

# Université Assane Seck de Ziguinchor



## UFR Sciences et Technologies

\*\*\*\*\*

### Département d'Agroforesterie

#### Mémoire de master

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

## CARACTÉRISATION AGRO-MORPHOLOGIQUE DE 12 VARIÉTÉS DE MIL (*Pennisetum glaucum*) (L.) R (Br.) EN MOYENNE CASAMANCE (Séfa, Sédhiou).

Présenté par :

**M. Ibrahima SÈNE**

Encadrants : Pr Ismaïla COLY, Maître de Conférences CAMES (UASZ)

Dr Ghislain KANFANY, Maître Assistant CAMES (UGB)

Soutenu publiquement le 16 Novembre 2022 devant le jury composé de:

Président:	M. NGOR NDOUR	Maître de conférences	UFR-ST / UASZ
Membres:	M. Antoine SAMBOU	Maître Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Saboury NDIAYE	Assistant	UFR-ST / UASZ
	M. Ghislain KANFANY	Maître Assistant	UFR-S2ATA / UGB
	M. Ismaïla COLY	Maître de Conférences	UFR-ST / UASZ

**Année Universitaire 2020-2021**

## **DEDICACES**

Ce travail est dédié à ma vaillante mère Amy Diobé SYLLA et à mon défunt père *Mor SENE* en témoignage de ma gratitude pour l'amour, le soutien moral et matériel, les prières, les encouragements, tous les efforts et les innombrables sacrifices consentis pour mon éducation de base et ma formation.

- À mon guide spirituel Serigne Mouhamadou Moustapha SY Maktoum pour sa formation de qualité et son encadrement exemplaire.
- À mes frères et sœurs à toute la famille pour l'amour, la tolérance, la paix dans lesquels nous avons vécu et les assistances qu'ils m'ont gracieusement accordées.
- À mes tuteurs Youssou NDIAYE, la famille MANE et à ma tante Astou SARR tous résidant à Ziguinchor.

Je vous souhaite encore une très longue vie pour nous accompagner et nous guider sur le droit chemin.

Merci encore une fois de plus à toutes et à tous.

## REMERCIEMENTS

Je rends grâce à Dieu le Tout Puissant et Miséricordieux, lui qui m'a donné la santé, la force, la patience et la chance de mettre en œuvre ce travail.

Ma reconnaissance va à l'endroit de tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Mes premiers remerciements vont :

- À l'endroit de mes encadrants Pr Ismaïla COLY et Dr Ghislain KANFANY pour avoir accepté de diriger ce travail. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect, pour leurs efforts, leur disponibilité, leur implication, leur confiance et leurs encouragements.
- Au chef de département Dr Djibril SARR et à tous les Enseignant-chercheurs du département d'Agroforesterie : Pr Ngor NDOUR, 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.
- A tous les professeurs vacataires du département d'Agroforesterie qui ont contribué à notre formation.  
Aux docteurs et doctorants du département d'Agroforesterie pour leur contribution à ce travail et leur disponibilité.
- Au gestionnaire sortant de la station de séfa M. Aliou BADJI pour l'accueil qu'il m'a réservé et son soutien du début jusqu'à la fin de l'expérimentation.
- À l'endroit de Momar NDIAYE, Paul BADIAN et Raphaël SENGHOR, des stagiaires que j'ai trouvés sur place, pour leur disponibilité et leur parfaite collaboration.

Je tiens aussi à remercier les ouvriers des villages environnants (Bloc village et Chantier) qui ont toujours répondu présent en cas de besoin particulièrement M. MANGA, M. Nouha SAMBOU et M. Alphonse KOUNTOUKE.

Je remercie également mon frère Pape NIANG pour son apport financier, social et moral.

Je ne saurais terminer sans remercier la dixième promotion du département d'agroforesterie avec qui j'ai passé mes plus belles années universitaires. Mais aussi mes confrères Moustarchids pour leur soutien moral.

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

## TABLE DES MATIERES

DEDICACES .....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
TABLE DES MATIERES .....	iii
LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABREVIATIONS .....	v
LISTE DES FIGURES .....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
RESUME.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
1.1    Généralités sur le mil.....	3
1.1.1    Systématique du mil.....	3
1.1.2    Origine et distribution géographique.....	3
1.1.3    Exigences écologiques .....	3
1.1.4    Caractéristiques botaniques.....	5
1.1.5.    Cycle de développement .....	6
1.1.5.1.    Phase végétative.....	6
1.1.5.2.    Phase reproductive .....	6
1.1.5.3.    Phase de maturation .....	7
1.1.6.    Différents types de variétés de mil.....	7
1.1.6.1.    Variétés populations.....	7
1.1.6.2.    Variétés hybrides .....	8
1.1.6.3.    Variétés synthétiques .....	8
1.2.    Maladies et ravageurs du mil.....	10
1.2.1.    Maladies du mil.....	10
1.2.2.    Ravageurs du mil.....	10
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES .....	13
2.1.    Site expérimental .....	13
2.2.    Matériel végétal .....	14
2.3.    Dispositif expérimental.....	15
2.4.    Conduite de l'essai.....	16
2.5.    Observations et mesures .....	17

2.5.1.	Paramètres agro-morphologiques et phénologiques .....	17
2.5.2.	Rendements du mil et le poids mille grains .....	19
2.5.3.	Paramètres physiologiques : Teneur en eau de la paille.....	20
2.5.4.	Composition chimique de la récolte : teneur en fer et zinc .....	21
2.6.	Analyse statistique .....	21
<b>CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>		<b>22</b>
3.1.	Résultats .....	22
3.1.1.	Paramètres agro-morphologiques.....	22
3.1.1.1.	Paramètres morphologiques et phénologiques .....	22
3.1.1.2.	Rendements du mil et le poids mille grains .....	23
3.1.1.3.	Paramètres physiologiques : teneur en eau de la paille.....	25
3.1.2.	Composition chimique de la récolte : teneur en fer et zinc .....	25
3.1.3.	Corrélation entre les variables étudiées.....	26
3.1.4.	Relation entre les variétés et les paramètres étudiés .....	27
3.2.	DISCUSSION .....	29
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>		<b>33</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>		<b>34</b>

## **LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABREVIATIONS**

**ACP** : Analyse en Composantes principales

**ADN** : Acide DésoxyriboNucléique

**ANSD** : Agence Nationale de la Statistique et de la démographique

**CILSS** : Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel

**CIR** : Circonférence des épis

**Diméto** : Diméthoate EC 400

**EXR** : Exsertion paniculaire

**FAO** : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

**FAOSTAT** : Statistiques de la FAO

**FIDA** : Fonds Internationale de Développement Agricole

**FLO** : Date de 50% de floraison

**HTR** : Hauteur des plants

**ICRISAT** : Institut International de Recherche sur les Cultures des zones Tropicales Semi-Arides

**IRAT** : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières

**IRD** : Institut de Recherche pour le Développement

**ISRA** : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

**JAICAF** : Japan Association for International Collaboration of Agriculture and Forestry (Association pour la Collaboration Internationale en matière d'Agriculture et de Forêt du Japon)

**JAS** : Jour Après Semis

**JAR** : Jour Après Récolte

**J-C** : Jésus Christ

**LEP** : Longueur des épis

**Max** : Valeur Maximale

**Min** : Valeur Minimale

**NEP** : Nombre d'épis récoltés

**PDE** : Poids des épis

**PMG** : Poids mille grains

**R** : Corrélacion de pearson

**RDTE** : Rendement épis

**RDTG** : Rendement grains

**SNP** : Single Nucleotide Polymorphism (Polymorphisme d'un Seul Nucléotide)

**USA** : United States of America (Etats Unis d'Amérique)

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> Phase de la croissance et du développement du mil.....	7
<b>Figure 2:</b> Carte de localisation de la zone d'étude.....	13
<b>Figure 3 :</b> Schéma du dispositif expérimental.....	15
<b>Figure 4:</b> Insecticide (DIMETHOATE 400 EC) et traitement phytosanitaire.....	16
<b>Figure 5:</b> Récolte (a) et séchage des épis (b) et tiges (c) du mil.....	17
<b>Figure 6:</b> Mesure de la hauteur de la plante.....	18
<b>Figure 7:</b> Mesure de la longueur de l'épi.....	18
<b>Figure 8:</b> Mesure du diamètre de l'épi.....	19
<b>Figure 9 :</b> Variation de la teneur en eau de la paille en fonction des variétés.....	25
<b>Figure 10:</b> Discrimination des différentes variétés étudiées selon leurs caractéristiques agromorphologiques.....	28

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Principales variétés de mil vulgarisées au Sénégal.....	9
<b>Tableau 2 :</b> Caractéristiques des variétés étudiées.....	14
<b>Tableau 3:</b> Variation des paramètres morphologiques et phénologiques du mil selon les variétés.....	23
<b>Tableau 4:</b> Variation des rendements (épis, grains et paille) du mil et du poids mille grains (PMG) en fonction des variétés.....	24
<b>Tableau 5 :</b> Variation de la teneur en fer et en zinc des grains de mil en fonction de la variété.....	26
<b>Tableau 6 :</b> Matrice de corrélation des paramètres agro-morphologiques.....	27
<b>Tableau 7 :</b> Distribution des valeurs propres et variances suivant les axes factoriels de l'ACP.....	27

## RESUME

Le mil *Pennisetum glaucum* (L.) R (Br.) est la principale céréale cultivée au Sénégal. Cependant les rendements obtenus en milieu rural restent toujours faibles malgré son potentiel de rendement élevé qui dépasse à cause d'un certain nombre de contraintes. Cette étude vise à contribuer à l'amélioration de la production du mil au Sénégal. Il s'agit plus spécifiquement d'évaluer la performance agronomique de 12 variétés de mil améliorées du programme national dans la moyenne Casamance. Pour ce faire un essai a été mise en place à la station expérimentale de Séfa dans le département de Sédhiou. Le dispositif expérimental utilisé est en blocs complets randomisés avec trois répétitions. Les résultats de l'analyse de variance ont révélé une importante variation entre les variétés testées pour les caractères étudiés. Pour les paramètres morphologiques, les variétés SL 28 et Salam ont donné les résultats les plus importants avec des plants de haute taille ( $270 \pm 14,44$  cm et  $273 \pm 3,93$  cm), des épis longs ( $66,4 \pm 0,62$  cm et  $63,9 \pm 4,39$  cm) et une floraison tardive ( $56 \pm 0,88$  jas et  $57 \pm 1,45$  jas). Les variétés SL 423 et ISMI 9507 ont donné les rendements en épis ( $2839 \pm 247,39$  kg/ha et  $2747 \pm 267,17$  kg/ha) et en grains ( $1833 \pm 154,7$  kg/ha et  $1775 \pm 210,65$  kg/ha) les plus élevés. Enfin, pour ce qui est du poids de mille grains et l'exsertion paniculaire, les variétés SOSAT C 88 ( $10,1 \pm 0,18$  g et  $11,1 \pm 2,32$  cm), Chackti ( $12,5 \pm 12,5$  g et  $12,9 \pm 2,15$  cm) et ICTP 8502 ( $12,6 \pm 0,18$  g et  $9,2 \pm 2,19$  cm) ont enregistré les meilleurs résultats avec un poids mille grains élevé et une bonne exsertion des épis.

**Mots clés :** caractérisation, agro-morphologique, variétés, mil, moyenne Casamance.

## ABSTRACT

Pearl millet (*Pennisetum glaucum*) (L.) R (Br.) is the main cereal crop grown in Senegal. However, yields in rural areas remain low despite its high yield potential due to a number of constraints. This study aims to contribute to the improvement of pearl millet production in Senegal. More specifically, it aims to evaluate the agronomic performance of 12 improved pearl millet varieties sourced from the national program under the growing conditions of the middle Casamance. To this end, a trial was conducted at the Séfa research station located in the department of Sédhiou. The trial was established using a randomized complete block design with three replications. The analysis of variance revealed an important phenotypic variation between varieties for the studied characters. For morphological parameters, varieties SL 28 and Salam took the lead with tall plants ( $270 \pm 14.44$  cm and  $273 \pm 3.93$  cm), long ears ( $66.4 \pm 0.62$  cm and  $63.9 \pm 4.39$  cm) and late flowering ( $56 \pm 0.88$  jas and  $57 \pm 1.45$  jas). The varieties SL 423 and ISMI 9507 gave the high ear yield ( $2839 \pm 247.39$  kg/ha and  $2747 \pm 267.17$  kg/ha) and grain yield ( $1833 \pm 154.7$  kg/ha and  $1775 \pm 210.65$  kg/ha). Finally, for thousand kernel weight and panicle exertion, the varieties SOSAT C 88 ( $10.1 \pm 0.18$  g and  $11.1 \pm 2.32$  cm), Chackti ( $12.5 \pm 12.5$  g and  $12.9 \pm 2.15$  cm) and ICTP 8502 ( $12.6 \pm 0.18$  g and  $9.2 \pm 2.19$  cm) **enregistered** the high thousand kernel weight and a good exertion of the spikes

**Key words:** characterization, agro-morphological, varieties, millet, middle Casamance.

## INTRODUCTION

Le mil à chandelle (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) ou mil perlé ou petit mil ou mil pénicillaire est une plante de la zone tropicale sèche (soudano-sahélienne) très cultivée en Afrique de l'Ouest et en Inde. Sa production au niveau mondial représente plus de la moitié de la production de tous les mils. C'est la sixième céréale la plus importante au monde par le volume de production après le maïs, le riz, le blé, l'orge et le sorgho (FAOSTAT, 2017). Elle fait partie des céréales domestiquées les plus résistantes au stress biotique et abiotique (Govindaraj *et al.*, 2010).

En Afrique, la culture du mil s'étend sur plus de 21 millions d'hectares, et près de 500 millions de personnes en dépendent pour leur survie (Saidou, 2011). L'Afrique assure 40% de la production mondiale du mil (Ba *et al.*, 2018) et l'Afrique de l'Ouest fournit environ 80% de cette production. Les principaux pays producteurs en Afrique de l'Ouest sont, par ordre d'importance décroissante : le Nigéria, le Niger, le Burkina Faso, le Mali, le Sénégal, le Tchad et la Mauritanie. En effet, au sahel, le mil représente environ un tiers de la consommation totale de céréales alimentaires au Burkina Faso, au Tchad et en Gambie, environ 40% au Mali et au Sénégal et plus de deux tiers au Niger (FAO, 1995).

