

Évaluation agronomique de variétés de mil à cycle intermédiaire dans les conditions agro écologiques soudaniennes du Sénégal

Ibrahima MBODJ^{1*}, Ousmane SY² et Maodo Malick NDAO¹

¹ Université Alioune Diop de Bambey-UADB, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rural,
Département des Productions Végétales, BP 30, Bambey, Sénégal

² Institut Sénégalais de Recherches Agricoles-ISRA, Centre National de Recherche Agronomique-CNRA,
BP 53, Bambey, Sénégal

(Reçu le 18 Mai 2023 ; Accepté le 21 Juillet 2023)

* Correspondance, courriel : ibrahima.mbodj@uadb.edu.sn

Résumé

Le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] occupe une place importante dans l'agriculture pluviale au Sahel, notamment au Sénégal où il est la céréale la plus cultivée. Cependant, la baisse et l'irrégularité de la pluviométrie ainsi que la faible fertilité des sols sont de véritables freins à sa production. L'objectif de cette étude est de trouver des variétés plus adaptées aux nouvelles conditions agro climatiques qui pourraient offrir aux agriculteurs des possibilités d'adaptation et de résilience face aux changements climatiques. C'est dans ce contexte que l'Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides (ICRISAT) en collaboration avec le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) ont mis en place un essai pour évaluer les performances et les caractéristiques de nouvelles variétés de mil à cycle intermédiaire dans les conditions de culture des zones soudaniennes du Sahel. L'essai a été conduit au niveau de la station expérimentale de Nioro du Rip située dans le centre sud du Bassin Arachidier. Le matériel végétal était constitué de 40 entrées dont 38 nouvelles créations et 2 témoins toutes provenant du programme de l'ICRISAT. Le dispositif expérimental qui a été utilisé est un Alpha lattice avec des blocs complètement randomisés sur trois (3) répétitions. Les entrées sont réparties aléatoirement dans les unités expérimentales ou parcelles. Les différentes données collectées sur le terrain ont été analysées avec le logiciel R.Studio pour l'analyse de variance (ANOVA), et la comparaison des moyennes avec la fonction HSD test. Les résultats obtenus ont permis d'identifier des variétés qui ont exprimé des caractères de performances agricoles intéressantes. Les variétés les plus productives sont successivement ICMX207233 avec 2558 kg/ha, ICMX207235 avec 2497 kg/ha et ICMX207266 avec 2469 kg/ha. Ces variétés pourraient être proposées pour des tests multi locaux pour une vulgarisation après confirmation des résultats dans d'autres essais.

Mots-clés : *mil, variétés, cycle intermédiaire, zones soudaniennes, performances, rendements.*

Abstract

Agronomic evaluation of intermediate cycle millet varieties under Sudanian agro-ecological conditions in Senegal

Millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] occupies an important place in rainfed agriculture in the Sahel, particularly in Senegal where it is the most cultivated cereal. However, the decrease and the irregularity of the rainfall as well as the low fertility of the soil are real obstacles to its production. The objective of this study is to find varieties more adapted to new agro-climatic conditions that could offer farmers possibilities of adaptation and resilience in the face of climate change. It is in this context that the International Institute for Research on Crops in Semi-arid Tropical Zones (ICRISAT) in collaboration with the National Center for Agronomic Research (CNRA) have set up a trial to evaluate the performance and characteristics new millet varieties with an intermediate cycle under the growing conditions of the Sudanian zones of the Sahel. The trial was conducted at the Niore du Rip experimental station located in the southern center of the Groundnut Basin. The plant material consisted of 40 entries including 38 new creations and 2 controls all from the ICRISAT program. The experimental device that was used is an Alpha lattice with completely randomized blocks over three (3) repetitions. The entries are randomly distributed in the experimental units or plots. The various data collected in the field were analyzed with the RStudio software for the analysis of variance (ANOVA), and the comparison of the means with the HSD test function. The results obtained made it possible to identify varieties which expressed characteristics of interesting agricultural performance. The most productive varieties are successively ICMX207233 with 2558 kg/ha, ICMX207235 with 2497 kg/ha and ICMX207266 with 2469 kg/ha. These varieties could be proposed for multi-local trials for extension after confirmation of the results in other trials.

Keywords : *millet, varieties, intermediate cycle, Sudanian zones, performance, yields.*

1. Introduction

Le mil, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., est l'une des céréales les plus importantes dans le monde en termes de superficies. Il est classé sixième après le riz, le blé, le maïs, l'orge et le sorgho et la production mondiale annuelle dépasse les 10 millions de tonnes. Dans les zones arides et semi-arides d'Inde et d'Afrique, le mil est la plus importante céréale vivrière et est principalement cultivé pour son grain comme alimentation humaine [1]. Cependant, ses feuilles sont utilisées comme fourrage pour les animaux et ses tiges comme matériels de construction et de bois de chauffe dans certains ménages [2]. Ainsi, il est considéré comme la composante principale dans les systèmes traditionnels de culture et demeure la céréale de base de l'alimentation des populations des zones dans lesquelles il joue un rôle crucial dans la sécurité alimentaire [3]. Malgré son faible rendement (500 - 600 kg/ha) du fait des sols pauvres sur lesquels il est cultivé et des différentes pressions parasites auxquelles il est confronté, le grain de mil est un aliment nutritif recommandé pour certaines diètes [4]. Le mil est une espèce diploïde avec sept paires de chromosomes et serait originaire d'Afrique au Sud du Sahara [5]. En Afrique, cette culture s'étend sur plus de 13 millions d'hectares et la production assure la survie de plus 500 millions de personnes. L'Afrique contribue pour 46 % de la production mondiale de mil. Cette production vient principalement des pays d'Afrique de l'Ouest dont le Nigeria est leader suivi du Niger, du Mali et du Burkina. Le Sénégal vient en 5^{ème} position avec une production annuelle de près de 600000 tonnes [6]. Parmi les céréales cultivées au Sénégal, le mil est la plus importante si l'on en juge par les étendues occupées et la seconde pour les quantités produites chaque année. Aussi, selon les statistiques agricoles, le mil occupe 55 à 60 % des surfaces emblavées en céréales et représente 30 à 35 % de la production nationale céréalière [7]. Cette faiblesse de la production par

rapport aux surfaces emblavées est due à plusieurs facteurs d'ordre climatique, pédologique mais surtout variétal. En effet, le secteur agricole est marqué par un déficit pluviométrique ayant entraîné une raréfaction de certaines spéculations à cycle long telles que le sorgho et le maïs dans les zones Nord et centre nord du bassin arachidier (BAS). Pour limiter l'impact dû à la diminution des pluies, l'ICRISAT et l'ISRA ont mis au point un programme de création de variétés à cycle court et intermédiaire qui pourraient arriver à maturité dans les nouvelles conditions climatiques marquées par un démarrage tardif des pluies et une fin de saison précoce. L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'augmentation de la production céréalière pour assurer la sécurité alimentaire en milieu rural.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation du site d'étude

L'essai a été conduit à l'ISRA au niveau de la station expérimentale de Nioro du Rip située dans le centre sud du Bassin Arachidier. La station de Nioro rattachée au CNRA de Bambey est située dans la région de Kaolack entre l'arrondissement de Paoskoto et la ville de Nioro du Rip sur la route nationale Kaolack-Ziguinchor. Les coordonnées géographiques sont 13°45 Nord et 15°48 Ouest (*Figure 1*).

