

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT D'AGROFORESTERIE

MASTER

Mémoire de fin de cycle

Spécialité: Aménagement et Gestion Durable Des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers

Etude comparative des paramètres agro-morphologiques et phénologiques de variétés de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) Semées en contre-saison et en hivernage

Présenté par

Assane DIOP

Sous la direction de Pr Siré DIEDHIOU, Maitre de conférences (UASZ),

Encadrant : Dr Djibril SARR, Maitre-assistant (UASZ),

Soutenu publiquement le 12 Août 2024 devant le jury composé de :

Président:	Pr Ismaïla COLY	Maitre de conférences	UFR-ST /UASZ
Membres:	Dr Boubacar CAMARA	Maitre-assistant	UFR-ST /UASZ
	Dr Joseph S. DIEME	Maitre-assistant	UFR-ST /UASZ
	Dr Djibril SARR	Maitre-assistant	UFR-ST /UASZ

Année universitaire 2023-2024

Dédicaces

A mes parents El hadji Magatte Diop et Sokhna Khady DIOP, Vous qui avez mis en terre la graine, arrosé et entretenu le plant avec tant d'amour, de tendresse et de patience, recevez par ces lignes le témoignage de ma filiale reconnaissance.

Que le bon DIEU l'Eternel vous accorde une longue vie pour bénéficier des fruits de vos efforts !

A mes frères et sœurs pour leur soutien et leur assistance depuis mon cycle primaire jusqu'à-présent.

Que ce modeste travail atteste et exprime toute mon affection et ma profonde gratitude pour les nombreux efforts et sacrifices que vous avez consentis pour ma réussite scolaire et universitaire.

Je dédie également ce travail à vous tous, oncles, tantes, cousins et cousines, ami(e)s et camarades de classe.

Remerciements

Au terme de ce travail, je remercie le Bon DIEU de m'avoir donné une santé de fer pour le mener à bien, au Prophète Mohammad (PSL), à mes parents Magatte DIOP et Khady DIOP, à mes grands et petits frères et sœurs et à toute ma famille.

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. Je ne cesserai d'exprimer ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect pour ses efforts, sa disponibilité, son implication, sa confiance, sa générosité et ses encouragements mais aussi et surtout pour les précieux conseils. Merci pour tout, que Dieu vous le rende au centuple ;
- tous les Enseignants-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 reçue;
- mes camarades de la 9ième promotion du département d'Agroforesterie avec qui j'ai passé mes plus belles années universitaires.
- tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer le travail et d'apporter leurs suggestions pour améliorer la qualité du document ;

Je ne saurais terminer sans remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Table des matières

<i>Dédicaces</i>	I
Remerciements	II
SIGLES ET ABREVIATIONS	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
RESUME.....	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1- GENERALITES SUR LE SOJA	3
1.1.1- Origine et systématique	3
1.1.2- Morphologie du soja	3
1.1.3- Croissance et développement du soja	4
1.1.4- Exigences climatiques	4
1.1.4.1-Température	4
1.1.4.2-Photopériode	5
1.1.4.3- Eau	5
1.1.5- Les caractéristiques du soja	5
1.1.5.1- Caractéristiques phytobiologiques	6
1.1.5.2- Caractéristiques culturelles des variétés	6
CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES	7
2.1- Présentation de la zone d'étude	7
La situation climatique pendant la durée de l'expérimentation	Erreur ! Signet non défini.
2.2- Matériel végétal.	8
2.3- Méthodes	8
2.3.1- Dispositif expérimental	8
2.3.2- Conduite de culture	9
2.3.2.1- Démariage	9
2.3.2.2- Désherbage	10
2.3.2.3- Fertilisation	10
2.3.2.4- traitements phytosanitaires	10
2.3.2.5- Récolte	11
2.3.3- Paramètres étudiés	12
2.3.3.1- Hauteur des plantes à maturité	12
2.3.3.2- La déhiscence	12

2.3.3.3- La verse	12
2.3.3.4- Le rendement	13
2.3.4- Analyse et traitement des données	13
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	14
3.1 Résultats	14
3.1.1-Date de floraison en contre -saison	14
3.1.2-Comparaison de la date de floraison en contre-saison et en hivernage.....	14
3.1.3- Hauteur des plantes en contre -saison	15
3.1.4-Comparaison de la hauteur en contre-saison et en hivernage.....	16
3.1.5- Durée du cycle en contre-saison.....	16
3.1.6-Comparaison de la durée du cycle en contre-saison et en hivernage.....	17
3.1.7- Rendement en contre-saison.....	18
3.1.8-Comparaison du rendement en contre-saison et en hivernage	19
3.1.9- Poids de 100 graines en contre -saison	19
3.1.10- Déhiscence.....	20
3.1.11- La verse	20
3.1.11- Corrélation entre les différents paramètres étudiés.....	21
3.2-Discussion.....	22
CONCLUSION	24
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	25

SIGLES ET ABREVIATIONS

ANOVA: Analysis of variance

CNFTAGR : Centre National de Formation des techniciens en Agriculture et Génie Rural

DAP: Diammonium Phosphate

FAO: Food and Agriculture Organization

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

JAS : Jours Après Semis

IITA: International Institute of Tropical Agriculture

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

UASZ: Université Assane Seck de Ziguinchor

USDA : United States Departement of Agriculture

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Stades de croissance et de développement du soja.....	4
Figure 2: Carte du site de l'expérimentation.....	7
Figure 3: Variation de la photopériode pendant les mois de l'expérience.....	8
Figure 4: Schéma du dispositif expérimental.....	9
Figure 5: Parcelle après désherbage.....	10
Figure 6: Désherbage.....	10
Figure 7: Traitement phytosanitaire d'une parcelle.....	11
Figure 8: Parcelle avec des plantes arrivées à maturité.....	11
Figure 9: Variation de la date de floraison en fonction des variétés.....	14
Figure 10 : variation de la hauteur des plantes en fonction des variétés.....	16
Figure 11 : variation de la durée des cycles en fonction des variétés.....	17
Figure 12: Variation du rendement en fonction des variétés.....	19
Figure 13: variation du poids des 100 graines en fonction des variétés.....	20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les différentes variétés étudiées	8
Tableau 2: Comparaison des dates de floraison de variétés semées en hivernage et en contre saison.....	15
Tableau 3: Comparaison de la durée du cycle des variétés entre hivernage et contre-saison..	18
Tableau 4: Comparaison des rendements entre hivernage et contre-saison.....	19
Tableau 5: Niveaux de déhiscences des différentes variétés.....	20
Tableau 6: Niveau de verse en fonction des variétés	21
Tableau 7: Matrice de corrélation de Pearson.....	21

RESUME

Aujourd'hui le soja est considéré en Afrique comme une des solutions qui pourrait améliorer la qualité de l'alimentation des populations africaines. Au Sénégal cette culture est restée sporadique et n'a pas encore dépassé le cadre des Stations de recherche. Un essai a été réalisé pour tester l'adaptabilité de 10 variétés de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) aux conditions environnementales de la région de Ziguinchor en période de contre-saison. Un dispositif en blocs de Fischer avec trois répétitions a été adopté. Les paramètres que sont la hauteur des plantes, la date de floraison, la date de maturité, le rendement et les niveaux de sensibilité à la verse et à la déhiscence ont été mesurés et/ou évalués. Pour tous les paramètres, des différences significatives ont été notées entre les différentes variétés. La floraison a varié entre 52 à 60 JAS et celui de la maturité, entre 130 et 139 JAS. La variété TGX-2029-36-FZ est la plus tardive pour la floraison et la première arrivée à maturité. La hauteur a varié de 55 à 144 cm. La plus courte a été QUARSHIE et PANORAMA 357, la plus grande. Les variétés de hauteur supérieure à 100 cm ont été plus sensibles à la verse. Un rendement de 1,6 à 5,2 t/ha a été obtenu. Les variétés TGX-2081-8FZ et PANORAMA 2 ont été les plus performantes avec 5,2 t/ha. Comparés aux résultats obtenus en hivernage une augmentation significative des paramètres quantitatifs a été notée en contre-saison

Mots clés: Soja, variété, floraison, maturité, déhiscence, verse, rendement,

ABSTRACT

Today, soya is considered in Africa as one of the solutions that could improve the quality of food for African populations. In Senegal, however, soybean cultivation has remained sporadic and has not yet spread beyond the research stations. A trial was carried out to test the adaptability of 10 soybean varieties (*Glycine max* (L.) Merr.) to the environmental conditions of the Ziguinchor region during the off-season. A Fischer block design with three blocks was adopted. Plant size, flowering date, maturity date, yield and susceptibility to lodging and dehiscence were measured and/or evaluated. For all parameters, significant differences were noted between the different varieties. Flowering ranged from 52 to 60 JAS, and maturity from 130 to 139 JAS. The TGX-2029-36-FZ variety was the latest to flower and the first to ripen. Height ranged from 55 to 144 cm. The shortest was QUARSHIE and PANORAMA 357, the tallest. Varieties taller than 100 cm were more susceptible to lodging. Yields ranged from 1.6 to 5.2 t/ha. TGX-2081-FZ and PANORAMA 2 were the best-performing varieties at 5.2 t/ha. Compared with the results obtained in wintering, a significant increase in quantitative parameters was noted in the off-season.