Au Sénégal, la culture du mil constitue la plus importante culture céréalière en termes de superficie devant le riz, le maïs, le sorgho et le fonio. Il est cultivé sur toute l'étendue du territoire national du nord au sud en passant par les régions centrales. Ainsi, durant la campagne agricole de 2018/2019, le Sénégal a enregistré une production céréalière de 2 889 022 tonnes dont les 897 348 tonnes sont issues de la production du mil cultivé sur une superficie de 930 122 hectares (ANSD, 2020). Cependant, ses rendements en milieu rural restent toujours faibles (200 à 600 kg/ha de grains) malgré son potentiel de rendement qui dépasse les 3 000/ha (Christianson & *al.*, 1990 ; Diouf, 2000).

La faiblesse de ses rendements a pour causes principales : la pauvreté des sols, une pluviométrie déficitaire et des poches de sécheresse fréquentes et souvent trop longues, la faible utilisation par les paysans des variétés améliorées adaptées aux nouvelles conditions agro-climatiques, l'apport de peu ou pas d'intrants, les attaques d'insectes et de maladies et l'inadéquation des pratiques culturales (Kouakou *et al.*, 2013). Face à ces obstacles, les sélectionneurs de mil ont consenti d'énormes efforts sur la création de variétés améliorées. Toutefois, ces variétés n'ont pas encore été testées en Moyenne Casamance. C'est dans ce contexte que cette étude s'est comme objectif principal, de contribuer à l'amélioration de la production du mil au Sénégal.

Plus spécifiquement, il s'agit d'évaluer la performance agronomique des douze (12) variétés de mil améliorées du programme national dans les conditions de culture de la moyenne Casamance. Le présent document est structuré en trois (3) chapitres: le premier chapitre aborde la synthèse bibliographique traitant des généralités sur le mil et de l'état des connaissances sur les mécanismes d'adaptation à la sécheresse; le deuxième est consacré à la description du matériel et des méthodes utilisées et le troisième présente les résultats et leur discussion.

# CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1 Généralités sur le mil

### 1.1.1 Systématique du mil

Le mil est une monocotylédone appartenant à l'ordre des Poales à la famille des *Poaceae*, à la sous-famille des *Panicoideae* et au genre *Pennisetum* (Loumerem, 2004). Le genre *Pennisetum* est constitué de 140 espèces et sous-espèces et divisé en cinq sections. Le mil est l'unique espèce diploïde avec  $x = 7$  de la section *Penicellaria* (Tostain et Marchais, 1993), qui se caractérise par la présence d'une mince touffe de poils au sommet des anthères.

Le mil est une graminée céréalière annuelle qui se retrouve sous plusieurs noms scientifiques synonymes (Kumar, 1989 ; Kumar et Andrews, 1993). Ces derniers sont : *Pennisetum typhoidum* (Burm.) Stapf et Hubb., *Pennisetum spicatum* (L.) Roem, *Pennisetum americanum* (L.) Leckc.

### 1.1.2 Origine et distribution géographique

Les données archéologiques, ethnobotaniques et expérimentales sont encore trop éparées pour que l'histoire du mil puisse être détaillée avec certitude. Il paraît vraisemblable que le mil a été domestiqué indépendamment dans plusieurs zones d'Afrique (Loumerem, 2004). Manning et *al.*, (2011) rapportent que le mil serait originaire d'Afrique avant d'être exporté vers l'Asie dont l'Inde sous diverses appellations. Pour Oumar et *al.*, (2008), le mil a été probablement domestiqué en Afrique de l'Ouest, puis diffusé en Afrique et en Asie. Les récentes études archéologiques faites pour déterminer l'origine et le moment où le mil a été domestiqué montrent que c'est en Afrique de l'Ouest que la domestication est la plus avancée, ce qui laisse présager que cette région est le premier centre de domestication du mil (Moumouni 2014 ; Hamadou et *al.*, 2017).

En outre, compte tenu de la diversité de la différenciation morphologique, l'analyse des isozymes et la vérification au niveau de l'ADN, on pourrait raisonnablement conclure que le mil, en tant que plante, est originaire d'Afrique de l'Ouest environ 4000 ans avant J-C. Selon l'IRD (2015), les dernières recherches à partir de données ADN suggèrent que sa domestication a eu lieu entre le Niger et le Mali actuel il y a 8000 ans. Le mil, domestiqué en Afrique de l'Ouest, s'est propagé rapidement et atteint l'Inde 3000 ans avant J-C où différents cultivars ont été mis au point faisant de cette région le 2<sup>ème</sup> centre de diversification (JAICAF, 2009).

### 1.1.3 Exigences écologiques

Le mil est cultivé dans les zones où le facteur hydrique est souvent limitant, ce qui lui confère des qualités apparentes de tolérance à la sécheresse. Cette tolérance varie entre certaines limites

suivant les espèces et pour chacune, suivant les variétés, dont le besoin en eau augmente avec la durée du cycle de développement. Le mil à chandelle qui comprend les variétés les plus résistantes peut encore donner une production dans les zones avec une pluviométrie variant de 200 à 300 mm par an. Les variétés tardives, plus exigeantes, ont besoin d'une pluviométrie de 600 à 800 mm (Dancette, 1978). La plupart des graines de mil peuvent germer lorsqu'ils ont absorbé une faible quantité d'eau, environ le quart de leur poids ; ils peuvent donc commencer leur développement sur un sol relativement sec. A partir des recherches effectuées sur l'adaptation des mils hâtifs dans la moitié nord du Sénégal, Dancette (1975) considère que la levée du mil est possible avec une pluie utile de 6 mm pourvu que cette pluie soit suivie d'autres à court intervalle. Le mil résiste bien à la sécheresse en début de végétation et les besoins en eau sont importants depuis la montaison jusqu'à la maturité, avec un maximum à l'épiaison. La culture du mil ne supporte pas l'excès d'humidité (Konate, 1984). Des essais régionaux conduits par le Comité permanent Inter-Etat de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) de 1981 à 1984 ont montré que dans les régions à pluviométrie annuelle supérieure à 600 mm, il y a d'importants risques de maladies (Loynet et *al.*, 1987).

Les mils sont assez peu exigeants sur la nature du sol. Toutes les terres conviennent à leur culture, à condition qu'elles ne soient pas imperméables. Le mil préfère des sols drainés et aérés. Il donne les meilleurs résultats sur les terres légères. Comme toutes les plantes qui peuvent se développer sur des sols pauvres en matières fertilisantes, les mils ne donnent leurs plus hauts rendements que sur des sols profonds, riches en humus et fertiles. Ils sont également cultivés sur des terres dunaires, légères et sableuses de faible fertilité, comme parfois sur des terres sablo-argileuses (Saint-Clair, 1987).

Le mil supporte mieux les températures élevées pour son développement (SG et FIDA, 2001) et exige une somme de température de 2050 à 2550 °C pour toute sa phase de croissance (Loumerem 2004). Ses températures minimales de germination varient entre 10 et 12 °C, celles optimales de 37 à 44 °C et celles maximales de 44 à 55 °C (Loumerem, 2004). Sous une température de 20 °C au moins, la germination sera retardée (Horticultural Compagny, 2002). Le développement floral et la formation des grains se déroulent normalement à des températures élevées, mais à condition que la plante dispose suffisamment d'eau dans le sol. En général, la plante est sensible à des températures basses (<10°C) durant les phases de germination et de floraison (Loumerem, 2004). La température moyenne pendant toute la phase végétative doit être d'environ 28°C (Eldin, 1990). Le régime des précipitations est assujéti à deux (2) types de circulations aériennes (Kiema et *al.*, 2004) que sont:

- l'harmattan, un vent continental sec venant du Sahara. Il souffle pendant toute la saison sèche, de novembre à avril, accélérant l'évapotranspiration de la végétation. Il contribue, avec l'érosion hydrique, au décapage de l'horizon superficiel des sols.

- la mousson, provient de l'océan atlantique. C'est un vent chaud chargé d'humidité; elle souffle en hivernage. Les mois les plus venteux sont presque toujours les mois de mai, de juin et de juillet alors que les mois d'octobre et de novembre marquent la fin de la saison des pluies. Le vent entraîne la verse des tiges après l'épiaison et fait souffrir les jeunes pousses pendant les périodes de semis mai-juin.

#### **1.1.4 Caractéristiques botaniques**

Le mil est une plante à jours courts quoiqu'il existe des variétés indifférentes à la longueur du jour (Mouhamed et *al.*, 1988). La différence de précocité que l'on observe entre les mil « sounas » et le mil « sanio » n'a qu'une valeur relative et dépend étroitement des conditions d'éclairage journalier auxquelles les plantes peuvent être soumises au cours de leur développement (Bilquez et Clément, 1969).

##### **1.1.4.1. Appareil végétatif**

L'appareil végétatif du mil est constitué des racines, de la tige et des feuilles. Au cours de son développement, le mil dispose de deux systèmes radiculaires successifs : un système de racine primaire fonctionnel dès la germination et un système de racines secondaires qui est du type fasciculé.

Le système de racines secondaires apparaît au tallage et se substitue progressivement au système de racine primaire pour constituer le système racinaire principal de la plante. En outre, des racines adventives peuvent apparaître plus tard sur les nœuds inférieurs. Elles peuvent être nombreuses si le plant n'est pas en de bonnes conditions de culture (Loumerem, 2004).

Le chaume ou la tige (principale et secondaire) est constitué de séries de nœuds alternant avec des entre-nœuds. Il passe de grêle à très robuste, mesurant de 0,5 à 5 cm de diamètre près de la base, s'amenant vers l'extrémité terminale. Sa longueur peut varier de 0,5 m à 6 m au maximum. Le chaume est solide avec un cortex ou une écorce dure et une moelle plus molle. Les faisceaux vasculaires sont répartis dans la tige (typique pour les monocotyles), mais ils sont davantage concentrés dans la région périphérique où ils sont tellement rapprochés les uns des autres qu'ils forment presque un anneau continu (Loumerem, 2004).

Les feuilles sont distribuées de façon variable le long de la tige du mil. Pour certains types, elles sont concentrées près de la base (mil nain), alors que pour d'autres elles sont plus ou moins uniformément disposées le long de la tige. Les feuilles sont disposées à des angles variables

avec la tige pour donner des ports érigés, intermédiaires et pendants. Les feuilles naissent le long de la tige en alternant sur deux lignes et se composent d'une gaine, d'un limbe et d'une ligule. La surface extérieure peut être glabre ou duveteuse. La ligule (caractère distinctif des poacées) est une languette membraneuse située à la jonction de la gaine et du limbe. Elle est très courte chez le mil (Loumerem, 2004).

#### **1.1.4.2. Appareil reproducteur**

L'inflorescence du mil est un faux épi qui se présente sous forme d'une panicule cylindrique. Sa longueur comme son épaisseur varient beaucoup. La panicule peut être courte ou longue, compacte ou lâche. Elle mesure habituellement 20 à 45 cm de long (Loumerem, 2004) et constituée d'un rachis (l'axe central), droit, cylindrique, dur et épais de 8 à 9 mm.

Le fruit est un caryopse nu, ovoïde ou elliptique, long d'environ 4 mm et de couleur variable (blanche, jaune, grise ou bleue) (Denis, 1984).

#### **1.1.5. Cycle de développement**

Les différentes étapes du développement du mil peuvent être regroupées en trois phases principales (Maiti et Bidinger, 1981) : la phase végétative, la phase reproductrice et la phase de maturation.

##### **1.1.5.1. Phase végétative**

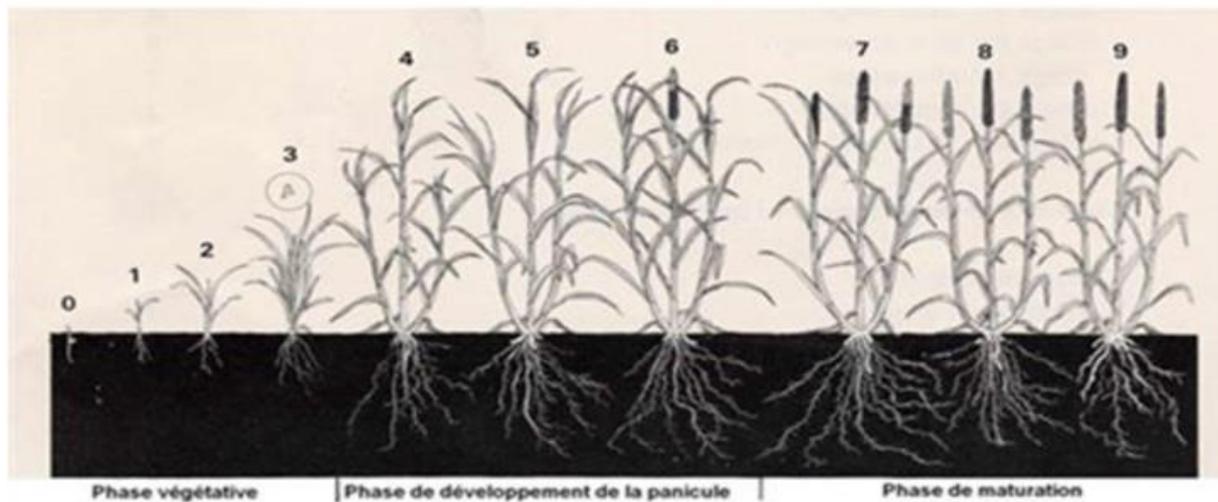
Cette phase débute par l'émergence du coléoptile et continue jusqu'au point d'initiation de la panicule. La germination est hypogée et dure environ 24 heures. Après la levée, les stades intermédiaires apparaissent, racine peu ramifiée, apparition de la tige et des premières feuilles puis multiplication des racines adventives. Les bourgeons de la tige principale se multiplient et forment des talles (tiges secondaires). Le tallage suivant les variétés, peut se poursuivre tout au long de la croissance de la plante. Les nœuds à la base des tiges secondaires peuvent donner à leur tour des tiges tertiaires. L'initiation de la panicule se caractérise par l'élongation du dôme apical de la tige principale et la formation d'une construction à la base de l'apex, c'est le passage de la phase végétative à la phase reproductrice (Figure 1).