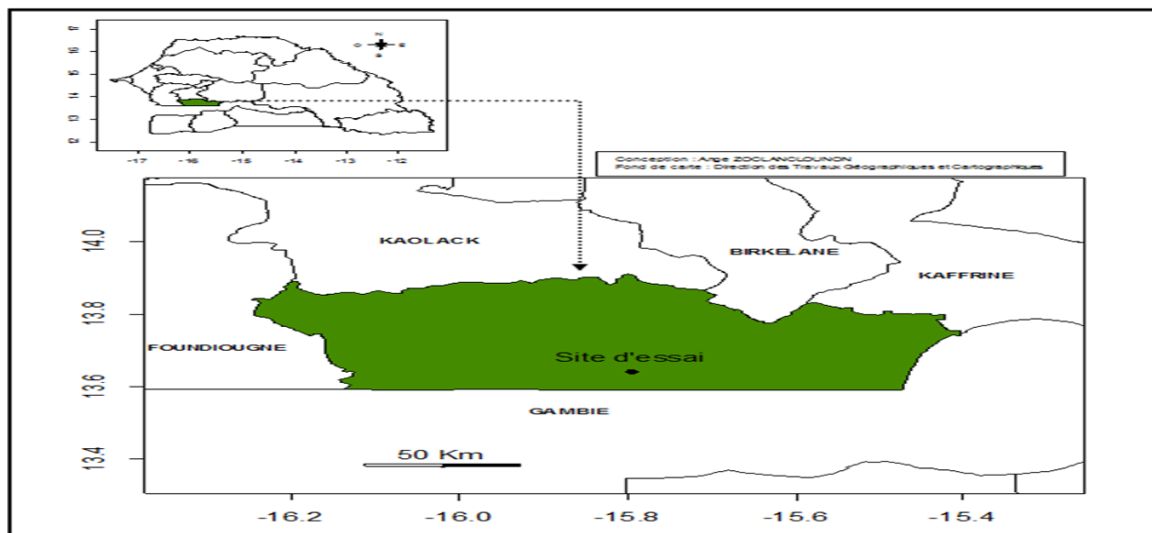


Figure 1 : Situation de la station de Nioro, Source : [8]

2-1-1. Le climat

Il est caractérisé par une alternance d'une saison sèche (de Novembre à Mai) et d'une saison de pluie (de Juin à Octobre), qui se traduit par d'importantes variations au niveau des paramètres climatiques.

2-1-2. La température et l'humidité

Durant toute la période de l'expérimentation, la moyenne des températures se situait autour de 29°C. Ainsi, la température moyenne la plus élevée a été enregistrée au mois d'Octobre avec 40,3°C et la plus basse a été observée au mois de juillet avec 21,22°C. La phase floraison-maturation observée entre le début du mois de septembre et la fin du mois d'octobre a coïncidé avec les périodes les plus chaudes avec des températures qui atteignaient 34,4°C (*Figure 2*).

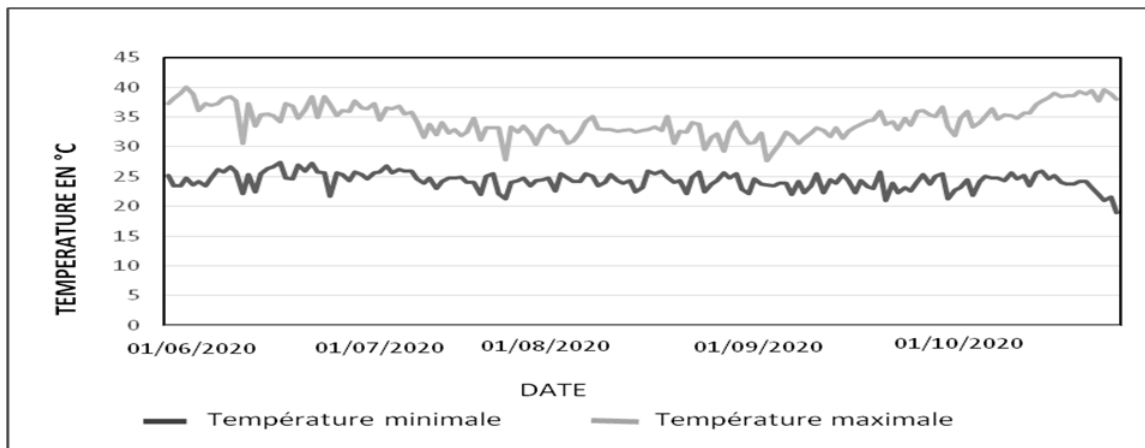


Figure 2 : Variation de la température minimale et maximale durant l'hivernage 2020 à Nioro

Par rapport à l'humidité relative, on observe que la phase d'épiaison et de floraison s'est déroulée pendant les périodes les plus humides avec 95 à 100 % d'HR (**Figure 3**)

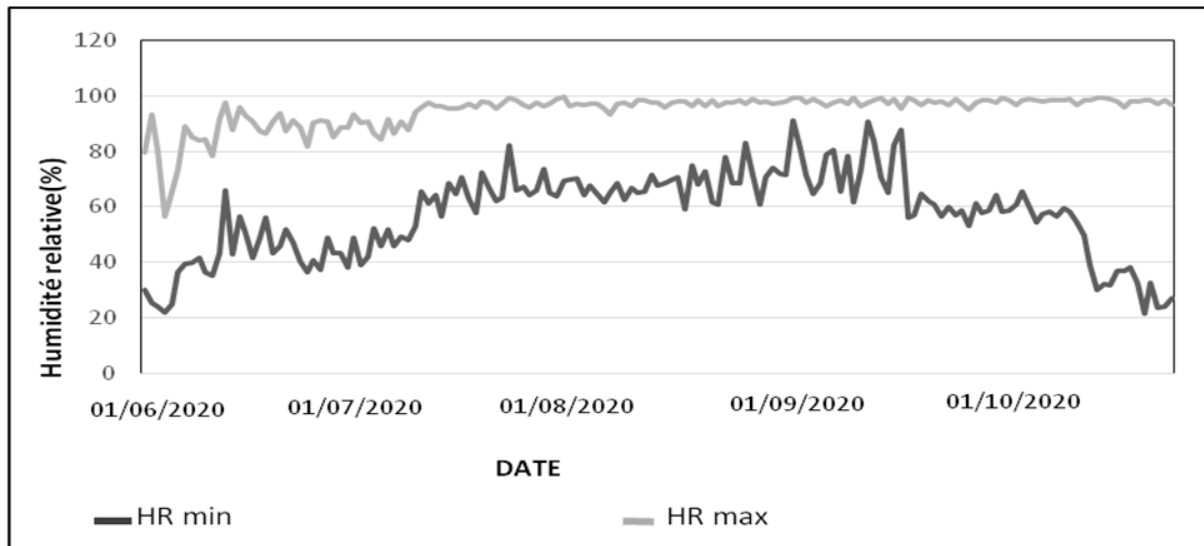


Figure 3 : Variation de l'humidité minimale et maximale durant l'hivernage 2020

2-1-3. La pluviométrie

Les pluies ont démarré durant la deuxième décennie du mois de juin. En effet, la première pluie utile est tombée le 12 juin avec 16,3 mm et les pluies se sont poursuivies jusqu'au mois d'octobre. Toutefois, des pauses pluviométriques ont été enregistrées mais qui n'étaient pas du tout longues. Elles ont toutes coïncidé avec la phase de développement des cultures, réduisant ainsi leur impact sur la productivité. Le cumul pluviométrique enregistré durant tout l'hivernage était de 896.1 mm pour 58 jours de pluie. La seconde décennie d'août et la première de septembre ont été les plus pluvieuses avec respectivement 155,5 mm et 158,9 mm (**Figure 4**).