Key words: Soybean, variety, flowering, maturity, dehiscence, lodging, yield,

INTRODUCTION

Au siècle dernier, en dehors de l'Asie, le soja était quasiment inconnu. Aujourd'hui, partout dans le monde, des centaines de millions de personnes consomment de la viande, des œufs et des produits laitiers issus d'animaux élevés au soja (FAO, 2023). Depuis une vingtaine d'années, la culture du soja est celle qui a subi la plus forte croissance au niveau mondial. De 206 millions de tonnes en 2004, la production mondiale est passée à 370,24 millions en 2023, soit une augmentation de plus de 4 % chaque année (FAO, 2023). La superficie dédiée à la culture du soja recouvre désormais plus d'un million de kilomètres carrés, soit l'équivalent des superficies de la France, de l'Allemagne, de la Belgique et des Pays-Bas réunis (Bruinsma, 2009).

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). Le soja est l'une de principales sources des protéines (40-42 %) et d'huile végétale (18-22%) utilisées habituellement dans l'alimentation humaine (Mabapa et al., 2010 ; Munene et al., 2017). Il est utilisé dans les industries agro-alimentaires pour la fabrication de nombreux sous-produits riches en protéines pour l'amélioration de la santé des consommateurs (Baboy et al., 2015).

En Europe, les premières études agronomiques sur le soja ont démarré au 18e siècle (Shurtleff et Aoyagi, 2005). Il fut acclimaté aux Etats-Unis au cours de cette même période.

En Afrique, la culture du soja a débuté au 19ème siècle, le long de la côte Est du continent. Il aurait été cultivé pour la première fois en Égypte vers 1858, (Shurtleff et Aoyagi, 2009). Cette culture connaît actuellement un engouement croissant. Il est à présent cultivé dans 22 pays africains, et notamment en Afrique du Sud, au Nigeria, en Ouganda, au Malawi, au Rwanda et au Zimbabwe (FAO, 2012). Certains pays, comme le Nigeria, ont connu des progrès dans leur production de soja avec des rendements en grains atteignant aujourd'hui 1,8 t ha⁻¹ (FAO, 2012).

Au Sénégal, la culture du soja est quasi inexistante malgré un très bon potentiel de rendement. Ainsi les premières variétés issues des sélections de l'ISRA se caractérisaient par des rendements de 2 300 à 2 900 kg/ha (Wey et al., 2004).

Ainsi l'objectif général de la présente étude est de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire au Sénégal à travers la diversification des cultures pratiquées.

De manières spécifiques, il s'agit d'une part, de comparer les performances agromorphologiques et phénologiques de 10 variétés de soja cultivées en contre-saison. D'autre

part, de comparer les différences de performances de ces variétés entre un semis en hivernage et un semis en contre saison.

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

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1- GENERALITES SUR LE SOJA

1.1.1- *Origine et systématique*

Le soja (*Glycine max*) est considéré comme une des plus anciennes plantes cultivées. Il est d'origine asiatique (Giller, 2001). C'est une légumineuse appartenant à la famille des fabaceae, de la sous-famille des Faboideae, de la tribu des *Phaseoleae* et sous-tribu des Glycininae et du genre *Glycine* (Verville, 2003).

1.1.2- *Morphologie du soja*

Le soja est une plante herbacée annuelle qui n'existe qu'à l'état cultivé (Aygon, 2006) (Bruneton, 1999). La hauteur varie de 0,2 m à 1 m selon les variétés et les conditions de culture. Les feuilles sont trifoliées, alternes. Les folioles sont ovales et pubescentes selon les variétés (Aygon, 2006).

Les types de croissance de la tige sont classés en fonction du caractère plus ou moins soudain de l'arrêt de la croissance. La plupart des variétés sont dites déterminées ou indéterminées.

Les tiges des plantes dites déterminées cessent de grandir quand la floraison commence ou peu de temps après. En revanche, les tiges des plantes dites indéterminées continuent à s'allonger pendant la plus grande partie de la période de développement de la gousse et doublent à peu près de longueur après le début de la floraison.

Les tiges des variétés déterminées se terminent souvent par une inflorescence, mais ce n'est pas le cas des variétés indéterminées (Bernard, 1972).

Les fleurs sont rassemblées en grappes. Leurs couleurs varient en fonction des variétés, elles vont du blanc au mauve. La fécondation est *autogame* dans sa plus grande proportion (de l'ordre de 5 % seulement serait croisé grâce à des insectes). Certaines fleurs s'autofécondent sans s'ouvrir ni même développer de *corolle* colorée (Aygon, 2006) (Bruneton, 1999).

Le système racinaire est composé de radicelles qui se ramifient autour d'un pivot, elles absorbent eau et sels minéraux grâce à leurs poils absorbants. Le système racinaire est pivotant avec de nombreuses nodosités (Siaka, 2017), dans lesquelles s'opère une symbiose entre la plante et une bactérie (*Rhizobium japonicum*).

1.1.3- Croissance et développement du soja

Le premier stade de croissance du soja est la levée (VE), ce qui correspond au moment où les cotylédons apparaissent à la surface du sol. Vient ensuite le stade VC, qui est atteint lorsque les deux premières vraies feuilles, lesquelles sont unifoliées, sont entièrement déroulées. Les stades de croissance subséquents sont désignés par un V ou un R, selon qu'il s'agit d'un stade végétatif ou d'un stade reproductif, et d'un chiffre qui croît à mesure que la plante se développe. Les stades reproductifs commencent au moment où la plante commence à fleurir. Ensuite, les gousses se développent, puis les graines grossissent et, finalement, la plante atteint la maturité (Cheriere, 2020).

Le cycle végétatif du soja varie, selon que la variété soit précoce ou tardive, de 90 à 150 jours (Simon, 2005).

La Figure 1 présente les différents stades de développement du soja.

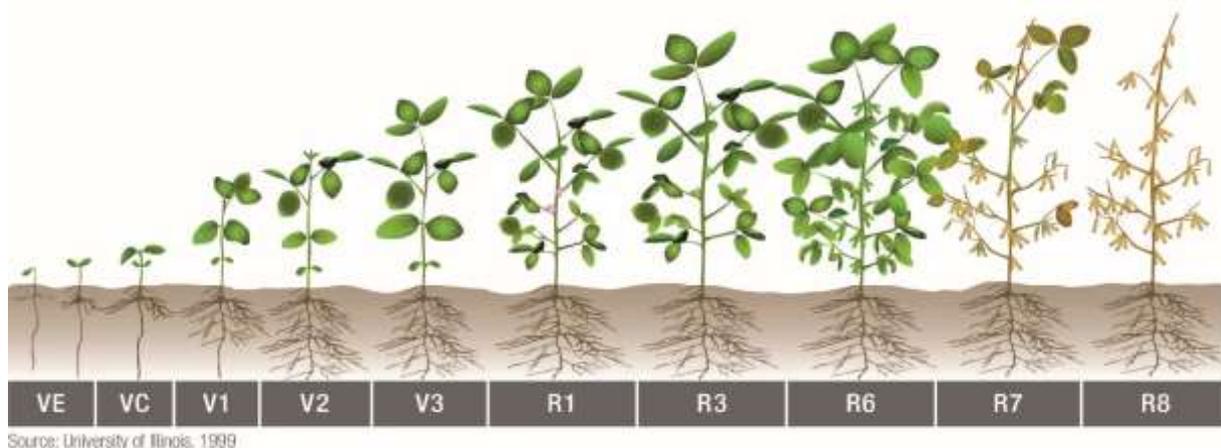


Figure 1: Stades de croissance et de développement du soja

1.1.4- Exigences climatiques

Le développement du soja est sensible aux facteurs du milieu, l'eau étant le principal facteur dont dépendent les variations, dans le temps et dans l'espace, de la productivité de cette culture (Ravelo et Decker, 1979). La sensibilité à la photopériode et à la température définissent les zones où la variété est adaptée. Les différences observées entre plusieurs cultivars quant à la date de floraison, viennent essentiellement de leurs sensibilités à la durée du jour (photopériode) (Hodges et French, 1985).

1.1.4.1- Température

Le soja pousse bien dans une large gamme de températures, bien que les régions dans lesquelles la température moyenne mensuelle la plus élevée est inférieure à 20 °C ne soient

pas jugées adaptées à la culture du soja (Berlato, 1981). Les très basses températures du sol pendant la germination ont pour effet de prolonger la période séparant les semis de la levée; les graines germent à des températures comprises entre 5 et 40 °C; une germination rapide exige une température voisine de 30 °C (Delouche, 1953). D'après Cartter et Hartwig (1967), la levée se produit au bout de 7 à 10 jours à une température de 15,5 °C. La température du sol, très souvent supérieure à 20 °C dans les régions tropicales et subtropicales, permet d'observer la levée des semis au bout de trois à cinq jours (Mota, 1978). Les principales régions productrices de soja dans le monde présentent des températures moyennes de mi-saison de 23 à 25 °C (Pascale, 1969).

