

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE VEGETALE



Mémoire pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN BIOTECHNOLOGIES VEGETALES ET
MICROBIENNES

**Evaluation agro-morphologique d'un panel ouest
africain de variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.)
dans les conditions du Sénégal**

Présenté et soutenu publiquement le 05 Août 2019 par :

Mlle Safiétou TALL

Devant le jury composé de :

Président : M. Abdallah G.	DIEDHIOU	Maître de Conférences	UCAD
Examineurs :			
M. François Abaye	BADIANE	Maître Assistant	FASTEF/UCAD
M. Cyril	DIATTA	Chargé de Recherches	ISRA/CNRA
M. Diaga	DIOUF	Professeur Titulaire	UCAD
Membre invité :			
Mme. Marème	NIANG-BELKO	Agronome	ISRA/CERAAS
<hr/>			
Encadreurs : Mme. Marème	NIANG-BELKO	Agronome	ISRA/CERAAS
M. Cyril	DIATTA	Chargé de Recherches	ISRA/CNRA
Directeur de mémoire : M. Diaga	DIOUF	Professeur Titulaire	UCAD

Evaluation agro-morphologique d'un panel ouest africain de variétés de sésame (*Sesamum indicum* L) dans les conditions de culture du Sénégal

RESUME

Le sésame (*Sesamum indicum* L) est une culture vivrière oléagineuse peu connue au Sénégal par rapport aux autres céréales tels que le riz, le mil, le sorgho, le maïs, le fonio, etc. Mais en raison de l'augmentation de la période de sécheresse dans le sahel, le sésame peut servir de culture alternative car étant très tolérante au manque d'eau et riche en vitamines, en protéines et en éléments minéraux. Donc, il serait nécessaire d'avoir des variétés de sésames très performantes et qui présentent des caractères corrélés à l'augmentation des rendements. C'est dans ce sens qu'un projet a été mis en place par le DP/IAVAO pour permettre un échange de variétés performantes entre les pays concernés. Sur ce, 8 variétés provenant du Mali, du Niger et du Burkina Faso ont été évaluées en présence de 5 variétés du Sénégal afin d'identifier les meilleures d'entre elles dans les conditions de culture du Sénégal. L'essai a été conduit dans la station expérimentale de l'ISRA/CNRA de Bambey pendant la saison des pluies 2018. Un dispositif en bloc complet randomisé avec 4 répétitions a été utilisé et les mesures et observations ont seulement concernées les paramètres agro-morphologiques. Une forte variabilité a été observée au sein des génotypes pour la plupart des variables agro-morphologiques. A l'issue de cette étude, 4 groupes ont été identifiés. Les variétés LC164, LC162 constituant le groupe 4 et les variétés SN103, HB168 et EF147, constitutifs du groupe 2, ont été les plus performantes selon les variables poids 1000 graines (PMG), poids de biomasse aérienne (PBa), hauteur plante (HP) et longueur capsule (LC). Tandis que les moins performantes ont été les variétés multi capsulaires SN403 (Niger), SMK8 et SMK9 (Burkina) qui constituent le groupe 1 et GMP3 (Burkina) appartenant au groupe 3. Dans les programmes d'amélioration génétique, les variétés multi capsulaires du Niger et du Burkina peuvent être utilisées pour améliorer nos variétés locales.

Mots clés : Performance, Agro-morphologie, Panel Ouest Africain, Sésame, Sénégal.

Agro-morphological assessment of West African panel of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties under growing conditions in Senegal

ABSTRACT

Sesame (*Sesamum indicum* L) is an oilseed crop that is not much grown in Senegal compared to other cereals such as rice, millet, sorghum, maize, fonio, etc. Due to the increase in drought periods in Sahelian regions, sesame can be used as an alternative crop because it is very tolerant to lack of water and rich in vitamins, proteins and minerals. Thus, it would be necessary to have high-performance sesame varieties with traits correlated with increased yields. In this purpose, a project has been implemented by the DP / IAVAO to allow an exchange of successful varieties between countries. On this, 8 varieties from Mali, Niger and Burkina Faso were evaluated in the presence of 5 varieties of Senegal to identify the best ones under growing conditions of Senegal. The experimentation was conducted at the ISRA / CNRA experimental station at Bambey during the 2018 rainy season. A complete randomized block design with 4 repetitions was used and the measurements and observations only based on the agro-morphological parameters. High variability was observed within genotypes for most agro-morphological variables. At the end of this study, 4 groups were identified. Varieties LC164, LC162 constituting group 4, and SN103, HB168 and EF147 constituting group 2, performed best according to the variables PMG (1000 seeds weight), Pba (Biomass weight), HP (Plant height) and LC (Capsule length). While the worst performers have been the multi capsular varieties SN403 (Niger), SMK8 et SMK9 (Burkina) constituting group 1 et GMP3 (Burkina) constituting group 3. In indirect breeding programs, multi-capsular varieties of Niger and Burkina may to be used to improve our local varieties.

Key words: Performance, Agro-morphological, West African Panel, Sesame, Senegal.

DEDICACES

Je dédie ce travail

*Particulièrement à mon cher père **Madani TALL** qui ne ménage aucun effort pour la réussite de ses enfants et qui m'encourage sans cesse dans mes études.*

Reçois à travers ce travail la récompense de tous tes efforts.

*A ma très chère mère, amie et confidente **Fatimata Bintou BA** pour les valeurs qu'elle m'a inculqué et toute cette confiance qu'elle porte à mon égard.*

Que Dieu lui donne santé et longue vie pour qu'elle puisse témoigner de la réussite de ses enfants.

*A mes grands frères **Mouhamadou Lamine TALL** et **Mamadou Moctar TALL** pour vos encouragements et votre soutien. Vous me supportez et me chérissez à chaque moment, je ne vous remercierai jamais assez.*

*A mon adorable petit frère **Amadou Mansour TALL**.*

REMERCIEMENTS

Avant tout, je rends grâce à DIEU de m'avoir donné le courage, la santé et la force d'accomplir ce travail.

Je remercie :

- ❖ L'Université cheikh Anta Diop de Dakar, ce temple du savoir qui m'a accueilli et m'a permis d'avoir une formation de qualité.
- ❖ Pr Mame Samba MBAYE, chef du département de Biologie Végétale.
- ❖ Pr Diegane DIOUF professeur titulaire à l'UCAD et coordonnateur du master BIOVEM, pour cette belle formation et ses encouragements.
- ❖ Pr Diaga DIOUF professeur titulaire à l'UCAD, pour avoir accepté de m'encadrer. Sa suivie et son accompagnement dans la réalisation de ce travail et surtout sa disponibilité m'ont beaucoup servi.
- ❖ Les membres de mon jury de soutenance, M. Abdala DIEDHIOU, maître de conférence à l'UCAD et M. François Abay BADIANE, maître assistant à la FASTEF.
- ❖ L'ensemble du personnel enseignant de la faculté des sciences et techniques pour toute votre expérience scientifique et votre savoir-faire que vous avez partagé avec nous durant cette formation.
- ❖ Toute la promotion BIOVEM 2016-2018 pour votre amabilité et ces liens de fraternité que nous avons bâtis ensemble.
- ❖ Dr Cyril DIATTA chercheur à l'ISRA/CNRA de Bambey, à qui je tiens à exprimer toute ma gratitude pour sa disponibilité, son humilité et son encadrement sans faille mais aussi pour les expériences enrichissantes et plein d'intérêts qu'il m'a permis de vivre durant ce stage.
- ❖ Mme Marème Niang BELKO chercheur au CERAAS de Thiès et mon encadreur de stage, de m'avoir guidé de manière professionnelle dans l'élaboration de ce mémoire. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour ses conseils et encouragements.
- ❖ Dr Ciré Elimane SALL biométricien à l'ISRA/CNRA de Bambey, pour son aide dans l'analyse des données.
- ❖ Dr Moustapha Gueye, Directeur du service de semence à l'ISRA/CNRA de Bambey, pour m'avoir facilité l'obtention de certains de ses documents sur le sésame.
- ❖ M. Pape NDIAYE chef d'exploitation à l'ISRA/CNRA de Bambey pour son appui dans la compréhension des techniques de culture du sésame qu'il maîtrise si bien.

- ❖ Mme Oumy THIAW pour son soutien et ses repas quotidiens. Elle m'a beaucoup aidé durant mon séjour à Bambey.
- ❖ M. Ndiaw FALL, M. Gueye BA et M. Fary THIAW, temporaires à l'ISRA/CNRA de Bambey qui m'ont initié sur le terrain et m'ont accompagné dans tous les travaux.

SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composante Principale

ANDS : Agence Nationale de la Démographie et de la Statistique

ANOVA : Analysis Of Variance

BIOVEM : Biotechnologies Végétales et Microbiennes

BV : Biologie Végétale

CERAAS : Centre d'Etude Régionale pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse

F CFA : Franc des Communautés Financières d'Afrique

cm : centimètre

CNRA : Centre Nationale de Recherches Agronomiques

FAOSTAT : Statistics. Food and Agriculture Organization

DP/IAVAO : Dispositif de Partenariat / Innovation et Amélioration Variétale en Afrique de l'Ouest

ISRA : Institut Sénégalais de Recherche Agricole

JAS : Jours Après Semis

kg : kilogramme

mm : millimètre

ha : hectare

LBC : Laboratoire de Biologie des Champignons

pH : potentiel hydrogène

RADP : Random Amplified Polymorphic DNA

UCAD : Université Cheikh Anta Diop

FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Système racinaire du sésame (Niang, 2004).....	4
Figure 2 : Variété ramifiée (A) ; Variété monotige (B)	5
Figure 3 : Port de la plante de Sésame	5
Figure 4 : Insertion et aspect de la fleur et des capsules de sésame (Niang, 2004)	6
Figure 5 : Disposition des graines dans les loges.....	6
Figure 6 : Trois couleurs des graines de sésame.	7
Figure 7 : Cantharide (<i>Lytta vesicatoria</i>) (a) ; <i>Antigastra catalaunalis</i> (b) (Diouf et al., 2009b)	10
Figure 8 : Localisation géographique de Bambey sur la carte la carte du Sénégal	15
Figure 9 : Variation des températures à Bambey pendant la période de l’expérimentation....	16
Figure 10 : Les quantités de pluie décadaires enregistrées à la station de Bambey pendant la période de l’expérimentation.....	17
Figure 11 : L’humidité relative dans la station de Bambey pendant la période de l’expérimentation.	17
Figure 12 : Les variétés de sésame utilisées pour l’essai et leur pays d’origine.	18
Figure 13 : Plan du dispositif expérimental.....	19
Figure 14 : Séchage de la récolte.....	20
Figure 15 : Battage (A), séparation biomasse aérienne et graines (B) et vannage (C) du sésame.	21
Figure 16 : Biplot ACP : corrélation des variables et association des individus.....	30
Figure 17 : Classification des différents génotypes par groupes en fonction de leur dissimilarité	32
Tableau 1 : Les premières variétés homologuées au Sénégal (Diouf et al., 2009b).....	12
Tableau 2 : Quelques caractéristiques des nouvelles variétés homologuées au Sénégal.....	13
Tableau 3 : Résultats de l’analyse de variance pour les différentes variables étudiées	24
Tableau 4 : Analyse descriptive de la distribution des variables	25
Tableau 5 : Performances des différentes variétés pour les paramètres phénologiques et morphologiques.....	26
Tableau 6 : Performances des différentes variétés pour le rendement et ses composantes	27
Tableau 7 : Corrélation entre les variables	28
Tableau 8 : Cosinus carré montrant les génotypes qui contribuent à la formation des principaux axes de l’ACP.....	29
Tableau 9 : Cosinus carré montrant les variables qui contribuent à la formation des principaux axes de l’ACP.....	30
Tableau 10 : Classification des variétés en fonction de l’indice agronomique.....	33

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	i
DEDICACES	iii
REMERCIEMENTS	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
FIGURES ET TABLEAUX.....	vii
TABLE DES MATIERES	viii
INTRODUCTION	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	2
1. Généralités sur le sésame	2
1.1. Taxonomie	2
1.2. Espèce sauvage, Origine et distribution.....	2
1.3. Botanique du sésame.....	3
1.3.1. Phénologie	3
1.3.2. Caractéristiques morphologiques	4
1.4. Exigences écologiques	7
1.5. Utilisation et importance.....	8
1.5.1. Utilisation alimentaire	8
1.5.2. Utilisation pharmaceutique et industrielle.....	8
1.5.3. Valeur nutritionnelle.....	8
1.5.4. Intérêts agronomiques.....	8
1.5.5. Importance économique	9
1.6. Contraintes majeures.....	9
1.6.1. Contraintes biotiques	9
1.6.2. Contraintes abiotiques	11
2. Acquis de l'amélioration variétale du sésame au Sénégal	11
MATERIEL ET METHODES	15
2.1. Présentation du site expérimental	15
2.2. Conditions climatiques	15
2.3. Matériel végétal	18
2.4. Dispositif expérimental.....	18
2.5. Conduite de la culture.....	19
2.5.1. Préparation du sol.....	19
2.5.2. Semis et démariage.....	19
2.5.3. Entretien de la parcelle	19

2.5.4.	Récolte.....	20
2.5.5.	Séchage.....	20
2.5.6.	Battage et vannage	20
2.6.	Observations et mesures	21
2.6.1.	Observations phénologiques	21
2.6.2.	Paramètres morphologiques et de rendement.....	21
2.7.	Méthodes d'analyse des données.....	23
RESULTATS	24
3. 1.	Différences entre les variétés selon la variable étudiée.....	24
3. 2.	Variations observées sur l'ensemble des géotypes étudiées.....	24
3. 3.	Performances des variétés pour chaque variable étudiée	25
3. 4.	Relation entre les variables.....	27
3. 5.	Analyse en composante principale	29
3. 6.	Classification des variétés en fonction des caractères étudiés.....	31
3. 7.	Identification des variétés les plus performantes en utilisant l'ISM	32
DISCUSSION	34
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	36
BIBLIOGRAPHIE	37

INTRODUCTION

Dans les années 1970, la fréquence de la sécheresse et l'aridité des sols a entraîné la baisse de certaines cultures locales tels que le maïs, le mil, le sorgho, l'arachide etc. C'est ainsi que le sésame fut réintroduit au Sénégal dans la zone sud (Casamance) en 1985 (Sene *et al.*, 2018). La réintroduction du sésame en milieu paysan en Casamance puis au niveau du bassin arachidier (Sine-Saloum) s'explique plus par ses faibles exigences agro-écologiques. (Boureima *et al.*, 2011). Depuis lors, plusieurs études ont été menées par les institutions de recherches sénégalaises pour valoriser la culture et assurer la sécurité alimentaire en promouvant des technologies agricoles appropriées pour toutes les zones agro-écologiques du pays (Sene *et al.*, 2018). Cette équipe a démontré qu'en 2010, les rendements ont atteint une moyenne de 416 kg à l'hectare en milieu paysan. En 2017, les rendements ont été estimés à 541kg/ha, soit une augmentation de 7,6% par rapport à 2016 et de 16,8% par rapport à la moyenne des cinq dernières années (2012-2016) (ANSD, 2018). Cette légère augmentation de la production montre qu'il est possible d'augmenter significativement les rendements du sésame en milieu paysan. De ce fait, la problématique ne se pose pas véritablement sur les conditions écologiques et le niveau d'intérêt que les cultivateurs portent sur le sésame mais plutôt sur le type variétal le plus résilient aux environnements de culture du sahel de façon générale et du Sénégal de façon particulière.