##### **1.1.5.2. Phase reproductrice**

Les premières feuilles sorties deviennent sénescents, l'élongation des tiges secondaires se poursuit ainsi que la multiplication de nouvelles talles. La feuille terminale de la tige principale apparaît, enroulée autour de la panicule qui se développe alors rapidement. Cette phase se termine par la floraison de la panicule, floraison femelle tout d'abord, puis floraison mâle. Le stade 50 % de floraison est atteint lorsque l'inflorescence couvre la moitié de la hauteur de l'épi (Figure 1).

### 1.1.5.3. Phase de maturation

Le grain prend naissance au moment de la fécondation, il se développe et mûrit en passant par trois états : laiteux, pâteux puis vitreux (maturité). Pendant cette phase, la sénescence des feuilles basales se poursuit, les talles développées tardivement restent souvent stériles, si elles produisent des inflorescences, celles-ci n'arrivent pas à maturité (Figure 1).



**Figure 1** : Phase de la croissance et du développement du mil.  
(Maiti et Bidinger, 1981)

### 1.1.6. Différents types de variétés de mil

#### 1.1.6.1. Variétés populations

Les variétés populations locales ou écotypes, sont constamment améliorées par les paysans qui produisent leurs propres semences. Ces variétés ont une base génétique très large, mais ne possèdent pas un potentiel de production élevé.

Bien que très hétérogènes au départ, elles peuvent donner des variétés populations homogènes pour certaines caractéristiques particulières, notamment les caractères hautement héritable. C'est ainsi que les premiers travaux d'amélioration génétique ont visé à homogénéiser les populations locales pour un caractère donné, comme la hauteur de la plante, la longueur du cycle, la couleur du grain ou des caractéristiques de la chandelle. Leur développement végétatif étant souvent exubérant, elles ont été soumises à une sélection pour améliorer le rapport grain/paille par le transfert d'un gène de nanisme (Bilquez, 1975). La sélection généalogique et la sélection massale ont été à la base de ces travaux.

Puis on a cherché à accroître la production de ces variétés populations en utilisant d'autres méthodes, en particulier la sélection récurrente avec test top-cross ou test sur descendance. Les

gains de rendements n'ont toutefois pas dépassé 12 à 15 % lors des tests réalisés sur plusieurs sites et pendant plusieurs années (Lambert, 1983).

#### **1.1.6.2. Variétés hybrides**

Pour la plupart des programmes de sélection de l'Afrique de l'Ouest, l'accent est mis actuellement sur la création de variétés hybrides. Elles utilisent au mieux les effets de l'hétérosis et laissent espérer une augmentation des rendements de l'ordre de 25 à 30 %. La difficulté de leur sélection réside dans le contrôle des hybridations sur une grande échelle, d'où la recherche de géniteurs mâle-stériles.

La base génétique la plus étroite est représentée dans le cas de l'hybride simple, ou hybride  $F_1$ , issu du croisement entre deux lignées homozygotes. Il existe également des hybrides trois-voies, issus du croisement d'un hybride simple avec une lignée, des hybrides doubles, produits par le croisement entre deux hybrides simples, et des hybrides top-cross produits en croisant une population avec une lignée pure. Avec ces types de variété, le paysan ne peut pas sélectionner sa propre semence, sous peine de voir chuter ses rendements d'environ 20 % dès la deuxième génération du fait de la consanguinité.

#### **1.1.6.3. Variétés synthétiques**

Les variétés synthétiques constituent un autre type de cultivars. Ce sont des populations artificielles résultant de la multiplication sexuée, sans sélection consciente, pendant un nombre déterminé de générations, de la descendance en fécondation libre du mélange de 4 à 10 lignées choisies sur des critères particuliers, notamment leur aptitude à la combinaison générale. Les variétés synthétiques ont en principe des caractéristiques agronomiques plus stables que les variétés populations et permettent d'exploiter le phénomène d'hétérosis, même quand le contrôle de l'hybridation à grande échelle est difficile. Des programmes d'amélioration ont été conduits dans cette direction au Sénégal et au Niger (Niangado et Ouendeba, 1987).

Les variétés de mil actuellement vulgarisées au Sénégal sont de type population, synthétique et hybride (Tableau 1).

**Tableau 1:** Principales variétés de mil vulgarisées au Sénégal

Variétés	Pédigrée	Année d'obtention	Nature génétique	Zone de culture	Durée du cycle (j)	Rendement moyen en milieu réel (t/ha)
Souna-3	Recombinaison de 8 lignées tirées des populations PC 28 et PC 32 (106-7, 108-4, 1133, 115-4, 134-5, 142-4, 143-4, 148-3)	1969	Synthétique	Centre-sud Sénégal oriental Casamance	85 à 95	3,5 (Anonyme, 2012)
IBV-8001	Recombinaison de 700516 (Nigéria), Sérère 2A et Cassady (Ouanda)	1980	Synthétique	Centre-sud du bassin arachidier : Kaolack Fatick	80	2,4 à 3,4 (Anonyme, 2012)
IBV-8004	Recombinaison de 700516 (Nigéria), Sérère 2A et Sérère 14 (Ouanda) et souna-3 (Sénégal)	1980	Synthétique	Centre-nord Thiès, Diourbel et Louga	75	2,6 (Anonyme, 2012)
IBMV8402	Recombinaison de 13 lignées ICMI	1984	Synthétique	Centre-nord Thiès et Diourbel	80	2 (Anonyme, 2012)
ISMI9507	Recombinaison de 3 lignées en F7	1995	Synthétique	Thiès et Diourbel	85	2,5 (Anonyme, 2012)
Gawane	Population locale, Sénégal	2006	Composite	Thiès et Diourbel	85	2,5 (Anonyme, 2012)
Thialack 2	Population locale, Sénégal	2008	Composite	Fatick et Kaolack	90 à 95	2 à 3 (Anonyme, 2012)
SL 28	Population locale, Sénégal	2021	Population améliorée	Sine (Kaolack)	105	2,5 (ISRA, 2021)
SL 169	Population locale, Sénégal	2021	Population améliorée	Saloum (Fatick)	92	3 (ISRA, 2021)
SL 423	Population locale, Sénégal	2021	Population améliorée	Baol (Diourbel)	87	2,5 à 3,0 (ISRA, 2021)
TAAW	Population locale, Sénégal	2021	Hybride	200 à 500mm	70 à 80	3 à 4 (ISRA, 2021)

## 1.2. Maladies et ravageurs du mil

### 1.2.1. Maladies du mil

Les maladies du mil sont :

➤ **Le mildiou** : il est causé par *Sclerospora graminicola*, sans doute l'agent le plus fréquemment identifié comme le plus dangereux. Cette maladie est endémique au Sahel. L'infection primaire est due à des oospores restées au sol. Mais la maladie se propage par l'infection secondaire qui lui permet d'attaquer d'autres plantes par les sporanges produits en grand nombre durant la nuit et transportées par les vents. Les conditions de forte humidité pendant le stade plantule favorisent l'expression et le développement de la phase foliaire (mildiou duveté) de la maladie (Ndoye, 1984). Parmi les facteurs qui ont permis le développement et la dissémination du mildiou dans le Sahel, il faut citer le rétablissement des cycles pluviométriques normaux, le non-respect des techniques culturales préconisées, le transfert du matériel végétal d'une zone à une autre sans contrôle phytosanitaire, le rétrécissement et l'homogénéisation des bases génétiques des variétés nouvellement cultivées (Mbaye, 1993).

➤ **Le charbon** : causé par *Tolyposporium penicilluria* Bref., il occupe la deuxième place après le mildiou dans le Sahel. Cependant, son impact sur les rendements est variable d'une zone à une autre et d'une année à l'autre (Mbaye, 1993). Cette maladie intervient spécialement pendant les moments à temps couvert et combinés à une haute humidité atmosphérique au moment de la floraison. Les spores du champignon peuvent attaquer directement le stigma des fleurs dans la même saison avant la fécondation de l'ovaire. Les spores tombées sur le sol peuvent servir d'inoculum pour les années suivantes (Ndoye, 1984).

➤ **L'ergot** : c'est la troisième maladie la plus importante du mil dans le Sahel. Avec le retour des cycles normaux de pluies, la maladie semble reprendre de l'intérêt. Elle est redoutable à double titre :

- sur les chandelles, à la place des graines, ils se forment de sclérotés. Le pourcentage de grains perdus peut atteindre 100 % (Mbaye, 1993).
- les sclérotés renferment des substances toxiques pour l'homme et pour les animaux (Mbaye, 1993).

### 1.2.2. Ravageurs du mil

➤ **Le groupe des chenilles mineuses de la chandelle de mil**

Les chenilles mineuses des chandelles inconnues jusqu'en 1973 comme ravageurs du mil, sont cependant des mineuses endémiques à la zone sahélienne (Mbaye, 1992). Selon cet auteur

l'explosion des chenilles ces dernières années serait due à l'évolution de l'environnement qui a favorisé la coïncidence entre le stade phénologique vulnérable de la plante et le stade nuisible de l'insecte (Mbaye, 1992). Le complexe des chenilles mineuses des chandelles renferme une dizaine d'espèces des genres *Raghuva*, *Masalia* et *Asidura* (Laporte, 1977; Vercambre, 1978; Ndoye, 1979). Selon Ndoye (1979) et Bhatnagar (1984) parmi ces espèces, celle dominante et la plus nuisible au Sénégal est *Raghuva albipunctella* syn. *Heliocheilus albipunctella* De Joannis. Elle est appelée chenille mineuse de l'épi de mil en raison des galeries qu'elle creuse dans les épis du mil.

#### ➤ **Le groupe des foreurs de tige**

Une dizaine d'espèces de foreurs endommagent le mil à partir d'un mois et demi après les semis, jusqu'à la récolte (Gahukar, 1983). Parmi ces espèces, deux se sont avérées très nuisibles: *Acigona ignefusalis* et *S. calamistis*. La première est plus importante sur les variétés précoces et la deuxième sur les variétés tardives (Ndoye, 1982). Mais il faut noter que *A. ignefusalis* constitue un ennemi redoutable du mil au sahel (Vercambre, 1978; Guevremont, 1980; 1981; 1982; 1983).

#### ➤ **Le groupe des diptères ravageurs du mil**

Ce groupe comprend des espèces appartenant à des familles très diverses et se partagent en deux sous-groupes en fonction de la partie attaquée:

- les diptères foreurs des tiges: elles attaquent les jeunes plantules et provoquent les «cœurs morts». Les plus dommageables au mil sont *Atherigona quadripunctata* Mossi et *Atherigona approxima* Malloch (Gahukar, 1983). Encore appelées mouches des pousses, elles s'attaquent sévèrement au mil dans les 15 jours qui suivent le semis, généralement avant le démariage (Ndoye, 1979).

- les diptères qui détruisent les grames provoquant l'avortement des épis: la cécidomyie du mil, *Geromyia penniseti* Felt. (Cecidomyiidae), un ennemi redoutable susceptible d'infliger des dégâts sérieux aux cultures.

#### ➤ **Les Coléoptères**

Plusieurs coléoptères attaquent le mil au Sahel dont les plus importants appartiennent à la famille de Meloidae (*Mylabris holosericae* KL; *Psadolytta jlavicornis* MKL); *P. fusca*, *P. vestita*) et à celle des Scarabaeidae (*Rhinyptia infuscata* Burm) (Mbaye, 1992). Il est ressorti de

l'inventaire des insectes du mil au Burkina Faso fait par Nwanze (1989) que les cantharides (*Mylabris* spp, *Psadolyttafusca* Oliv.) causent des dégâts importants sur les épis du mil.

➤ **Autres ravageurs du mil: les ravageurs du mil stocké**

Divers insectes ont été identifiés sur le mil stocké particulièrement sous forme d'épis entiers. Les plus fréquemment rencontrés sont: *Corcyra cephalonica* Stainton; *Sitotroga cereallela* (Walker); *Tribolium castaneum* (Hbst); *T. confusum* Duv; *Ephestia cautella* (Walker); *Rhizoperta dominica* (F); *Crytolestes* sp (Mbaye, 1992). Mais *S. cereallela* est de loin le ravageur le plus important. Ces insectes sont en général polyphages et détruisent 20 à 40% des céréales après six mois de stocka et 80 à 100% après un an (Mbaye, 1992).