1.1.4.2-Photopériode

Le soja est une plante de jours courts, sensible à la photopériode qui régule l'apparition de la floraison (Caffaro et al., 1988 ; Hadley et al., 1984) et la durée des phases de développement (Kantolic et Slafer, 2001 ; Nico et al., 2015 ; Raper et Thomas, 1978). La photopériode influe également sur la formation des gousses et le remplissage des graines.

Les variétés de soja à maturité précoce réagissent moins à la photopériode que les variétés à maturité tardive (Kenworthy et al., 1989). Les taux d'initiation florale et de formation de gousses sont particulièrement élevés si l'exposition à des jours courts n'est pas interrompue (Thomas et Raper, 1977).

Dans les régions tropicales et subtropicales, les caractéristiques de floraison des variétés plantées au même endroit, mais à différentes époques de l'année, peuvent varier, même si les photopériodes à l'époque des semis sont identiques (Shanmugasundaram et Tsou, 1978).

1.1.4.3- Eau

Il existe pour le soja deux périodes critiques bien définies quant aux besoins en eau: entre le semis et la levée, et pendant le remplissage des gousses. Pendant la phase de germination, un excédent ou un déficit hydrique s'avère préjudiciable du point de vue de la régularité de la répartition et de la densité du peuplement, mais un excédent en eau constitue davantage un facteur limitant, par comparaison à un déficit (Salinas et al. 1989). La teneur en eau du sol ne doit alors ni dépasser 85%, ni rester inférieur. Un déficit hydrique pendant la période de remplissage des gousses affecte davantage le rendement que pendant la floraison (Doss et al. 1974, Pearson et Rogers, 1974; Sionit et Kramer, 1977).

1.1.5- Les caractéristiques du soja

Le soja ne se cultive pas tout à fait comme les autres plantes du fait d'un certain nombre de caractéristiques particulières.

1.1.5.1- Caractéristiques phytobiologiques

- Les rhizobiums

Comme toutes les plantes dites " légumineuses", le soja est capable de trouver l'azote nécessaire à sa croissance grâce aux rhizobiums. Les rhizobiums sont des bactéries aérobies qui se trouvent dans le sol. Ils se fixent sur ses racines en formant des nodules.

Les rhizobiums captent l'azote de l'air qui circule dans le sol, le transfèrent aux racines et à l'ensemble de la plante, en particulier aux grains, mais aussi aux feuilles qui deviennent vert foncé. Les rhizobiums se conservent vivants dans le sol entre 10 et 100 ans (Lersten et Carlson 2004).

- Les nodulations

C'est la formation, sur les racines, de petites boules de 0,5 à 2 mm dans lesquels se développent les rhizobiums.

La présence, sur les racines du soja, de nodules est indispensable pour que le soja puisse produire suffisamment de feuilles et de grains. Elles se forment 15 à 20 jours après le semis. Ils sont de forme sphérique (Lersten et Carlson 2004). Certaines variétés de soja trouvent dans le sol les rhizobiums qui leur conviennent, comme en témoigne l'apparition rapide d'un feuillage vert foncé. Pour ces variétés, l'inoculation artificielle n'augmenterait pas beaucoup les rendements.

1.1.5.2- Caractéristiques culturales des variétés

Il existe de nombreuses variétés de soja, en particulier selon la durée du cycle semis/récolte. Selon la durée de leur cycle, les variétés sont classées en 5 catégories, 000, 00, 0, I, et II, du cycle le plus court au cycle le plus long (Thomas et Raper 1978).

Les variétés à **cycle long** arrivent à maturité en 140 jours. Elles sont adaptées aux régions où la pluviométrie attendue, répartie sur 4 mois, est égale ou supérieure à 850 mm.

Les variétés à **cycle intermédiaire**, de 95 à 105 jours s'adaptent à une large gamme de climats, en fonction du sol et de la technique du cultivateur.

Les variétés à **cycles courts** arrivent à maturité en 80 jours. Elles sont adaptées aux zones à saison pluvieuse courte ou à faible précipitation. Elles ont des rendements plus faibles que celles à cycle long. Il leur faut environ 600 mm de pluie réparties sur la durée du cycle (Thomas et Raper, 1978).

CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES

2.1- Présentation de la zone d'étude

L'expérimentation a été menée sur les terres du centre National de Formation des techniciens en Agriculture et Génie Rural (CNFTAGR ex EATA) (Figure 2). Le centre se trouve à cinq kilomètres du centre-ville. Il se situe au sud-ouest de la ville de Ziguinchor au quartier de Kénia après l'Université de Ziguinchor. Les sols ferrallitiques sont les seuls présents dans le domaine du centre (Faye, 2011). Le climat est de type sud soudanien continental (Sagna et al. 2012).

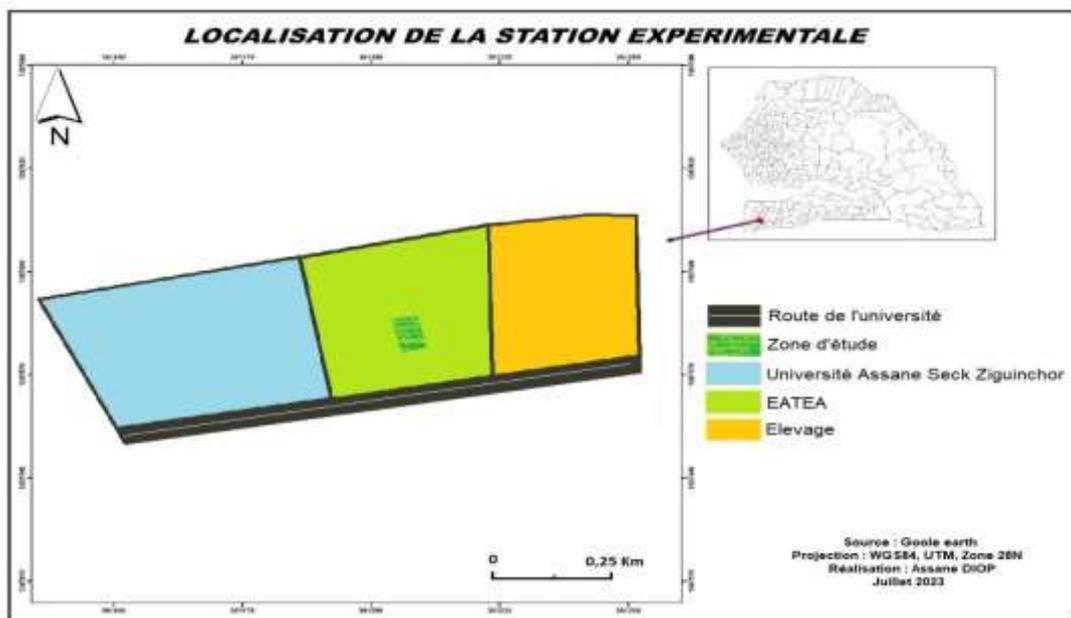


Figure 2: Carte du site de l'expérimentation

Les photopériodes mensuelles pendant la durée de l'expérience sont présentées à la **figure 3**. Les températures maximales ont varié entre 32 et 40 °C et les minimales entre 26 et 27 °C. La température moyenne observée pendant l'expérience était de 27°C.

La photopériode variait de 11:25 mn à 12:27 mn avec une moyenne de 12 :00 mn. La figure 3 représente les durées de jours lors de l'expérience.

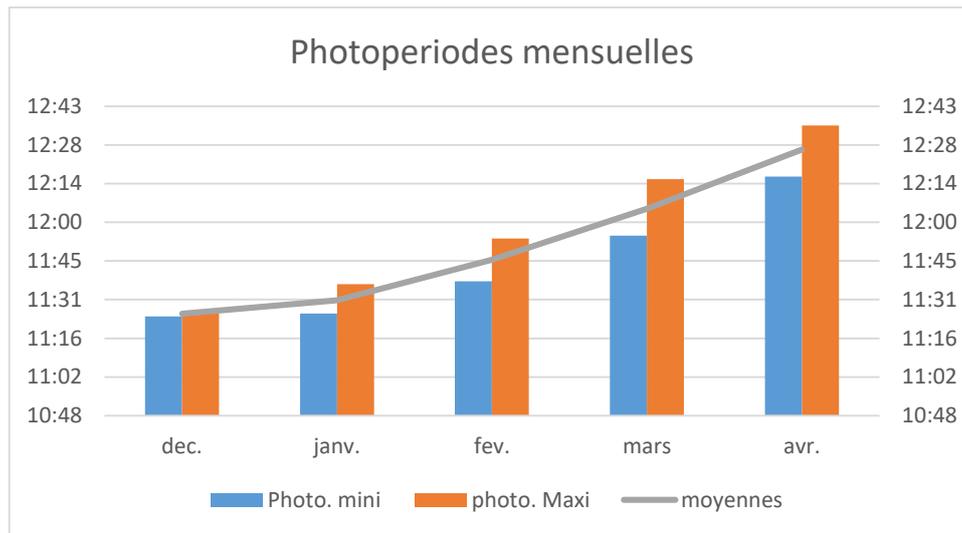


Figure 3: Variation de la photopériode pendant les mois de l'expérience

Source : Station Météorologique de Ziguinchor

2.2- Matériel végétal.