C'est dans ce sens que, pour faciliter les échanges de matériel génétiques entre chercheurs de la sous-région ouest Africaine, un réseau de phénotypage a été mis en place par le DP/IAVAO (Dispositif de partenariat/Innovation et Amélioration Variétale en Afrique de l'Ouest). Le réseau de phénotypage regroupe les généticiens et sélectionneurs du Burkina-Faso, du Mali, du Niger, du Sénégal et du Togo. Ainsi, pour la saison des pluies 2018, un panel de variétés élites a été proposé pour être évalué dans les différents pays. Au Sénégal, l'étude a été menée au niveau de la station expérimentale de l'ISRA/CNRA de Bambey. Elle a comme objectif général de promouvoir les innovations technologiques par la dissémination de variétés à haut potentiel de rendement et adaptées aux différentes zones agro-écologiques de l'Afrique de l'ouest. Elle vise de façon spécifique, à :

1. Identifier les génotypes les plus performants dans les conditions de culture du Sénégal en se basant sur leurs caractéristiques agro-morphologiques,
2. Déterminer les relations qui existent entre les différentes variables étudiées,
3. Classer les différents génotypes évalués en fonction des variables étudiées.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur le sésame

1.1. Taxonomie

Sesamum indicum appartient à l'ordre des Tubiflorae et fait partie de la petite famille des Pedaliaceae qui contient 16 genres et environ 60 espèces. Cependant, elle est la seule espèce de sésame cultivée dans le monde. Le mot « sésame » vient d'anciens noms (še-giš-i, šammaššammu, sasama, simsim, sapsama etc.) qui ont été attribués à d'anciennes cultures oléagineuses en Mésopotamie (Bedigian et Harlan, 1986). Dans certains ouvrages et articles, le nom utilisé est *Sesamum orientale* L (Bedigian, 2004). Il existe environ 36 espèces de sésames repartis majoritairement entre l'Afrique et l'Inde. Parmi ces espèces, 18 sont attribuées à l'Afrique et 8 à l'Inde. Mais, il y a 2 espèces qu'ils partagent ensemble, il s'agit de *S. capanense* et *S. schenckii*. En Inde, 6 espèces sauvages ont été retrouvées : *S. malabaricum*, *S. malayanum*, *S. prostratum*, *S. laciniatum*, *S. radiatum* et *S. alatum* (Pathak et al., 2014).

1.2. Espèce sauvage, Origine et distribution

En 1958, Protère suggère que le sésame proviendrait d'une hybridation entre deux espèces *Sesamum radiatum* et *Sesamum alatum*. Cette hypothèse fut rejetée par Zukovsky qui se base sur une différence d'odeur entre l'espèce cultivée et ses supposés parents sauvages et soutient sa supposition par le nombre de chromosomes (*S. radiatum* ($2n=64$) alors que l'espèce cultivée *S. indicum* est à $2n=26$) (Nayar et Mehra, 1970). Dans cette même étude, (Nayar et Mehra, 1970) montrent les travaux de Kobayashi qui a eu à faire un croisement entre *S. indicum* et *S. alatum* donnant ainsi des graines non viables. Selon Nayar et Mehra (1970), parmi toutes les supposées espèces parents, seul *S. schencki* et *S. malabaricum* présentent le même nombre de chromosomes que l'espèce cultivée et parallèlement leurs croisements avec l'espèce cultivée donnent des graines viable à la F1. Mais il réfute toute hypothèse stipulant que *S. malabaricum* est l'ancêtre sauvage de *S. indicum*. Cependant, d'autres chercheurs ont fait recours aux marqueurs moléculaires RAPD pour démontrer que le parent sauvage du sésame est *S. malabaricum* qui n'a été retrouvé qu'en Inde (Bedigian, 2004).

L'origine exacte du sésame a fait état de plusieurs discussions. C'est une culture très ancienne au point que même la date et le lieu exact de sa domestication sont imprécis. Cette difficulté est certainement due au manque de traces archéologiques. En effet, toutes les espèces sauvages du genre *Sesamum* sauf *S. prostratum* ont été répertoriées en Afrique, mais cela reste insuffisant

pour en déduire que le sésame soit domestiqué en Afrique (Kiranmayi, 2007). Bedigian et Harlan (1986), se basent sur des données génétiques, morphologiques, phytochimiques, linguistiques et quelques données archéologiques (Nayar et Mehra, 1970) pour justifier que le sésame a été domestiqué en Inde.

Le sésame aurait diffusé dans le monde par le biais des échanges de matériel végétal et des mouvements migratoires. De nos jours, le sésame connaît un surplomb dans le domaine agricole en Afrique, en Asie et en Amérique.

1.3. Botanique du sésame

Actuellement, il existe beaucoup de variétés (locales et commerciales) dans le monde (Pham *et al.*, 2010), mais le nombre exact est incertain et ils diffèrent selon leurs caractéristiques phénologiques ou morphologiques (Langham, 2007).

1.3.1. Phénologie

Le sésame est une plante annuelle à développement indéterminé tant que les conditions restent favorables (Son *et al.*, 2011). Le cycle varie entre 70 à 180 jours selon que la variété soit précoce ou tardive (Bedigian et Harlan, 1986 ; Morris, 2009) et comprend essentiellement 3 phases : la phase végétative, la phase de reproduction et la phase de maturation. Ces différentes phases peuvent être allongées ou écourtées selon les conditions du milieu : température, humidité, fertilité du sol (Langham, 2007).

- ✚ La phase végétative commence depuis l'absorption de l'eau par la graine (germination) jusqu'au début d'apparition des fleurs en passant par le stade jeune plant. Elle dure entre 29 et 59 jours après semis (JAS). La germination commence 3 à 5 JAS et constitue un stade très important. Après que la plante ait fait son émergence environ 6 JAS, la première rangée de feuille se met en place. A ce stade la plante devient très vulnérable face aux insectes et aux fortes pluies. Dès l'apparition de la 3^{ème} rangée de feuilles, la plante entre au stade jeune plant qui dure jusqu'à l'arrivée du premier bouton floral. Ce stade jeune plant débute entre le 26^{ème} et le 37^{ème} JAS. La phase végétative s'achève lorsque la floraison est à 50%.
- ✚ Le sésame est une espèce autogame. A partir du 29^{ème} JAS, les 50% de floraison sont atteints et à cette étape, la plante n'a plus besoin d'être irriguée pour lui permettre de forcer sa maturité. La phase reproductive prend généralement 27 à 52 jours au cours desquels les fleurs s'ouvrent, s'autofécondent, puis tombent sous 24h. Trois (3) jours après la fécondation, les premières capsules sont visibles.

- ✚ Le sésame présente une croissance indéterminée mais lorsque l'irrigation est suspendue, il force sa maturité. A partir du 54^{ème} JAS, les graines qui sont à l'intérieur des capsules se remplissent (maturation). En ce moment, les fleurs disparaissent totalement et les feuilles commencent à jaunir et tombent petit à petit. Cette phase se termine par l'assèchement et l'ouverture des capsules si elles sont déhiscentes. Cependant, chez certaines variétés, la maturité est asynchrone : au moment où certaines capsules entrent en maturité, sur la même plante il reste encore des fleurs.

1.3.2. Caractéristiques morphologiques

Le sésame est une plante à port dressé constituée de racines, d'une tige et de feuilles. Elle présente des fleurs en forme de tube à partir desquelles se forment les capsules qui contiennent les graines.

- Φ **Racines** : le système racinaire du sésame est mixte et comprend un pivot et des racines superficielles (Figure 1). Le pivot peut atteindre jusqu'à 90 cm lorsque la plante est en condition de stress hydrique (Sene *et al.*, 2018).



Figure 1 : Système racinaire du sésame (Niang, 2004)

- Φ **Tiges** : le sésame est une plante herbacée à port dressé dont la hauteur de la tige principale varie entre 50 et 250 cm. La tige a une forme quadratique longitudinale avec des sillons sur toute sa longueur (Bedigian, 2004). Selon le type de variété, elle peut être pubescente, lisse ou glabre avec un diamètre basal compris entre 1 et 3 cm (Sene *et al.*, 2018). Certaines variétés ont une seule tige (variété monotige), par contre d'autres sont moyennement à très ramifiées (Bedigian, 2004 ; Morris, 2009) (Figure 2).

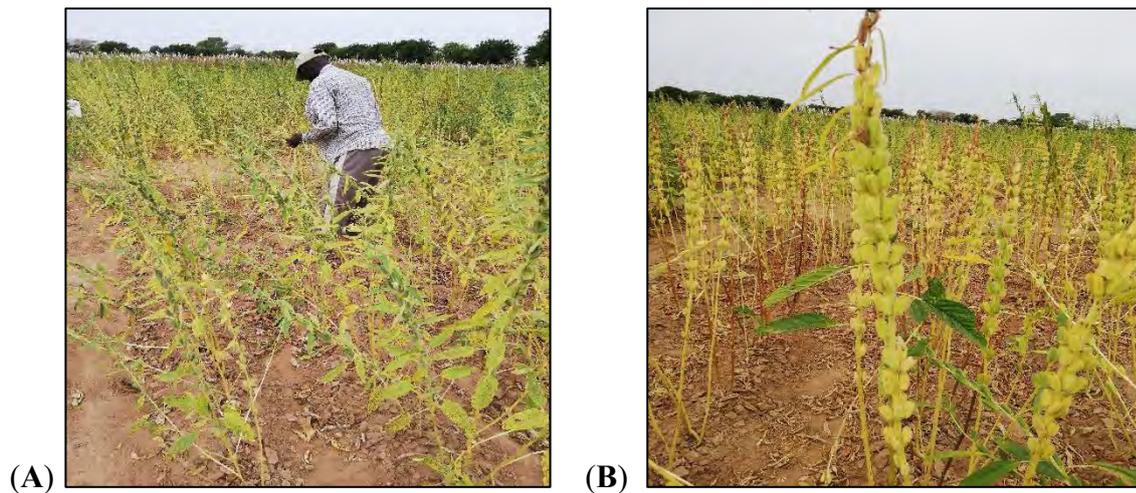


Figure 2 : Variété ramifiée (A) ; Variété monotige (B)

Φ **Feuilles** : elles sont plates, lancéolées et de couleur verte (claire ou foncée) mais elles deviennent jaunes à la maturité. Les feuilles qui se trouvent sur la partie inférieure de la plante sont dentelées et sont plus larges et plus courtes que les feuilles supérieures (Bedigian, 2004) (Figure 3). Elles sont opposées avec de longs pétioles contrairement aux feuilles supérieures qui sont alternes avec de courts pétioles (Sene *et al.*, 2018).



Figure 3 : Port de la plante de Sésame

Φ **Fleurs** : les fleurs contiennent à la fois l'appareil reproducteur mâle et femelle, elles sont hermaphrodites et les plantes se reproduisent par autogamies. Mais parfois des insectes diptères, coléoptères et hyménoptères assurent la reproduction croisée (Mahfouz *et al.*, 2012). Les fleurs sont attachées à l'aisselle des feuilles par de courts pédicelles. La palette de couleurs des fleurs réunit le blanc, le jaune, le rose et le mauve

pâle. Les fleurs sont composées de 5 pétales (Kafiriti et Mponda, 2010) qui forment un tube de 3 à 4 cm de longueur (Andrade *et al.*, 2014) (Figure 4).



Figure 4 : Insertion et aspect de la fleur et des capsules de sésame (Niang, 2004)

Φ **Fruits :** ils se présentent sous forme de capsules carrées ou rectangulaires de 2 à 7 cm de longueur à l'intérieur desquelles se trouvent des loges (Morris, 2009 ; Kafiriti et Mponda, 2010) (Figure 5). Selon les variétés, les capsules peuvent contenir 4 à 6 loges dans lesquelles se forment les graines. A l'aisselle de chaque feuille, il est possible de trouver 1 à 7 capsules et cela dépend du type de variété (Langham, 2007) (Figure 2). Chez certaines variétés, la pubescence sur les capsules indique une tolérance à la sécheresse. Il existe des capsules qui s'ouvrent à la maturité (déhiscentes) et d'autres qui ne s'ouvrent pas (indéhiscents).



Figure 5 : Disposition des graines dans les loges.

Φ **Graines** : les graines sont ovales et présentent une large gamme de couleurs : blanc, beige, rouge, marron, gris, noir (Bedigian et Harlan, 1986). La taille des graines est comprise entre 2,5 et 3,5 mm (Figure 6).



Figure 6 : Trois couleurs des graines de sésame.