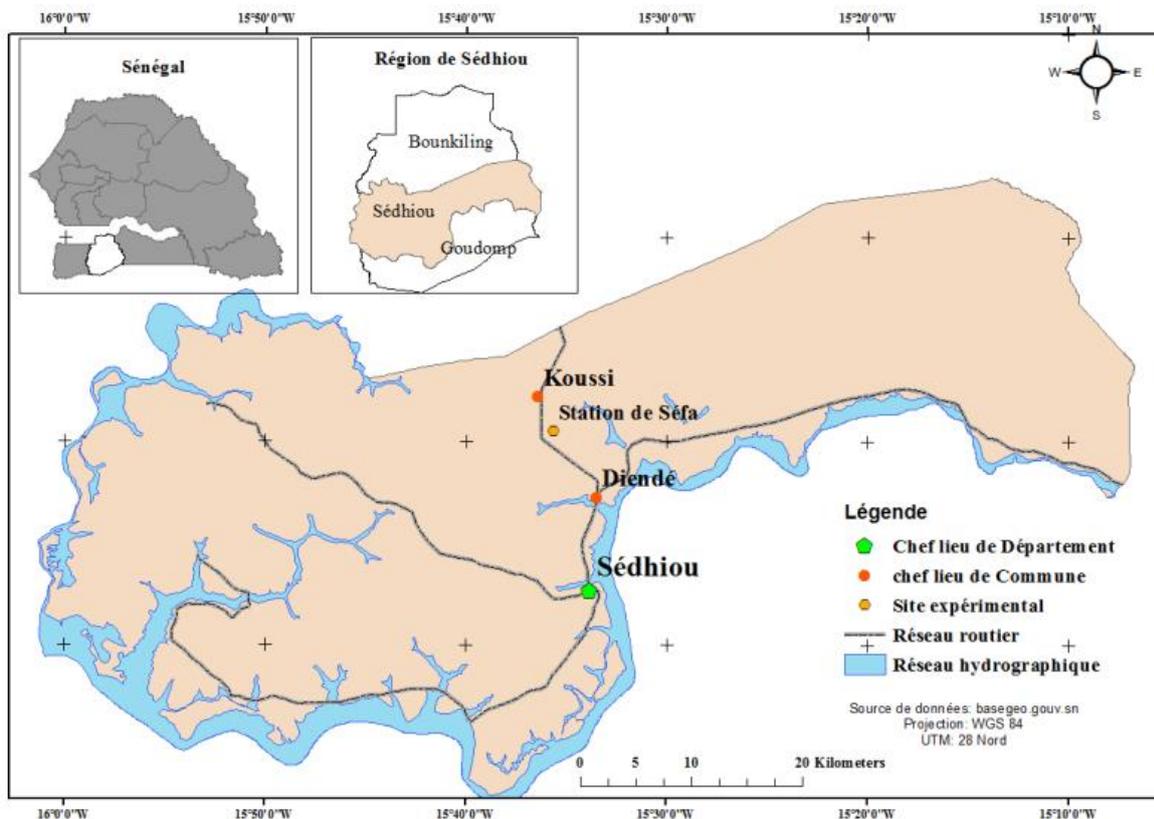
➤ **Oiseaux**

Les attaques d'oiseaux sur les épis du mil sont fréquemment observées avec des dégâts assez élevés. Les ravages causés par les oiseaux granivores sont surtout importants dans les vallées et bassins des fleuves (fleuve Sénégal, boucle du Niger et bassin du Lac Tchad). Les espèces les plus dangereuses sont *Quelea quelea* (travailleur à bec rouge), *Q. erythrope* (travailleur à tête rouge), *Ploceus cucumillatus* (le gendarme), *Passer luteus* (moineau doré). Ces espèces sont polyphages et les pourcentages des dégâts sur mil varient de 10 à 30% et parfois plus, surtout sur les variétés précoces qui mûrissent avant les autres (Mbaye, 1993).

## CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Site expérimental

L'expérimentation a été conduite au niveau de la station de Séfa (latitude 12°47' N, et longitude 15°32' O à 10 m d'altitude), une station expérimentale de l'ISRA située dans le village de Bloc, Commune de Diendé, département et région de Sédhiou (Figure 2). La région de Sédhiou correspond à la sous zone agro-écologique de la Moyenne Casamance (Gueye, 2016). Le climat est de type sud-soudanien continental avec deux saisons (Sagna, 2005).



**Figure 2:** Carte de localisation de la zone d'étude

Il est caractérisé par une saison pluvieuse qui s'étale de juin à octobre avec une intensité maximale en août et septembre et une saison sèche qui couvre la période de novembre à mai. Durant l'hivernage 2021, le mois de juillet a enregistré 155,4 mm de pluie, le mois d'août 318,05 mm et celui de septembre 354,2 mm (Sene, 2021).

Les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées entre Décembre et Janvier et varient entre 25 et 30 °C. Les températures les plus élevées, variant entre 30 et 40 °C sont notées entre mars et septembre.

Le sol de la station de Séfa est généralement sableux, acide avec un pH qui varie de 4,5 à 5 et une faible capacité de rétention en eau. Le sol est constitué de 93,3 % de sable, 3,4 % de limon

et de 3,3 % d'argile (Gueye, 2016). La saison des pluies de 2021 est presque similaire à celle de 2019 qui avait enregistré 313,9 mm et 354,7 mm de pluie respectivement aux mois d'août et de septembre.

## 2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 12 variétés de populations améliorées. Leur cycle végétatif varie de 68 à 95 jours (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Caractéristiques des variétés étudiées

Nom	Nature génétique	Année d'homologation	Zone de culture	Durée du cycle (jour)	Longueur épi (cm)	Hauteur de la plante (cm)	Potentiel de rendement (t/ha)
Chackti	Population	2018	350-700mm	68	Courte	190	1,5 (Anonyme, 2012)
Gawane	Composite	2010	Thiès et Diourbel	85	55	250	2,5 (Anonyme, 2012)
IBV 8004	Synthétique	1987	Centre-nord Thiès Diourbel et Louga	75	37	220	2,6 (Anonyme, 2012)
ICTP 8203	Pop. Locale ICTP 8203		Nord du BA (Louga)	70	30	180	2,0 (Anonyme, 2012)
ISMI 9507	Synthétique	2010	Thiès et Diourbel	85	45	220	2,5 (Anonyme, 2012)
Salam	Population	En cours	Sud bassin arachidier Casamance Sénégal Oriental	105	70	300	2,5 (Anonyme, 2012)
SL 169	Population améliorée	2021	Sine (Fatick)	92	70	290	3 (Anonyme, 2012)
SL 28	Population améliorée	2021	Saloum (Kaolack)	105	60	275	2,5 (ISRA, 2021)
SL 423	Population améliorée	2021	Baol (Diourbel)	87	70	300	2,5 à 3,0 (ISRA, 2021)
SOSAT C 88	Synthétique		Nord du BA (Louga)	70 à 80	30	180	2,1 (ISRA, 2021)
Souna 3	Synthétique	1985	Fatick Kaolack et Tambacounda	85 à 95	52	242	3,5 (ISRA, 2021)
Thialack 2	Composite	2010	Fatick et Kaolack	90 à 95	70	250	2 à 3 (ISRA, 2021)

### 2.3. Dispositif expérimental

Le facteur étudié est la variété avec 12 modalités correspondant aux parcelles élémentaires de chaque bloc. Le dispositif est en blocs complets randomisés avec trois répétitions. La distance entre les blocs est de 1,5 m et celle entre les parcelles élémentaires de 0,8 m. La superficie d'une parcelle élémentaire est de 28,8 m<sup>2</sup> (7,2 m \* 4 m). Et chaque parcelle élémentaire comporte six lignes de 10 poquets chacune. Les deux lignes extrêmes sont considérées comme bordures. La distance entre les lignes et entre les poquets est de 0,8 m. Ainsi chaque parcelle élémentaire comporte 60 poquets, soit un total de 720 poquets par bloc et 2160 poquets pour l'ensemble du dispositif. Le dispositif a une longueur de 48 m et une largeur 26 m soit une superficie de 1248 m<sup>2</sup> (Figure 3).

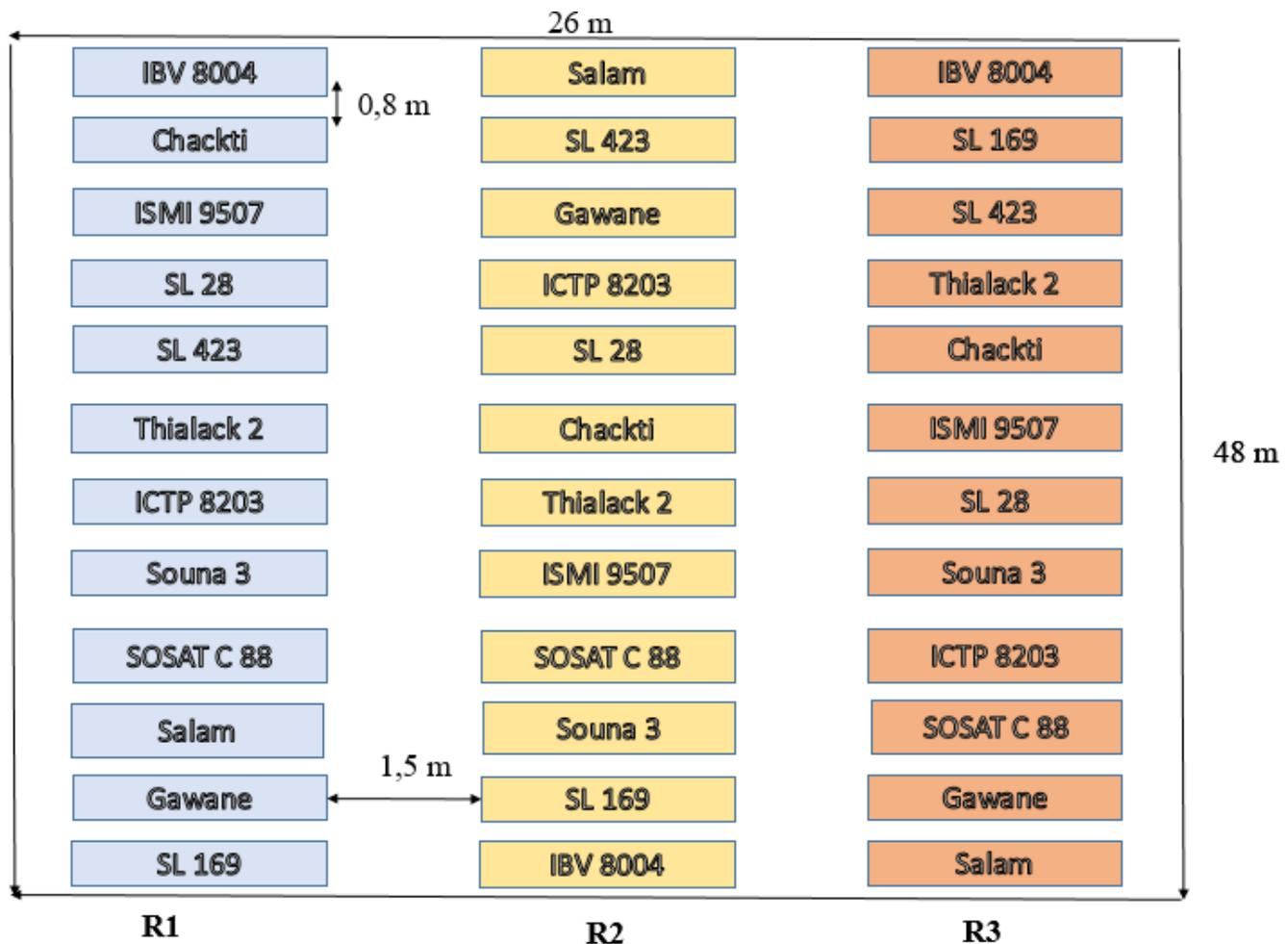


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental

## 2.4. Conduite de l'essai

L'expérimentation a été installée sur un terrain plat, homogène qui a fait l'objet d'un grattage. Les parcelles élémentaires ont été délimitées à l'aide de piquets et les lignes de semis ont été tracées par le biais d'un rayonneur.

Ensuite, un semis en poquet a été effectué le 08 juillet 2021 sur les parcelles élémentaires puis un démariage à trois plants par poquet a été effectué le 02 août, soit 25 jours après semis (jas). Un apport d'engrais de fond NPK (15-10-10) a été effectué de façon homogène sur l'ensemble des poquets de la parcelle à la dose de 150 kg/ha, juste avant le hersage. L'urée N (46-00-00) a été appliquée à la dose de 100 kg/ha en deux (2) apports : 50 % après le démariage et 50 % à 30 jas.

Un sarclo-buttage a été effectué après démariage tout juste après le premier apport de l'urée. Il s'en est suivi un sarclo-binage trois (3) jours après le sarclo-buttage pour lutter contre les mauvaises herbes et aérer le sol. Le sarclo-binage a permis de casser la croûte superficielle du sol et donc d'améliorer l'infiltration de l'eau de pluie.

Un traitement au DIMETHOATE 400 EC (0,5 à 1 litre de dimeto pour 200 litres de bouillie à l'hectare) a été fait le 12 septembre 2021 pour lutter contre les insectes du mil. Ce produit est un insecticide systémique qui pénètre dans la sève de la plante puis se diffuse dans toutes les parties (Figure 4). En début de formation des graines et jusqu'à la récolte, une surveillance du champ a été assurée, afin d'éviter les attaques d'oiseaux et les divagations d'animaux.



**Figure 4:** Insecticide (DIMETHOATE 400 EC) et traitement phytosanitaire  
(Photo : SENE, 2021)

La récolte a été faite à la maturité physiologique au 31 septembre, soit 84 JAS par le biais de sécateurs. Pour la récolte, seuls 40 poquets (4 lignes centrales) parmi les 60 présents dans la parcelle élémentaire ont été récoltés. Les épis récoltés ont été séchés au soleil pendant 26 jours après récolte (JAR) (Figure 5).



**Figure 5:** Récolte (a) et séchage des épis (b) et tiges (c) du mil

(Photo: SENE, 2021)

Le battage a été fait de façon mécanique le 27 octobre soit 27 JAR par des femmes à l'aide de mortiers et de pilons jusqu'à ce que les épis soient débarrassés de leurs grains. Cette opération est toujours suivie d'un vannage qui a permis de séparer les grains des divers déchets (glumes, glumelles, rachis et autres débris). Les graines sont ensuite traitées au granox puis réintroduites dans de petites enveloppes. Ces enveloppes sont classées dans différentes caisses numérotées au niveau d'une chambre froide en fonction de leur collection d'appartenances.

## **2.5. Observations et mesures**

### **2.5.1. Paramètres agro-morphologiques et phénologiques**

#### **○ Date 50% floraison des plantes (FLO)**

La floraison des plantes a été suivie chaque jour tout au long de leur cycle de développement. Il s'agissait de relever la date à laquelle 50 % des poquets de la parcelle utile présentent des fleurs femelles.

#### **○ Hauteur des plantes (HTR en cm)**

Elle a été mesurée sur 12 plantes de la variété, du collet jusqu'au sommet de la panicule à l'aide d'une règle en bois graduée de 4 m. La mesure a été effectuée à 81 JAS (Figure 6).