Le matériel végétal est composé de 10 variétés issues d'IITA (International Institute of Tropical Agriculture). Le tableau ci-dessous donne la Liste des variétés testées

Tableau 1: Les différentes variétés

Variétés	Origine	Variétés	Origine	Variétés	Origine
AFAYAK	Ghana	PANORAMA 2	Colombie	JENGUMA	Ghana
TGX 2081-FZ	Ghana	TGX 2029-6FZ	Zambie	TGX-2029-6FZ	Zambie
QUARSHIE	Ghana	PANORAMA 357	Colombie	FAVOUR	Ghana
				PANORAMA 358	Colombie

2.3- Méthodes

2.3.1- Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est en bloc de Fischer avec 3 répétitions. La dimension d'une parcelle élémentaire est de 2 m de long et 1,5 m de largeur. Les écartements sont de 0,5 m entre les lignes et 0,05 m sur la ligne. Les blocs sont séparés par des allées de 1 m de large. La figure 4 représente le schéma du dispositif expérimental.

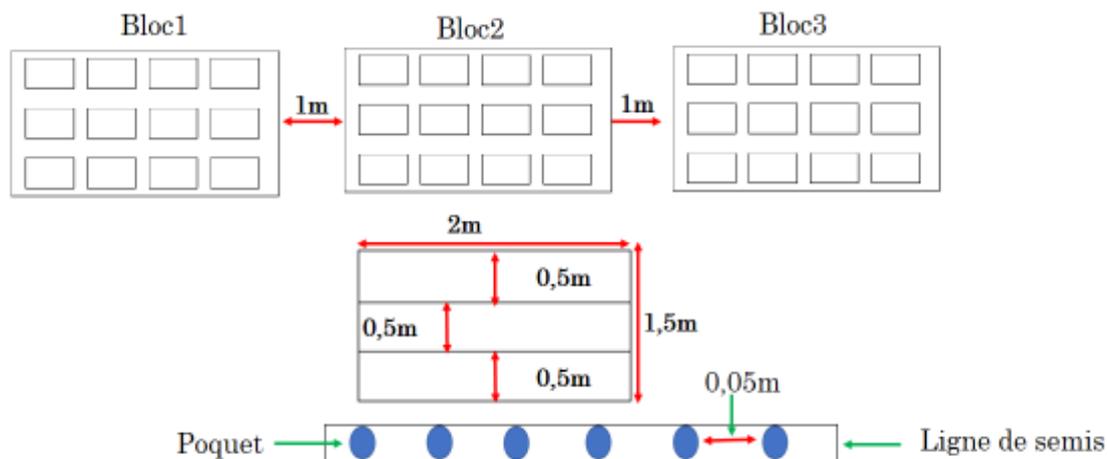


Figure 4: Schéma du dispositif expérimental

Chaque parcelle est constituée de 4 lignes de 25 pieds en moyenne. Les observations ont porté sur les deux lignes centrales qui constituent les parcelles utiles.

2.3.2- Conduite de culture

Le semis a été effectué le 13 décembre 2022. Un re-semis a été réalisé le 25 décembre pour remplacer les poquets manquants.

2.3.2.1- Démariage

Le démariage a été réalisé 15 jours après semis. Sur chaque ligne environ 30 plants ont été conservés (Figure 5).



Figure 5: Parcelle après démariage

2.3.2.2- Désherbage

Trois sarclages ont été effectués (Figure 6), le premier à 18 JAS, le second à 33 JAS et le troisième à 58 JAS.



Figure 6: Désherbage

2.3.2.3- Fertilisation

Une fumure d'entretien constituée d'un mélange de 10-10-20 (66,67 Kg/ha) et de DAP (26,67Kg/ha) a été appliquée 25 JAS. De l'urée (26,67Kg/ha) a été appliquée 35 JAS.

2.3.2.4- traitements phytosanitaires

Pour faire face aux attaques d'insectes et d'acariens, un insecticide/acaricide à base d'Abamectine (ACARIUS) a été utilisé à la dose de 25 ml de produit dans 15L d'eau.



Figure 7: Traitement phytosanitaire d'une parcelle

2.3.2.5- Récolte

La récolte a débuté le 6 avril pour les variétés les plus précoces et s'est poursuivie jusqu'en fin avril pour les variétés les plus tardives. Toutes les parcelles ont été récoltées à une maturité de 95% des gousses. La maturité d'une parcelle est déterminée en évaluant le nombre de gousses mures si le taux de gousses mures est de 95 %. Les plantes récoltées sont séchées au soleil pendant 10 jours.



Figure 8: Parcelle avec des plantes arrivées à maturité

2.3.3- Paramètres étudiés

Le nombre de jours écoulés entre la date de semis et la première floraison correspondant à la date de floraison de 50 % des plants de la parcelle a été décompté. La hauteur des plantes a été mesurée et la sensibilité à la verse et à la déhiscence ont été évaluées. Après la récolte le rendement en graines et le poids de 100 graines ont été déterminés.

Toutes les observations et mesures effectuées l'ont été sur dix plantes choisies au hasard dans les deux lignes centrales. La comparaison entre hivernage et contre saison porte sur la floraison, la hauteur, la durée du cycle et le rendement. Les données de l'hivernage étaient disponibles.

2.3.3.1- Hauteur des plantes à maturité

Cette variable est mesurée sur 10 plantes qui ont été choisies au hasard dans chaque parcelle utile, à l'aide de piquetage dans les deux lignes centrales. Cette mesure a été réalisée de la base de la plante à son extrémité (bourgeon apical)

2.3.3.2- La déhiscence

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

Niveau 1 : [0% ; 5% [plantes déhiscentes ;

Niveau 2 : [5% ; 25% [des plantes seulement sont déhiscentes ;

Niveau 3 : [25% ; 50% [des plantes de la parcelle sont déhiscentes ;

Niveau 4 : [50% ; 75% [des plantes sont déhiscentes

Niveau 5 : [75% ; 100%] des plantes de la parcelle sont déhiscentes

2.3.3.3- La verse

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

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.

2.3.3.4- Le rendement

Le rendement a été calculé en divisant le poids des graines produites par les plantes situées sur les deux lignes centrales par la surface occupée par ces plantes.

$$Rendement = \frac{poids(g)}{surface(m^2)}$$

2.3.4- Analyse et traitement des données

Les données recueillies ont été saisies sur le tableau Excel. Pour l'analyse de variance (ANOVA) et la matrice de corrélation le logiciel IBM SPSS a été utilisé et pour les box plot le logiciel XLSTAT. Le T-test, 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 Résultats

3.1.1-Date de floraison en contre -saison

La figure 9 donne la date de floraison en fonction des variétés. Il existe une différence très hautement significative ($p < 0,0001$) entre les variétés. La variété Afayak est la plus précoce (52 JAS) et la variété TGX-2029-36FZ est la plus tardive (58 JAS). Le Test de Newman-Keuls (SNK) a scindé les variétés en deux groupes (figure 9).

Dans le groupe A, on a toutes les variétés excepté TGX-2029-36FZ qui constitue le groupe B.

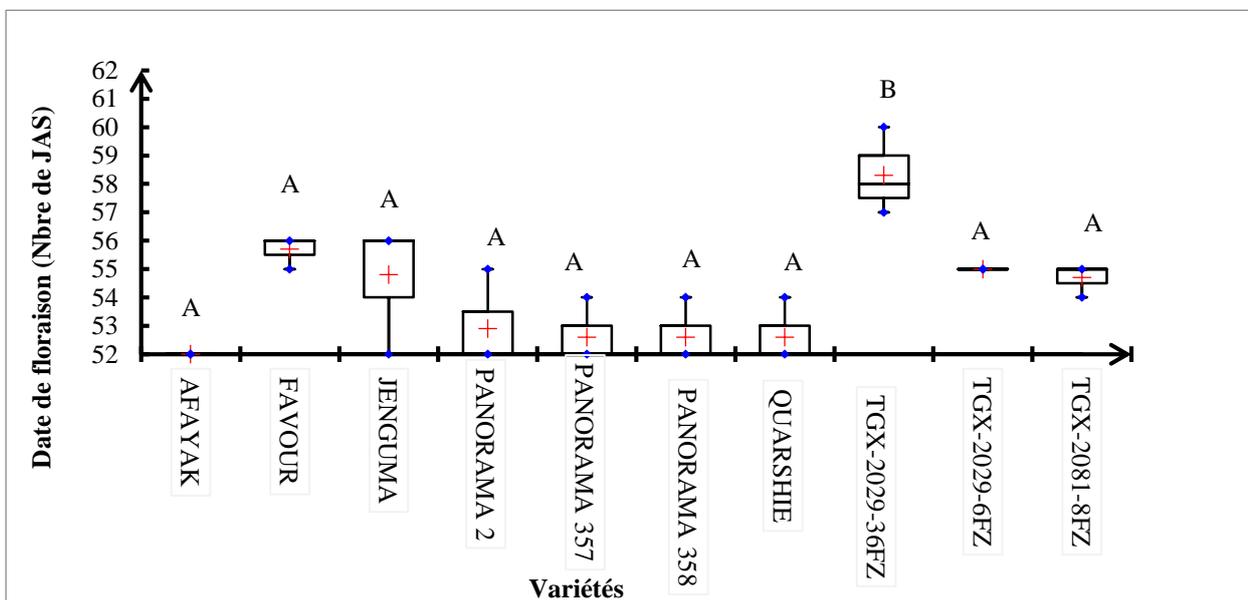


Figure 9: Variation de la date de floraison en fonction des variétés

3.1.2-Comparaison de la date de floraison en contre-saison et en hivernage

La comparaison des dates de floraison entre les semis en hivernage et en contre-saison montre pour toutes les variétés une différence significative (Tableau 2). Toutes les variétés ont leur date de floraison plus tardive en contre-saison qu'en hivernage. L'écart le plus grand est observé avec TGX-2029-6fz (+17 jours) tandis qu'avec la variété Quarshie l'écart est le plus faible (+ 3 jours).