1.4. Exigences écologiques

Le sésame est une plante annuelle des régions tropicales et subtropicales qui se développe bien en zone aride et semi-aride grâce à sa résistance à certains facteurs écologiques.

- **Sol** : il se développe bien sur plusieurs types de sol (Nyongesa *et al.*, 2013) et sa culture ne sollicite pas beaucoup de nutriments (Bedigian et Harlan, 1986). Cependant, son développement est optimal lorsque le sol est perméable et présente un parfait mélange de limon et de sable.
- **Température** : l'espèce est susceptible de survivre à des températures allant jusqu'à 35-40°C mais les températures optimales varient entre 20 et 30°C (Langham, 2007 ; Kiranmayi, 2007).
- **Ph** : le sésame supporte les pH peu acides compris entre 5,4 à 6,7 (Morris, 2009)
- **Eau** : le sésame est une plante rustique avec des besoins en eau assez limités, 300 à 400 mm de pluie suffisent pour un développement optimal (Bedigian, 2004 ; Pham, 2011). Il est capable de se développer sans pluie ni irrigation si toutefois le sol est bien humide.
- **Photopériode** : le sésame est une plante de jour court, il peut fleurir au bout de 45 jours lorsqu'il est exposé à la lumière du jour pendant une durée de 10 h par jour (Kiranmayi, 2007). La sensibilité du sésame à la photopériode fait que la date de semis est très

importante car lorsque les températures de la période considérée ne sont pas favorables, c'est la durée du jour qui les compense (Langham, 2007).

1.5. Utilisation et importance

1.5.1. Utilisation alimentaire

Son importance, le sésame le doit à sa teneur en huile, en protéines et en antioxydants. Son huile est utilisée pour la cuisine et ses graines servent d'ingrédients dans certains aliments comme les brioches, soit elles sont directement utilisées comme aliment principal pour faire des gâteaux et des pâtes (Morris, 2009). Le tourteau de sésame sert de nourriture pour le bétail et la volaille (Boureima *et al.*, 2011) (Anilakumar *et al.*, 2010). En Asie et en Afrique, les graines sont utilisées pour faire de la soupe (Nayar et Mehra, 1970).

1.5.2. Utilisation pharmaceutique et industrielle

Le sésame est utilisé aussi bien pour l'alimentation que dans le domaine industriel. Le sésame contient des substances phytochimiques anti cancérogènes, hypocholestérolémiants et efficaces dans la prévention contre l'hypertension qui sont extraites pour la fabrication de médicaments (Morris, 2009) ; Sene *et al.*, 2018). L'huile est utilisée pour le traitement contre l'assèchement de la muqueuse nasale et les maux de tête, pour faire du savon et les huiles essentielles extraites à partir des feuilles entrent dans la composition de certains parfums (Anilakumar *et al.*, 2010 ; Yol *et al.*, 2010 ; Son *et al.*, 2011). Ces substances phytochimiques sont également utilisées pour la préparation de produits insecticides et bactéricides (Anilakumar *et al.*, 2010 ; Son *et al.*, 2011).

1.5.3. Valeur nutritionnelle

Malgré sa forte teneur en huile et l'usage varié de ses graines, le sésame n'aurait eu de l'importance sans sa qualité nutritionnelle. En plus d'avoir une huile très stable grâce à sa teneur en antioxydants, il est très riche en vitamines (B, E, etc.), en minéraux (Ca, Mg, P, Fe, Zn), en sucres, en acide gras (45-55%) et en protéines (19-30%) (Morris, 2009 ; Anilakumar *et al.*, 2010 ; Boureima *et al.*, 2011 ; Sene *et al.*, 2018). Selon Anilakumar (2010), les graines de sésame renferment trois fois plus de calcium qu'une même quantité de lait.

1.5.4. Intérêts agronomiques

Dans les zones arides et semi-arides, les cultures tolérantes à la sécheresse sont très intéressantes (Golestani et Pakniyat, 2015). C'est dans ce sens que le sésame occupe actuellement une grande place dans l'agriculture en région sahélienne et subsaharienne car en

dehors de sa tolérance à la sécheresse, il résiste à un grand nombre de ravageurs de culture et ne nécessite pas beaucoup de fertilisation. Son intérêt agronomique repose également sur son utilisation dans les systèmes de rotation de culture avec les céréales (maïs, blé, sorgho) et légumineuses (arachide) (Pham *et al.*, 2010 ; Sene *et al.*, 2018). En effet le sésame améliore la texture et la rétention de l'eau du sol qui sont favorables à la culture suivante. Ses racines qui sont en réseau réduisent l'érosion du sol. Il est aussi connu pour son action à éliminer les nématodes qui s'attaquent au coton et à l'arachide (Pham, 2011 ; Sene *et al.*, 2018).

1.5.5. Importance économique

En termes de productivité, l'Inde est placée au 1^{er} rang en assurant 57% de la production mondiale (Smith *et al.*, 2000). La quantité de sésame cultivé dans le monde s'élève à plus de 5,5 millions de tonnes sur 9,9 millions d'hectares (FAOSTAT, 2019). Les 75% de cette production sont assurées par l'Inde, la Chine, le Soudan, le Mexique et l'Ouganda (Son *et al.*, 2011). L'Afrique assure 26 % de la production mondiale grâce à 2 grands producteurs : le Burkina-Faso et le Nigéria. En effet, 18 107 tonnes de sésame sont cultivés par an au Burkina sur une surface de 800 ha et cette production apporte près de 8 milliards de F CFA chaque année. Au Sénégal, les rendements ont atteint une moyenne de 416 kg par hectare en 2010 (Sene *et al.*, 2018). En 2017, d'après une étude comparant la production de sésame entre le Sénégal et le Mali, 258,4 kg/ha ont été obtenus dans le Sine-Saloum avec un prix de 395 F CFA par kilogramme et 193 kg/ha en Casamance ; contre une moyenne de 378,4 kg/ha au Mali pour un prix de 248 000 F CFA/ha dans la région de Ségou (Dossa *et al.*, 2017).

1.6. Contraintes majeures

Le sésame peut survivre sans que des traitements contre les inhibiteurs de germination ne soient appliqués (Bedigian et Harlan, 1986) . Mais il existe toujours quelques obstacles au bon développement de la plante et les paramètres de rendement sont ainsi affectés.

1.6.1. Contraintes biotiques

Le sésame, comme toutes les autres cultures, subit des contraintes souvent causées par des animaux, des insectes ou même des microorganismes. Ces espèces s'attaquent aux différentes parties de la plante (racines, feuilles, fleurs, graines). Le nombre élevé de pieds par mètre carré peut également affecter le développement des plantes de sésame.

- ❖ **Densité de la population** : sachant que les plantes compétissent pour les nutriments du sol, lorsque la densité de la population est très importante, certaines plantes ont du mal à bien se développer (Langham, 2007). Lorsque la densité est trop élevée, cela impacte

négativement sur le nombre de ramifications par plante, le nombre de graines par capsule, le poids des graines et par conséquent sur le rendement en graines (Adebisi *et al.*, 2006 ; Roy *et al.*, 2009 ; Nadeem *et al.*, 2015)

- ❖ **Insectes** : dans une étude menée aux Etats Unis, il a été démontré que les pucerons détruisent les cultures du fait qu'ils se nourrissent de la sève des plantes (Smith *et al.*, 2000). Au Niger et au Sénégal, des études ont montré que les cultures de sésame font face à plusieurs insectes ravageurs d'ordres différents et de cibles variables selon le stade phénologique de la plante. Parmi ces espèces se trouvent *Antigastra catalaunalis* (aux stades Chenille et papillon) et *Anoplectnémis curvipes* qui sucent les capsules (Tchabi *et al.*, 2013) . Au Sénégal, un insecte coléoptère de la famille des méloïdées : cantharide (*Lytta vesicatoria*) (Figure 7), suce le contenu des graines diminuant ainsi leurs poids et cela affecte gravement les rendements. Donc il est nécessaire de traiter la récolte contre cette espèce pour éviter des pertes.

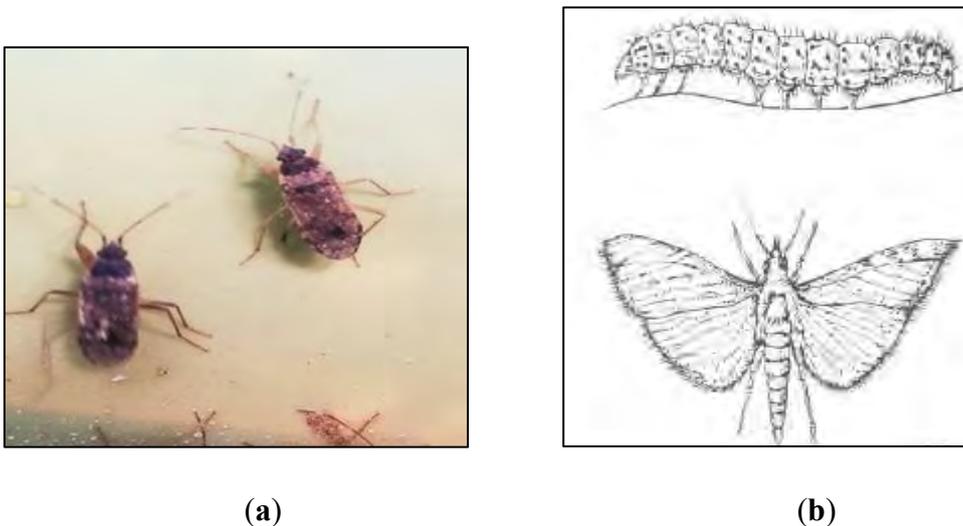


Figure 7 : Cantharide (*Lytta vesicatoria*) (a) ; *Antigastra catalaunalis* (b) (Diouf *et al.*, 2009b)

- ❖ **Animaux** : certains animaux peuvent endommager les cultures de sésame en mangeant les feuilles (Smith *et al.*, 2000) surtout en milieu paysan. Lors du séchage, les souris et autres rongeurs mangent la récolte lorsqu'elle n'est pas bien gardée.
- ❖ **Maladies** : *Macrophomina phaseolina* est responsable de la pourriture des racines de sésame en Egypte. Les symptômes apparaissent après la floraison et se manifestent par un flétrissement et un noircissement de la tige et des racines (El-Bramawy et Wahid, 2006). La Fusariose s'attaque aux semis et cause des pertes de rendement allant jusqu'à près de 80%. La cercosporiose est également une maladie fongique qui affecte souvent

le sésame au Sénégal et des traitements contre cette maladie sont appliqués sur les cultures.

1.6.2. Contraintes abiotiques

- Les sols engorgés, compacts ou très sableux et à pH faible sont inappropriés à la culture du sésame.
- **Salinité** : le sésame tolère certaines teneurs en sel mais lorsque le taux est important, cela provoque des troubles sur la germination, une diminution de la croissance et le jaunissement des plantes (Langham, 2007)
- **Vent** : lors de la de maturation les vents forts et secs accélèrent l'assèchement des graines et lorsque les capsules sont déhiscentes les graines peuvent tomber entraînant des pertes considérable de rendement.
- **Températures** : lorsqu'elles sont supérieures à 35°C pendant et après la floraison, elles diminuent les rendements (Bedigian et Harlan, 1986). De même les températures très basses ne sont pas favorables aux premiers stades de germination.
- **Eau** : dans les zones arides et semi arides l'absence de pluies peut poser des problèmes sur le rendement (Son *et al.*, 2011) bien que la culture soit très résistante. Dans leur étude sur le stress hydrique, ils ont démontré qu'en absence d'eau la surface foliaire et la nutrition minérale diminuent considérablement entraînant donc une baisse de la photosynthèse et de l'activité mitotique. Visiblement, cela se répercute sur la croissance et le développement de la plante qui deviennent anormales (Golestani et Pakniyat, 2015). Cependant, les pluies continuelles inondent le sol et éliminent, l'oxygène entraînant ainsi la mort de la plante. Les pluies au moment du séchage présentent également des inconvénients donc il est plus prudent de garder la récolte à l'abri de toute source d'eau.

2. Acquis de l'amélioration variétale du sésame au Sénégal

Au moment où la demande mondiale devient de plus en plus importante, le sésame reste mal connu dans certaines parties du Sénégal. En effet, la recherche sur le sésame a commencé en 1997 avec l'ISRA/CERAAS. Les différents travaux menés se sont essentiellement focalisés sur l'augmentation des rendements à travers l'amélioration des conditions pédoclimatiques et agromorphologiques, mais aussi à travers l'amélioration variétale par des mutations et des mychorizations (Sene *et al.*, 2018).

Les essais du CERAAS ont débuté avec une collection constituée de 6 variétés : 32-15, Primoca, 38-1-7, Jalgoon 128, Ceraas-1-98 et Cross n°3 (Tableau 1). A cette occasion, une fiche technique a été mise en place proposant une dose de fertilisation de 80 kg par hectare NPK (6-20-10) avec 50 kg d'urée, une semis en lignes distants de 60 à 80 cm pour les variétés ramifiées et 40 cm pour les variétés monotiges, un démariage à 2 plantes par poquet et les bonnes pratiques post-récolte (Diouf *et al.*, 2009b). Une évaluation agronomique effectuée sur 7 variétés (32-15, Primoca, 38-1-7, Jalgoon 128, Ceraas-1-98, Cross n°3 et Yendev 55) a permis de faire une répartition de ces variétés en 3 groupes selon leurs besoins en eau, la durée de leur cycle et leur productivité (Guèye, 2000). En 2004, l'étude de l'effet de la date de semis sur la croissance, le développement et la production sur 2 types botaniques (Ceraas-1-98 monotige et 32-15 ramifiée) en zone semi-aride a révélé que la phénologie est peu affectée par la date de semis ; par contre, les paramètres de rendement baissent considérablement avec le retard de semis. Les semis du mois de Juillet ont donné un rendement moyen de 694 kg à l'hectare comparé à ceux du 30 Septembre avec 147 kg à l'hectare. Il a été ainsi recommandé un intervalle de temps propice à la culture du sésame dans le bassin arachidier allant du 20 Juillet au 10 Août (Niang, 2004).