**Figure 6:** Mesure de la hauteur de la plante

(Photo: SENE, 2021)

○ **Longueur de l'épi (LEP en cm)**

Elle a été mesurée sur 12 épis pris au hasard sur 12 plantes de la variété au 81<sup>ème</sup> JAS avec un ruban millimétré. La mesure a été prise de la base jusqu'au sommet de l'épi (Figure 7).



**Figure 7:** Mesure de la longueur de l'épi

(Photo: SENE, 2021)

- **Diamètre de l'épi**

Il a été mesuré au 81<sup>ème</sup> JAS sur 12 épis provenant de 12 plantes de la variété à l'aide d'un pied à coulisse. Cette mesure a été effectuée au milieu de l'épi (Figure 8).



**Figure 8:** Mesure du diamètre de l'épi

(Photo: SENE, 2021)

- **Exsertion paniculaire (EXR)**

L'exsertion paniculaire a été déterminée sur douze plantes de la variété en mesurant à l'aide d'un centimètre la distance entre la feuille paniculaire et la base de l'épi.

### **2.5.2. Rendements du mil et le poids mille grains**

- ✓ **Nombre d'épis récoltés (NEP)**

Il a été obtenu en comptant manuellement le nombre total d'épis récoltés dans chaque parcelle utile.

- ✓ **Poids sec des épis par parcelle (PDE)**

Le poids sec des épis a été obtenu en pesant à l'aide d'une balance électronique de capacité 15 kg et de précision 0,2 g les épis récoltés dans chaque parcelle utile puis séchés pendant 23 jours.

- ✓ **Poids des mille grains (PMG en g)**

Il a été obtenu en faisant la moyenne des poids de trois lots de mille grains prélevés dans chaque parcelle utile à l'aide d'une balance de précision de METTLER avec une capacité maximale de 3 000 g et une sensibilité de 0,1 g. Le compteur à grains de type Numigral a été utilisé. Cet

appareil est doté d'un système de détection de particules, lui permettant de compter exactement les 1000 grains. Cependant, la pureté des grains doit être de rigueur, car le système de détection compte tout ce qui traverse son champ magnétique (glumes, grains cassés ou entiers, cailloux, pierres, etc.).

✓ **Rendement épis (RDTE en épis/ha)**

Il a été obtenu en pesant les épis de chaque parcelle utile après séchage à l'aide d'une balance électronique de capacité 15 kg et de précision 0,2 g. Le rendement à l'hectare a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{RDTE} \left( \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Poids des épis (kg)} * 10000}{\text{Surface utile (m}^2\text{)}}$$

✓ **Le rendement grains (RDTG en kg/ha)**

Il a été obtenu en pesant les grains de chaque parcelle utile après séchage, battage et vannage à l'aide d'une balance électronique de capacité 15 kg et de précision 0,2 g. Le rendement à l'hectare a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{RDTG} \left( \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Poids des grains (kg)} * 10000}{\text{Surface utile (m}^2\text{)}}$$

✓ **Rendements en paille humide (BH) et en paille sèche (BS)**

La biomasse fraîche tiges-feuilles a été obtenue en récoltant puis en pesant à l'aide d'une balance électronique de capacité 15 kg et de 0,2 g de précision les tiges et feuilles des plantes sur trois (3) poquets pris au hasard dans chaque parcelle utile. La biomasse à l'hectare a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Rendement paille humide} \left( \frac{\text{kg. MS}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Biomasse Humide (kg. MS)} * 10000}{\text{Surface utile (m}^2\text{)}}$$

Puis la biomasse sèche (tiges et feuilles) a été évaluée après séchage à 22 jours de la paille fraîche (tiges et feuilles) à l'aide de la même balance.

$$\text{Rendement paille sèche} \left( \frac{\text{kg. MS}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Biomasse Sèche (kg. MS)} * 10000}{\text{Surface Utile (m}^2\text{)}}$$

**2.5.3. Paramètres physiologiques : Teneur en eau de la paille**

La teneur en eau de la paille a été obtenue par la formule suivante :

$$\text{Teneur}(\%) = \frac{\text{Poids paille fraîche (kg. MS)} - \text{Poids paille sèche (kg. MS)} * 100}{\text{Poids paille fraîche (kg. MS)}}$$

#### **2.5.4. Composition chimique de la récolte : teneur en fer et zinc**

Elle a été déterminée par l'Institut International de Recherche sur les Cultures des zones Tropicales Semi-Arides (ICRISAT) à partir des échantillons de 20 à 30 g de semences récoltées à la main sans toucher de métal pour chaque variété. Les épis ayant touché le sol ont été exclus.

#### **2.6. Analyse statistique**

L'ensemble des données collectées ont été saisies à l'aide du tableur Excel. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT 5.03 version 2014. Le test de Fisher a été utilisé pour la comparaison des moyennes pour établir la significativité des différences entre les traitements au seuil de 5 %. La corrélation phénotypique entre les différents paramètres collectés a été effectuée. En plus, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été faite en vue d'établir une relation entre les variétés testées et les paramètres agromorphologiques du mil.

## CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Résultats

#### 3.1.1. Paramètres agro-morphologiques

##### 3.1.1.1. Paramètres morphologiques et phénologiques

L'analyse statistique a révélé une variation hautement significative ( $P = 0,004$ ) pour l'exsertion paniculaire et très hautement significative ( $P < 0,0001$ ) pour les autres paramètres morphologiques et phénologiques (Tableau 3).

En effet, la floraison a varié de 43 à 58 jas et les variétés les plus précoces ont été Chackti ( $43 \pm 0,67$  jas) et ICTP 8203 ( $43 \pm 0,67$  jas) alors que la variété la plus tardive a été SL 169 ( $58 \pm 0,33$  jas).

Les variétés ayant présenté la hauteur la plus grande ont été Salam ( $273 \pm 3,93$  cm) et SL28 ( $270 \pm 14,44$  cm) alors que la plus courte variété a été ICTP 8203 ( $151 \pm 3,28$  cm).

Quant à l'exsertion paniculaire, elle a varié de - 4,3 à 12,9 cm et les variétés Chackti ( $12,9 \pm 2,15$  cm) et SOSATC88 ( $11,1 \pm 2,32$  cm) ont donné les meilleures exsertions par contre les plus faibles exsertions ont été observées au niveau des variétés Salam ( $- 4,3 \pm 6,81$  cm) et Souna 3 ( $-1,2 \pm 1,56$  cm).

Les variétés ayant présenté les plus longs épis ont été SL28 ( $66,4 \pm 0,62$  cm) et Salam ( $63,9 \pm 4,39$  cm) alors que la variété ayant les plus courts épis a été ICTP 8203 ( $17,1 \pm 0,11$  cm).

Les variétés ayant présenté les circonférences des épis les plus grandes ont été SOSAT C 88 ( $9,5 \pm 0,43$  cm) et Salam ( $9,1 \pm 0,71$  cm) par contre la variété Thialack 2 a enregistré la plus petite circonférence des épis ( $6,1 \pm 0,37$  cm).

**Tableau 3:** Variation des paramètres morphologiques et phénologiques du mil selon les variétés

Variétés	FLO (jas)	HTR (cm)	EXR (cm)	LEP (cm)	CIR (cm)
Chackti	43 ± 0,67 f	174 ± 7,47 d	12,9 ± 2,15 a	19,3 ± 2,00 e	8,5 ± 0,28 abc
Gawane	54 ± 1,00 cd	247 ± 9,79 b	2,4 ± 1,64 cdef	55,1 ± 1,25 c	6,9 ± 0,13 de
IBV 8004	49 ± 1,20 e	202 ± 4,66 c	3,9 ± 0,68 bcde	35,3 ± 1,26 d	6,8 ± 0,25 de
ICTP 8203	43 ± 0,67 f	151 ± 3,28 e	9,2 ± 2,19 abc	17,1 ± 0,11 e	8,4 ± 0,21 bc
ISMI 9507	54 ± 1,33 d	205 ± 2,04 c	8,2 ± 3,78 abcd	36,4 ± 1,28 d	6,3 ± 0,36 e
Salam	57 ± 1,45 ab	273 ± 3,93 a	-4,3 ± 6,81 f	63,9 ± 4,39 ab	9,1 ± 0,71 ab
SL 169	58 ± 0,33 a	241 ± 6,97 b	3,2 ± 0,40 cdef	57,4 ± 4,15 abc	7,6 ± 0,38 cd
SL 28	56 ± 0,88 abc	270 ± 14,44 a	1,3 ± 1,07 def	66,4 ± 0,62 a	6,8 ± 0,08 de
SL 423	55 ± 0,00 cd	245 ± 9,43 b	2,6 ± 1,31 cdef	56,4 ± 4,47 bc	6,5 ± 0,12 e
SOSAT C 88	54 ± 0,67 d	236 ± 4,24 b	11,1 ± 2,32 ab	28,8 ± 0,40 d	9,5 ± 0,43 a
Souna 3	54 ± 0,67 cd	228 ± 0,67 b	-1,2 ± 1,56 ef	49,7 ± 3,24 c	6,4 ± 0,20 e
Thialack 2	55 ± 0,00 bc	246 ± 0,97 b	5,2 ± 1,64 bcde	51,1 ± 4,83 c	6,1 ± 0,37 e
<b>Moyenne générale</b>	<b>52,69 ± 2,99</b>	<b>226,22 ± 21,35</b>	<b>4,51 ± 3,61</b>	<b>44,80 ± 9,78</b>	<b>7,42 ± 0,71</b>
<b>F</b>	<b>35,13</b>	<b>22,21</b>	<b>3,63</b>	<b>28,26</b>	<b>9,95</b>
<b>Pr &gt; F</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,0043</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>&lt; 0,0001</b>

### 3.1.1.2. Rendements du mil et le poids mille grains

Une grande variabilité des rendements du mil et du poids des mille grains a été notée entre les variétés testées. En effet, l'Analyse de variance a révélé un effet hautement significatif ( $P = 0,0072$ ) de la variété sur le rendement paille et très hautement significatif ( $P < 0,0001$ ) sur le poids des mille grains, le rendement en grains et le rendement en épis (Tableau 4).

En effet, le nombre d'épis produits par hectare a varié de 1289 à 2839 épis/ha. Les variétés les plus productives en épis ont été SL 423 ( $2839 \pm 247,39$  kg/ha) et SL 28 ( $2656 \pm 179,01$  kg/ha) alors que les moins productives ont été ICTP 8203 ( $1289 \pm 200,45$  cm) et Chackti ( $1315 \pm 52,08$  kg/ha).

Quant au rendement grain, il est statistiquement plus élevé avec SL 423 ( $1833 \pm 154,70$  kg/ha) tandis que les variétés les moins productives en grains ont été Chackti ( $875 \pm 31,25$  kg/ha) et ICTP 8203 ( $861 \pm 144,83$  kg/ha).

Le rendement en paille est statistiquement plus élevé avec la variété SL 169 ( $8333,33 \pm 1458,83$  kg.ms/ha) comparée aux autres variétés alors que la variété la moins productive en paille a été ICTP 8203 ( $2083,33 \pm 416,67$  kg.ms/ha).

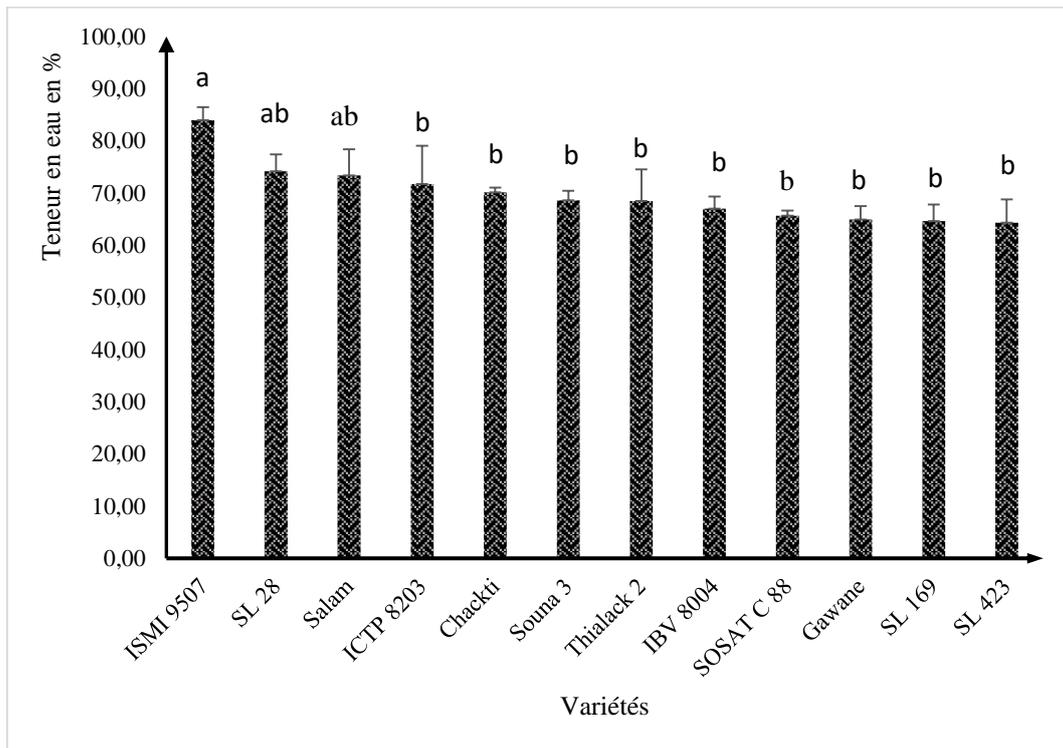
Le poids des mille grains a varié de 7,3 à 12,6 g et les variétés ayant les grains les plus lourds ont été Chackti ( $12,5 \pm 0,33$  g) et ICTP 8203 ( $12,6 \pm 0,18$  g) tandis que celle ayant présenté les grains les plus légères a été SL 169 ( $7,3 \pm 0,11$  g).

