est

le cas notamment de TGX 2002-46FZ et TGX 2023-17FZ qui font partie des variétés qui ont enregistré les plus faibles rendements (respectivement 850 kg/ha et 655 kg/ha) et la plus grande sensibilité à la pustule avec un score de 5. Valerien et al., (2016) décrivent la pustule bactérienne comme l'une des maladies les plus redoutables du soja qui induit d'énormes pertes de rendement à travers le monde. Après la pustule, il a été noté également l'Anthracnose qui a causé beaucoup moins de dégâts que la pustule mais qui a tout de même entraîné un avortement de quelques gousses au niveau des variétés qu'elle a touchées. La mosaïque du soja, même si elle a été peu présente a quand même causée une baisse de rendement au niveau de la variété SALITUNYA avec un passage de 1700 kg/ha à 850 kg/ha. Bétrix et al., (2020) soutiennent que le virus de la mosaïque du soja peut entraîner une baisse de rendement de plus de 25 %. L'hypothèse la plus probable est que les semences utilisées étaient déjà infectées. Pour Nieuwlink (2005) la plupart des maladies proviennent des semences. Ce qui pose la nécessité de recourir à des graines saines.

Le rendement est l'un des paramètres les plus importants pour une variété mais celui-ci est souvent influencé par plusieurs éléments dont le génotype et les facteurs environnementaux du milieu. Les rendements obtenus varient entre 547 kg/ha et 1657 kg/ha. Ils sont faibles par rapport à la moyenne mondiale qui tourne autour de 3000 kg/ha (IAEA, 2020). La photopériode, les maladies et les attaques des ravageurs ont contribué à ces résultats mais aussi et surtout la sécheresse en fin de cycle. En effet l'arrêt des pluies dans la zone a coïncidé avec le stade reproductif qui comprend les phases de mise en place des gousses mais aussi la phase de remplissage des gousses, correspondant en moyenne au 70ème jour après semis pour les variétés précoces. Les plantes soumises à la contrainte hydrique avortent de leurs gousses ou produisent tout simplement des graines de très mauvaise qualité. Ces résultats confirment ceux de Vidal et al., (1981) qui avaient observé le même phénomène d'avortement des gousses sur 15 variétés soumises à un stress hydrique pendant la phase de mise en place et de remplissage des gousses.

CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif d'étudier quarante variétés de soja à travers les paramètres agro morphologiques comme le taux de levée, la hauteur des plantes, les dates de floraison et de maturité et des paramètres du rendement tel que le poids des 100 graines et le rendement par variété. A cela s'ajoutaient également des observations par rapport à la sensibilité des variétés à la verse, à la déhiscence ou encore à la résistance à certaines maladies rencontrées dans la zone d'étude. L'étude visait également à répertorier l'ensemble des ravageurs observés pendant l'étude.

Les résultats ont montré, à l'exception de quelques variétés, une tendance générale à la précocité et une tolérance à la verse. En dépit d'un semis tardif, d'une sécheresse sévère et des attaques de plusieurs maladies et ravageurs, certaines variétés se sont révélées être à forte potentialité. Le choix des variétés s'appesantira donc sur la résistance à la déhiscence, la maturité et le rendement. Les variétés TGX 2033-69FZ, TGX 2002-41FZ, TGX 2014-16FM, QUARSHE, SOUNG PUNGUN et FAVOUR pourraient être considérées comme les meilleures. Leur cycle de la maturité se situe entre 94 et 105 JAS, une bonne résistance à la déhiscence (score inférieur à 2) et des rendements qui varient entre 1100 kg/ha et 1600 kg/ha.

Cette étude a permis d'identifier trois types de ravageurs du soja : les oiseaux, les myriapodes et les insectes. Trois maladies ont aussi été identifiées, à savoir la pustule du soja, l'anthracnose et la mosaïque du soja.

Cette étude doit être répétée et réalisée avec des dates de semis plus précoces afin de compléter les informations obtenues lors de cet essai. La réalisation d'une analyse des taux de protéines est souhaitable dans le but de déterminer la qualité nutritionnelle de chacune des variétés.