Tableau 1 : Les premières variétés homologuées au Sénégal (Diouf *et al.*, 2009b)

Caractéristiques	Primoca	Cross n°3	32-15	38-1-7	Jalgoon 128	Ceraas-1-98
Cycle cultural (jours)	120	95	90	95	90	70
Port ou architecture	Très ramifié	Ramification moyenne	Ramification moyenne	Ramification moyenne	Ramification moyenne	Non ramifié
Couleur des graines	Brune	Blanche	Crème	Crème	Blanche	Blanche
Teneur en matière grasse des graines (%)	47,9	-	49,6	48,5	49,1	48,5
Poids 1000 graines (g)	3	3	4	3	3-5	2,4
Rendement moyen en station (kg/ha)	879	1193	1590	1455	1363	625
Rendement moyen en milieu paysan (kg/ha)	845	708	685	656	559	-

Dans le but d'améliorer les rendements des cultures de sésame, des mutations aux rayons gamma (300 et 400 gy) ont été induites sur 3 variétés de sésames : 2 variétés largement cultivées au Sénégal (32-15 et 38-1-7) et 1 variété turque (Birkan) (Diouf *et al.*, 2010 ; Boureima, 2012).

Ces mutations ont eu des effets sur différents caractères à savoir le nombre de capsule à l'aisselle de la feuille, le nombre de loges par capsule, la hauteur et la forme de la tige, mais aussi sur la pubescence des capsules et des tiges et sur la durée du cycle pour une meilleure adaptation à la sécheresse. A l'issue de cette étude 72 mutants ont été obtenus, différents de leurs parents soit par les caractères morphologiques ou physiologiques. Les travaux sur le stress post-floral sur certains de ces mutants ont montré que le stress hydrique réduit la vigueur des plantes et affecte en conséquence négativement la croissance et le rendement (Niass, 2015). A la suite de son expérimentation, les mutants mt 169, hc 107 et icn 115 ont été retenus comme étant les plus stables. Cependant, ces résultats sont contradictoires avec ceux de (Boureima, 2012) qui classe le mutant mt169 parmi les génotypes hautement tolérants au stress hydrique et les mutants hc107, icn115 parmi les génotypes avec un faible indice de tolérance au stress hydrique. Cette non-conformité serait due à la différence des périodes de semis entre les 2 études (Niass, 2015).

Pour un nouveau programme de sélection qui fait l'objet de ce document, 5 génotypes parmi ces mutants ont été choisis : Lc164 et Lc162 qui sont caractérisés par leurs longues capsules, Ef157 et Ef153 à cycle court et Hb168 qui est très ramifié (Tableau 2).

Tableau 2 : Quelques caractéristiques des nouvelles variétés homologuées au Sénégal

Caractéristiques	LC164	LC162	EF153	EF147	HB168
Mutations	Mutant 38-1-7	Mutant 32-15	Mutant 38-1-7	Mutant 32-15	Mutant 32-15
Cycle cultural	80	80	75	60	80
Port	Ramification moyenne	Très ramifié	Très ramifié	Ramifié	Très ramifié
Couleur des graines	Clair	Clair	Clair	Marron	Clair
Poids 1000 graines (g)	3,86	3,5	3,2	3,8	3,6
Rendement potentiel (kg/ha)	2379	2273	2379	2047	2834
Zones de recommandation	Zone Sylvopastorale et bassin arachidier	Haute Casamance et bassin arachidier	Bassin arachidier, Sénégal oriental, Casamance	Zone nord-ouest et Sylvopastorale	Bassin arachidier, Sénégal orientale, Casamance

Sur ce même objectif à booster les rendements du sésame, des moyens biologiques sont aussi employés : des champignons mycorhiziens arbusculaires. En 2009, des études ont été menées au CERAAS cherchant à connaître la réponse de 2 variétés de sésame (Ceraas-1-98 monotige et Primoca ramifiée) à l'inoculation avec 4 souches fongiques mycorhiziens arbusculaires isolées au Laboratoire de Biotechnologie des Champignons du département de Biologie Végétal de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD, BV, LBC). Les résultats de cette étude sont : une augmentation de la surface foliaire, de la biomasse aérienne et racinaire et par conséquent une hausse de la productivité (Diouf *et al.*, 2009a). Ces résultats sont soutenus par les travaux réalisés à l'UCAD où 6 espèces fongiques isolées au (UCAD, BV, LBC) ont été inoculées sur 8 variétés de sésames appartenant à la collection de l'ISRA (Ceraas-1-98, 32-15, Jalgoon 128, Primoca, SN 98-80, SN 98-86, PI 278-160 et PI 179-033). Cette mycorhization a permis d'améliorer l'absorption minérale et le développement en hauteur et en biomasse des plantes entraînant une augmentation des rendements (Leye *et al.*, 2015).

MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation du site expérimental

L'essai a été installé à la station expérimentale de l'ISRA/CNRA de Bambey (14°42'N ; 16°28'O) qui se situe à 120 km de Dakar (Figure 8). Le climat du site est de type soudano-sahélien avec des températures moyennes variant entre 18 et 45°C au cours de l'année. La saison des pluies est comprise entre juillet et octobre et la saison sèche s'étale de novembre à juin. La pluviométrie fluctue entre 350 et 600 mm. Le sol est à dominante de type Dior avec une texture légère composée de 95% de sable, 3,5 à 5,6% d'argile et 1,7 à 2,8 % de limon (Boureima *et al.*, 2011). Il est caractérisé par de faibles teneurs en matières organiques, en azote et de capacité d'échange cationique. Le pH du sol, légèrement acide, est compris entre 4,5 et 5,6.

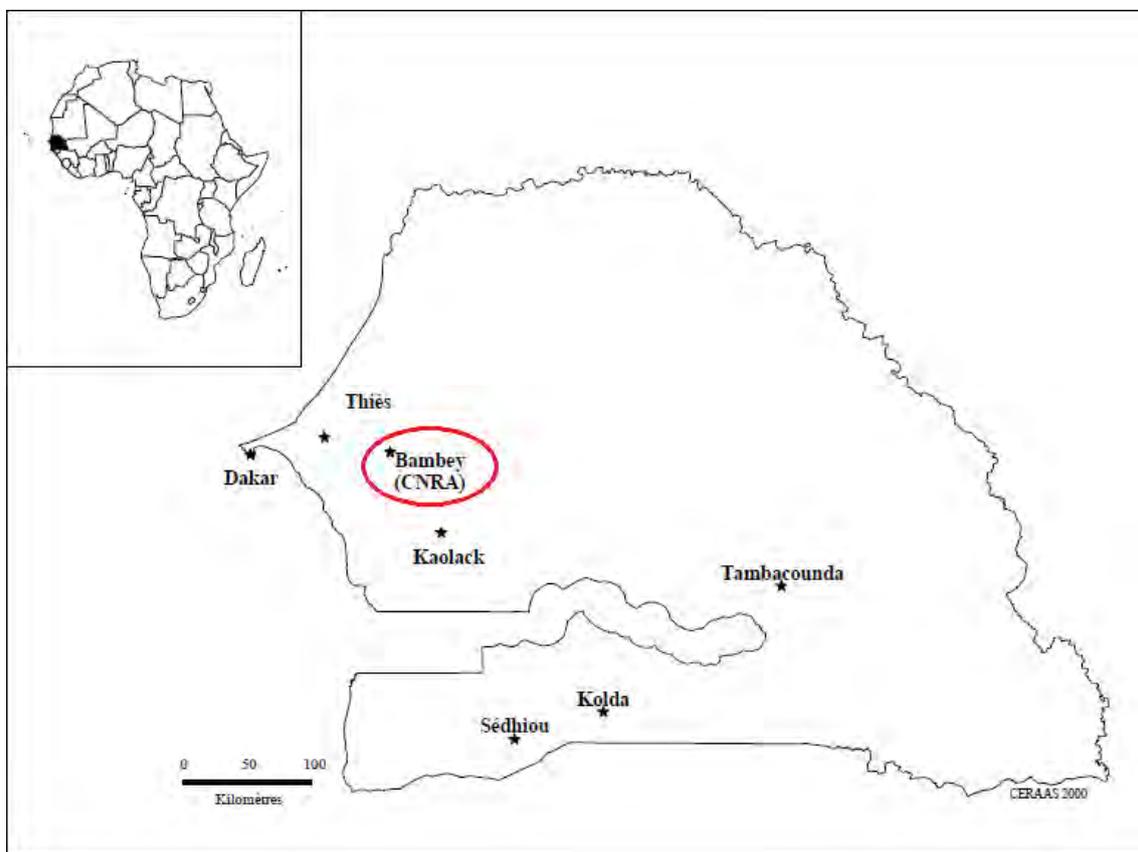


Figure 8 : Localisation géographique de Bambeï sur la carte du Sénégal

2.2. Conditions climatiques

Les données climatiques telles que la température, la pluviométrie et l'humidité relative ont été collectées tous les jours du semis à la récolte par le service agro-climatologie du CNRA de Bambeï.

Températures

Les températures ont eu d'importantes variations au cours de l'expérimentation. Les températures minimales ont oscillées entre 18,4 et 27,3°C avec une moyenne de 23,8°C et les températures maximales entre 27,6°C et 40°C pour une moyenne de 34,6°C. La plus basse température (18,4°C) et la plus haute température (40°C) ont été enregistrées en Novembre. Durant toute la floraison, correspondant ici à la période comprise entre la 2^{ème} décade de septembre et la 2^{ème} décade d'octobre, les moyennes thermiques ont été très favorables car n'ayant pas dépassé 35°C (Figure 9).

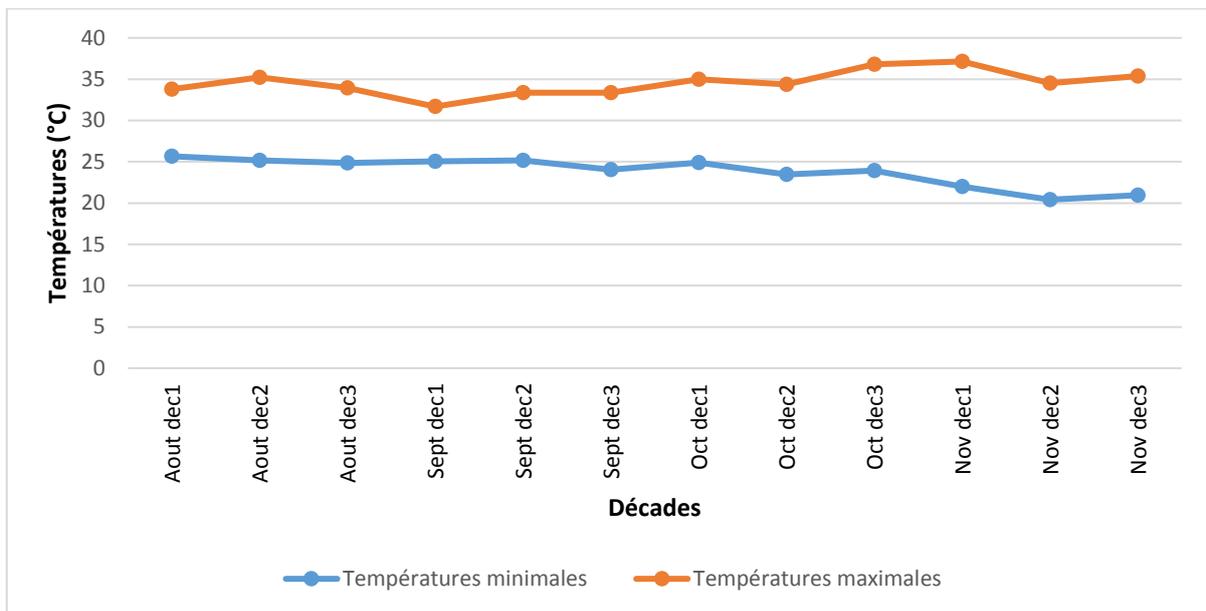


Figure 9 : Variation des températures à Bambey pendant la période de l'expérimentation

Pluviométrie

La pluviométrie totale enregistrée au mois d'août est de 161,2 mm. La troisième décade du mois d'août correspond à la période la plus humide avec 118,3 mm. Cependant, le mois de septembre a reçu la plus grande quantité de pluies soit 205,4 mm. Il y'a eu peu de précipitations au mois d'Octobre, soit 33,7 mm enregistrés que dans les deux premières décades. Le mois de novembre correspond au début de la saison sèche fraîche et aucune pluie n'a été enregistrée. Le sésame est une culture qui tolère jusqu'à 300 à 400 mm de pluies en saison sèche et la quantité totale de pluies enregistrée durant l'essai est de 399,7 mm (Figure 10).

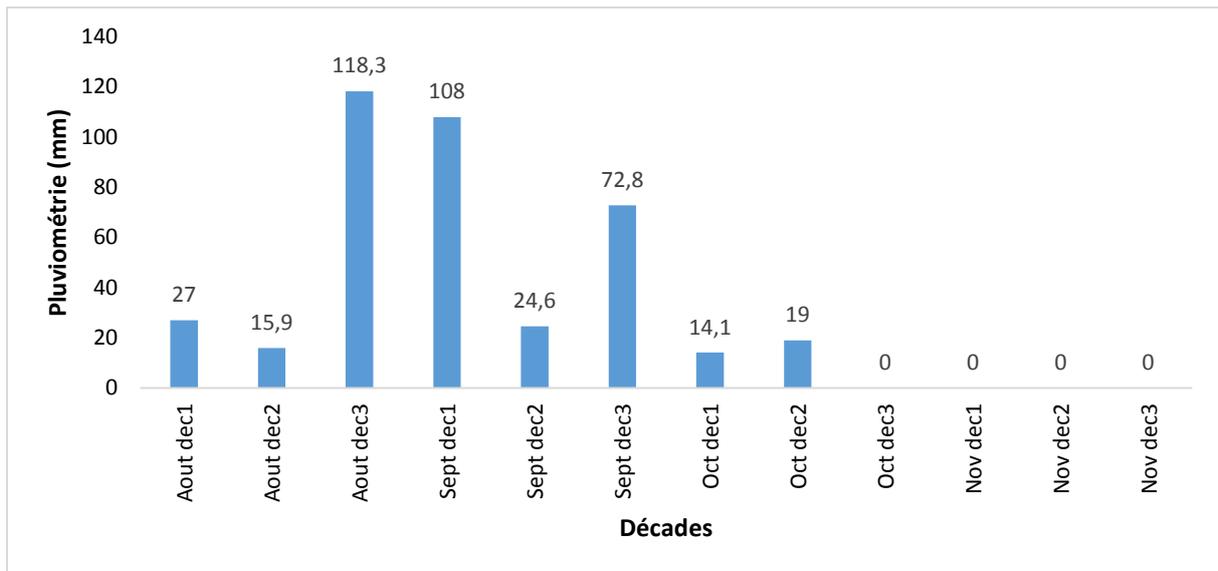


Figure 10 : Les quantités de pluie décadaires enregistrées à la station de Bambeï pendant la période de l'expérimentation.