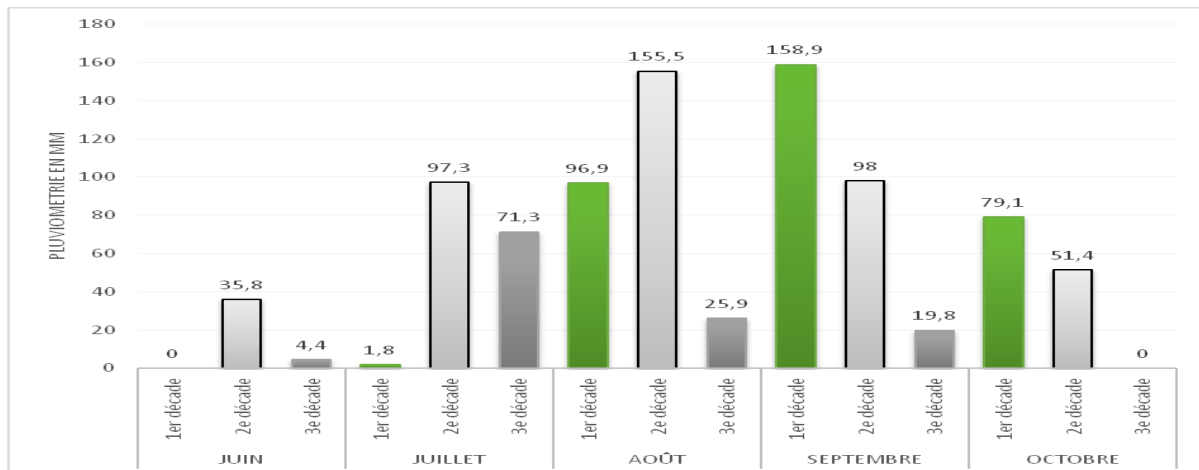


Figure 4 : Évolution des cumuls décadaires durant la saison pluvieuse de 2020 à la station de Nioro

2-1-4. Sol

Les principaux types de sols rencontrés dans la zone d'étude sont les Dior Deck de texture sablo-limoneuse avec moins de 10 % d'argile, les Deck Dior de texture sablo-limoneuse avec plus de 15 % d'argile, Correspondant à là où l'essai a été implanté et les Deck qui se caractérisent par une texture limono-argilo-sableuse sur les 40 premiers centimètres [8].

2-2. Matériel d'étude

2-2-1. Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de 40 entrées dont 38 nouvelles créations et 2 témoins toutes provenant du programme de l'ICRISAT S/C (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des variétés utilisées

Entrée	Désignation	Pédigrée	Origine
1	ICMV 167005	ICMA 04999xICMR 06777	Niger
2	ICMX207214	ICMA 04999xICMR 08666	Niger
3	ICMX207215	ICMA 177001xICMR 04111	Niger
4	ICMX207217	ICMA 177001xICMR 157003	Niger
5	ICMX207218	ICMA 177004xAnkoutess	Niger
6	ICMX207220	ICMA 177004xICMR 06111	Niger
7	ICMX207222	ICMA 177004xICMR 12111	Niger
8	ICMX207223	ICMA 177004xICMX 1770190:CV-7	Niger
9	ICMX207226	ICMA 177004xICMX 1770191:CV-9	Niger
10	ICMX207229	ICMA 177004xICMX 1770197:CV-19	Niger
11	ICMX207230	ICMA 177006xICMR 04111	Niger
12	ICMX207231	ICMA 177006xICMR 06111	Niger
13	ICMX207233	ICMA 177006xICMR 06111	Niger
14	ICMX207234	ICMA 177011xICMR 04111	Niger
15	ICMX207235	ICMA 177011xICMR 06111	Niger
16	ICMX207237	ICMA 177015xAnkoutess	Niger
17	ICMX207244	ICMA 177015xICMR 04111	Niger
18	ICMX207245	ICMA 177015xICMR 157002	Niger
19	ICMX207252	ICMA 177015xICMR 157003	Niger

20	ICMX207253	ICMA 177015xICMR 157004	Niger
21	ICMX207254	ICMA 177015xICMX 1770207:CV-7	Niger
22	ICMX207258	ICMA 177025xExborno	Niger
23	ICMX207259	ICMA 177025xICMR 12111	Niger
24	ICMX207261	ICMA 177025xICMR 1301	Niger
25	ICMX207264	ICMA 177029xICMR 04111	Niger
26	ICMX207266	ICMA 177029xICMR 12111	Niger
27	ICMX207267	ICMA 177090xICMR 04111	Niger
28	ICMX207269	ICMA 177111xICMR 06777	Niger
29	ICMX207271	ICMA 177111xICMR 157004	Niger
30	ICMX207273	ICMA 177111xICMX 1770190:CV-7	Niger
31	ICMX207275	ICMA 177111xICMX 1770197:CV-19	Niger
32	ICMX207276	ICMA 177111xICMX 1770197:CV-19	Niger
33	ICMX207278	ICMA 187333xICMR 06111	Niger
34	ICMX207279	ICMA 187333xICMR 06777	Niger
35	ICMX207281	ICMA 187333xICMR 157001	Niger
36	ICMX207282	ICMA 187333xICMR 157004	Niger
37	ICMX207284	ICMA 187333xICMR 157005	Niger
38	ICMX207287	ICMA 187333xICMR 167011	Niger
39	ICMX207288	ICTP 8203-Fe-2	Niger/Témoin
40	ICMX207290	PE05578	Niger/Témoin

2-2-2. Matériel de mesures

Le matériel utilisé pour la collecte des données était constitué de grandes règles en bois et de doubles décimètres servant à mesurer respectivement la hauteur des plantes et la longueur des épis. Pour mesurer le diamètre des épis, nous avons utilisé un pied à coulisse. Un appareil compteur de grain (Numigral) et une balance électronique de précision ont servi pour compter les 1000 grains et peser les épis, les grains et les échantillons de 1000 grains.

2-2-3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour l'étude est un Alpha lattice avec des blocs complètement randomisés sur trois (3) répétitions. Les entrées sont réparties aléatoirement dans les unités expérimentales ou parcelles. Le nombre de parcelles ou unités expérimentales est distribué comme suit $b \times k \times r$ où b = nombre de blocs ; k = nombre de parcelles par bloc et r = le nombre de répétitions. Pour notre cas, on compte 4 blocs de 10 parcelles chacun répétés 3 fois soient 120 parcelles. Pour éviter les effets de bordure, une ligne de la variété marqueuse GB 8735 a été placée en début et fin de chaque bande. La longueur totale de l'essai est de 59,25 m et la largeur est de 14,60m ce qui donne une superficie totale : $59,25 \text{ m} \times 14,60 \text{ m} = 865,05 \text{ m}^2$ (Figure 5).

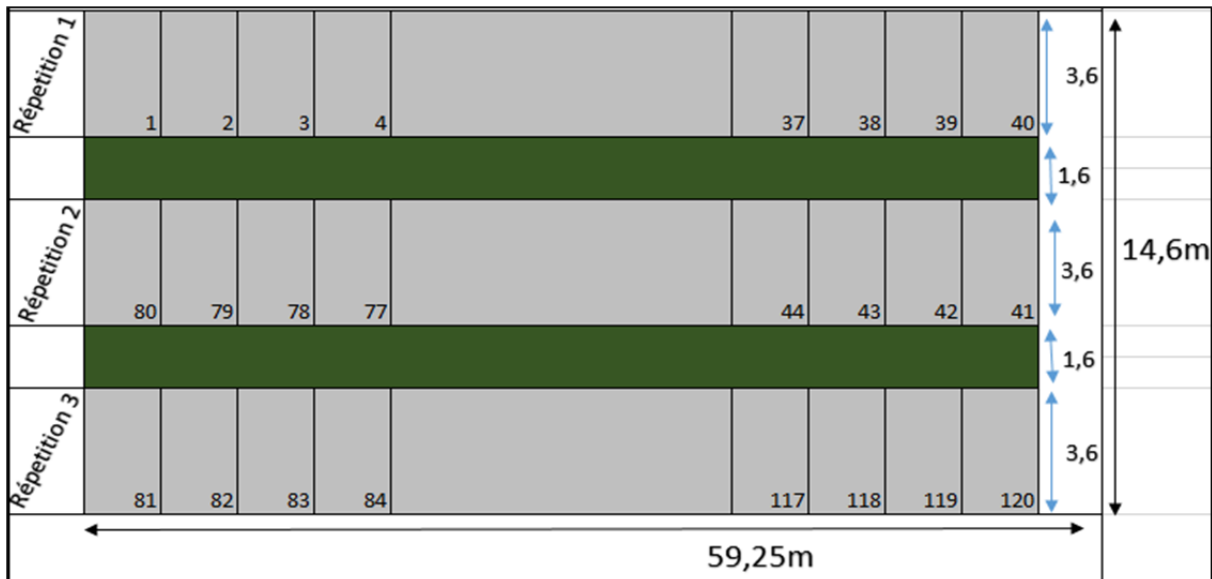


Figure 5 : Plan du dispositif expérimental

Chaque parcelle élémentaire et utile est composée de 2 lignes de 4m. Les écartements entre lignes sont de 0,75m et entre poquets sur la ligne sont de 0,40m donnant un effectif total de 10 poquets par ligne soit 20 poquets parcelle élémentaire (Figure 6).