Tableau 2: Comparaison des dates de floraison de variétés semées en hivernage et en contre saison

VARIETES	HIVERNA GE	CONTRE- SAISON	Ecart Hivernage)	(Contre-saison -
Afayak	47	52	5	
Favour	46	55	9	
Jenguma	47	54	7	
Panorama 2	42,667	53	10	
Panorama 357	40,667	52	12	
Panorama 358	40	52	12	
Quarshie	49	52	3	
Tgx-2029-36fz	46	58,333	12	
Tgx-2029-6fz	38	55	17	
Tgx-2081-8fz	46	54	8	

3.1.3- Hauteur des plantes en contre -saison

Des différences très hautement significatives sont observées entre les variétés ($P < 0,0001$).

Avec 119,36 cm la variété TGX-2029-6FZ a la hauteur la plus élevée alors que la variété Quarshie a la hauteur la plus faible (54,44 cm) (figure 10). Le test de Students-de Newman-Keuls montre une subdivision de 2 groupes. Les variétés du groupe A ,Quarshie, Favour, Afayak, Jenguma sont des variétés à croissance déterminée alors que les variétés du groupe B TGX-2029-6-FZ, Panorama 357 , TGX-2081-8-FZ, Panorama 358, TGX-2029-36-FZ et Panorama 2 (figure 11) sont des variétés à croissance indéterminée.

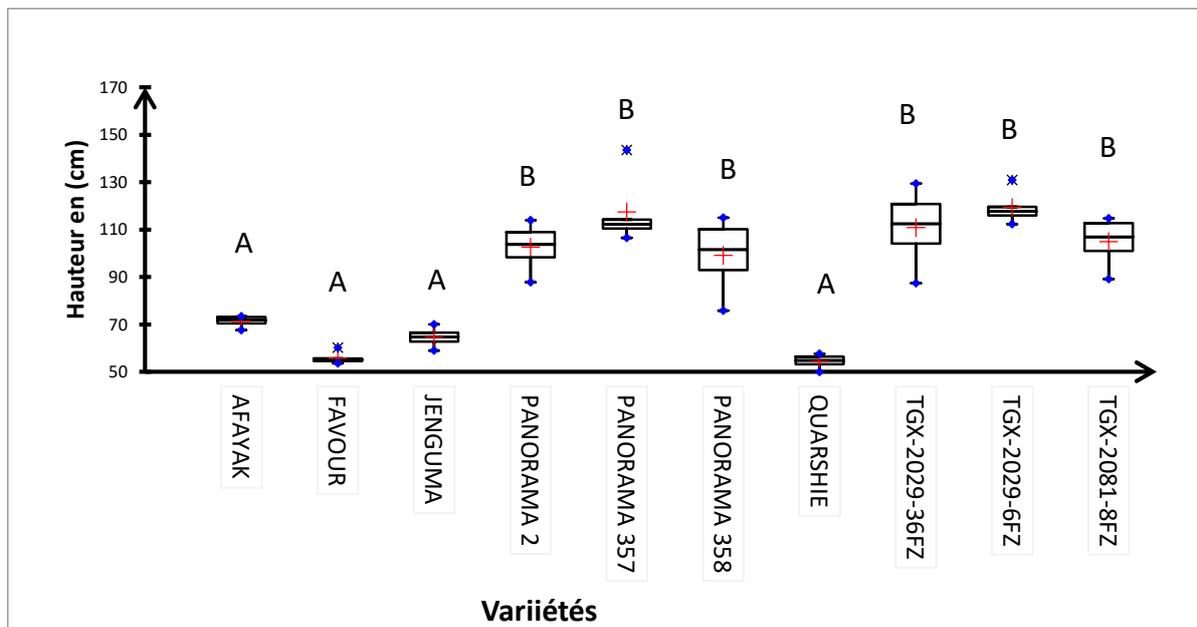


Figure 10 : variation de la hauteur des plantes en fonction des variétés

3.1.4-Comparaison de la hauteur en contre-saison et en hivernage

Quand on compare les variétés en fonction de la saison il est observé des différences de hauteur significative avec des hauteurs plus grandes en contre-saison.

La différences de hauteur est la plus importante avec la variété Panorama 357 (34 cm) et est minimale avec la variété Quarshi (15 cm).

Les variétés déterminées (Afayak, Favour, Quarshie, Jenguma) sont celles présentant les écarts les plus faibles.

3.1.5- Durée du cycle en contre-saison

La durée du cycle de chaque variété est présentée à la Figure 12. L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les variétés ($P < 0,0001$).

Le cycle moyen de la variété Panorama 2 est le plus long 139,6 jours et le cycle moyen de la variété TGX-2029-36-FZ le plus court 130,6 jours. Les variations de cycles sont plus homogènes entre les plantes des variétés Panorama 358 et Quarshie, les plants sont arrivés en maturité aux mêmes dates respectivement 137 jrs et 135 jrs. Tandis qu'elles sont plus dispersées entre les plantes des variétés Afayak, Jenguma, Panorama 2 et TGX-2081-8FZ avec des écarts de 4 jours. Le Test de Newman-Keuls (SNK), a permis d'obtenir trois groupes différents selon la durée du cycle (figure 11).

La différence n'est pas significative entre les durées de cycle des variétés Quarshie, TGX-2029-6FZ et Panorama 2 et les durées de cycle des variétés Panorama 357, Favour, Panorama 358, Tgx 2081 8fz Afayak.

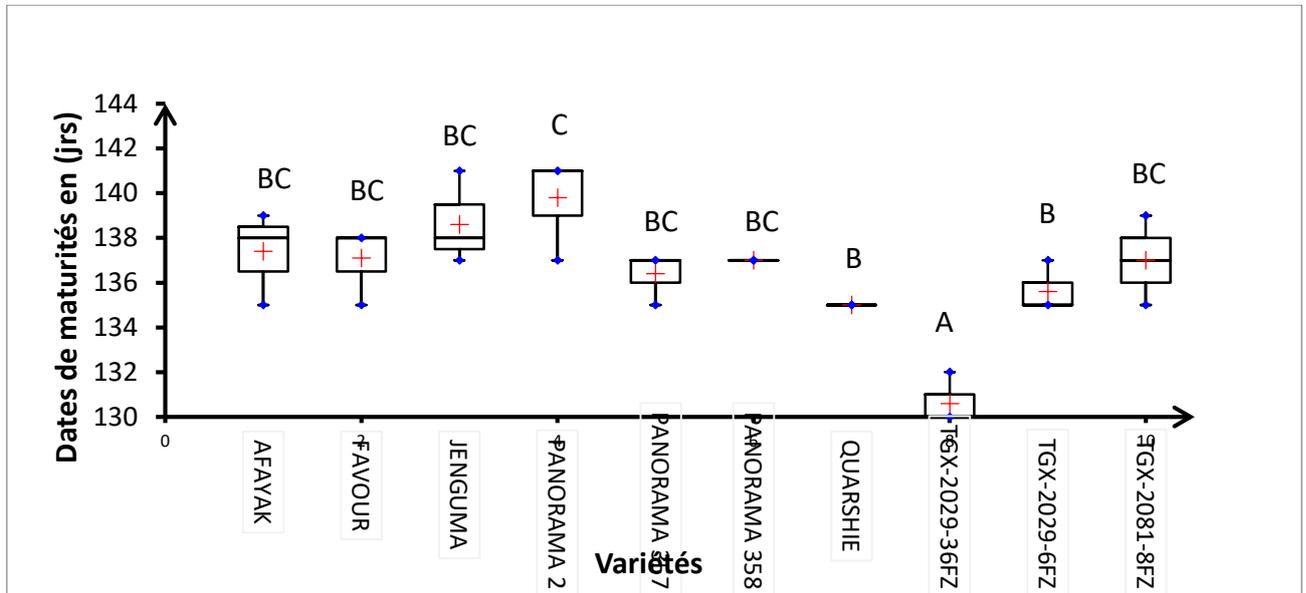


Figure 11 : variation de la durée des cycles en fonction des variétés

3.1.6-Comparaison de la durée du cycle en contre-saison et en hivernage

La comparaison avec les résultats de l'hivernage montre des différences significatives (Tableau 3), Les variétés ont toutes prolongé leurs cycles. Les variétés Panorama 357 et TGX-2029-6FZ présentent les prolongements les plus longs de 32 jrs, d'autres comme Quarshie de façon un peu moindre (écart de 16 jours).