Humidité relative :

Les valeurs enregistrées pour l'humidité relative ont eu d'importantes variations durant l'essai. L'humidité relative minimale a varié entre 14 et 75% avec une moyenne de 49% et l'humidité relative maximale entre 54 et 100% avec une moyenne de 94,16%. Les valeurs les plus basses ont été enregistrées à la 3^{ème} décennie de Novembre correspondant à l'arrivée de la saison sèche froide (Figure11).

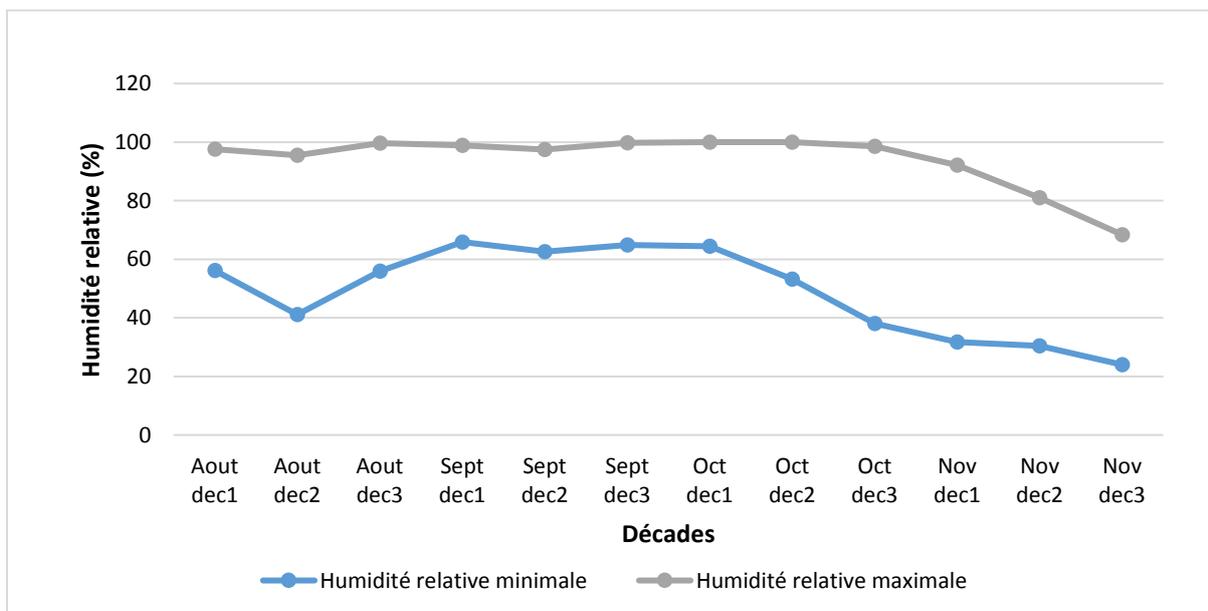


Figure 11 : L'humidité relative dans la station de Bambeï pendant la période de l'expérimentation.

2.3. Matériel végétal

Il est constitué d'un panel de 13 variétés élités de sésame d'Afrique de l'ouest dont 5 variétés du Sénégal, 4 du Niger, 3 du Burkina et une du Mali (Figure 12). Ces variétés ont été choisies sur la base de leurs performances dans leur pays d'origine.

SENEGAL	NIGER	BURKINA	MALI
			
			
			
			
			

Figure 12 : Les variétés de sésame utilisées pour l'essai et leur pays d'origine.

2.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé dans cette étude est le dispositif en blocs complets randomisés avec 4 répétitions séparées par des allées de 1,2 m (Figure 13). Chaque répétition comprend 13 parcelles élémentaires de 9,6 m². Chaque parcelle élémentaire comprend cinq lignes de 4 m de

long, semés aux écartements de 0,6 m entre les lignes et de 0,2 m entre les poquets sur la même ligne soient 20 poquets par ligne et 100 poquets par surface élémentaire.

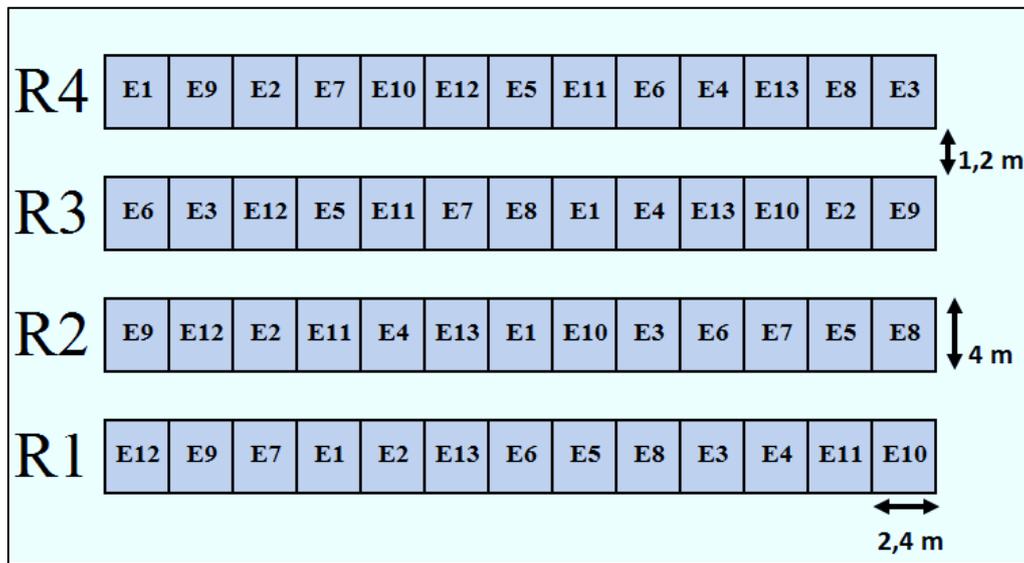


Figure 13 : Plan du dispositif expérimental

2.5. Conduite de la culture

2.5.1. Préparation du sol

Avant le semis un labour croisé de 20 cm de profondeur a été réalisé à l'aide d'un tracteur. Il est suivi par un hersage qui a permis d'homogénéiser la surface en broyant les mottes de sable pour avoir un très bon lit de semis.

2.5.2. Semis et démariage

Les semis ont été effectués en humide le 16 août 2018, après une pluviométrie de 15,9 mm. Les graines ont été semées manuellement en ligne en raison de 6 à 10 graines par poquet. Les jeunes plantes ont été démariées à trois plants par poquet au 18^{ème} jour après semis (JAS). Ce qui a permis d'avoir une densité de 312 500 plants/ha.

2.5.3. Entretien de la parcelle

Après le démariage, un engrais de fond NPK (6-20-10) a été apporté une seule fois, au 28^{ème} JAS à une dose de 80 kg/ha. L'engrais est appliqué à la volée entre les lignes. Un premier sarclage a été effectué à la main au 12^{ème} JAS et un deuxième sarclage au 28^{ème} JAS pour extirper ces mauvaises herbes et ameublir le sol. En début de formation des capsules correspondant 74^{ème} JAS, le buttage consistant à entasser du sol au pied des plantes a été fait à l'aide de pelles et de râteliers afin d'éviter la verse. Pour appuyer cet entretien, un traitement au

Décis à 20 cc dans 15 litres d'eau est appliqué une fois par semaine sur toutes les parcelles du début de la floraison jusqu'à la récolte à l'aide d'un pulvérisateur. Cette étape est importante pour lutter contre certains insectes comme *Antigastra catalaunalis*, mais elle se fait au besoin.

2.5.4. Récolte

La récolte s'est faite en 4 dates selon la maturité des plantes observée pour chaque parcelle. Les pieds sont coupés entièrement depuis la base à l'aide de machette. Tout d'abord, 5 pieds sont choisis au hasard sur les bordures de chaque parcelle pour mesurer le rendement en grain et la biomasse aérienne par pied. Les pieds sont mis individuellement dans des sacs puis attachés ensemble pour chaque parcelle. Ensuite, pour avoir le carré de rendement, 39 poquets, soit 117 pieds sont récoltés par parcelle sur 2,8 x 1,2 m² après écartement des bordures (1 ligne à gauche et à droite et 3 poquets devant et derrière). Pour chaque parcelle, les pieds sont mis ensemble dans un sac. Les restants des parcelles ont été récoltés en vrac et traités séparément.

2.5.5. Séchage

Après la récolte, les plantes sont séchées à l'air libre au champ pour permettre l'ouverture des capsules et éviter le pourrissement des graines (Figure 14). Pour prévenir les attaques de fourmis et de cantharides, un produit insecticide (heptapoudre) est épandu sur l'aire de séchage. La récolte a été séchée pendant 15 jours avant d'être stockées dans la serre en attendant le battage.



Figure 14 : Séchage de la récolte.

2.5.6. Battage et vannage

Les pieds sont battus à l'intérieur des sacs et pour éviter la perte des graines des bâches sont étalés sur le sol. Les graines sont ensuite séparées des tiges et des capsules avant de procéder

au vannage qui permet de débarrasser les graines de toute autre impureté (poussière, les débris de feuilles et de capsules) (Figure 15).



Figure 15 : Battage (A), séparation biomasse aérienne et graines (B) et vannage (C) du sésame.

2.6. Observations et mesures

2.6.1. Observations phénologiques

- La durée première floraison (**DPF**) : il s'agit pour chaque parcelle de relever la date à laquelle la première fleur est apparue. Elle est exprimée en nombre de jours après semis (JAS).
- La durée semis-floraison (**DF50**) : lorsque 50% des plantes d'une parcelle fleurissent, la date est relevée puis exprimée en nombre de jours après semis (JAS)
- La durée semis-maturité physiologique (**MP**) : elle a été observée pour chaque parcelle. La maturité chez le sésame commence avec le jaunissement des feuilles. Elle est effective le jour où pour chaque parcelle, 90% des plantes présentent des feuilles jaunes. Elle est aussi exprimée en nombre de jours après semis (JAS).

2.6.2. Paramètres morphologiques et de rendement

- La hauteur d'insertion de la première capsule (**HIP**) : c'est la hauteur en mètre entre le sol et l'insertion de la première capsule. Elle est mesurée sur chaque parcelle au 45^{ème} JAS avec une règle sur 5 pieds choisis au hasard.

- Le nombre de ramifications primaires par plante (**NRP**) : cette mesure a été faite au 45^{ème} JAS par comptage du nombre de ramifications primaires se trouvant sur la tige principale de 5 pieds choisis au hasard dans la parcelle.
- Le nombre de capsules à l'aisselle de la feuille (**NCA**), le nombre de capsules sur la tige principale (**NCTP**) et le nombre de total de capsules par plante (**NTCP**) : se sont fait par comptage au 80^{ème} JAS sur 5 pieds choisis au hasard dans la parcelle.
- La longueur des capsules (**LC**) : elle est mesurée en millimètre avec un pied à coulisse et 10 graines ont été mesurées pour chaque parcelle.
- Le nombre de loge par capsule (**NLC**), le nombre de graine par loge (**NGL**) et le nombre de graines par capsule (**NGC**) : le comptage s'est fait sur 10 capsules à l'échelle de la variété.
- La hauteur de la plante (**HP**) : elle est prise à la maturité sur 5 plantes choisies au hasard dans le carré de rendement. La mesure est faite avec une règle et s'exprime en mètre.
- Le poids des graines par pied (**PGP**) : les graines de chaque pied choisi sont pesées en g/pied avec une balance électronique d'une portée maximale de 600 grammes (g).
- Le poids de la biomasse aérienne (**PBa**) : après le battage, les graines sont séparées des tiges, des capsules vides et des feuilles sèches. Cet ensemble constitue la biomasse aérienne qui est pesée de la même façon que les graines.
- Le poids du carré de rendement (**Pcrdt**) : les graines issues de la récolte du carré de rendement sont pesées avec une balance électronique d'un maximum de 1200 g.
- Le poids mille graines (**PMG**) : consiste à faire le poids de 3 lots de 1000 graines par parcelle.
- Le rendement en graines (**Rdt**) : le rendement de chaque parcelle est obtenu avec la formule

$$\underline{\underline{\mathbf{Rdt (kg/ha) = poids du carré de rendement (kg) / surface récoltée (ha)}}$$

- Le rendement potentiel (**RPT**) : c'est le rendement que la variété est potentiellement capable de produire sur 1 ha. Sur un hectare où la distance entre les lignes est de 6 m, la distance entre les poquets de 0,2 m et le démariage à 3 pieds par poquet, il y aura 249 999 pieds. Pour avoir le rendement potentiel, la moyenne PGP de chaque variété est convertie en kg/pied et multipliée par le nombre de pieds/ha.

$$\underline{\underline{\mathbf{RPT (kg/ha) = nombre de pieds/ha \times moyenne PGP (kg/pied)}}$$

2.7. Méthodes d'analyse des données

Toutes les données ont été arrangées et vérifiées sur Excel. Le logiciel R (version 3.4.3) a été utilisé pour l'analyse de variances (ANOVA). Le tableau de corrélation des variables a été réalisé avec le logiciel IBM SPSS (version 23). L'analyse en composante principale (ACP) et le dendrogramme ont été réalisés avec le logiciel XLSTAT (2016). Les variables les plus explicatives (DPF, DF50, NTCP, LC, NG/L, NG/C, HIPC, HP, PGP, PBa et PMG) ont été utilisées pour réaliser le l'ACP et le dendrogramme.