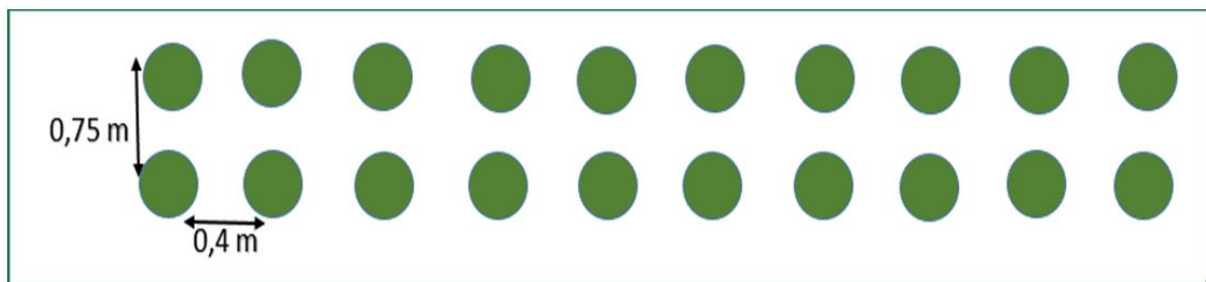


Figure 6 : Schéma de la parcelle élémentaire

2-2-4. Conduite de l'essai

L'essai a été conduit suivant le protocole conçu par le service de sélection mil du CNRA et l'ICRISAT. Les principales opérations culturales effectuées sont énumérées ainsi : Préparation du terrain : La préparation du terrain a consisté en un labour profond (15 à 20cm) suivi d'un hersage pour briser les mottes de la terre labourée et avoir un lit de semis bien nivelé. La culture a été conduite conformément aux exigences techniques du mil pour une durée de 99 jours (du 17 juillet-25 octobre 2020). Le semis a été réalisé en raison d'une pincée de grains par poquet. L'écartement était de 90 cm entre les poquets et de 90 cm entre les lignes. Le démariage est intervenu 15 jours après la levée, à raison de trois plants par poquet. Le N-PK a été appliqué sous forme de fumure de fond (150 kg ha⁻¹) et l'urée sous forme de fumure d'entretien (100 kg ha⁻¹ : 50 kg ha⁻¹ au tallage et 50 kg ha⁻¹ à la montaison).

2-2-5. Variables agro-morphologiques observées

Les différentes variables de croissance observées sont le comptage du nombre de Poquets à la Levée (NPL) effectué du 7^e au 15^e JAS, la mesure du délai Semis-Floraison Femelle (DSFF) (moment où 50 % des plantes

ont atteint l'émergence du stigmate de l'épi principal), la mesure de la hauteur des Plants (HP) représentée par la distance entre le ras du sol au sommet de l'épi de la talle principale et, la mesure de la longueur des Epis (L E) représentée par la distance entre la base et le sommet de l'épi de la talle principale. Pour les autres variables agronomiques, il s'agit du nombre d'épis récoltés par parcelle (NER, du poids des épis récoltés par parcelle (PDE), du poids des mille (1000) grains (PMG) et du Rendement en grains (kg/ha) (RG) calculé avec la **Formule** suivante :

$$RG \left(\frac{\text{Kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Poids des grains (en g)/1000}}{\text{surface utile (m}^2\text{)/10000}} = \frac{10 * \text{Poids des grains (en g)}}{\text{surface utile (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

3. Résultats

3-1. Récapitulatif des principaux résultats issus des analyses statistiques des variables observées

Le résumé des résultats des analyses statistiques (ANOVA) des données observées ont été résumés et synthétisés. On voit qu'il existe une différence significative entre les entrées pour tous les caractères observés à l'exception du poids des épis récoltés (g) et du rendement en grains (kg/ha).

Tableau 2 : Récapitulatif de l'analyse de variance

VARIABLES	50 % FLO (j)	HTR (cm)	LEP (cm)	NER /ha	PDE (kg)	PMG (g)	RDT kg/ha
Minimum	38	179	27	1639	198	8,29	315
Maximum	59	229	39	116950	3249	10,57	2558
Moyenne	46	201	32	97628	2886	9,24	1210
Probabilité	2.10 ⁻¹⁶ ***	3.10 ⁻⁵ ***	2.10 ⁻⁴ ***	7.10 ⁻⁴ ***	4.10 ^{-2ns}	1.10 ⁻³ ***	2.10 ^{-2ns}
%CV	5,18	9,42	32,63	24,92	27,31	9,25	28,16
Lsd	3,94	30,87	7,19	39538	1280,96	2,24	991,22

* " Significatif ; " ** " Hautement significatif ; " *** " Très hautement significatif ; HTR : hauteur des plants ; LEP : Longueur des Epis ; NER : Nombre d'épis à la récolte ; PDE : Poids des épis ; PMG : Poids de Mille Grains.

3-2. Rendement en Grains Délai semis-Floraison femelle

Le délai semis-floraison femelle varie de 38 à 59 jours. Il a été constaté que 25 % des variétés peuvent être considérées comme précoces, 75 % des variétés comme intermédiaires selon la classification de la FAO. La plus courte durée a été observée chez la variété ICMX 20729 avec 38 jours et la plus longue chez la variété ICMV 167005 avec 59 jours. La moyenne générale est de 46 jours démontrant encore que les variétés intermédiaires sont plus nombreuses que les variétés précoces dans le groupe. L'analyse de variance a montré un effet très hautement significatif [2.10⁻¹⁶] entre les variétés testées. Aussi, avec le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$, et la comparaison des moyennes, on trouve que les variétés se subdivisent en deux principales classes complètement distinctes : la première représente des variétés qui ont un délai de floraison intermédiaire [51 < FLO ≤ 65 jours] portant sur 30 variétés et la deuxième compte 10 variétés qui ont présenté une floraison précoce [FLO ≤ 50 jours] (**Figure 7**).