En ce qui concerne la lutte contre les ravageurs tels que les punaises et les criquets qui causent d'énormes dégâts aux cultures, une lutte biologique à base de Neem (*Azadirachta indica*) peut être envisagée comme substitut aux insecticides chimiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.Badou, P. T. A. (2013).** Effets de différents modes de gestion des résidus de soja sur le rendement du maïs dans deux zones agroécologiques du Centre-Bénin
Résumé Effects of different soybean residue management systems on the maize yields in the agroecological conditions of the c. Bulletin de La Recherche Agronomique Du Bénin (BRAB), 1840–7099(Numéro special fertilité du maïs janvier 2013), 34–38.
- Afssa/Afssaps. (2005).** Sécurité et bénéfices des phyto-estrogènes apportés par l'alimentation. Recommandations, Agence française de sécurité sanitaire des aliments.
- Arvor, D., Dubreuil, V., Villar, P. M. del, Ferreira, C. M., & Meirelles, M. S. P. (2009).** Développement, crises et adaptation des territoires du soja au Mato Grosso: l'exemple de Sorriso
Desenvolvimento, crises e adaptação dos territórios da soja em Mato Grosso: o exemplo de Sorriso. Confins, 6, 0–23.
<https://doi.org/10.4000/confins.5934>
- Boote, K. J. (2011).** “Improving Soybean Cultivars for Adaptation to Climate Change and Climate Variability,” in Crop Adaptation to Climate Change (Oxford, UK: WileyBlackwell), 370–395. doi:10.1002/9780470960929.c
- B. OUGOUAG, F. LAYTOU, F. N. (1978).** Influence de l'époque de semis sur la durée du cycle végétatif et sur le rendement en grains de quelques variétés de soja dans les conditions pédoclimatiques de la Mitidja. Retour Au Menu, 1–8.
- Béatrix, C., Schumpp, O., Schori, A., Brodard, J., & Dubuis, N. (2020).** Tolérance des sojas suisses au virus de la mosaïque du soja. Recherche Agronomique Suisse, 11, 188–195.
- Carsky, Doiuthwaite, Manyong, Sanginga, Schulz, V. (2003).** Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines.
- CIRAD. (1998).** Observatoire du changement; Fiches Produits N ° 6. N°6, 1–6.

Chatenet, C. (2007). Le soja, une plante étonnante, un aliment incontournable. *Actualités pharmaceutiques*(469), p. 37.

Chouraqui, J.-P., Dupont, C., Bocquet, A., Bresson, J.-L., Briend, A., Darmaun, D., . . . Vidailhet, M. (2008). Alimentation des premiers mois de vie et prévention de l'allergie. (E. M. SAS, Éd.) *Archives de Pédiatrie*(15), pp. 431-442. doi:10.1016/j.arcped.2008.02.013

Duc, G., Mignolet, C., Carrouée, B., Huyghe, C., Duc, G., Mignolet, C., Carrouée, B., & Huyghe, C. (2020). Importance économique passée et présente des légumineuses : Rôle historique dans les assolements et facteurs d ' évolution To cite this version : HAL Id : hal-02658338 (pp. 0–24).

Delaveau, P. (2003). Voyage en botanique. Pharmathèmes Editions. ational de la recherche agronomique.

Demol J.,Baudoin J.-P.,Louant B. P. ,Maréchal Robert ,Mergeai G., 2002. Amelioration des plantes : Application aux principales espèces cultivées en Afrique Tropicales (591).

Doré, C., & Varoquaux, F. (2006). Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Paris : institut

Elodie, L. (2013). Le soja: influence de sa consommation sur la santé humaine et conséquences de l'expansion de sa culture au niveau mondial.

Eurotext, J. L., & Vadez, V. (2014). S'appuyer sur les multiples bénéfices des légumineuses à graines pour une agriculture plus productive et nutritive dans les zones sémi arides.