**Tableau 4:** Variation des rendements (épis, grains et paille) du mil et du poids mille grains (PMG) en fonction des variétés

Variétés	Poids Mille Grains (PMG) (g)	Rendement mil		
		Rendement épis (kg/ha)	Rendement grains (Kg/ha)	Rendement paille (Kg M.S/ha)
Chackti	$12,5 \pm 0,33$ a	$1315 \pm 52,08$ e	$875 \pm 31,25$ g	$2916,67 \pm 908,10$ cde
Gawane	$8,9 \pm 0,13$ c	$2279 \pm 26,04$ bcd	$1408 \pm 36,67$ def	$5625 \pm 954,70$ abcd
IBV 8004	$8,4 \pm 0,16$ d	$2643 \pm 456,29$ abc	$1646 \pm 238,77$ abcd	$5625 \pm 1875$ abcd
ICTP 8203	$12,6 \pm 0,18$ a	$1289 \pm 200,45$ e	$861 \pm 144,83$ g	$2083,33 \pm 416,67$ e
ISMI 9507	$8,2 \pm 0,12$ d	$2747 \pm 267,17$ ab	$1771 \pm 210,65$ ab	$2291,67 \pm 416,67$ de
Salam	$7,4 \pm 0,08$ e	$2122 \pm 34,45$ d	$1139 \pm 24,74$ fe	$7291,67 \pm 1159,95$ ab
SL 169	$7,3 \pm 0,11$ e	$2201 \pm 93,89$ cd	$1336 \pm 27,34$ ef	$8333,33 \pm 1458,83$ a
SL 28	$7,5 \pm 0,10$ e	$2656 \pm 179,01$ abc	$1702 \pm 106,13$ abc	$4375 \pm 1653,59$ bcde
SL 423	$7,4 \pm 0,11$ e	$2839 \pm 247,39$ a	$1833 \pm 154,70$ a	$6041,67 \pm 908,10$ abc
SOSAT C 88	$10,1 \pm 0,18$ b	$2487 \pm 79,20$ abcd	$1668 \pm 107,43$ abcd	$4791,67 \pm 208,33$ bcde
Souna 3	$8,3 \pm 0,28$ d	$2500 \pm 281,68$ abcd	$1512 \pm 161,38$ abcde	$3958,33 \pm 551,20$ bcde
Thialack 2	$7,7 \pm 0,18$ e	$2305 \pm 34,45$ abcd	$1500 \pm 78,42$ cde	$4791,67 \pm 1458,33$ bcde
<b>Moyenne générale</b>	<b><math>8,82 \pm 1,08</math></b>	<b><math>2287,33 \pm 332,66</math></b>	<b><math>1437,58 \pm 212,69</math></b>	<b><math>4843,75 \pm 1413,09</math></b>
<b>F</b>	<b>124,35</b>	<b>9,8093</b>	<b>13,1339</b>	<b>3,3155</b>
<b>Pr &gt; F</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,0072</b>

### 3.1.1.3. Paramètres physiologiques : teneur en eau de la paille

La teneur en eau de la paille a aussi varié entre les variétés (Figure 9). En effet, la teneur en eau de la paille est significativement plus importante pour la variété ISMI 9507 (83,97 %) comparée aux autres variétés exceptées les variétés SL28 et Salam. Les valeurs de la teneur en eau les plus faibles sont notées avec les variétés SL 423 (64,30 %), SL 169 (64,60 %) et Gawane (64,95 %).



**Figure 9** : Variation de la teneur en eau de la paille en fonction des variétés.

### 3.1.2. Composition chimique de la récolte : teneur en fer et zinc

Les résultats de l'analyse de variance n'ont révélé aucune différence significative entre les variétés pour la teneur en fer ( $P = 0,7928$ ). La teneur moyenne en fer des variétés est de  $32,15 \pm 5,13$  mg/kg. Par contre une variation très significative de la teneur en Zinc des grains de mil a été observée entre les variétés ( $P = 0,008$ ). La variété ICTP 8203 a donné le meilleur résultat avec  $38 \pm 1,31$  mg/kg et les faibles valeurs de ce paramètre sont obtenues avec les variétés SL 28 ( $28 \pm 0,56$  mg/kg) et Souna 3 ( $25 \pm 0,43$  kg/ha) (Tableau 5).

**Tableau 5** : Variation de la teneur en fer et en zinc des grains de mil en fonction de la variété

Variété	Fe (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
Chackti	45 ± 3,96 a	36 ± 0,27 ab
Gawane	49 ± 11,40 a	33 ± 5,98 abc
IBV 8004	46 ± 6,01 a	35 ± 2,18 ab
ICTP 8203	41 ± 1,25 a	38 ± 1,31 a
ISMI 9507	36 ± 2,00 a	30 ± 3,89 abc
Salam	44 ± 5,27 a	37 ± 5,54 ab
SL 169	34 ± 2,10 a	29 ± 2,56 abc
SL 28	43 ± 7,77 a	28 ± 0,56 bc
SL 423	35 ± 1,86 a	30 ± 2,38 abc
SOSAT C 88	40 ± 3,91 a	30 ± 3,38 abc
Souna 3	39 ± 1,89 a	25 ± 0,43 c
Thialack 2	43 ± 5,27 a	35 ± 2,23 ab
<b>Moyenne générale ± erreur type</b>	<b>41.20 ± 3,50</b>	<b>32,15 ± 5,13</b>
Min	28,1	22,2
Max	72,2	47,3
F	0,6424	1,5066
<b>Pr &gt; F</b>	<b>0,7928 ns</b>	<b>0,008</b>

### 3.1.3. Corrélation entre les variables étudiées

La matrice de corrélation de Pearson a montré que le rendement grains (RDTG) est positivement et significativement corrélé avec le rendement en épis ( $r = 0,97$ ) et avec la date 50 % floraison ( $r = 0,60$ ). Ce qui signifie que plus les variétés ont un rendement en épis élevé et une date 50 % floraison tardive plus leur rendement en grains est important. Il apparait aussi que le rendement en épis (RDTE) est significativement et positivement corrélé avec la date 50 % floraison et la hauteur des plants avec les coefficients de corrélation ( $r$ ) respectives de 0,71 et 0,61. Il ressort aussi de l'analyse de cette matrice que la date 50 % floraison (FLO) est fortement corrélée à la hauteur des plants, à la longueur des épis et au rendement paille avec des coefficients de corrélation respectifs de 0,91 ; 0,87 et 0,67. Quant à l'exsertion paniculaire, elle est corrélée avec le poids mille grains (PMG) avec un coefficient de corrélation  $r = 0,74$ . Il ressort aussi de l'analyse de cette matrice que le poids mille grains (PMG) est négativement corrélé à la date 50 % floraison, à la hauteur des plants et à la longueur des épis avec des

coefficients de corrélation respectifs de -0,91 ; -0,82 et -0,88. Ce qui signifie que plus la variété a une floraison tardive, une hauteur des plants élevée et une longueur des épis importante, plus son poids mille grains est faible.

**Tableau 6** : Matrice de corrélation des paramètres agro-morphologiques.

Variabes	FLO	HTR	LEP	RDTP	EXR	PMG	RDTG	RDTE
FLO	<b>1</b>							
HTR	<b>0,9133</b>	<b>1</b>						
LEP	<b>0,8734</b>	<b>0,9121</b>	<b>1</b>					
RDTP	<b>0,6751</b>	<b>0,6806</b>	<b>0,6765</b>	<b>1</b>				
EXR	<b>-0,6711</b>	<b>-0,6978</b>	<b>-0,8477</b>	<b>-0,5959</b>	<b>1</b>			
PMG	<b>-0,9136</b>	<b>-0,8232</b>	<b>-0,8807</b>	<b>-0,6455</b>	<b>0,7445</b>	<b>1</b>		
RDTG	<b>0,6014</b>	0,5002	0,4198	0,1667	-0,2161	<b>-0,6786</b>	<b>1</b>	
RDTE	<b>0,7171</b>	<b>0,6153</b>	0,5643	0,3116	-0,4204	<b>-0,8040</b>	<b>0,9710</b>	<b>1</b>

### 3.1.4. Relation entre les variétés et les paramètres étudiés

Le tableau 9 présente la distribution des variances de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) portant sur les paramètres étudiés suivant les différentes variétés. Le premier axe (F1) porte 71,6 % de la variance et le deuxième axe (F2) en porte 17,04 %. Les deux premiers axes portent ainsi un cumul de 88,64 % de la variance totale. Le plan factoriel F1x F2 a ainsi permis une bonne représentation de l'information contenue dans la matrice (Tableau 7).

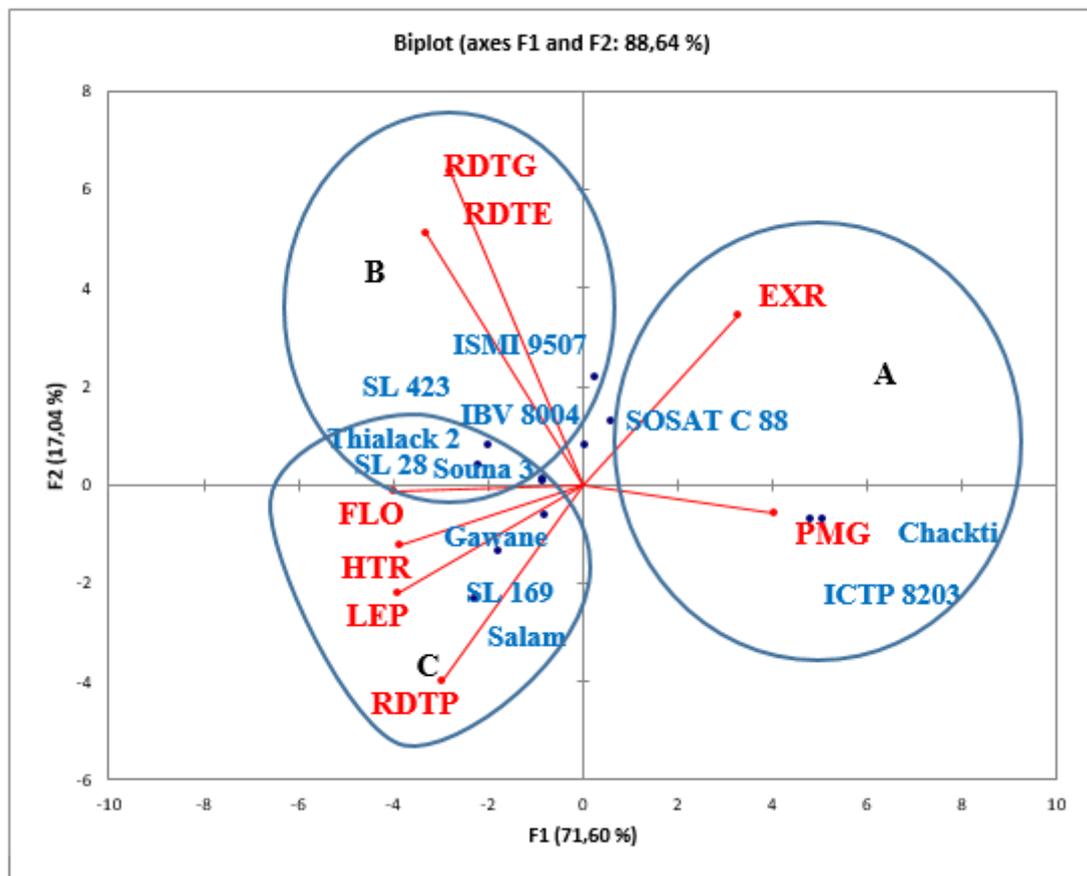
**Tableau 7** : Distribution des valeurs propres et variances suivant les axes factoriels de l'ACP

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
Valeurs propres	5,73	1,36	0,44
Inerties (%)	71,6	17,04	5,46
Inerties cumulées (%)	71,6	88,64	94,09

L'analyse de la figure ci-dessous a permis de distinguer trois groupes de variétés :

- le groupe A regroupant les variétés SOSAT C 88, Chackti et ICTP 8203 caractérisées par un poids des mille grains (PMG) élevé et une bonne exsertion de l'épi (EXR) ;

- le groupe B regroupant les variétés ISMI 9507, SL 28, IBV 8004, SL 423, Thialack 2 et Souna 3 caractérisées par un rendement en grains (RDTG) et un rendement en épis (RDTE) élevés ;
- et le groupe C regroupant les variétés Thialack 2, Souna 3, SL 28, Gawane, SL 169 et Salam caractérisées par des plantes de grande taille avec une floraison tardive, des épis longs et un rendement paille (RDTP) élevé (Figure 10).



**Figure 10:** Discrimination des différentes variétés étudiées selon leurs caractéristiques agro-morphologiques

### 3.2. DISCUSSION

La présente étude réalisée à la station expérimentale de séfa a permis d'évaluer les performances agronomiques de douze variétés de mil cultivées au Sénégal afin d'identifier celles qui s'adaptent mieux aux conditions de culture de la Moyenne Casamance.

Cette étude a révélé une variation significative entre ces variétés pour l'ensemble des paramètres agro morphologiques. Par exemple, la floraison a varié de 43 à 58 jours après semis et la hauteur de 151 à 273 cm, confirmant la précocité de ces variétés et leurs tailles variables. Cette variation a été également observée au cours de l'évaluation des variétés de mil à cycle court pour la zone sahélienne du Sénégal (Sy, 2019). Cette tendance de la diversité morphologique a été encore observée durant l'évaluation de descendants S1 de la variété de mil *Thialack 2* pour le rendement en grains et ses autres composantes (Sarr, 2020). Cette importante variabilité phénotypique a été aussi observée par d'autres auteurs (Koffi et al., 2011 ; Sy et al., 2015 ; Kanfany et al., 2018) sur du matériel provenant du Sénégal et des lignées pures développées à partir des accessions collectées en Afrique de l'Ouest et du Centre mais également sur la collection de mil de la Côte d'Ivoire. Cette variabilité pourrait être due à l'expression d'une variabilité génotypique, à la provenance des cultivars ou encore au comportement photopériodique de ces variétés. Hamon (1992) soutient que le comportement photopériodique est d'une grande influence sur le choix du lieu d'implantation des cultivars. Ce dernier confirme aussi que ce sont les effets génétiques de type additivité qui expliquent les variations observées. Ces résultats pourraient être expliqués aussi par le fait que l'origine du mil se situerait en Afrique de l'Ouest et du Centre (Manning et al., 2011). A la lumière de ces résultats, le programme national peut utiliser des schémas de sélection basés sur les méthodes d'amélioration inter populations susceptibles d'exploiter les actions génétiques de type dominance et additivité pour améliorer régulièrement le potentiel de production de mil dans les conditions de culture de la moyenne Casamance. En effet, ces schémas de sélection augmentent non seulement la fréquence de gènes favorables, mais maintiennent également les combinaisons génétiques intéressantes et la variabilité génétique. Ils peuvent aussi améliorer rapidement les caractères fortement héréditaires qui sont liés entre eux tels que : la date de floraison, la longueur et le poids de la panicule. L'intérêt évident d'une telle stratégie est l'amélioration rapide et indirecte du rendement de ces variétés pour qu'elles soient bien appréciées par les producteurs.