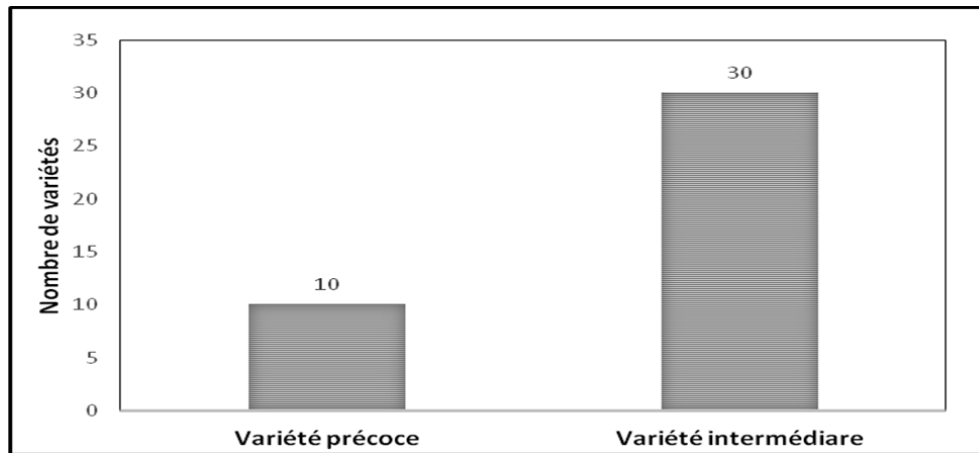


Figure 7 : *Subdivision des variétés en groupe selon le cycle semis-50 % floraison*

3-3. Hauteur des plants

La valeur moyenne de la hauteur a varié de 179 à 229cm. Il a été observé que la collection ne compte pas de variétés naines ou à taille inférieure à 150cm. La moyenne générale est de 201cm. L'analyse de variance a montré un effet très hautement significatif entre les variétés ($P = 2,53.10^{-5}$). La comparaison des moyennes subdivise les variétés en 2 classes. La première classe est composée des variétés à taille moyenne [$180 < HTR < 250$ cm] et la deuxième classe les variétés à très grande taille [$HTR > 250$ cm]. Ainsi nous avons 15 %, qui sont des variétés à taille moyenne et 85 % qui sont des variétés à grande taille. La plus grande taille est obtenue avec la variété ICMX207271 avec 229 cm et la plus petite taille avec la variété ICMX207278 avec 179 cm (**Figure 8**).

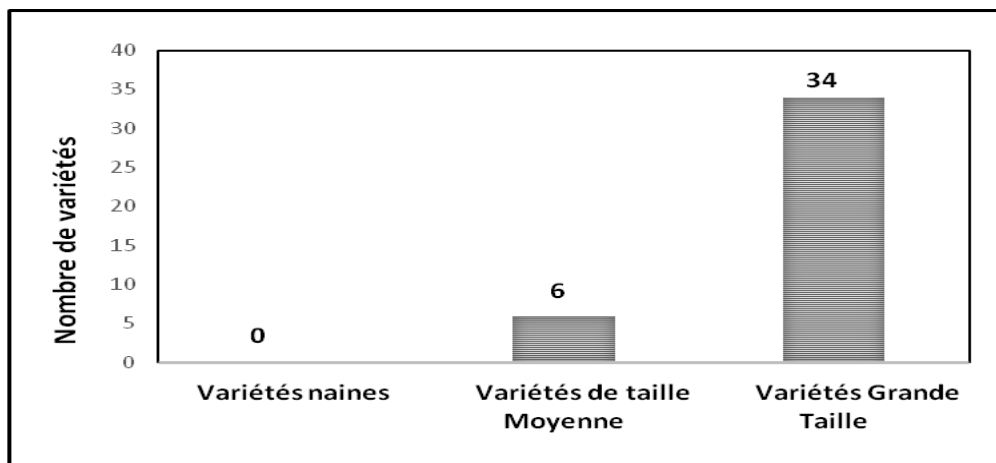


Figure 8 : *Subdivision des variétés en groupe selon la hauteur des plantes*

3-4. Longueur des épis

A l'issue de l'analyse statistique des résultats obtenus, nous observons un effet très hautement significatif ($P = 2.10^{-4}$) entre les populations testées. Le test HSD montre que les variétés se subdivisent en 16 groupes qui peuvent être rassemblés en 4 classes. Les variétés ICMX207271 et ICMX207284 ont les épis les plus longs avec 39 cm tandis que la variété ICMX207278 présente l'épi le plus court avec 27 cm. La moyenne générale est de 32cm et cela nous indique que la majorité des variétés ont des épis courts comparées aux variétés locales notamment Thialack2 qui fait plus de 60cm (**Figure 9**).

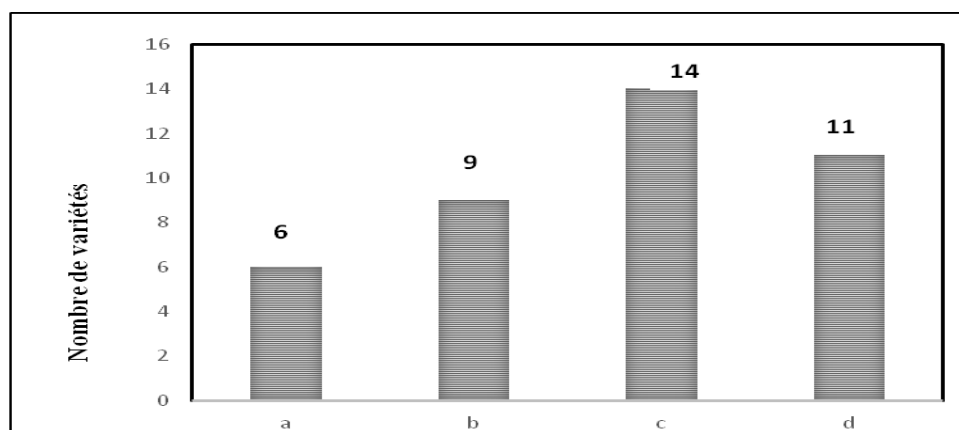


Figure 9 : Subdivision des variétés en groupe selon la longueur des épis

3-5. Nombre d'épis récoltés/ha

Les résultats des analyses de variance montrent l'existence d'une différence très hautement significative ($P = 7.89 \cdot 10^{-3}$) entre les variétés pour le nombre d'épis récoltés par hectare. Le nombre moyen d'épis récoltés varie de 1639 à 116950. La moyenne générale est égale à 97628 montrant encore le bon tallage des variétés par rapport à la géométrie de semis qui était de 31250 poquets par hectare. On remarque que la variété ICMX207288 a produit le plus grand nombre d'épis avec 116950. Elle est suivie par la variété ICMX207282 avec 115997. Par contre le nombre d'épis le plus faible est obtenu avec la variété ICMX207273 avec 1639 épis par hectare. La comparaison des moyennes subdivise les variétés en 3 classes différentes dont la première compte 6 individus, la seconde 22 accessions et la troisième 12 variétés (**Figure 10**).

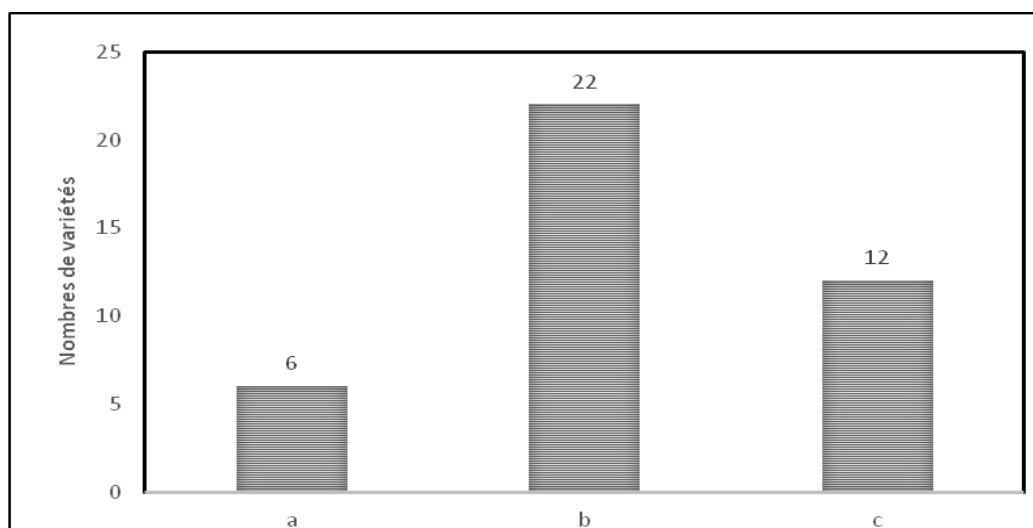


Figure 10 : Subdivision des variétés en groupe selon le nombre d'épis récoltés

3-6. Poids des épis (Kg/ha)

Le poids moyen des épis varie de 198 à 3249Kg/ha. La moyenne générale est de 2886. L'analyse de variance a montré un effet non significatif entre les variétés testées [$P = 0,0447$]. Ainsi, il faut voir que les variétés sont équivalentes pour ce qui est du poids des épis par hectare. Cependant, nous observons qu'ICMX207220 avec 3249 kg/ha a le plus grand poids d'épis alors qu'ICMX20722 avec 198 kg/ha a le poids le plus faible (**Figure 11**).