Héritabilité au sens large

L'héritabilité des variables étudiées est obtenue avec la formule :

$$H^2 = \frac{V^2_G}{\left(V^2_G + \frac{V^2_E}{r}\right)} ; V^2_G = \text{variance génotypique}, V^2_E = \text{variance de l'erreur}$$

r = répétition.

$$V_G = \frac{MC_G - MC_E}{r} ; MC_G = \text{moyenne carré du génotype}, MC_E = \text{moyenne carré de l'erreur}$$

Choix des variétés les plus performantes

L'identification des meilleures variétés a été faite en utilisant l'indice de sélection multivarié (ISM) (Trouche *et al.*, 2012). Les variables PMG, LC, HP et PBa ont été choisies comme étant les plus déterminantes dans un programme de sélection et d'amélioration (Sabiél *et al.*, 2015 ; Mustafa *et al.*, 2015). Les coefficients qui leurs ont été attribués en fonction de leurs poids sur la sélection sont respectivement (4 – 3 – 2 – 2)

$$ISM_i = \sum_j a_j * \left[\frac{X_{ij} - m_j}{S_j} \right]$$

ISM = indice de sélection multivarié, a_j = coefficient attribué à la variable, X_{ij} = valeur de du caractère pour chaque variété, m_j = moyenne de la variable, S_j = écart type de la variable.

RESULTATS

3. 1. Différences entre les variétés selon la variable étudiée

L'analyse de la variance (ANOVA) effectuée montre que le facteur variété a un effet fortement significatif ($P < 0,001$) et ($P < 0,01$) pour l'ensemble des variables étudiées à l'exception de NTCP, PGP et Rdt. Aucune différence significative n'a été notée pour le facteur répétition hormis la variable Rdt (Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats de l'analyse de variance montrant les moyennes carré des différentes variables étudiées

Sources	Variété	Répétition	Résiduel
DI	12	3	36
DPF	19,9**	1,3 ns	5,5
DF50	15,2***	1,9 ns	1,1
HP	1674,8***	55,6 ns	114,5
NTCP	1039,7 ns	519,7 ns	521,2
HIPC	1396,3***	57,2 ns	43,3
LC	31,6***	3,6 ns	3,8
PMG	0,3***	0,0 ns	0,0
PGP	23,7 ns	12,3 ns	21,0
PBa	549,4***	60,0 ns	119,9
Rdt	392132 ns	632922*	207450,0
RPT	1479026 ns	766210 ns	1313323,0

*** : probabilité $< 0,001$, ** : probabilité $< 0,01$ et * : probabilité $< 0,05$. **DI**= degré de liberté. **DPF**=durée première floraison, **DF50**=durée semi-floraison, **HP**=hauteur plante, **NTCP**=nombre total de capsules par plante, **HIPC**=hauteur d'insertion de la première capsule, **LC**=longueur capsule, **PMG**=poids 1000 graines, **PGP**=poids des graines par pied, **PBa**=poids de la biomasse aérienne, **Rdt**=rendement en graines, **RPT**=rendement potentiel.

3. 2. Variations observées sur l'ensemble des géotypes étudiées

Les résultats du tableau 4 montrent que la date de première floraison sur l'ensemble des géotypes étudiés a variée entre 34 et 42 (JAS) avec une moyenne de 39 JAS et un coefficient de variation de 6,1%. La plus courte durée semi-floraison a été obtenue à 45 JAS avec la variété EF147 et la plus tardive de 51 JAS avec la variété EF153, le coefficient de variation

étant de 2,2%. Une variation non négligeable de la hauteur des plantes a été notée, allant de 132,2 cm chez la variété SN403 à 205,6 cm chez la variété LC164, avec une moyenne de 161,2 cm et un CV de 6,64. Le coefficient de variation de la hauteur d'insertion de la première capsule est de 9,7%, soit un minimum de 34,9 cm avec la variété SMK8 et un maximum de 104,9 cm avec LC164. La longueur des capsules a varié de 26,6 à 35,6 mm. L'écart type du poids 1000 graines est assez faible par rapport à celles des autres variable soit 0,1% ; les valeurs comprises entre 2,9 et 3,9 g sont distribuées autour d'une moyenne de 3,4 g. Le poids de la biomasse aérienne a oscillé entre 31,2 et 73,6 g avec un coefficient de variation de 22,2%.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse descriptive de la distribution des variables

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	CV
DPF	34	42	39	2	6,1
DF50	45	51	48	1	2,2
NTCP	75,5	102,4	92,1	92,1	24,8
HP	132,2	205,6	161,2	10,1	6,6
HIPC	34,9	104,9	67,6	6,5	9,7
LC	26,6	35,6	32,3	1,9	6,1
PMG	2,9	3,9	3,4	0,1	3,3
PGP	16,3	24,4	20,6	4	22,3
PBa	31,2	73,6	49,4	9,2	22,2
Rdt	1944,1	3429,0	2435,5	457,1	18,7
RPT	4072,9	6100,4	5149,4	990,3	22,3

CV = coefficient de variation, DPF=durée première floraison, DF50=durée semi-floraison, NTCP=nombre total de capsules par plante, HP=hauteur plante, HIPC=hauteur d'insertion de la première capsule, LC=longueur capsule, PMG=poids 1000 graines, PGP=poids des graines par pied, PBa=poids de la biomasse aérienne, Rdt=rendement en graines, RPT=rendement potentiel.

3. 3. Performances des variétés pour chaque variable étudiée

L'apparition la plus précoce de la première fleur a été notée au 34e JAS chez la variété Sénégalaise EF 147 et la plus tardive avec les variétés SN303, GMP3 et EF 153 avec une DPF de 41 à 42 JAS. Les variétés Sénégalaises LC164 et LC162 présentent les hauteurs les plus élevées (205,6 cm et 192,4 cm) tandis que les génotypes les plus courts ayant entre 132,2 à 138,8 cm, correspondent aux variétés Burkinabés SMK8 et SMK9 et à celle du Niger SN403

(Tableau 5). S'agissant de la longueur des capsules, les plus longues ont été observées chez la variété LC164 avec 35,6 mm et les plus courtes chez les variétés SMK8 (26,6 mm) et SMK9 (27 mm). Les variétés Sénégalaises EF153, EF147, HB168 et LC162 ont des longueurs capsules moyennes comparables à celles des variétés du Niger (SN103, SN203 et SN303) et du Mali (Namsubani).

Tableau 5 : Performances des différentes variétés pour les paramètres phénologiques et morphologiques

Variétés	DPF	DF50	HP	HIPC	LC
SN303	41 ^a	48 ^{bcde}	158,2 ^{cdef}	69,1 ^{cd}	33,8 ^{ab}
Namsubani	40 ^{ab}	48 ^{bcde}	160,4 ^{cde}	58,7 ^d	32,5 ^{ab}
SMK9	38 ^{ab}	47 ^{def}	138,8 ^{def}	37,2 ^e	27,0 ^c
HB 168	37 ^{ab}	46 ^{ef}	163,5 ^{cd}	62,1 ^{cd}	32,2 ^{ab}
LC 162	36 ^{ab}	47 ^{cdef}	192,4 ^{ab}	86,9 ^b	33,1 ^{ab}
SN403	39 ^{ab}	46 ^{ef}	132,2 ^f	57,7 ^d	30,3 ^{bc}
SMK8	40 ^{ab}	46 ^{ef}	136,6 ^{ef}	34,9 ^e	26,6 ^c
EF 147	34 ^b	45 ^f	162,8 ^{cde}	67,9 ^{cd}	34,7 ^{ab}
GMP3	41 ^a	49 ^{abcd}	167,1 ^{bc}	77,8 ^{bc}	32,0 ^{ab}
EF 153	41 ^a	51 ^a	158,3 ^{cdef}	71,9 ^{bcd}	34,2 ^{ab}
LC 164	38 ^{ab}	50 ^{ab}	205,6 ^a	104,9 ^a	35,6 ^a
SN203	40 ^{ab}	49 ^{abc}	154,3 ^{cdef}	73,9 ^{bcd}	34,3 ^{ab}
SN103	37 ^{ab}	50 ^{ab}	166 ^{bc}	77,1 ^{bc}	33,8 ^{ab}
HSD	5,9	2,6	26,8	16,5	4,9
H²	72%	93%	93%	97%	88%

HSD = Honest Significant Differences, H² = Héritabilité au sens large, DPF=durée première floraison, DF50=durée semi-floraison, LC=longueur capsules, HIPC=hauteur d'insertion de la première capsule, HP=hauteur plante.

En ce qui concerne le rendement et ses composants, seul le poids 1000 graines et le poids de la biomasse aérienne présentent des performances significatives (Tableau 6). Les poids 1000 graines les plus élevés compris entre 3,7 et 3,9 g ont été notés chez les variétés Sénégalaises (LC164, HB168 et EF147), par contre, les poids les plus faibles chez les variétés du Burkina SMK8 et SMK9 avec 2,9 g. Après le battage, le poids de la biomasse aérienne a été plus élevé

chez LC164 avec 73,6 g. Les variétés SMK9 et SN403 ont eu les poids de biomasse aérienne les plus petits.

Tableau 6 : Performances des différentes variétés pour le rendement et ses composantes

Variétés	NTCP	PMG	PGP	PBa	Rdt	RPT
SN303	106 ^a	3,3 ^{de}	21,2 ^a	43,3 ^{bc}	2515,4 ^a	5307,0 ^a
Namsubani	77 ^a	3,6 ^{abc}	18,7 ^a	56,9 ^{abc}	2291,6 ^a	4680,5 ^a
SMK9	120 ^a	2,9 ^f	18,3 ^a	35,7 ^c	1978,4 ^a	4564,9 ^a
HB 168	80 ^a	3,7 ^{ab}	24,4 ^a	53,6 ^{abc}	2727,4 ^a	6100,4 ^a
LC 162	97 ^a	3,6 ^{abcd}	20,6 ^a	64,9 ^{ab}	2556,6 ^a	5147,5 ^a
SN403	83 ^a	3,3 ^{de}	18,2 ^a	31,2 ^c	2210,0 ^a	4556,6 ^a
SMK8	108 ^a	2,9 ^f	20,6 ^a	40,9 ^{bc}	1944,1 ^a	5155,0 ^a
EF 147	86 ^a	3,7 ^{ab}	16,3 ^a	40,1 ^{bc}	2587,2 ^a	4072,9 ^a
GMP3	118 ^a	3,1 ^{ef}	24,2 ^a	48,6 ^{abc}	2673,4 ^a	6046,1 ^a
EF 153	89 ^a	3,4 ^{cde}	19,5 ^a	53,1 ^{abc}	2246,4 ^a	4880,0 ^a
LC 164	76 ^a	3,9 ^a	20,8 ^a	73,6 ^a	2218,5 ^a	5186,3 ^a
SN203	75 ^a	3,5 ^{bcd}	23,4 ^a	47,3 ^{abc}	2731,2 ^a	5857,5 ^a
SN103	81 ^a	3,6 ^{bcd}	21,6 ^a	53,5 ^{abc}	2981,6 ^a	5387,3 ^a
HSD	57,2	0,3	11,5	27,4	1141,0	2870,8
H²	50%	96%	11%	78%	47%	11%

HSD = Honest Significant Differences, H² = Héritabilité au sens large, NTCP=nombre total de capsules par plante, PMG=poids 1000 graines, PGP=poids des graines par pied, PBa=poids de la biomasse aérienne, Rdt=rendement en graines, RPT=rendement potentiel.

3. 4. Relation entre les variables

Les corrélations bi variées de Pearson entre les différents variables mesurées sont consignées dans le Tableau 7. Le nombre total de capsules est négativement corrélé au poids 1000 graines ($r = -0,83$) et au rendement ($r = -0,33$). Les variables HP, HIPC et LC sont significativement et positivement corrélés entre elles. La longueur des capsules est positivement corrélée au paramètres de rendements tels que la biomasse aérienne ($r = 0,58$), le poids 1000 graines ($r = 0,81$) et le rendement en graines ($r = 0,62$) mais, négativement corrélé au nombre total de capsules par plante ($r = -0,61$). La hauteur de la plante est également significativement corrélée à la biomasse aérienne ($r = 0,91$) et au poids 1000 graines ($r = 0,69$). De même la biomasse est corrélée de façon significative et positive au PMG ($r = 0,65$). S'agissant des composantes du rendement, le nombre de graines par capsule présente une relation significative avec le rendement en graines ($r = 0,55$) d'une part, mais également avec le nombre de graines par loge ($r = 0,98$).