De bons rendements en grains ont été obtenus dans notre essai avec un maximum de 1,83 t/ha. Ce rendement est inférieur au potentiel des variétés se trouvant dans le catalogue national mais supérieur à la moyenne nationale tournant autour de 800 kg/ha. Ce rendement est proche de

ceux obtenus par Kalms et Valet (1975) ; Dancette (1983),) et Serpantié (1993) qui ont enregistré dans des systèmes intensifs des rendements de 2,6 t/ha, 2,2 t/ha et 2,5 t/ha respectivement à Bambey, Tillaber et Bidi. La différence de rendements observés dans cet essai pourrait s'expliquer par la pauvreté du sol en éléments nutritifs. Les rendements les plus importants ont été obtenus avec les variétés à cycle intermédiaire (SL 423, ISMI 9507 et SL 28) et les plus faibles avec les variétés les plus précoces (Chackti et ICTP 8205). Ces résultats pourraient être dus par le fait que les variétés extra-précoces arrivent à maturité en premier dans ces zones et donc sujettes à des attaques d'oiseaux. Aussi, la maturité de ces dernières coïncide avec des périodes pluvieuses, donc de forte humidité, favorisant le développement des maladies et insectes. Cela pourrait aussi s'expliquer par un déficit hydrique (pendant les pauses pluviométriques) post-floral ou encore par le fait que les variétés à cycle intermédiaire ont un système racinaire plus profond qui résiste mieux au déficit hydrique que celui des variétés précoces. Hamon (1992) confirme que le stress hydrique post-floral entraîne un ralentissement global de la croissance des parties aériennes qui s'explique par la perte de poids des talles affectant particulièrement les tiges. Hamon a également souligné que le stress hydrique entraîne une extension en profondeur du système racinaire et multiplie la densité des racines par 3 ou 4 par rapport à la floraison. En effet, il est évident que le système racinaire le plus profond met à la disposition du végétal le plus grand volume de sol à exploiter. Jordan (1983) montre chez le sorgho, qu'un enracinement profond peut augmenter jusqu'à 20 % le rendement au cours des années sèches. Turner et Nicholas (1987) ont obtenu une plus grande biomasse à la floraison et un rendement en grains (RDTG) supérieur chez le génotype qui a montré la plus grande vitesse de croissance racinaire en phase d'installation. L'amélioration, en même temps que la sécurisation de la production agricole, pourraient donc passer par l'identification de cultivars à enracinement profond. Les problèmes de résistance à la sécheresse doivent être nécessairement abordés à l'échelle de la plante entière et que les critères physiologiques de résistance doivent être retenus aussi bien que les critères morphologiques et anatomiques ou phénologiques pour l'amélioration de la résistance des végétaux cultivés à la sécheresse.

L'exsertion paniculaire est bonne dans l'ensemble avec 4,51 cm en moyenne. Seules les variétés Salam et Souna 3 ont présenté une mauvaise exsertion. Cette dernière occasionne une diminution du rendement en grains car la partie couverte ne produira pas de grains escomptés à l'absence de contact entre le pollen et les fleurs femelles. Cela pourrait être dû à l'accumulation de l'eau à la base des pieds du mil. En effet, malgré les pauses bien marquées, l'essai a reçu une pluviométrie de 901,75 mm. La mauvaise exsertion pourrait être due aussi à

un stress hydrique qui interviendrait au moment de la montaison. Selon Chantereau et Nicou (1991), un stress hydrique à ce stade raccourcit la longueur du pédoncule qui dégage mal l'inflorescence de la gaine de la feuille paniculaire. Cependant, ces variétés exceptés la Souna et la Salam peuvent servir de parents pour le développement futur de variétés à bonne exsertion.

Au-delà de la productivité, la teneur en éléments nutritifs est un élément clé dans les programmes d'amélioration variétale de l'Afrique de l'Ouest. Les résultats des analyses biochimiques ont montré que la majorité de ces variétés sont très riches en Fer et en Zinc avec des proportions variant respectivement de 34 à 49 mg/kg et 28 à 38 mg/kg supérieur à la limite recommandée par la FAO à savoir 40 mg/kg et 35 mg/kg respectivement pour le fer et le zinc. Cette richesse en microéléments du mil a été rapporté par plusieurs auteurs (Hulse et *al.*, 1980 ; Irén, 2004 ; Sy, 2019). La carence en Fer et l'anémie ont de graves conséquences sur la santé et le développement, notamment sur les capacités d'apprentissage pendant l'enfance, sur les fonctions immunitaires et sur la capacité de travail. Quant à la carence en Zinc, elle entraîne des complications au cours de la grossesse et pour l'accouchement et se traduit par un poids insuffisant à la naissance et un développement difficile chez l'enfant (Grégorio, 1999). Cependant, ce matériel végétal étudié serait un bon candidat pour une vulgarisation de la culture du mil dans la moyenne Casamance.

De fortes corrélations positives ont été notées entre la floraison (FLO), la hauteur des plantes (HTR), la longueur des épis (LEP) et le rendement en paille. Les variétés ont un rendement en pailles d'autant plus grand que la durée de leur cycle, la hauteur des plantes et la longueur de leurs épis sont longues. Ces résultats corroborent ceux de Diatta (2011) qui affirme que lorsque le cycle s'allonge, la plante a tendance à accumuler au niveau de ces organes (tige et feuilles) une quantité importante de biomasses. Selon Chantereau et Nico (1991), la croissance végétative qui survient après la floraison se fait uniquement par élongation cellulaire. Sine (2003) rapporte que le cycle précoce ou moyen entraîne une réduction générale des paramètres de croissance. Dans la moyenne Casamance, les plantes de haute taille sont importantes notamment dans la confection de clôtures mais aussi dans le complément alimentaire du bétail.

La longueur des épis (LEP) est négativement corrélée au poids des mille grains (PMG). Cela pourrait être expliqué par la fragilité des plants de haute taille ou encore par leur mauvais remplissage. Ces résultats sont en phase de ceux de Diatta (2011) qui indique lors de son étude sur le sorgho qu'une taille importante des plants de sorgho n'est pas favorable à un bon remplissage des grains. Ce même constat a été fait par Sine (2009) qui soutient que la production en grains n'est pas l'apanage des variétés de grande taille ou de biomasses importantes.

Nos résultats montrent que les variétés à rendement en grains (RDTG) élevé sont désavantagées par leur PMG faible (SL 423, SL 28 et ISMI 9507) et celles à RDTG faible ont un PMG élevé excepté la variété SOSAT C 88. Ces résultats sont conformes à ceux de Diatta (2011) qui souligne que les variétés ayant un nombre de grains par pied élevé ont une faible PMG. Kondombo (2001) affirme que certaines de ses variétés avaient un nombre de grains par panicule élevé mais étaient défavorisées par leur poids de mille grains faibles. Ce phénomène pourrait être dû par la précocité de floraison pour certaines variétés, par une décroissance du nombre de grains arrivés à maturité ou encore par un déficit hydrique qui a des conséquences immédiates sur les épis se trouvant encore en phase précoce d'évolution (épiaison, floraison, fécondation), ou sur les grains en début de remplissage. De telle sorte qu'à maturité, un certain nombre de grains ne sont pas formés ou que leur poids reste équivalent à celui des enveloppes. Hamon (1992) révèle que l'évolution du poids des épis des plantes stressées résulte essentiellement d'une morphogenèse incomplète des épis les plus tardifs, tandis que le développement des grains sur les épis les plus vigoureux n'est pas affecté. Dans ces conditions, le stade de développement atteint par les épis lors du déclenchement du déficit hydrique est un facteur déterminant pour leurs performances finales. Il soutient également que la précocité de floraison favorise un faible rendement en grains en situation de stress hydrique. Bidinguer et *al.*, (1987) ont constaté que la date de floraison peut expliquer environ 50 % de la variance totale en cas de stress hydrique terminal. Ces variétés peuvent servir de matériel végétal pour la diffusion de variétés de mil précoce dans la moyenne Casamance.

Au regard de l'augmentation progressive de la population, l'amoindrissement des terres cultivables, le manque de main d'œuvre et l'absence d'autosuffisance alimentaire notés au Sénégal particulièrement dans la moyenne Casamance, le programme national devra prendre en compte ces aboutissements en vue de développer ou d'améliorer la production du mil. De plus, l'option sur la création de variétés de cycle court pourrait être compulsée en utilisant ces variétés populations comme procréateurs.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

L'évaluation des caractéristiques agro-morphologiques de 12 variétés cultivées au Sénégal dans les conditions de cultures de la moyenne Casamance menée dans la station expérimentale de Séfa a révélé une gamme de variations des caractères étudiés.

En effet, trois groupes de variétés (A, B et C) ont été définis sur la base de la similitude de leurs caractéristiques agro-morphologiques. Les variétés SL 28 et Salam (groupe C) ont donné les valeurs les plus élevées pour les paramètres morphologiques et phénologiques avec des plantes de haute taille, des épis longs et une floraison tardive. Les variétés SL 423 et ISMI 9507 (groupe B) caractérisés par un RDTG et RDTE élevés sont les plus performantes pour les paramètres de rendement. Enfin pour ce qui est du poids mille grains et l'exsertion paniculaire, les variétés SOSAT C 88, Chackti et ICTP 8502 (groupe A) ont enregistré les meilleurs résultats avec un poids de mille grains élevé et une bonne exsertion des épis.

Au vu de ces résultats, il apparaît plus judicieux pour les producteurs d'utiliser les variétés SL 423, ISMI 9507, qui ont permis d'obtenir une bonne croissance des plants et les meilleurs rendements aussi bien en épi qu'en grains.

Cependant, il serait intéressant de :

- poursuivre cette étude sur plusieurs années et sur plusieurs parcelles en stations et en milieu paysan afin d'évaluer la performance de ces variétés dans la moyenne Casamance;
- reconduire l'étude dans d'autres zones agro-écologiques du pays pour pouvoir évaluer la performance de ces variétés selon les caractéristiques climatiques de chaque zone de culture.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Anonyme 2001.** La culture et la production du mil et du sorgho au Sénégal : Bilan-diagnostic et perspectives. Ministère de l’Agriculture et de l’Elevage. Dakar, Sénégal, 130 p.

**Anonyme 2002.** *Pennisetum glaucum*, Horticultural Companys, Purple Majesty. 02 p.

**Anonyme 2005.** Filière Mil/sorgho, CMA/AOC, Note Technique.

**Anonyme 2009.** Les céréales au Niger “accent sur le mil et le sorgho” , JAICAF (Association pour la Collaboration Internationale en matière d’Agriculture et des Forêts du Japon) 117 p.

**Anonyme 2012.** Catalogue national des espèces et variétés végétales / variétés du mil / Niger. 4 p.

**ANSD 2020.** Rapport sur les résultats définitifs de l’Enquête Agricole Annuelle (EAA) Dakar 105 p.

**Anonyme. 2012.** Catalogue officiel des espèces et des variétés cultivées au Sénégal. 1ère Edition Août Dakar (Sénégal). 192 p.

**Bhatnagar V.S., 1984.** Rapport d'activités (nov.1982- oct.1984) Programme de Lutte Biologique- Projet CILSS, Niore du Rip, Sénégal. 78 p.

**Bilquez A. F., Clement J. 1969.** Etude du mode d’hérédité de la précocité chez le mil pénicillaire (*Pennisetum typhoïde* stapf et hubb.). Déterminisme génétique des variations de précocité des mils du groupe souna. 06 p.

**Bilquez, A. F. 1975.** Amélioration des mils au Sénégal : synthèse des résultats obtenus au cours des quatre années de travail et conclusions générales. Dakar. 57 p.

**Bidinger F. R., Mahalakshmi V., Rao G.D.P. 1987.** Assessment of drought resistance in pearl millet. II. Estimation of genotype response to stress. *Aust. J. Agric. Res.*, **38**, 49-59.

**Diba, Mame Guilé. 2014.** Mémoire de fin d’études : Agriculture : Effet de la couverture du sol par mulch ou association culturale sur la production du mil. ISFAR ex ENCR de Bambey, 29 p.

**Chantereau J., Nicou R. 1991.** Le sorgho. Le technicien d'agriculture tropicale ; n°18. Paris : Maison Neuve et Larose, 159 p.

**Christianson C. B., Bationo, A. & Baethgen, W. E. 1990.** The effect of soil tillage and fertilizer use of pearl millet yields in Niger. *Plant soil*, 123: 51-58.

**Dancette C. 1975.** Cartes d'adaptation à la saison des pluies des mils à cycle court dans la moitié nord du Sénégal, Centre National de la Recherche Agronomique, Bambey, Sénégal, 17 p.

**Dancette C. 1978.** Besoins en eau et adaptation du Mil à la saison des pluies au Sénégal. In : *Proc. Agroclimatological Res. Needs of the semi-aride tropics*. ICRISAT, 211-226.

**Dancette C. 1993.** Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne. *Agronomie Tropicale*, 38(4) ; 281-294.

**Denis, J. 1984.** Manuel des Principales Cultures Sahélienne. Tome I, Publications Agrhymet, Niamey, 173 p.

**Diatta C. 2011.** Caractérisation Agro-morphologique de 199 Accessions de Sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de la Collection de l'ISRA. Mémoire de DEA : Production végétale : ENSA, Thiès, Sénégal, 34-70 p.