Tableau 3: Comparaison de la durée du cycle des variétés entre hivernage et contre-saison

DUREE DU CYCLE			
VARIETES	Hivernage	Contre- Saison	Ecart(Contre- saison - hivernage)
Afayak	109	137	28
Favour	112	137	24
Jenguma	112	138	26
Panorama 2	110	139	29
Panorama 357	104	136	32
Panorama 358	105	137	31
Quarshie	110	135	24
Tgx-2029-36fz	114	130	16
Tgx-2029-6fz	103	136	33
Tgx-2081-8fz	103	135	32

3.1.7- Rendement en contre-saison

Il existe une différence hautement significative ($P < 0,0001$) entre les variétés (figure 15). Avec 5151,9 kg/ha la variété Panorama 2 donne le rendement le plus élevé contre 1681,9 kg/ha pour la variété Quarshie. Le Test de Newman-Keuls (SNK) a scindé les variétés en trois groupes. La différence n'est pas significative entre les rendements des variétés Jenguma, Favour et Tgx-2029-36fz et les rendements des variétés Panorama 357, Tgx-2029-6fz et, Panorama 358 d'autre part (figure 12).

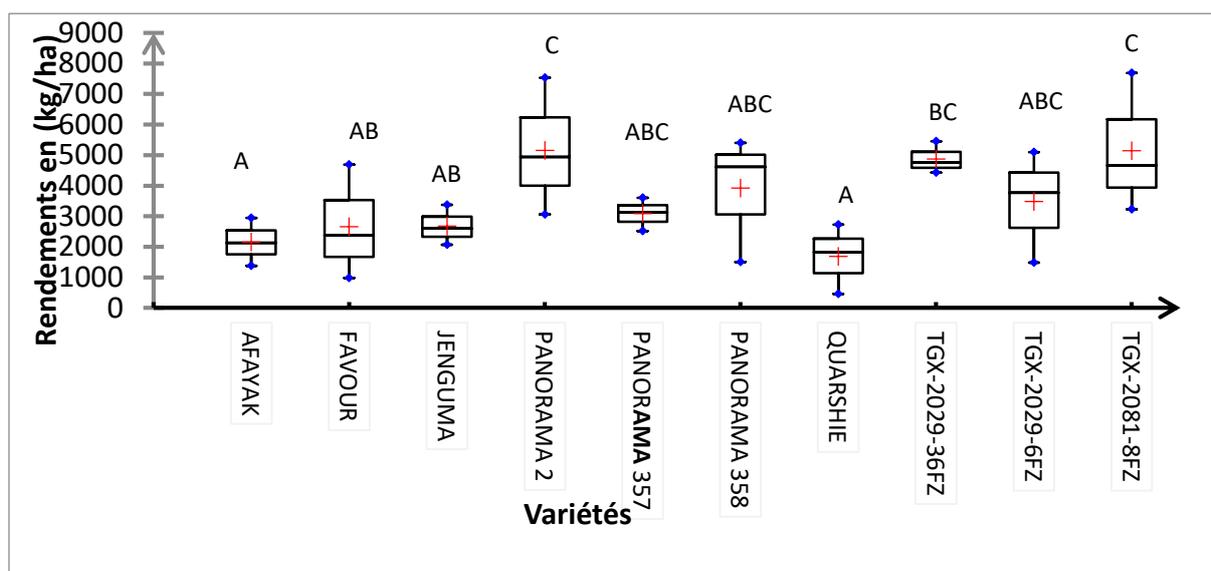


Figure 12: Variation du rendement en fonction des variétés

3.1.8-Comparaison du rendement en contre-saison et en hivernage

La comparaison avec les résultats de l'hivernage montre des différences significatives. Toutes les variétés ont leurs rendements augmentés en contre saison, dont des écarts variant entre 1 115,21 kg/ha(Afayak) et 4 694 kg/ha (TGx 2081 8 FZ).

Tableau 4: Comparaison des rendements entre hivernage et contre-saison

VARIETES	Rendement en hivernage (kg/ha)	Rendement en contre-saison (kg/ha)	Ecart (kg/ha)
Afayak	1 034,33	2 149,54	1 115,21
Jenguma	624,67	2 679,16	2 054,50
TGX 2081-8 FZ	497,00	5 191,52	4 694,52
Quarshie	373,00	1 667,38	1 294,38
Panorama2	760,67	5 175,75	4 415,09
TGX 2029-6FZ	554,00	3 450,41	2 896,41
Panorama357	758,33	3 078,10	2 319,76
Panaroma 358	479,33	3 841,75	3 362,41
Favour	730,33	2 680,29	1 949,95
TGX 2029-36 FZ	668,50	4 877,47	4 208,97

3.1.9- Poids de 100 graines en contre -saison

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence hautement significative ($P < 0,01$) entre les variétés.

La variété Afayak a le poids moyen le plus élevé (15,55 g) et Panorama 2 le poids le plus faible (11 g) (Figure 13). Le Test de Newman-Keuls (SNK), a donné deux groupes. Des différences de poids moyens des 100 graines non significatives sont enregistrés entre les variétés Panorama 2, Panorama 357, Afayak et les autres variétés (figure 13).

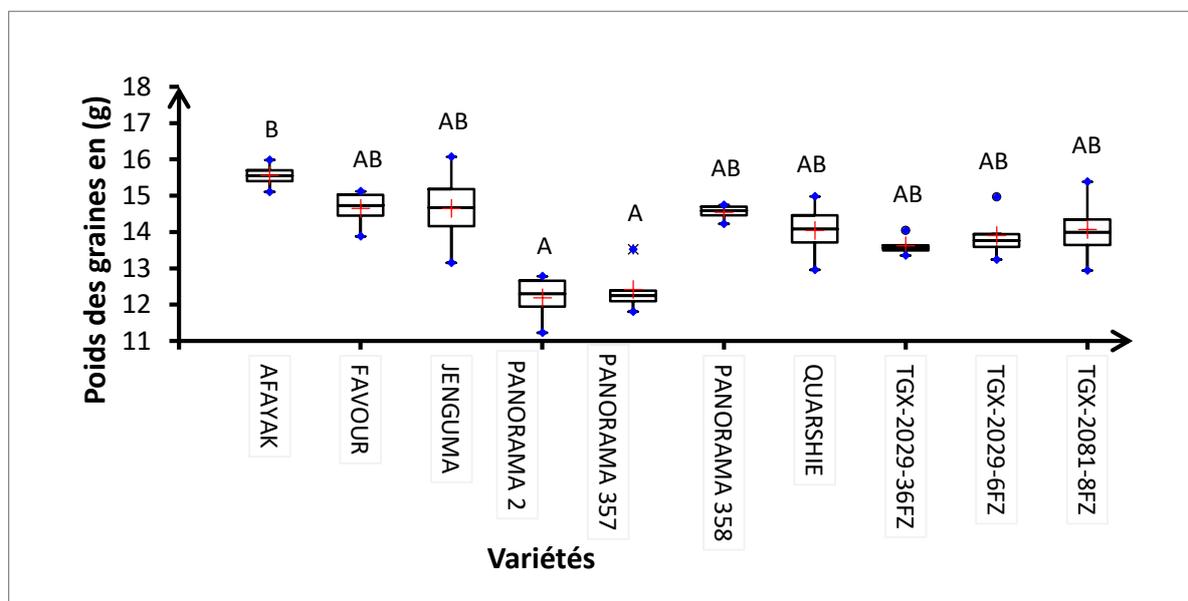


Figure 13: variation du poids des 100 graines en fonction des variétés

3.1.10- Déhiscence

Les niveaux de déhiscence sont très importants pour toutes les variétés à l'exception de Panorama 2. Cette déhiscence est beaucoup plus intense chez les variétés déterminées (Afayak, Favour, Jenguma, Quarshie) qui ont un score de 5.

Tableau 5: Niveaux de déhiscences des différentes variétés

Variétés	Niveau de déhiscence
AFAYAK, JENGUMA, QUARSHIE, FAVOUR	5
PANORAMA 357	4
TGX 2029 6FZ, TGX 2029 36FZ	3
PANORAMA 2, PANORAMA 358, TGX 2081 8FZ	1

3.1.11- La verse

A l'exception des variétés déterminées dont la hauteur moyenne est de 50 cm, toutes les variétés de hauteur supérieure à 1 m ont tendance à verser. La variété TGX 2081 8FZ est la variété qui verse le plus (niveau 5).

Tableau 6: Niveau de verse en fonction des variétés

Variété	Niveau de verse
AFAYAK, FAVOUR, JENGUMA, QUARSHIE	1
PANORAMA 2	2
TGX 2029 36FZ, PANORAMA 357, PANORAMA 358	3
TGX 2029 6FZ	4
TGX 2081 8FZ	5

3.1.11- Corrélation entre les différents paramètres étudiés en saison sèche

Le Tableau 7 indique la corrélation qui existe entre les différents paramètres mesurés.