FAO. (2013). les bonnes pratiques de production du soja. 5–8.

FAO. (2021). 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>

François, M., Gbesso, D. P. N., Fondio, L., Diakaria, N., & Christophe, N. G.

- (2017). Efficacité symbiotique de cinq souches locales de rhizobiums sur les paramètres de croissance du soja
- Garner W. W. and Allard H. A. - Journal of Research ; 1920**, 18, 553-606; 1923, 23, 871-920; 1930, 41, 719-85. -
- Giller, K. E., 2001**. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. Second ed. CABI Publishing. Wallingford, UK, pp 448
- Giller, K.E., et Dashiell, 2007** .Glycine max. Fiche de Protabase. Ressources Végétales de l'Afrique Tropicale. Van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. (Editeurs), Wageningen, Pays Bas.
- Hughes GJ, Ryan DJ, Mukherjea R, Schasteen CS**. Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Scores (PDCAAS) for Soy Protein Isolates and Concentrate: Criteria for Evaluation. J Agric Food Chem. 2011 Nov 16.
- Hymowitz, T et Shurtleff, W.R., 2005**. Debunking soybean myths and legends in the historical and popular literature. Crop Science, 45: 476 pp
- Javaheri, F. et Baudoin, G.J.H., 2001**. Le soja : 860-882. In : Raemaekers (Eds) : Agriculture en Afrique Tropicale, DGCI, Bruxelles, Belgique : 1634 pp.
- Luo, Q. (2011)**. Temperature thresholds and crop production: A review. Clim. Change 109, 583–598. doi:10.1007/s10584-011-0028-6.
- MORSE, (W.S.) 1950**. History of soybean production. In: K.S. Markley, éd. Soybeans and soybean products. Easton, PA, Etats-Unis, Interscience Publishers Vol.1: 3-59
- Phillips SM, Tang JE, Moore DR**. The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. J Am Coll Nutr. 2009 Aug;28(4):343-54.
- Symbiotic effectiveness of five local strains of rhizobia on soybean growth parameters. 11(October), 2327–2340.**
- Gay, H. (2018)**. La culture et les usages du Soja . 309–324.
- Tang JE, Moore DR, Kujbida GW, Tarnopolsky MA, Phillips SM**. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein

synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J Appl Physiol.* 2009 Sep;107(3):987-92.

GERMAIN, T. (2017). Le soja, une production croissante pour une demande en pleine expansion. 1–18.

Gourmel, C. (2014). Catalogue Illustré Des Principaux Insectes Ravageurs Et Auxiliaires Des Cultures. 0–77.

Gustave, K. (2011). Etude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en age de sevrage. *Bulletin de La Société Royale Des Sciences de Liège*, 80, 748–758.

HOUNOVI NOUKPO jemime, A. A. C. (2018). Caractéristiques reproductives et composantes de rendement chez des accessions de lentilles de terre (*Macrotylomageocarpum*). 1–38.

IRAD. (2010). Synthèse de la campagne expérimentale de SOJA et de TOURNESOL 2009.

Jouffret, P., Labalette, F., & Parachini, E. (2015). Analyse multicritère de la production de soja dans des exploitations agricoles contrastées du Sud-Ouest de la France. *OCL - Oilseeds and Fats*, 22(5), 1–12. <https://doi.org/10.1051/ocl/2015029>

Kato, S., Sayama, T., Taguchi-Shiobara, F., Kikuchi, A., Ishimoto, M., & Cober, E. (2019). Effect of change from a determinate to a semi-determinate growth habit on the yield and lodging resistance of soybeans in the northeast region of Japan. *Breeding Science*, 69(1), 151–159. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.18112>

Lejeune-Henaut, I. (1991). Étude du comportement de deux variétés de soja dans le Nord de la France. Influence de la densité. *Agronomie*, 11(8), 659–667. <https://doi.org/10.1051/agro:19910803>