Tableau 7 : Corrélation entre les variables

Variabes	DPF	DF50	NTCP	LC	NG/L	NG/C	HIPC	HP	PGP	PBa	PMG	Rdt	RPT
DPF	1												
DF50	0,52	1											
NTCP	0,25	-0,20	1										
LC	-0,12	0,46	-0,61*	1									
NG/L	0,09	0,29	0,05	0,37	1								
NG/C	0,05	0,30	0,002	0,41	0,98**	1							
HIPC	-0,14	0,54	-0,42	0,86**	0,46	0,48	1						
HP	-0,29	0,34	-0,29	0,69**	0,14	0,16	0,88**	1					
PGP	0,34	0,38	0,02	0,14	0,25	0,33	0,28	0,23	1				
PBa	-0,09	0,48	-0,40	0,58*	-0,08	-0,05	0,76**	0,91**	0,31	1			
PMG	-0,48	0,12	-0,83**	0,81**	0,002	0,06	0,70**	0,69**	-0,003	0,65*	1		
Rdt	-0,24	0,23	-0,33	0,62*	0,43	0,55*	0,50	0,34	0,52	0,23	0,48	1	
RPT	0,34	0,38	0,02	0,14	0,25	0,33	0,28	0,23	1,00**	0,31	-0,003	0,52	1

*** : probabilité < à 0,001, ** : probabilité < à 0,01 et * : probabilité < à 0,05.

DPF=durée première floraison, *DF50*=durée semi- floraison, *NTCP*=nombre total de capsules par plante, *LC*=longueur capsule, *NG/L*=nombre de graines par loge, *NG/C*=nombre de graines par capsule, *HIPC*=hauteur d'insertion de la première capsule, *HP*=hauteur plante, *PGP*=poids des graines par pied, *PBa*=poids de la biomasse aérienne, *PMG*=poids 1000 graines, *Rdt*=rendement en graines, *RPT*=rendement potentiel

3. 5. Analyse en composante principale

L'analyse en composante principale (ACP) montre que les trois premières composantes (ou axes principales) cumulent 85,6% de la variation totale observée (Tableau 9). Les variables HIPC, PMG, LC, HP, PBa (Tableau 9) ainsi que les variétés SMK8, SMK9, LC164, LC162, SN403 et SN103 (Tableau 8) contribuent plus à la formation de l'axe 1 qui explique 48,2% de la variabilité totale. En outre, les variables NG/C et NG/L et les variétés Namsubani, SN303, HB168, GMP3 et SN203 contribuent à la formation de l'axe 2 qui explique 23,2% de variabilité totale (Figure 16). Les variables DF50 et DPF ainsi que les variétés EF147 et EF153 sont portées par l'axe 3 avec 14,1% de la variabilité totale.

Tableau 8 : Cosinus carré montrant les génotypes qui contribuent à la formation des principaux axes de l'ACP

Individus	Axes principales		
	F1	F2	F3
SN303	0,0	0,9	0,0
Namsubani	0,0	0,6	0,3
SMK9	0,9	0,0	0,0
HB 168	0,0	0,9	0,0
LC 162	0,5	0,0	0,1
SN403	0,3	0,1	0,2
SMK8	0,9	0,0	0,0
EF 147	0,0	0,3	0,6
GMP3	0,0	0,6	0,1
EF 153	0,0	0,0	0,8
LC 164	0,9	0,0	0,0
SN203	0,3	0,4	0,0
SN103	0,5	0,1	0,1

** Les valeurs en gras correspondent pour chaque génotype au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand*

Figure 16 : Biplot ACP : corrélation des variables et association des individus

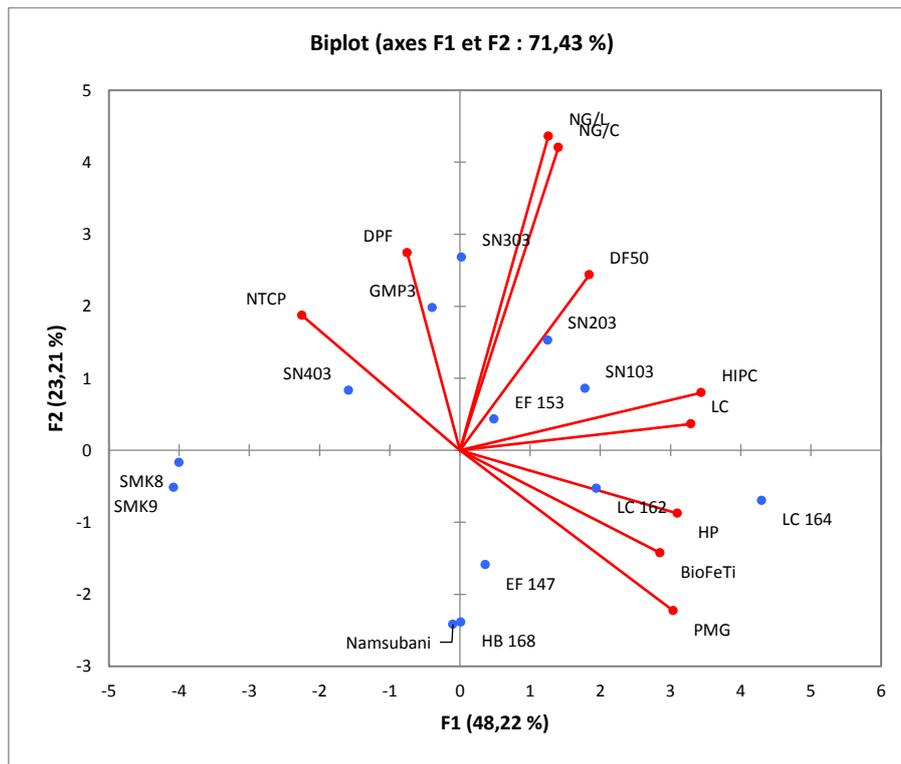


Tableau 9 : Cosinus carré montrant les variables qui contribuent à la formation des principaux axes de l'ACP

Variables	Axes principales		
	F1	F2	F3
DPF	0,0	0,2	0,5
DF50	0,3	0,2	0,4
LC	0,8	0,0	0,0
NTCP	0,4	0,1	0,0
NG/C	0,2	0,7	0,2
NG/L	0,1	0,7	0,2
PMG	0,7	0,2	0,0
HP	0,7	0,0	0,0
PBa	0,6	0,1	0,1
HIPC	0,9	0,0	0,0
Valeur propre	4,8	2,3	1,4
Variabilité (%)	48,2	23,2	14,1
% cumulé	48,2	71,4	85,6

** Les valeurs en gras correspondent pour chaque variable au facteur pour lequel le cosinus carré est le plus grand*

DPF=durée première floraison, DF50=durée semi-floraison, NTCP=nombre total de capsules par plante, LC=longueur capsule, NG/L=nombre de graines par loge, NG/C=nombre de graines par capsule, HIPC=hauteur d'insertion de la première capsule, HP=hauteur plante, PGP=poids des graines par pied, PBa=BioFeTi=poids de la biomasse aérienne, PMG=poids 1000 graines

3. 6. Classification des variétés en fonction des caractères étudiés

La classification hiérarchique ascendante par dissimilarité basée sur les variables DPF, DF50, LC, NTCP, NG/C, NG/L, PMG, HP, PBa et HIPC a permis de classer les 13 génotypes en 4 groupes distincts (Figure 17). Les variétés SMK8, SMK9 et SN403 constituant le groupe 3 sont caractérisées par un nombre élevé de capsules par plante. Elles sont opposées à LC162 et LC164 du groupe 4 caractérisées d'une part par une LC et un PMG élevés et d'autre part par une HP, une HIPC, un PBa très élevé, mais également par une DF50 peu tardive. La particularité des variétés (SN303 et GMP3) du groupe 1 est un nombre très élevé de capsules par plante et sont également opposées au groupe 4. Le groupe 2 comprend les variétés ayant les NTCP les plus faibles mais représentent des variétés intermédiaires pour toutes les autres variables.

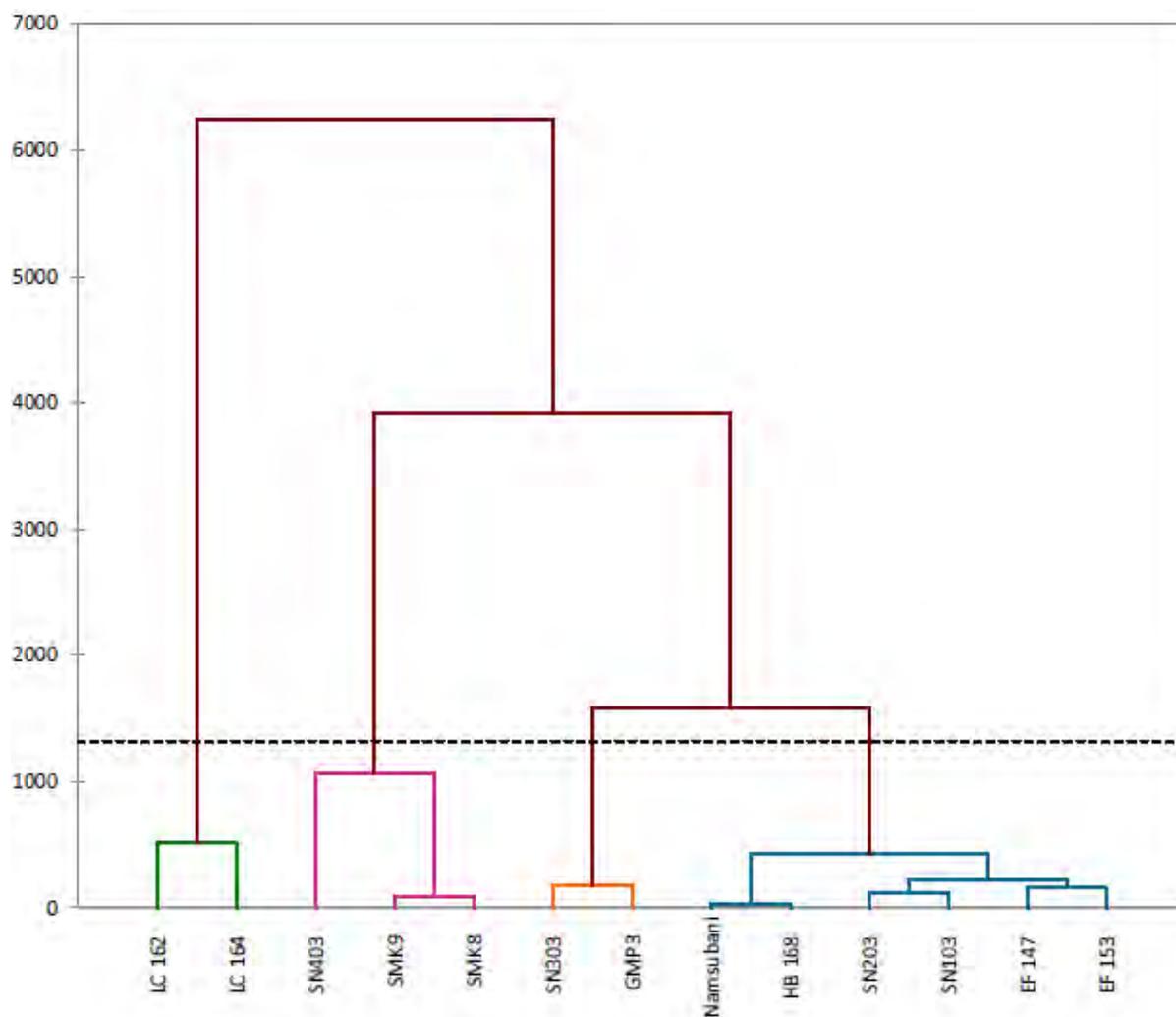


Figure 17 : Classification des différents génotypes par groupes en fonction de leur dissimilarité

3. 7. Identification des variétés les plus performantes en utilisant l'ISM

Le tableau 10 ci-après identifie les génotypes les plus performants sur la base de l'ISM. Cet indice, construit avec les variables les plus déterminant du programme d'amélioration du sésame a permis d'identifier les variétés LC164, LC162, EF147, SN103 et HB168 comme étant les plus performantes. Les variétés du Sénégal LC 164, LC 162, HB 168 et EF 147 sont parmi les meilleurs génotypes. Par contre, les variétés les moins performantes parmi les 13 génotypes de cette étude sont les trois variétés du Burkina (GMP3, SMK9 et SMK9) et les 2 variétés du Niger (SN403 et SN303).

Tableau 10 : Classification des variétés en fonction de l'indice agronomique

Variétés	HP	LC	Pba	PMG	ISM	Rang
LC 164	205,6	35,6	73,6	3,9	17,9	1
LC 162	192,4	33,1	64,9	3,6	8,8	2
EF 147	162,8	34,7	40,1	3,7	5,1	3
SN103	166,0	33,8	53,5	3,6	4,6	4
HB 168	163,5	32,2	53,6	3,7	4,4	5
Namsubani	160,4	32,5	56,9	3,6	4,1	6
SN203	154,3	34,3	47,3	3,5	2,2	7
EF 153	158,3	34,2	53,1	3,4	1,5	8
SN303	158,2	33,8	43,3	3,3	-1,4	9
GMP3	167,1	32,0	48,6	3,1	-4,4	10
SN403	132,2	30,3	31,2	3,3	-9,4	11
SMK9	138,8	26,9	35,7	3,0	-16,8	12
SMK8	136,6	26,6	40,9	2,9	-16,8	13

HP=hauteur plante, *LC*=longueur capsule, *PBa*=poids de la biomasse aérienne, *PMG*=poids 1000 graines, *ISM*= indice de sélection multivariée.

DISCUSSION

Les résultats de l'analyse de variance révèlent qu'il existe une forte variabilité au sein des génotypes étudiés pour la plupart des variables agro-morphologiques. Cette variabilité peut être expliquée non seulement par le génotype mais aussi la provenance, la zone cible de culture (cycle) et les objectifs qui sous-tendaient leur création. Les variétés Sénégalaises issues d'un programme d'amélioration par mutation aux rayons gamma (Boureima, 2012), présentent à elle seules une très grande variabilité. Elles présentent des caractères phénologiques et morphologiques différentes et sont spécifiées pour des zones écologiques différentes (Konté, 2014). Les écarts entre les minima et les maxima observés dans le tableau de l'analyse descriptive pourraient également expliquer cette forte variabilité.

La variété EF147 a été la plus précoce avec une durée de première floraison de 34 JAS et une durée semis-floraison de 45 JAS. Cela peut s'expliquer par le fait que cette variété soit mieux adaptée pour les zones arides et semi-arides car boucle son cycle très vite. Après un stress post floral lors d'une étude menée dans la même zone, elle a été classée parmi les variétés les plus précoces (Niass, 2015). Il est aussi important de retenir que son parent direct, la variété 32-15 est une variété très précoce (Boureima *et al.*, 2011). Les variétés SN303 (Niger) et GMP3 (Burkina) sont parmi les variétés les plus tardives. Cela pourrait s'expliquer soit par le changement de leurs conditions habituelles de culture, soit par le fait qu'elles soient naturellement tardives. Mais dans tous les cas, disposer de variétés précoces et tardives est très important dans les programmes d'amélioration qui travaillent sur l'adaptabilité des variétés pour différentes zones agro-écologiques (Akbar *et al.*, 2011). Les résultats montrent également que les génotypes SMK9 et SMK8 qui présentent les capsules les plus courtes, sont les variétés ayant les poids mille graines les plus faibles. Tandis que la variété LC164 à longues capsules, présente le meilleur poids mille graines. Il serait donc logique de penser que plus les capsules sont courtes, plus les graines sont condensées et auront du mal à avoir un bon remplissage. En effet, la longueur des capsules présente un effet significatif et positif sur le poids 1000 graines (Sabiél *et al.*, 2015).