La hauteur est fortement corrélée au rendement ($r=0,621$), mais corrélée négativement au poids des 100 graine. La durée du cycle est corrélée négativement à la date de floraison.

Tableau 7: Matrice de corrélation de Pearson

Paramètres	Hauteur	Rendement	Date de floraison	Durée du cycle	Poids de 100 graines
Hauteur	1				
Rendement	0,621**	1			
Date de floraison	0,111	0,157	1		
Durée du cycle	-0,164	0,093	-0,475**	1	
Poids de 100 graines	-0,371*	-0,314	0,004	-0,003	1

*La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral).

** La corrélation est significative au niveau 0,01 (bilatéral).

3.2-Discussion

Les résultats ont montré des différences significatives sur la date de floraison, la durée du cycle et sur la hauteur des variétés.

Aucune variété n'a fleuri avant 52 JAS. Ce qui est en concordance avec les résultats de Nzoue (2003), dont les dates de floraison se situaient entre 52 et 59 JAS. Les résultats obtenus sont cependant différents de ceux Bah (2021), de Gaye (2022) et de Sané (2021) qui ont trouvé que les variétés fleurissaient entre 39 et 45 JAS. Ceci confirme les recherches de Shanmugasundaram et Tsou, (1978), qui affirment que dans les régions tropicales et subtropicales, la floraison des variétés plantées au même endroit, mais à différentes époques de l'année, peuvent varier, même si les photopériodes à l'époque des semis sont identiques. Rappelons qu'au cours de notre essai la durée du jour augmentait quotidiennement, contrairement à l'hivernage durant lequel la durée du jour diminue quotidiennement.

En ce qui concerne la maturité, les résultats obtenus montrent que les variétés sont toutes tardives. Toutes les variétés ont fait au minimum 130 JAS pour arriver à maturité. Ces résultats sont différents de ceux obtenus en hivernage par Bah (2021) dont les variétés les plus tardives bouclaient leur cycle avant 115 JAS et par GAYE (2022) dont les plus tardives arrivaient à maturité 110 JAS. Ces différences pourraient s'expliquer par le fait que la floraison et la durée du cycle chez le soja varient selon la photopériode. Les variations étudiées seraient donc sensibles à la photopériode. Comme l'affirment Hodges et French, (1985), les différences observées entre plusieurs cultivars quant à la date de maturité, viennent essentiellement de leurs sensibilités respectives à la durée du jour.

Les génotypes de soja présentent des réactions variées à la photopériode, et des écarts importants peuvent être constatés en matière de photopériode critique correspondant à l'initiation florale. Pour la hauteur des plantes, les variétés à croissances déterminées ont des hauteurs qui varient entre 50 et 57 cm et les variétés à croissances indéterminées des hauteurs variant entre 120 et 144 cm. Ces résultats sont différents de ceux de Doré et al (2006) qui trouvent des hauteurs variant entre 32 et 126 cm. Cette différence peut être expliquée par la photopériode. Comme l'affirme Jérôme (2001) les élongations d'organes sont plus grandes, plus intenses, plus prolongées, qu'en photopériode croissante, jours courts qui augmentent, mais, selon les espèces, la différence peut être très faible ou au contraire considérable. Donc un semis fait lorsque la durée du jour minimum est de 11 heures et qui augmente quotidiennement accélère la croissance en hauteur et retarde la floraison.

La verse des plants est quasiment absente sur les variétés de hauteur comprise entre 50 cm et 100 cm, faible sur les variétés de hauteur inférieure à 130 cm, mais très forte sur les variétés de hauteur supérieure à 130 cm. La verse est plus intense chez les variétés TGX-2081-8FZ et TGX-2029-6FZ (score de 5), qui font partie des variétés de plus grande hauteur.

D'une manière générale en contre-saison le niveau de déhiscence est plus élevé que pendant l'hivernage. En contre-saison tous les plants sont pratiquement affectés. La variété Afayak a montré un niveau de déhiscence particulièrement élevé (100 %). Les essais réalisés pendant les hivernages de 2020 et 2022 ont un taux de déhiscence qui varie entre 5% à 10%. La forte déhiscence en contre-saison peut être due aux conditions sèches qui prévalaient au moment de la maturité des gousses. Comme le confirme Gaye (1995), la sécheresse, au moment de la maturation, amène la déhiscence spontanée. Le rendement moyen obtenu de 3,5 t/kg est proche du rendement potentiel du soja, qui est de l'ordre de 4 t/ha (FAOSTAT, 2016). Les variétés indéterminées ont donné un rendement en graines supérieur à celui donné par les variétés déterminées. Ceci s'explique par le fait que les variétés indéterminées continuent de croître jusqu'au remplissage des gousses contrairement aux variétés déterminées dont la croissance s'arrête à la formation des fleurs. Les variétés tgx-2081-8fz et panorama 2 ont donné des rendements moyens respectifs de 5,17 et 5,18 t/ha supérieurs au rendement potentiel du soja. Les rendements obtenus en contre-saison comparés à ceux obtenus pendant l'hivernage, sont plus élevés de 1,945 t /ha. Ce bon rendement peut s'expliquer par une bonne adaptation des plants aux conditions climatiques particulièrement à la photopériode (Hodges et French, 1985).

Le poids de 100 graines (entre 11 g et 16 g) ne varie pas entre les variétés. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Arné (2002), qui montre que les graines ont été petites et présentaient un poids variant de 11,3 g à 17,8 g pour 100 grains et, à ceux obtenues pendant l'hivernage 12 g à 14,7 g. Mais différent de ceux de Nzoue et al (2003) qui avaient des poids de 100 graines variant entre 17 et 22,5 g.

CONCLUSION

Au cours de cette étude, le niveau d'adaptation de dix variétés de soja a été déterminé en contre saison. Les résultats ont montré que les variétés sont adaptées et performantes. La hauteur de la plante a varié de 39 (en hivernage) à 55 cm (contre-saison) pour les variétés déterminées et de 120 à 144 cm pour les variétés indéterminées. Les variétés TGX et Panorama, ont été celles présentant les plus grandes hauteurs. Du point de vue morphologique, toutes les variétés à croissances déterminées se comportent de la même façon en ayant toutes un port dressé contrairement aux variétés à croissances indéterminées qui ont tendance à verser.

La floraison et la durée du cycle sont plus tardives en contre-saison. La floraison a varié de 44 jours en hivernage à 55 jours en contre saison et la maturité de 115 jours (hivernage) à 139 jours (contre saison). En contre-saison, Tgx-2029-36FZ a été la plus tardive pour la floraison et la plus précoce pour la maturité. La variété Panorama 2 a le cycle le plus long.

En perspective nous suggérons que l'étude soit poursuivie en contre saison à des dates de semis différentes pour confirmer les performances des variétés et pour déterminer la période de semis idéal.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arné, F. 2002. Essai de comportement de neuf (9) variétés de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) dans les conditions de plaine semi-humide (Cul-de-Sac, Damien). Mémoire de fin d'études agronomiques non publié. FAMV/UEH. 29p.

Baboy L, Kidinda L, Kilumba 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. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 12 (1: 104-109).

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).

Berlato, M.A. 1981. *Bioclimatologia da soja.* In S. Miyasaka & J.C. Médina, eds. *A soja no Brasil*, p. 175-184. Campinas, SP, Brésil, Institute of Food Technology (ITAL).

Berlato, M.A. & Gonçalves, H.M. 1978. *Relação entre o índice hídrico P/ ETP e rendimento de soja.* *Agron. Sulriogran-dense*, 14: 227- 233.

Berlato, M.A., Matzenauer, R. & Bergamaschi, H. 1986. *Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman, evaporação do tanque "classe A" e radiação solar global.* *Agron. Sulriograndense*, 22: 251-259.

Bernard, R.L. 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. *Crop Sci.*, 12: 235-239.

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

Borthwick, H.A. & Parker, M.W. 1938a. Influence of photoperiods upon the differentiation of meristems and the blossoming of Biloxi soybeans. *Bot. Gaz.*, 99: 825- 839.

Borthwick, H.A. & Parker, M.W. 1938b. Photoperiodic perception in Biloxi soybeans. *Bot. Gaz.*, 100: 374-387.

Bruinsma, J.,2009 .*The Resource Outlook to 2050: By How Much Do Land, Water Use and Crop Yields Need to Increase by 2050? Paper Prepared for the Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Food and Agriculture Organization, Rome.*

Bruneton, J. 1999. *Pharmacognosie, Phytochimie des Plantes Médicinales. 3rd Edition, Revue et Augmentée, Tec & Doc, Paris.*

Caffaro S.V., Martignone R.A., Torres R., Nakayama F., 1988. Photoperiod regulation of vegetative growth and meristem behavior toward flower initiation of an indeterminate Soybean. *Botanical Gazette*, 149, 311–316.

Cartter, J.L. & Hartwig, E.E. 1967. The management of soybeans. In A.G. Norman, éd. *The soybean*, p. 162-221. New York, NY, Etats-Unis, Academie Press.