Louis, B. L., Laurent, K. K., Maurice, K. K., & Michel, M. K. (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 s. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12(1), 104–109.
- Mariethoz, L. (2020).** Analyse des importations chinoises de soja pendant la guerre commerciale avec les USA. Haute École de Gestion de Genève, 13.07.2020, 1–47.
- Mimee, B., Brodeur, J., Bourgeois, G., Moiroux, J., Gendron-St-Marseille, A., & Gagnon, A.-È. (2014).** Quels enjeux représentent les changements climatiques en lien avec les espèces exotiques envahissantes pour la culture du soya au Québec? *Ouranos. Projet*, 550012–550103.
- Nieuwelink, N. et J. (2005).** La culture du soja et d ' autres légumineuses (M. V. Rienke Nieuwenhuis (ed.); 2005th ed.).
- NZOUÉ A., K. C. . M. F. (2003).** ANALYSE AGRO-MORPHOLOGIQUE DE DEUX LIGNEES DE SOJA (Glucine Max L. Merill). *Agonomie Africaine;CNRA , Station de Recherche Sur Les Cultures Vivrières ; Cote d'Ivoire*, 15(3), 93–104.
- OCDE/FAO. (2016).** L'agriculture en Afrique subsaharienne : Perspectives et enjeux de la décennie à venir. 181(Ii), 63–104. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-5-fr
- Patricia, L. C., Frédéric, P., Françoise, L., & Corinne, P. (2015).** L OCAL SOYBEAN SUPPLY CHAIN Valorisation de tourteaux de soja issus d ' une production locale non OGM chez les fabricants d ' aliments. 22(5), 1–7.
- PIONEER. (n.d.).** Notions de base sur la fertilisation dans le soja.
- Pointereau, P. (2001).** Légumineuses : quels enjeux écologiques? *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 44, 69–72.
- POLLET, F. (1987).** Insectes ravageurs et parasites des légumineuses à graines en Afrique de l'Ouest (cultures et stocks).
- Quinsac, A., Carr, P., & Industriel, P. (2012).** Comment valoriser dans l ' alimentation animale , les graines de soja produites en France ? Comparaison de s de transformation : de deux proc e l ' aplatissage-cuisson-pression et l ' extrusion-pression de et contraintes. 19(6), 347–357.

Roumet, P. (2010). La sélection du soja en France : Quels états des lieux. *Innovations Agronomiques*, 11, 175–186.

Sachs, I. (2006). Bioénergies , sécurité alimentaire et services environnementaux . Vers un nouveau cycle de développement rural ? *Liaison Énergie/ Les Cahiers de Chance*, 83–86.

SCHAD, C. (1949). Adaptation régionale des variétés de soja en fonction des facteurs température et durée du jour. *KARGER*, 3(3), 335–356.

Soybean Innovation Lab. (2019). Pan-African Soybean Variety Trials. Figure 1, 1–4.

SRSD, A. (2017). Situation Economique et Sociale Regionale 2014. Service Régional de La Statistique et de La Démographie de Sédhiou, 1–21.

Tchakerian, E. (1980). Approche économique de la culture du soja au Sénégal. 20.

Valerien, Z., Sekloka, E., & Dannon, F. (2016). Sélection des variétés de soja pour la résistance à la pustule bactérienne au Bénin. *TROPICULTURA*, 34(April), 69–76.

Vidal, A., Arnaudo, D., Arnoux, M., Blayac, H., Meynie, S., Vidal, A., Arnaudo, D., Arnoux, M., Blayac, H., & Claparede, L. (1981). La résistance à la sécheresse du soja I . - Influence d ' un déficit hydrique sur la croissance et la production To cite this version : tion hydrique.

Williams, M. (2004). Soybean growth and management; Quick guide. North, August, 1–8.

<https://doi.org/10.1051/agro:19910803>

<https://blogs.ext.vt.edu/ag-pest-advisory/lodging-and-its-effect-on-soybean-yield/>

<https://inspection.canada.ca/protection-des-vegetaux/semences/methodes-d-inspection/soja/fra/1347209394341/1347209477717>

<http://www.fao.org/>

<https://www.iaea.org>

