

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT AGROFORESTERIE

Mémoire de Master

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

Sujet :

Comportement phénologique et agro-morphologique de 15 variétés d'amarante (*Amaranthus ssp*) cultivées en Basse-Casamance

Présenté par : M. Mamadou Lamine CISSE

Encadrant : **Dr Djibril SARR**, Maître-assistant

UFR-ST/UASZ

Sous la direction de **Pr Siré DIEDHIOU**, Maître de Conférences UFR-ST/UASZ Soutenu
publiquement le 04 novembre 2023 devant le jury composé de :

Président : **Pr Ismaïla COLY**

Maître de Conférences UFR-ST/UASZ

Membres : de **Pr Siré DIEDHIOU**, Maître de Conférences UFR-ST/UASZ

Dr Djibril SARR

Maître-assistant

UFR-ST/UASZ

Dr Boubacar CAMARA

Maître-assistant

UFR-ST/UASZ

Dr Antoine SAMBOU

Maître-assistant

UFR-ST/UASZ

Dr Joseph Saturnin DIEME

Maître-assistant

UFR-ST/UASZ

DEDICACES

Au Nom d'ALLAH Le Tout Miséricordieux, Le Très Miséricordieux.

Je dédie ce modeste travail à :

- ✚ **mes parents M. Moussa CISSE et Mme Aissatou COLY CISSE** pour les peines et sacrifices consentis pour notre éducation. Mon amour et profonde reconnaissance ne pourraient être exprimés à travers ce modeste travail. Je prie le Tout Puissant de vous accorder une longue vie, une bonne santé pour que vous puissiez, ne serait-ce qu'un jour, récolter le fruit de votre incommensurable labeur,
- ✚ **ma femme Mbayang DIENG Madame CISSE** pour l'amour, l'affection et la patience en ma personne malgré mes imperfections,
- ✚ **mon fils Moussa Ibn Hadjar COLY CISSE**, ma principale source de motivation dans la vie,
- ✚ **mes frères et sœurs**, en témoignage de mon grand amour fraternel. Que dieu leur accorde succès et bonheur,
- ✚ **tous mes amis**, en témoignage de mon grand amour et de l'amitié que je porte pour vous et en particulier : El hadj Mamadou Tombon SAGNA, Ousmane Gueye, Diatou DIEDHIOU, Khadija SADIO, Mariétou CAMARA, Ibrahima THIAM, Aissatou NDIAYE, Aissatou SARR, Moustapha DIEDHIOU, Bakary DIEDHIOU, Aliou Bandioul SANE, Amira Mariama Kesso BARRY, Famara BODIAN, Fatima Sy, Adjil Sokhna Niang, Seckou Diédhiou, Mamadou Gassama, Lamine Diédhiou, Kemo Coly, etc.
- ✚ **tous les membres et sympathisant** de l'Association des Elèves et Etudiants Musulmans du Sénégal (AEEMS).

Amine !

REMERCIEMENTS

Je rends grâce d'abord au Tout Miséricordieux de m'avoir donné la guidance, le courage, la volonté nécessaire pour accomplir ce travail. Ces quelques mots sont pour moi une occasion de remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Mes sincères remerciements vont à l'endroit de :

- ✚ Dr Djibril SARR enseignant-chercheur à l'Université Assane Séck de Ziguinchor, maître de stage et encadrant de ce travail, pour la confiance portée en ma personne pour diriger ce travail. Il m'a surtout marqué par son sens de l'écoute, sa compréhension et sa générosité dans le partage du savoir mais surtout sa modestie. Je demande le Tout Puissant de le rétribuer de la meilleure des façons,
- ✚ Enseignants-chercheurs du département d'agroforesterie de l'université Assane Seck de Ziguinchor à savoir Pr Mohamed Mahmoud CHARAHABIL, Pr Siré Diédhiou, Pr Ngor NDOUR, Pr Ismaïla COLY, Dr Antoine SAMBOU, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar Camara, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Saboury NDIAYE, Dr Abdoulaye SOUMARE, Dr Oulimata DIATTA ainsi que tous les doctorants du département,
- ✚ Dr Seyni SANE pour avoir accepté de lire ce document et d'avoir apporté sa contribution dans le travail,
- ✚ El Hadji Mamadou Tombon SAGNA, un ami intime, un conseiller, qui m'a accompagné, appuyé et soutenu du début à la fin de ce travail. Mention spéciale à lui,
- ✚ Mme CISSE Mbayang DIENG la mère de Moussa Ibn Hadja pour son soutien et son amour,
- ✚ Moussa GUEYE, il a toujours été comme un père pour moi,