A l'issue de la corrélation bi variée entre les différentes variables étudiés, il a été constaté que le nombre de capsules par plante est négativement corrélé au poids 1000 graines et au rendement en graines. Cela pourrait être dû à une mauvaise accumulation des substances de réserve lorsque la plante produit un nombre élevé de capsules, il en résulte alors un remplissage incomplet des graines. Ces résultats corroborent ceux de Pham *et al.*, (2010) ; Goudappagoudra *et al.*, (2011),

qui soutiennent que les variétés multi capsulaires produisent moins de graines par capsules conduisant ainsi à de faibles rendements. Cependant, ces résultats sont en contradiction avec ceux de nombreux auteurs (Chowdhury *et al.*, 2010 ; Akbar *et al.*, 2011 ; Abate *et al.*, 2015). Selon eux, le nombre de capsules par plante est un trait qui influence un bon rendement en graine. Les résultats montrent également que les variables HP, HIPC, LC et PBa sont positivement corrélées au PMG et au Rdt. Ces variables pourraient donc être utilisées en sélection indirecte pour l'augmentation des rendements du sésame. Ces corrélations s'expliquent par les résultats de plusieurs études (Furat et Uzun, 2010 ; Sabiel *et al.*, 2015).

Les variables LC, HP, PMG, DPF, NG/C, NTCP et la PBa expliquent plus de 85% de la variabilité totale. La classification des génotypes utilisés dans cette étude pourrait donc se baser sur ces variables afin de déterminer leurs caractéristiques. Il s'avère que ce sont les principaux caractères qui renseignent à plus de 50% sur la variation phénotypique dans un matériel végétal (Furat et Uzun, 2010). Les résultats des analyses ont ainsi permis de classer les variétés en 4 groupes. Les variétés du Burkina (SMK8 et SMK9) et la variété du Niger (SN403) constituant le groupe 3 sont caractérisées par un nombre élevé de capsules. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ces variétés présentent 3 capsules à l'aisselle de la fleur. Malgré qu'elles soient les variétés les moins performantes de cette étude, leur caractère multi capsulaire serait utile dans un programme d'amélioration génétique (Biabani et Pakniyat, 2008). Le groupe 4 est constitué des variétés Sénégalaises LC164 et LC162. Elles sont caractérisées d'une part par une LC et un PMG élevés, d'autre part par une HP, une HIPC et une PBa très élevées. Cependant, elles restent des variétés peu tardives. La performance de ces 2 variétés du Sénégal peut s'expliquer par le fait que l'essai soit réalisé dans leur milieu habituel de culture. Les mêmes résultats ont été obtenus par (Niass, 2015).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude menée à la station expérimentale de l'ISRA/CNRA de Bambey avait comme objectif de trouver des variétés à haut potentiel de rendement et adaptées aux différentes zones agro-écologiques de l'Afrique de l'ouest. A l'issue de cette étude, une grande variabilité a été observée au sein des génotypes pour la plupart des variables agro-morphologiques. Dans les conditions de culture du Sénégal, les 13 génotypes ont tous eu de très bons rendements en grains. Ce qui est évident car chacun de ces quatre pays (Sénégal, Mali, Niger et Burkina) a proposé ses meilleures variétés. Les analyses alors axées sur les autres variables agro-morphologiques ont permis d'identifier 4 groupes. Les groupes 1 et 3 constitués par les variétés les moins performantes et les groupes 2 et 4 au sein desquels se trouvent les variétés les plus performantes. Les variétés LC164, SN103, LC162, HB168 et EF147 se sont montrées comme étant les plus performantes selon les variables LC, PMG, HP et PBa. Par contre, les variétés SMK8, SMK9, GMP3 et SN403 ont été les moins performantes. Cependant, leur caractère multi capsulaire serait très intéressant en sélection indirect chez le sésame. Selon les résultats, la variété Sénégalaise EF147 a été la plus précoce, tandis que les variétés GMP3 et SN303 se sont montrés plus tardives. Les variétés du Niger (SN403) et du Burkina (SMK8, SMK9 et GMP3) peuvent être proposées aux chercheurs pour des programmes d'amélioration des variétés Sénégalaises.

Pour les études à venir, il serait intéressant :

- Reprendre cette évaluation dans d'autres stations et en milieu paysan pour confirmer ces résultats.
- Vulgariser à grande échelle les variétés Sénégalaises (LC164, LC162, EF147 et HB168) qui ne sont pas encore connues par les producteurs.
- Utiliser les variétés multi capsulaires du Niger et du Burkina pour améliorer la variété mono capsulaire LC164 ayant un très bon poids mille graines.
- Introduire la variété SN103 pour renforcer le matériel génétique local.

BIBLIOGRAPHIE

- Abate M., Mekbib F., Ayana A., Nigussie M. (2015) – Genetic Variability and Association of Traits in Mid-altitude Sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm of Ethiopia. American Journal of Experimental Agriculture, **9**, 1–14.
- Adebisi M.A., Ajala M.O., Ojo D.K., Salau A.W. (2006) – Influence of population density and season on seed yield and its components in Nigerian sesame genotypes. Journal of Tropical Agriculture, **43**, 13–18.
- Akbar F., Rabbani M.A., Shinwari Z.K., Khan S.J. (2011) – Genetic divergence in sesame (*Sesamum indicum* L.) landraces based on qualitative and quantitative traits. Pakistan Journal of Botany, **43**, 2737–2744.
- Andrade P.B. de, Freitas B.M., Rocha E.E. de M., Lima J.A. de, Rufino L.L. (2014) – Floral Biology and pollination requirements of sesame (*Sesamum indicum* L.). Acta Scientiarum. Animal Sciences, **36**, 93.
- Anilakumar K.R., Pal A., Khanum F., Bawa A.S. (2010) – Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds-an overview. Agriculturae Conspectus Scientificus, **75**, 159–168.
- ANSD (2018) – Bulletin mensuel des statistiques économiques d’octobre 2018.
- Bedigian D. (2004) – History and lore of sesame in Southwest Asia L’Histoire Et Le Savoir Du Sésame Dans Le SudOuest Asia. Economic botany, **58**, 329–353.
- Bedigian D., Harlan J.R. (1986) – Evidence for cultivation of sesame in the ancient world. Economic Botany, **40**, 137–154.
- Biabani A.R., Pakniyat H. (2008) – Evaluation of seed yield-related characters in sesame (*Sesamum indicum* L.) using factor and path analysis. Pakistan journal of biological sciences, **11**, 1157–1160.

- Boureima S. (2012) – Amélioration variétale du sésame (*Sesamum indicum* L.): effet de la mutagenèse sur la tolérance à la sécheresse et la productivité. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Belgium.
- Boureima S., Diouf M., Cisse N. (2011) – Besoins en eau, croissance et productivité du sésame (*Sesamum Indicum* L.) en zone semi-aride. *Agronomie Africaine*, **22**.
- Chowdhury S., Datta A.K., Saha A., Sengupta S., Paul R., Maity S., Das A. (2010) – Traits influencing yield in sesame (*Sesamum indicum* L.) and multilocal trials of yield parameters in some desirable plant types. *Indian Journal of Science and Technology*, **3**, 163–166.
- Diouf M., Boureima S., Diop T., Çağırğan M. (2010) – Gamma rays-induced mutant spectrum and frequency in sesame. *Turkish Journal of Field Crops*, **15**, 99–105.
- Diouf M., Boureima S., Diop T.A. (2009a) – Responses de deux variétés de Sésame à l'inoculation avec des champignons mycorrhiziens arbusculaires candidats. *Agronomie Africaine*, **21**.
- Diouf M., Ndiaye M., Fofana A., Guèye M. (2009b) – Techniques de production du sésame au Sénégal en condition pluviale. , 12.
- Dossa K., Konteye M., Niang M., Doumbia Y., Cissé N. (2017) – Enhancing sesame production in West Africa's Sahel: a comprehensive insight into the cultivation of this untapped crop in Senegal and Mali. *Agriculture & Food Security*, **6**.
- El-Bramawy M.A.S., Wahid A. (2006) – Field resistance of crosses of sesame (*Sesamum indicum* L.) to charcoal root rot caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid. Plant Protection Science-UZPI (Czech Republic).
- FAOSTAT (2019) – Production mondiale du sésame.
- Furat S., Uzun B. (2010) – The Use of Agro-morphological Characters for the Assessment of Genetic Diversity in Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Plant Omics*, **3**, 85.

- Golestani M., Pakniyat H. (2015) – Evaluation of Traits Related to Drought Stress in Sesame (*Sesamum Indicum* L.) Genotypes. *Journal of Asian Scientific Research*, **5**, 465–472.
- Goudappagoudra R., Lokesha R., Ranganatha A.R.G. (2011) – Research Note Trait association and path coefficient analysis for yield and yield attributing traits in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, **2**, 448–452.
- Guèye M. (2000) – Evaluation des besoins en eau, de la croissance et de la productivité de sept variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal.
- Kafiriti E., Mponda O. (2010) – Growth and Production of sesame. *Encyclopedia of Life Support Systems*.
- Kiranmayi S.L. (2007) – Diversity Analysis in Sesame (*Sesamum Indicum* L.). Acharya Ng Ranga Agricultural University, Rajendranagar, Hyderabad.
- Konté M. (2014) – Evaluation des nouvelles variétés améliorées de sésame dans différentes zones agro-écologiques du Sénégal.
- Langham D.R. (2007) – Phenology of sesame. *Issues in New Crops and New Uses*, Janick & Whipkey, eds., ASHS Press, Alexandria, VA, 144–182.
- Leye E.H.M., Ndiaye M., Diouf M., Diop T. (2015) – Etude comparative de l'effet de souches de champignons mycorhiziens arbusculaires sur la croissance et la nutrition minérale du sésame cultivé au Sénégal. *African Crop Science Journal*, **23**, 211–219.
- Mahfouz H., Kamel S., Belal A., Said M. (2012) – Pollinators Visiting Sesame (*Sesamum Indicum* L.) Seed Crop with Reference to Foraging Activity of Some Bee Species. *Cercetari Agronomice in Moldova*, **45**, 49–55.
- Morris J.B. (2009) – Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm regenerated in Georgia, USA. , 12.

- Mustafa H., Hasan E., Ali Q., Anwar M., Aftab M., Mahmood T. (2015) – Selection Criteria for Improvement in Sesame (*Sesamum indicum* L.). *American Journal of Experimental Agriculture*, **9**, 1–13.
- Nadeem A., Kashani S., Ahmed N., Buriro M., Saeed Z., Mohammad F., Ahmed S. (2015) – Growth and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) under the Influence of Planting Geometry and Irrigation Regimes. *American Journal of Plant Sciences*, **06**, 980–986.
- Nayar N.M., Mehra K.L. (1970) – Sesame: Its uses, botany, cytogenetics, and origin. *Economic Botany*, **24**, 20–31.
- Niang M. (2004) – Effet de la date de semis sur le développement, la croissance et la productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal.
- Niass P.A. (2015) – Evaluation agro-morphologique, physiologique et agronomique de mutants de sésames après un stress post-floral.
- Nyongesa B.O., Were B.A., Gudu S., Dangasuk O.G., Onkware A.O. (2013) – Genetic diversity in cultivated sesame (*Sesamum indicum* L.) and related wild species in East Africa. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, **16**, 9–15.
- Pathak N., Rai A.K., Kumari R., Thapa A., Bhat K.V. (2014) – Sesame Crop: An Underexploited Oilseed Holds Tremendous Potential for Enhanced Food Value. *Agricultural Sciences*, **05**, 519–529.
- Pham T. (2011) – Analyses of genetic diversity and desirable traits in sesame (*Sesamum indicum* L., Pedaliaceae): implication for breeding and conservation.
- Pham T.D., Thi Nguyen T.-D., Carlsson A.S., Bui T.M. (2010) – Morphological Evaluation of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Varieties from Different Origins. *Australian Journal of Crop Science*, **4**, 498.

- Roy N., Abdullah-Mamun S.M., Sarwar-Jahan M. (2009) – Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, **5**, 823–827.
- Sabiel S.A.I., Ismail M.I., Abdalla E.A., Osman A.A. (2015) – Genetic variation in sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) grown in the semi-arid zone of the Sudan. *SABRAO Journal of Breeding & Genetics*, **47**.
- Sene B., Sarr F., Diouf D., Sow M.S., Traore D., Kane A., Niang M. (2018) – Synthèse des connaissances et quelques acquis de recherche sur le sésame (*Sesamum Indicum* L.) au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **12**, 1469.
- Smith D.T., Grichar W.J., McCallum A.A. (2000) – Crop Profile for Sesame in United States. Texas Agricultural Experiment Station, College Station and Yoakum.
- Son D., Compaoré E., Bonkougou S., Sangaré S. (2011) – Effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum* L.). *Appl. Biosci*, **37**, 2460–2467.
- Tchabi V.I., Sounou U.C.A., Mensah G.A. (2013) – Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). , 24–34.
- Trouche G., Lançon J., Aguirre Acuña S., Castro Briones B., Thomas G. (2012) – Comparing decentralized participatory breeding with on-station conventional sorghum breeding in Nicaragua: II. Farmer acceptance and index of global value. *Field Crops Research*, **126**, 70–78.
- Yol E., Karaman E., Furat S., Uzun B. (2010) – Assessment of selection criteria in sesame by using correlation coefficients, path and factor analyses. *Australian Journal of Crop Science*, **4**, 598.