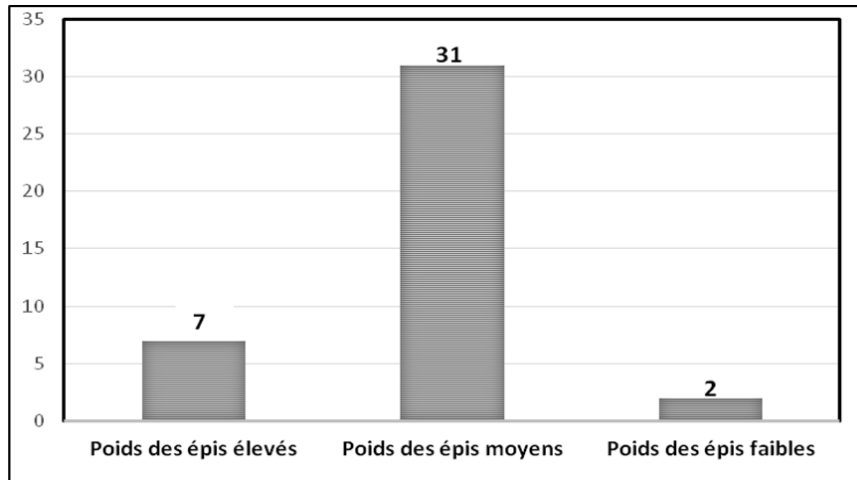


Figure 11 : Subdivision des variétés en groupe selon le poids des épis récoltés

3-7. Poids mille grains et Rendement en grains (Rdt (kg/ha))

Le poids moyen de mille grains varie de 8,29 à 10,57 g. La moyenne générale est de 9,24. L'analyse de variance a montré un effet très hautement significatif entre les variétés testées [P = 0,00118]. Le test Student Newman et Keuls de comparaison des moyennes au seuil $\alpha = 5\%$ a permis de ressortir 2 groupes de variétés. Le premier groupe est constitué des 6 variétés avec un poids moyen de 1000grains compris entre 5,5 g et 8,5g [$5,5 < P1000 < 8,5$ g] et le second comprend les variétés dont le poids est supérieur à 8,6g [$P1000 > 8,5$ g]. Ils comptent respectivement 6 et 34 variétés (Figure 12). Le rendement moyen en grains varie de 315 à 2558kg/ha. La moyenne générale est de 1210Kg/ha. L'ANOVA a montré un effet non significatif entre les variétés testées (P = 0,0164). Les analyses statistiques montrent que les variétés sont équivalentes en production de grains car elles ne sont pas statistiquement différentes. Toutefois, le rendement le plus important est obtenu avec la variété ICMX207233 pour 2558 kg/ha et le rendement le plus faible avec la variété ICMX207269 pour 315 kg/ha (Figure 13).

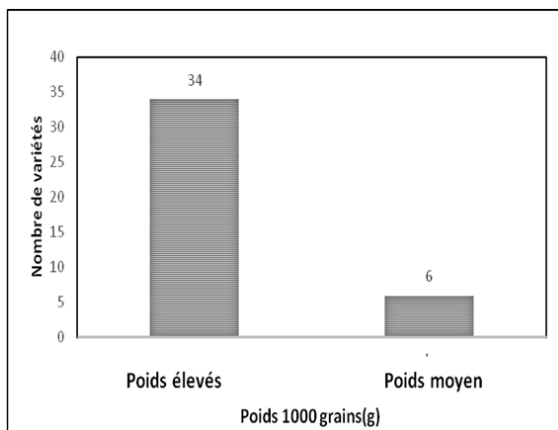


Figure 12 : Subdivision des variétés en groupe selon le poids de 1000 grains

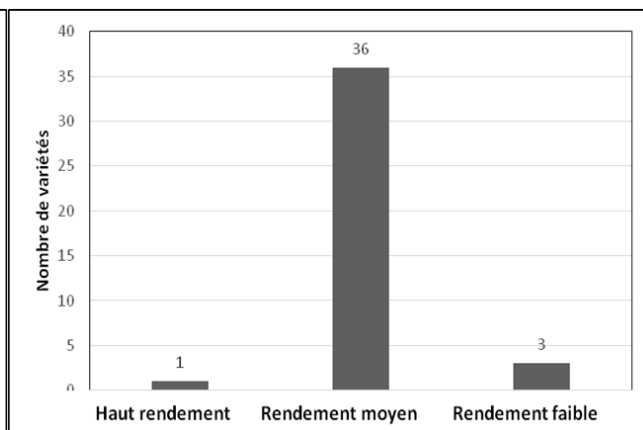


Figure 23 : Subdivision des variétés en groupe le rendement en grains Kg/ha)

3-8. Corrélation entre variable

Le **Tableau 3** nous renseigne sur la matrice corrélation entre les variables agro-morphologiques, nos résultats montrent des relations positives et fortes entre certaines variables. Le poids des épis (PDE) est

très fortement et positivement corrélé au rendement en grains (RDT (kg/ha) ($r = 0,95$). Il faut comprendre que le rendement en grains dépend fortement du poids des épis. Ainsi, pour augmenter le rendement d'une variété, les sélectionneurs peuvent sur le taux de tallage de la variété ou le nombre d'épis récoltables par parcelle. Au contraire, il a été observé que la longueur des épis (LEP) est fortement et négativement corrélée au rendement en grains ($r = -0,50$). Selon ce résultat, il faut remarquer que plus les épis ne sont longs, le rendement de la variété est faible. Certainement les variétés à épis longs avec leur cycle long n'arrivent à maturité pour donner beaucoup de rendement. Par contre, les résultats montrent que le nombre d'épis est faiblement corrélé au poids des épis ($r = 0,01$). Ainsi, il faut constater que l'augmentation du nombre d'épis est indépendante de la longueur des épis. Ainsi, il faut observer que les épis longs peuvent être trouvés chez les plantes de grande taille comme chez les naines.

Tableau 3 : Matrice de corrélation entre les variables agro-morphologiques observées

	FLO	HTR	LEP	NEPha	PDEha	PMG	RDT
FLO	1						
HTR	0,32***	1					
LEP	0,20**	0,54***	1				
NEPha	-0,22**	-0,30.	-0,22.	1			
PDEha	-0,07.	-0,05.	0,01.	0,66**	1		
PMG	-0,28***	-0,12.	-0,26.	0,01	0,02.	1	
RDT	-0,16**	-0,11.	-0,5.	0,66***	0,95***	0,09.	1

* "Significatif ; ** " Hautement significatif ; *** " Très hautement significatif ; ." Non significatif ; FLO : Floraison ; HTR : hauteur des plants ; LEP : Longueur des Epis ; NEPha : Nombre d'épis à la récolte à l'hectare ; PDE/ha : Poids des épis à l'hectare ; PMG : Poids de Mille Grains ; RDT : Rendement en Grains.