Céline Schoving, F. Alric, M. Berger, C. Chambert, Luc Champolivier, C. Colombet, A. Gras, P. Jeanson, Françoise Labalette, Damien Marchand, et al. *Comprendre et prédire la phénologie du soja pour adapter la culture à de nouveaux environnements climatiques* *Innovations Agronomiques* 74 (2019), 1-14 3

Cheriére, T.2020. *Approche fonctionnelle du choix de l'espèce associée au soja et arrangement spatial dans les associations de cultures : impact sur les services obtenus pendant et après la culture.*

Doss, B.D., Pearson, R.W. & Rogers, H.T. 1974. *Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield.* *Agron. J.*, 66: 297-299

Delouche, J.C. 1953. Influence of moisture and temperature levels on germination of corn, soybeans and watermelons. *Proc. Ass. Offic. Seed Anal.*, 43: 117-126.

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

FAO. 2012. Disponible à

<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (page consultée le 23 septembre 2012).

FAO. 2023. La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2023. Pour une transformation des systèmes agroalimentaires: connaître le coût véritable des aliments. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7724fr>.

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).

FAOStat, 2020. Base de données FAO [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#compare> (accessed 8.8.20).

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

Franquin P., 1974. Formulation des phénomènes apparents de photothermopériodisme en conditions naturelles. Principes de base, Cah. ORSTOM, sér. Biologie, 23 (31) : 43.

Giller, K.E.,2001.Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. CAB Publishing, Wallingford, UK.

<https://doi.org/10.1079/9780851994178.0000>

Hadley, P. E. H. Roberts, R. J. Summerfield, F. R. Minchin.1984 Effects of Temperature and Photoperiod on Flowering in Soya bean [*Glycine max* (L.) Merrill]: a Quantitative Model
Get access Arrow

Hatfield, J.L. & Egli, D.B. 1974. Effect of température on rate of hypocotyl élongation and field emergence. Crop. Sci., 14: 423- 426.

Heuzé, V., Tran, G., Nozière, P., Lessire, M., Lebas, F., 2017. Soybean seeds. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. [WWW Document]. URL <https://www.feedipedia.org/node/42> Last updated on July 4, 2017, 10:37 (accessed 8.17.20).

Hodges, T. & French, V. 1985. Soyphen: soybean growth stages modelled from température, day length and water availability. Agron. /., 77: 500-505.

Javaheri, F. et Baudoin, G.J.H., 2001. Le soja : 860-882. In : Raemaekers (Eds) : Agriculture en Afrique Tropicale, DGCI, Bruxelles, Belgique : 1634 pp.

Jérôme, H.2001.Effets de la photopériode sur le plastochrone,le phyllochrone et la date d'initiation paniculaire de trois variétés de shorgho de race caudatum et guinea.

Kantolic et Slafer.,2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars

Karaboneye, F. 2013. Caractérisation de l'efficacité symbiotique des lignées africaines de soya à haute promiscuité. Mémoire Master, Université Laval/Québec, inédit, 86 pp.

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: 678-682.

Labeye Th. Aygon (Jean-Pierre). *Pictor in fabula. L'ecphrasis-descriptio dans les tragédies de Sénèque.. In: Revue belge de philologie et d'histoire, tome 84, fasc. 1, 2006. Antiquité - Oudheid. pp. 150-15 Rienke Nieuwenhuis Joke Nieuwelink. La culture du soja et d'autres légumineuse (Seconde édition : ,2005)*

Lersten, R.F., Carlson. J.B. 2004. Vegetative morphology. In: Boerma HR, Specht JE (eds) Soybeans: Improvement Production and Uses. 3rd edn. Agron Monogr 16. ASA, CSSA and SSSA, Madison WI, pp

Mako, F. ; N'Guessan C. et Kouahou F., 2010. Evaluation de l'efficacité de l'inoculation des semences chez 11 génotypes de soja (*Glycine max* L. Merrill) en zone de savane de Côte d'Ivoire. *Sciences et Nature* Vol.7 N°1: 60 pp.

Mouhouche, B. 2007. *Manuelle sur la conduite de la culture de soja G. max L. Merr. Réalisé pour la société AGRO INDUSTRIE ALGERIE.*

Mota, F.S., 1978. *Soybean and weather Technical Note 160 Genève, Suisse. Organisation météorologique mondiale*

Mota, F.S. 1983. *Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In FJ. Verneti, éd. Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras, vol. 1, p. 93-126. Campinas, SP, Brésil, Fundação Cargill*

Munene P, Chabala L, Mweetwa M, 2017. Land Suitability Assessment for Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Production in Kabwe District, Central Zambia. *Journal of Agricultural Science* 9 (3):1-16

Ndatabayi M. 2012. Réponse de trois variétés exotiques de Soja (*Glycine max*) à l'inoculation avec le *Rhizobium* sans limitation de phosphore et de potassium à Mudaka, 33 territoire de Kabare (République Démocratique du Congo). Mémoire de fin d'études, UCB/Bukavu, inédit : 45 p

N'Zoué A., Kouamé C., Mondeil F. et M. N'Gbesso. 2003. Analyse agro morphologique de deux lignées de soja (*Glycine max* L. Merr). *Agron. Afri.* 15 (3) : 93 - 104.

Ougouag, B. 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.

Pascale, A.J. 1969. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. *Rev. Fac. Agr. Vet. Buenos Aires*, 17: 31-38.

Pauline M. Mabapa , John B. O. Ogola 1, Jude J. Odhiambo, Anthony Whitbread and John Hargreaves., 2010. Effect of phosphorus fertilizer rates on growth and yield of three soybean (*Glycine max*) cultivars in Limpopo Province .

PICASSO, C. (1), ASIMI, S. (1), DHÉRY, M. (2) 1984). *Le soja en Haute-Volta Résultats de la recherche et application au développement*

Râper, C.D., Jr. & Thomas, J.F. 1978. Photoperiodic alteration of dry matter partitioning and seed yield in soybeans. *CropSci.*, 18: 654-656

Ravelo, A.C. & Decker, W.L. 1979. *Soybean weather analysis models. In 14th Cottf. Agric. Forest Meteorol ., p. 72-74. Extended Abstr. Boston, MA, Etats-Unis, American Meteorological*

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*

Sako,A.,2015.*Vulgarisation d'un caractère prometteur d'adaptation à la variabilité environnementale : Où peut-on promouvoir le photopériodisme des variétés de mil et sorgho sous les climats actuels et futurs en Afrique de l'Ouest*

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, Asociac*

Shanmugasundaram, S. & Tsou, S.C.S. 1978. Photoperiod and critical duration for induction in soybean. *Crop.Sci., 18: 598- 601.*

Shurtlef, W. et Aoyagi, A. 2009. History of soy and soyfood in Africa (1857-2009): extensively annotated bibliography and sourcebook. Soyinfo center, Lafayette, USA, pp 731.

Sika, E., 2010. Réponse de 5 variétés naines de haricot commun et de soja à l'inoculation sans limitation du phosphore et du potassium: Cas du Territoire de Kabare et de Walungu. Mémoire de fin d'études, U.C.B/Bukavu, inédit: 68p

Simon.,2007. Les phytoestrogènes dans les laits infantiles à base de soja (*Glycine max.*)

Singh, G. and Shivakumar, B.G., 2010.The Role of Soybean in Agriculture. In: Singh, B., Ed., *The Soybean: Botany, Production and Uses, CAB International, Oxfordshire, 24-47.*

Sionit, N. & Kramer, J. P. 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybeans. *Agron. J., 69: 274-278.*

Sojaxa., 2020.*Aliments au soja : des perspectives d'avenir pour la filière soja française*
Résultats du 3e baromètre « Les Français et les aliments au soja » 2019-2020

Tefera, H. ; Kamara, A.Y. ; Asafo-Adjei, B. et Dashiell, K.E., 2009. *Improvement in grain and fodder yields of early- maturing promiscuous soybean varieties in the Guinea savanna of Nigeria. Crop Science, 49: 2037 pp.*

Thomas, J.F. & Râper, C.D., Jr. 1978. Morphological response of soybeans as governed by photoperiod, temperature and age at treatment. *Bot. Gaz., 138: 321-328*

Traoré, P.C.S., M. Kouressy, M. Vaksman, R. Tabo, I. Maikano, S. Traoré, and P. Cooper. 2007. *Climate Prediction and Agriculture: What Is Different about Sudano-Sahelian West Africa?*. p. 189-203 In Sivakumar, M.V.K., and J. Hensen ed. *Climate Prediction and Agriculture*. Springer. Berlin.

Verville, J. 2003. *Les légumineuses*. 18p. récupéré de http://www.mapageweb.umontreal.ca/bruneaua/simon/chapitre11_legumineuses1

Wey Joseph, Ganry Francis, Larcher Jacques, Ndiaye Mamadou. 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

WWF, 2014. *Le boum du soja L'essor du soja, impacts et solutions ; WWF. 2014. The growth of soy : Impacts and solutions*. WWF International, Gland, Suisse. ISBN : 978-2-940443-79-6.

<https://www.iaea.org>

Zagre MB. Ouedraogo I, 2004. *Fiche technique de culture du soja (Glycine max L.) au Burkina Faso*]