**Diouf O. 2000.** Réponses agro-physiologiques du mil (*Pennisetum glaucum* L). à une sécheresse : Influence de la nutrition Azotée. Thèse de Doctorat, Université libre de bruxelles 160 p.

**Eldin O. 1990.** Croissance et développement du mil (*Pennisetum typhoïde*) sous deux conditions de fumure minérale. Rapport de stage. ISTOM / 78ième Promotion. Institut Supérieur Technique D'outre-Mer, 53 p.

**FAO. 1995.** Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine, Collection FAO : Alimentation et nutrition, no 27. 138 p.

**FAOSTAT. 2017.** Les statistiques agricoles. Retrieved September 20, 2008, from <http://www.fao.org/faostat/fr/>

**Gahukar R., 1983.** Rapport d'activités de l'hivernage 1982- Programme d'Entomologie du CILSS-PLI, Nioro du Rip, Sénégal. 52 p.

**Govindaraj M, P, S., Sumathi P., & Muthiah A. R. 2010.** Simple, Rapid And Cost Effective Screening Method For Drought Resistant Breeding In Pearl Millet. *Electronic Journal of 41 Plant Breeding*, 1(4), 590–599.

**Grédorio G. B., Senadhira D., Htut T., Graham R. D. 1999.** Amélioration de la teneur en fer et en zinc du riz pour l'alimentation humaine. *Agriculture et développement* n° 23, 10 p.

**Gueye. M. 2016.** Amélioration des techniques de semis, de fertilisation et de récolte du fonio blanc (*Digitaria excilis* Stapf, Poaceae) au Sénégal. Thèse de doctorat en Biologie, physiologie et productions végétales. Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 101 pages + Annexes.

**Guevremont H., 1981.** Etude sur l'entomofaune du mil. Rapport annuel de recherches pour l'année 1980, deuxième partie, CNRA de Tama, Maradi, Niger, 31 p.

**Guevremont H., 1982.** Etudes sur la mineuse de l'épi et autres insectes du mil. Rapport annuel de recherches pour l'année 1981, CNRA de Tama, Maradi, Niger, 57 p.

**Guevremont H., 1983.** Recherche sur l'entomofaune du mil. Rapport annuel de recherches pour 1982, CNRA, Tama, Niger, 69 p.

**Guinko S., 1984.** Végétation de la Haute Volta. Thèse de doctorat en sciences naturelles, université de Bordeaux III, 394 p.

**Hamadou, M., Idrissa, S., Mahamadou, C., Souleymane, O., & Valentin, K. 2017.** Potentialités fourragères du mil (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br): Revue de littérature. *Journal of Animal et Plant Science*, 34(2), 5424–5447.

**Hamon S. 1993.** Le mil en Afrique. Diversité génétique et Agro- physiologique : Potentialités et contraintes pour l'amélioration génétique et l'agriculture. Actes de la réunion thématique sur le mil (*Pennisetum glaucum* L.) Montpellier du 24 au 26 Novembre 1992, 284 p.

**Hulse J. H., Laing E. M., Pearson O. E. 1980.** *Sorghum* and Millet. Their Composition and Nutritive Value. Academic Press: New York; 997 p.

**ISRA. 2012.** Homologation de 4 variétés de mil et 3 de fonio à Dakar du 03 juin 2021.

**IRD. 2015.** Le mil, une céréale des zones arides. Fascination in plants day, 01 p.

**Irèn L. 2004.** Sorghum and millet, in cultivated plants, primarily as food sources. In Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the millet and the effect of nitrogen fertilization on its proteins. Indian J. Genet. Plant Breed. 29(3): 395-406.

**Jordan W. R., Douglas W. and Shouse P. J. 1983.** Strategies and crop improvement for drought-prone regions. In Plant Production and Management Under Drought Conditions. Stone, J.F. and Willis, W. (eds). Elseviers, Amsterdam, Netherlands. 251-264 p.

**Kalms J. M et Valet S. 1975.** Détermination des besoins en eau de différentes cultures vivrières et industrielles dans les conditions pédoclimatiques des terrasses du Niger à Tillabéry. INRAN Niamey (Niger), 45 p.

**Kanfany G, Zoclanclounon Y.A.B, Tongoona P, Danquah A, Kwame S.O, Fofana A, Thiaw C, Danquah E.Y, Cisse N. 2018.** Preuve de la variation pathogène des populations de *Sclerosporagraminicola* dans les régions productrices de mil perlé au Sénégal. Revue de pathologie végétale ISSN : 1125-4653, 100 p.

**Kiema A., Drabo B., Dembele O., RAM de T., Maiga A., 2004.** Etude sur les trames pastorales dans la zone d'intervention de l'unité de conservation de la faune du Sahel, rapport provisoire. 112 p.

**Koffi K. G. C., Akanvou L., Akanvou R., Zoro B. I. A., Kouakou C. K. et N'DA H. A. 2011.** Diversité morphologique du Sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Mench] cultivé au nord de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 17 : 125 – 142.

**Konate M. 1984.** Etude de l'environnement avec référence spéciale au climat des zones de culture du sorgho et du mil des régions tropicales et semi-arides d'Afrique occidentale. Agrométéorologie of sorghum and millet in the semi-arid tropics ICRISAT p-p. 85-100.

**Kondombo C.P., 2001.** Evaluation agronomique et fourragère de 194 lignées recombinantes de sorgho. Mémoire d'ingénieur du développement rural : option agronomie. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 89 p.

**Kouakou, P., Muller, B., Guissé, A., Yao, R., Fofana, A., & Cissé, N. 2013.** Étude et prise en compte en modélisation de l'effet de la latitude sur la réponse à la photopériode chez divers génotypes de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) du Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 67, 5289–5301. <https://doi.org/10.4314/jab.v67i0.95051>

**Kumar K. A., 1989.** Pearl millet: current status and future potential. *Outlook on Agriculture*, 18: 46-53.

**Kumar, K. A. and Andrews, D. J. 1993.** Genetics of qualitative traits in pearl millet: a review. *Crop Sci.* 33, 1-20.

**Lambert C. 1983.** Influence de la préciosité sur le développement du mil (*Pennisetum typhoides* STAPE et HUBBARD) I-Elaboration de la touffe. *Agron. Trop.* 38(1):7-25.

**Laporte B., 1977.** Note concernant des *Noctuidae* (*Melicleptriinae*) dont les chenilles mineuses des chandelles de mil au Sénégal. *Agron. Prop.* 32 : 429-32.

**Loumerem M. 2004.** Etude de la variabilité des populations de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) cultivées dans les régions arides tunisiennes et sélection de variétés plus performantes. Thèse de doctorat: Faculteit Landbouwkundige en tegeoposte Biologische wetenschappen. 266 p.

**Loynet G., Kere A. et Sidibe O. 1987.** Essais régionaux du mil conduits par le CILSS, 1981-1984. Proceedings international pearl millet workshop 7-11 April 1986 ICRISAT Center India 293 p.

**Maiti R. K, & Bidinger F. R. 1981.** Growth and development of the pearl millet plant. *Research Bulletin*, 6, 19. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

**Manning, K., Pelling, R., Higham, T., Schwenniger, J. L., et Fuller, D. Q. 2011.** 4500-Year old domesticated pearl millet (*Pennisetum glaucum*) from the Tilemsi Valley, Mali: new insights into an alternative cereal domestication pathway. *J.Archaeol. Sci.* 38(2) :312-322. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.09.007>.

**Marchais, L; Tostain, S.; Amoukou, I. 1993.** Signification taxonomique et évolutive de la structure génétique des mils pénicillaires. In *Le mil en Afrique : diversité génétique et agro-physiologique : potentialités et contraintes pour l'amélioration et la culture*, Montpellier: Cedex, 119-127pp. **Martin, J. P. 1971.** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours, école nationale supérieure agronomique-Abidjan ORSTOM. Fonds documentaire N° 22409:163pp.

**Mbaye D.F., 1992.** Les ennemis du mil au Sahel. In *Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel (1)*. Séminaires & colloques. Deuxième séminaire sur la lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. Bamako, Mali, 4-9 janvier 1990. pp 1-12.

- Mbaye D.F., 1992.** Les maladies du mil au Sahel: état des connaissances et propositions de lutte. *In* Lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel (1). Séminaires & colloques. Deuxième séminaire sur la lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. Bamako, Mali, 4-9 janvier 1990. pp 42-63.
- Mbaye, D. F. 1993.** *Contraintes phytosanitaires du mil dans le sahel: état des connaissances et perspectives. Sénégal.* Paris : ORSTOM, p. 173-186 (Colloques et Séminaires). ISBN 2-7099-1158-2 ISSN 0767-2896
- Mouhamed H. A., Clark & C. K. ONG. 1988.** Genotypic differences in the responses of tropical crops. Seedling emergence and leaf growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) and pearl millet (*Pennisetum typhoides* S & H) *Journal of experimental botany* 205(39) : 1129-1135
- Moumouni K. H. 2014.** Construction d'une carte génétique pour le mil, *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. par une approche de génotypage par séquençage (GBS). Mémoire, Université de Laval de Québec, 111 p.
- Ndoye M., 1979.** L'entomofaune nuisible au mil à chandelle (*Pennisetum typhoides*) au Sénégal. *In* Compte rendu des travaux, Congrès sur la Lutte Contre les Insectes en Milieu Tropical, 13-16 Mars 1979, Marseilles, France. Part 1. Marseilles, France: Chambre de Commerce et d'Industrie. pp 515-530.
- Ndoye M., 1982.** Programme de recherches entomologiques du mil de l'ISRA (1ère réunion des Comités Scientifiques Nationaux du Projet Régional d'Amélioration des mils, sorgho, niébé, maïs du CILSS à Tarna, Niger. ISRA/CNRA de Bambey.6p
- Ndoye, M., Gahukar, R. T., Carson, A. G., Selvarej, C. J., Mbaye, D. F., & Diallo, S. 1984.** Les problèmes phytosanitaires du mil dans le sahel. *In* *Compte-rendu du séminaire international du projet CILSS de lutte Intégré; 6-13.*
- Niangado O., Ouendeba B., 1987.** Amélioration variétale du mil en Afrique. *In:* International pearl millet workshop, J.R. Witcombe éd, Patancheru, Inde, ICRISAT, p.83-94.
- Nwanze K.F., 1989.** Insect pest of pearl millet in Sahelian West Africa 1 *Acigona ignefusalis* (*Pyrilidae, Lepidoptera*): distributions, population dynamics and assessment of damage. *Tropical pest management* 35(2):137-142.

- Oumar I., Mariac C., Pham J. L., Vigouroux Y. 2008.** Phylogeny and origin of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R.Br.) as revealed by microsatellite loci. *Theor Appl Genet*, 117: 489-497. DOI; 10.1007/s00122-008-0793-4
- Portères R. 1950.** Vieilles agricultures de l'Afrique intertropicale; centre d'origine et de diversification variétale primaire et berceaux d'agriculture antérieurs au XVI<sup>e</sup> siècle. *Agron. Trop.* 5 (9-10): 489-507.
- Rachie K. O., Majmudar J. V. 1980.** Pearl Millet. The Pennsylvania State University Press; 307 p.
- Saint-Clair P.M. 1987:** Les cultures vivrières, Tome II, Les cultures importantes de l'espace tropical, 137 p.
- Saidou A. A. 2011.** Etude moléculaire, évolution et caractérisation de gènes impliqués dans l'adaptation du mil (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) aux changements climatiques. Thèse de doctorat : Evolution, écologie, ressources génétiques, paléontologie : Montpellier SupAgro, 236 p.
- Sarr F. 2020.** Evaluation de descendants S1 de la variété de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., Poaceae) Thialack 2 pour le rendement en grains et ses autres composantes. Mémoire de master en biotechnologies végétales et microbiennes, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 61 p.
- Serpantie G. 1993.** Bilan hydrique sur les parcelles expérimentales de Bidi-Samniweogo. Rapport ORSTROM (à paraître), 340 p.
- Sine B., 2003.** Evaluation d'une core collection de sorgho en conditions de déficit Hydrique pré-floral. Mémoire de DEA : biologie végétale : faculté des sciences et techniques : UCAD, Dakar, Sénégal, 52 p.
- Sine B., 2009.** Evaluation agro-morphologique d'une core collection de sorgho (*Sorghum bicolor* (L. Moench) et caractérisation racinaire de variétés contrastées pour la détermination de critères racinaire d'adaptation à la sécheresse. Thèse de Doctorat : agro-physiologie, Faculté des sciences et techniques : UCAD, Dakar, Sénégal, 155 p.
- Sy. O., Fofana A., Cisse N., Noba K., Diouf D., Ndoye I., Sane D., Kane A., Kane N. A., Hash T., Haussman B., Elwegan E. 2015.** Étude de la variabilité agro-morphologique de la

collection nationale de mils locaux du Sénégal. *Journal of Applied Biosciences* 87(1):8030-8046. <https://doi.org/10.4314/jab.v87i1.1>

**Sy M. D. 2019.** Evaluation de variétés de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) r. br.) à cycle court pour la zone sahélienne du Sénégal. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux Agricoles. Spécialité : Agriculture, ISFAR, Bambey, Sénégal, 42 p.

**Tostain S. 1998.** Le Mil, une longue histoire : hypothèses sur sa domestication et ses migrations. In : Plantes et paysages d'Afrique : une histoire à explorer, Chastanet M. Ed. Paris, France, Karthala – CRA, pp.461-490.

**Turner N.C., And Nicholas Me. 1987.** Drought resistance of wheat for light textural mils in a Mediterranean climate. *In Drought Tolerance in Winter Cereals*. Srivastava, J.P., Porceddu, E., Acevedo, E. and Varma, S. (eds), Jones Wiley, New York: 203-216.

**Vercambre B., 1978.** *Heliocheilus* spp. et *Massalia* sp, chenilles du mil en zone sahélienne. *Agron. Prop.* 33: 62-79.

[www.fao.org/docrep/w1808f/w1808f03.htm](http://www.fao.org/docrep/w1808f/w1808f03.htm). du 13/01/07).