3-9. Analyse en composantes principales

Pour évaluer la dépendance des variables les unes par rapport aux autres et mesurer les combinaisons linéaires existantes, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée. Les résultats montrent un regroupement des accessions autour des 2 axes principaux dont le premier (Dim1) englobe 37,15 % d'information et le second (Dim2) contient 27,07 % soit un total de 64,22 % de l'inertie totale. Il faut voir que les variables HTR, LEP et FLO vont de pair. Ainsi, il a été constaté que la précocité, la taille des plantes et la longueur des épis constituent un ensemble dépendant. Plus la variété est tardive, sa taille et ses épis deviendraient plus longs. Il en est de même avec le rendement en grains, le poids des épis et la circonférence de l'épi. Le nombre d'épi par hectare (NEPha) semble être indépendant des autres caractères alors que la longueur de l'exercion semble prendre le sens opposé de ces paramètres explicatifs du rendement. La longueur de l'exercion chez une variété n'est liée à aucune des caractères observés (*Figure 14*).

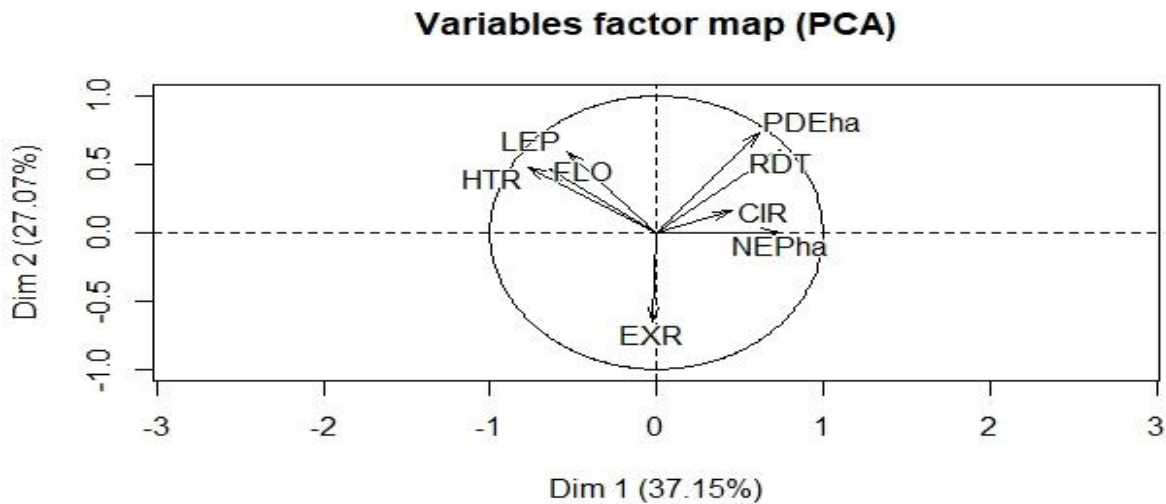


Figure 34 : Cercle de corrélation des variables étudiées projetées dans le plan factoriel 1 × 2. 34

4. Discussion

L'étude a montré une grande variabilité entre les variétés pour tous les paramètres agronomiques observés démontrant encore l'importante diversité existant entre les mils cultivés en Afrique de l'Ouest. Cette importante diversité trouvée entre les accessions testées est confirmée par les résultats des travaux de [5, 10 - 12], qui tous, avaient démontré l'existence d'une grande variabilité entre les mils cultivés en Afrique de l'Ouest qu'ils considèrent comme centre d'origine ou de grande diversité de l'espèce *Pennisetum glaucum*.

❖ Délai Semis-Floraison Femelle (DSFF)

Par rapport à la date de floraison des plants, l'analyse de variance nous a permis de répartir les variétés en deux groupes distincts suivant leurs précocités. Le groupe des précoces qui représente 25 % et le groupe des intermédiaires représentant 75 %. Ces résultats sont conformes à la répartition de [13] qui subdivisait les variétés cultivées en Afrique de l'Ouest, dans les 3 zones agro-écologiques, selon le cycle : précoces pour la zone sahélienne, intermédiaires pour la zone soudanienne (notre cas d'étude) et tardives pour la zone guinéenne. Les corrélations négatives qui lient les paramètres de rendement et floraison ($r = -0.16$) montrent que la durée du cycle peut impacter sur la production finale. Les variétés à cycle long sont moins productives que celles à cycle court en zone soudanienne. Ces résultats sont en accord avec ceux de [2] qui avaient montré que, plus le cycle est long, plus le rendement en grains est faible car la variété a peu de chance d'arriver à maturité pour donner des grains.

❖ Hauteur des Plants (HP)

Par rapport à la hauteur des plants, il a été observé une différence significative entre les variétés. D'après [14], la hauteur des plants est un caractère qui permet de discriminer des cultivars de mil et que la plupart des variétés cultivées en Afrique de l'ouest étaient de grande taille car c'était la préférence des paysans à cause des différentes utilisations faites avec la paille de mil. Les résultats issus de l'analyse de la hauteur montrent que plus de 50 % des entrées ont une taille supérieure ou égale à la moyenne qui est de 201 cm. Mais dans l'ensemble, on peut retenir que 85 % des variétés sont des variétés à grande taille et 15 % des variétés à taille moyenne selon la classification de la [15].

❖ *Longueur des Epis (LE)*

Les résultats de l'analyse pour la longueur des épis montrent que cette dernière est fonction de la variété. Les travaux de [16] ont montré que l'épi constitue le caractère le plus discriminant entre des écotypes de mil. Aussi on constate une différence très hautement significative entre les variétés testées et la présence de plusieurs groupes si on se réfère à la valeur de la PPDS au seuil de 5 % qui est de 7,19. Nos résultats montrent que la longueur des épis est assez variable et peut être classée en trois catégories : épis courts, épis très courts et des épis moyens. Selon [17], un épi est considéré comme court si sa longueur est inférieure ou égal à 45cm, intermédiaire si elle est comprise entre 45 et 65cm et longue si elle est supérieure à 65cm. Toutefois, les paysans sénégalais préfèrent de loin les épis longs aux épis courts. Nous pouvons dire que la majorité des variétés testées sera moins préférée par les producteurs vis-à-vis de ce caractère même si ces variétés sont de très bon rendement.

❖ *Nombre d'épis par hectare (NEPha)*

Le tableau de variance montre une différence hautement significative entre les variétés. Le nombre moyen d'épis récoltés varie de 1639 à 116950 épis. La moyenne générale est égale à 97628. Par ailleurs on voit nettement que le nombre d'épis récolté est très important dans l'ensemble des parcelles élémentaires. [18] disait que le nombre d'épis/unité de surface est fonction de deux composantes qui sont le peuplement pied et le coefficient de tallage en plus du niveau de fertilité des sols. Ainsi les pluviométriques successives étaient très importantes durant la période de remplissage des grains cause principale qui nous a parmi d'obtenir ces résultats. Cela est en conformité avec [19] qui affirment que le nombre de talles qui fleurissent dépend aussi bien de la variété que de conditions environnementales.

❖ *Poids de Mille Grains (PMG)*

Le PMG est une caractéristique variétale qui est influencée par la taille du grain et les conditions agroclimatiques de culture. Les plantes ayant complètement bouclés leur sans stress hydrique donnent des grains compacts et lourds. La moyenne générale de l'essai (9,24g/1000 grains) montre que la majorité des entrées ont des grains lourds ainsi on avait noté des pluviométriques très importantes que ces dernières ont des cycles plus. Ces résultats corroborent avec ceux de [20] qui concluaient que les pluies en phase de maturation et de remplissage des grains augmentaient leur volume et solidité.

❖ *Rendement en Grains (RG)*

Pour ce qui concerne le rendement en grains, il existe une différence significative entre les variétés. La différence entre les valeurs minimale (315 kg/ha) et maximale (2558 kg/ha) est très grande, démontrant encore la grande diversité qui existe entre les variétés. Avec la valeur médiane, on constate que 50 % des variétés ont un rendement inférieur ou égal à 1210Kg/ha. On constate que les variétés à faible rendement sont généralement celles avec des cycles longs et qui ont eu des difficultés pour boucler leur cycle. Ces résultats sont en phase avec ceux de [21, 22] qui ont montré que la diminution des cumuls pluviométriques peut expliquer 35 à 45 % de baisse des rendements des cultures en Afrique et pour [23, 24], dans les décennies à venir, les hypothèses de changement du régime pluviométrique pourraient avoir un effet négatif global sur la production du mil, maïs et sorgho.

5. Conclusion

L'objectif de l'étude était de tester et d'évaluer les performances agro-morphologiques de 40 variétés de à cycle intermédiaire dans les conditions agro-écologiques du Sénégal afin d'identifier des variétés qui pourraient être utilisées par les producteurs pour contribuer à l'augmentation de la production céréalière pour la sécurité alimentaire et du matériel génétique pouvant servir dans les programme national de création variétale, il faut constater que nos résultats ont atteint les objectifs fixés. Les résultats ont montré une grande variabilité et une importante diversité entre les accessions. Par conséquent, il faut observer que les variétés se subdivisaient en plusieurs groupes selon le critère utilisé .C'est ainsi, par rapport au cycle, il a été trouvé que les variétés se répartissent en deux principales classes : celles des entrées précoces et celles des intermédiaires. De même, par rapport à la taille des plantes, les résultats ont montré que la grande majorité des entrées étaient de grande comme le veulent les producteurs du Sénégal et de la sous-région. Pour ce qui est de la productivité en grains, les analyses statistiques montrent que la grande majorité des variétés avait effectivement une bonne production en grains. Les variétés les plus productives étant successivement ICMX207233, ICMX207235, ICMX207266.L'existence d'accession très productive, a cycle court et si elles sont riches en fer et zinc peuvent être proposées à la vulgarisation afin d'améliorer la productivité et contribuer à la sécurité alimentaire.

Références

- [1] - I. S. KHAIRWAL, K. N. RAI, B. DIWAKAR, Y. K. SHARMA, B. S. RAJPUROHIT, N. BINDU and B. RANJANA, Pearl millet : Crop management and seed production Manual. ICRISAT, Patancheru, Andhra Pradesh, India, (2007) 104 p.
- [2] - O. SY, A. FOFANA, N. CISSE, K. NOBA, D. DIOUF, I. NDOYE, D. SANE, A. KANE, N. A. KANE, T. H. HAUSSMAN and E. ELWEGAN, Étude de la variabilité agromorphologique de la collection nationale de mils locaux du Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 87 (2015) 8030 - 8046
- [3] - C. L. L. GOWDA et K. N. RAI, Evolution of hybrid parents research. In: Hybrid parents research at ICRISAT (Gowda C.L.L., Rai K.N., Freddy B.V.S. and Sana K.B., eds). ICRISAT Center, Patancheru, (2006) 1 - 10 p.
- [4] - B. AMADOU, Identification of marker-trait associations for resistance to *Striga hermonthica* (Del.) Benth. Segregating in a wild x cultivated pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] Mapping population of F3 progenies. Thèse de maîtrise, Spécialisation Systèmes et Techniques Innovants pour un Développement Agricole Durable (STIDAD). Montpellier-SupAgro, Montpellier, (2009)
- [5] - K. MANNING, R. PELLING, T. HIGHAM, J. L. SCHWENNIGER and D. Q. FULLER, 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) (2011) 312 - 322
- [6] - K. H. MOUMOUNI, Construction d'une carte génétique pour le mil, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., par une approche de génotypage par séquençage (GBS). Mémoire de Maîtrise en biologie végétale. Université Laval, Québec, Canada, (2014) 93 p.
- [7] - FAO, Economie mondiale du sorgho et du mil : faits tendances et perspectives. FAO. Rome, (1997) 68 p.
- [8] - J. B. P. M. NDIAYE, Evaluation variétale de riz de plateau dans les conditions de culture du sud du Bassin Arachidier du Sénégal. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux agricoles, Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR), Bambey, Sénégal, (2017) 34 p.
- [9] - D. SOW, Evaluation de lignées de mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] Pour la résistance au mildiou [*Sclerospora graminicola* (Sacc.) J. Schröeter] dans les conditions agro-écologiques du Sud du bassin arachidier. Mémoire d'Ingénieur des travaux agricoles ISFAR/ Université de Thiès, (2017) 59 p.

- [10] - J. R. HARLAN, Agricultural origins. Centers and non-centers. *Science*, 174 (1971) 468 - 474
- [11] - I. OUMAR, C. MARIAC, J. L. PHAM, Y. VIGOUROUX, Phylogeny and origin of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R.Br.) as revealed by microsatellite loci. *Theor Appl Genet*, 117 (2008) 489 - 497. DOI; 10.1007/s00122-008-0793-4
- [12] - J. CLOTAULT, A. C. THUILLET, M. BUIRON, S. DE MITA, M. COUDERC, B. I. HAUSSMANN, C. MARIAC and Y. VIGOUROU, Evolutionary history of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.) And selection on flowering genes since its domestication. *Mol. Bio. Evol.*, 29 (4) (2102) 199 - 212
- [13] - G. SALL, Evaluation et identification des variétés de mil à double usages dans les conditions agro-climatiques du CNRA de Bambey. Mémoire d'ingénieur des travaux en Agriculture, ISFAR. Université de THIES, Sénégal, (2017) 1 p.
- [14] - B. OUENDEBA, G. EJETA, W. W. HANNA and K. A. KUMAR, Diversity among African pearl millet landrace populations. *Crop Science*, 35 (1995) 919 - 924
- [15] - - FAO, Catalogue ouest africain des espèces et variétés végétales. Rome : CEDAO UEMOA- CILSS, (2008) 109 p.
- [16] - R. G. ZANGRE, M. SAWADOGO and B. D. OUEDRAOGO, Caractérisation et stratification d'une collection de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Du Burkina Faso. *Int. J. Bio. Chem.Sci.*, 3 (5) (2009) 1042 - 1056
- [17] - FAO, Catalogue Ouest africain des espèces et variétés végétales. Rome, Italie, ISBN 978 92-5-205965-3, (2008) 113 p.
- [18] - P. GRIGNAC, Le blé dur morphologie succincte. Annales de l'INA El - Harrach, Alger, Vol. 8, (2) (1977) 83 - 87 p.
- [19] - A. FOFANA, H. TALL, M. GUÈYE, D. BADIANE, M. GUÈYE, D. S. SOW, M. SALL, Amélioration de la productivité du mil au Sénégal Oriental et en Casamance. Rapport annuel 2008, (2011) 35 p.
- [20] - O. T. A. CHEIK, A. SAVADOGO, Y. BAYANE and S. A. TRAORE, A comparative study on nutritional and technological quality of fourteen (14) cultivars of Pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) Leeke] in Burkina Faso. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5 (6) (2006) 512 - 521
- [21] - M. V. K. SIVAKUMAR, Empirical analysis of dryspells for agricultural applications in West Africa. *Journal of Climate*, 5 (1992) 532 - 9
- [22] - B. SULTAN, Global warming threatens agricultural productivity in Africa and South Asia. *Environmental Research Letter*, 7 (2012) 041001
- [23] - B. SULTAN, P. ROUDIER, S. TRAORÉ, Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'ouest in IRD 2015, (2005) 209 - 225
- [24] - B. I. G. HAUSSMANN, S. S. BOUREIMA, I. A. KASSARI, K. H. MOUMOUNI and A. BOUBACAR, Mechanisms of adaptation to climate variability in West African pearl millet landraces—a preliminary. *Journal of SAT Agricultural Research*, 3 (1) (2007) 1 - 3
- [25] - P. K. KOUAKOU, B. MULLER, F. AFFHOLDER, A. GUISSÉ, B. SULTAN, Pearl millet yields and climate evolution across the last 20 years in central Senegal. A yield gap study, (2015) 93 p.