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont conseillés, soutenus financièrement et relus le mémoire. Nous tenons enfin à remercier la 10^{ème} promotion du département d'agroforesterie précisément à Oumar CISSE, Bamba GAYE dit FALL, Ansou SANE, Ablaye DIOP, les familles COLY et GUEYE à Ziguinchor, ainsi que nos amis, frères et sœurs.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	ii
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vi
LISTE DES FIGURES :	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
RESUME	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Généralités sur l'amarante	3
1.1. Origine, classification et caractéristiques botanique.....	3
1.2. Les stades de croissance phénologiques	4
2. Composition nutritionnelle de l'amarante	7
3. Utilisations	7
4. Exigences écologiques	8
5. Pratiques culturales et rendement	9
6. Fertilisation.....	9
7. Principaux ennemis (maladies et ravageurs)	9
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	11
1. Localisation du site	11
2. Matériel végétal	12
3. Facteurs étudiés et dispositif expérimental	13
4. Conduite de l'essai.....	14
4.1. Préparation du sol délimitation des blocs et parcelle.....	14
4.2. Semis et repiquage	15
4.3. Entretien des cultures et arrosage	16

4.4.	Fertilisation.....	16
4.5.	Récolte	17
5.	Observations et mesures.....	18
5.1.	La floraison.....	18
5.2.	La hauteur.....	19
5.3.	La sensibilité à la verse	19
5.4.	La biomasse sèche aérienne et de la panicule	20
5.5.	La production par plante.....	20
5.6.	Les ravageurs et maladies	21
6.	Traitement et analyse des données	21
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION		22
1.	Résultats	22
1.1.	La floraison.....	22
1.2.	La hauteur.....	22
1.3.	La biomasse aérienne	23
1.4.	La biomasse de la panicule.....	24
1.5.	La production par plante.....	25
1.6.	Sensibilité à la verse.....	26
1.7.	Matrice corrélation.....	27
1.8.	Les symptômes et ravageurs.....	28
2.	Discussion	33
CONCLUSION		35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		36

SIGLES ET ABREVIATIONS

ANSD Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

BBCH **B**iologische Bundesanstalt, **B**undessortenamt et **C**hemische Industrie

JAR Jour Après Repiquage

JAS Jour Après Semis

NRC Conseil National de Recherche

PAM Programme Alimentaire Mondial

PIP Programme d'Inspection Progressive

SNK Student- Newman-Keuls

LISTE DES FIGURES :

Figure 1: Plante d'amarante.....	4
Figure 2: Le cycle de vie de l'amarante	6
Figure 3: Diverses utilisations de l'amarante	8
Figure 4: Site expérimental.....	11
Figure 5: Dispositif expérimental.....	14
Figure 6: Délimitation des parcelles élémentaires	15
Figure 7: Pépinière sur des alvéoles remplies de terreau de Jard Tropical.....	15
Figure 8: Sarclo-binage.....	16
Figure 9: Arrosage.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10: Fertilisation	17
Figure 11: séchage à l'étuve (A) et à l'air libre (B).....	17
Figure 12: Observation de la floraison	18
Figure 13: Mesure de la hauteur des plantes.....	19
Figure 14: Plantes versées.....	20
Figure 15: Balance électronique précision 1g.....	21
Figure 16: Variation de la floraison en fonction des variétés	22
Figure 17: Variation de la hauteur en fonction des variétés.	23
Figure 18: Variation de la biomasse sèche aérienne en fonction des variétés	24
Figure 19: Variation de la biomasse de la panicule en fonction des variétés	25
Figure 20: Variation du rendement en fonction des variétés	26
Figure 21: Variation de la sensibilité à la verse en fonction des variétés.....	27
Figure 22: Taches foliaires.....	29
Figure 23: Brulure des plantes d'amarante.....	29
Figure 24: Maladies virales.....	30
Figure 25: Les criquets puants	30
Figure 26: Larve et adulte de l'hanneton.....	31
Figure 27: Charançons sur les feuilles d'amarante	31
Figure 28 : <i>Agonocelis versicolor</i>	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Description des stades de croissance phénologiques <i>d'Amaranth sp.</i>	5
Tableau 2: Composition de l'amarante en éléments nutritifs	7
Tableau 3: Matériel végétal.	12
Tableau 4: Matrice de corrélation	28

RESUME

L'amarante est caractérisée par une haute valeur nutritive et une adaptation à différents environnements. Elle est une culture prometteuse pour les sols marginaux et les régions semi-arides. Ce présent travail s'inscrit dans le cadre d'une étude du comportement phénologique et agro-morphologique de 15 variétés d'amarante (*Amaranthus spp*). L'objectif général est de contribuer à la diversification des cultures au Sénégal pour une amélioration de la production alimentaire et une réduction des risques d'insécurité alimentaire. L'objectif spécifique est d'identifier des variétés adaptées aux conditions de la Casamance. De ce fait, un essai a été mis en place avec un dispositif expérimental en 03 blocs aléatoires complets (Blocs de Fischer) avec 15 parcelles élémentaires. Les paramètres (date de floraison, hauteur des plantes, poids sec de la panicule, la biomasse sèche, production par plante et sensibilité à la verse ont été mesurés. Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance. Les résultats ont montré des différences hautement significatives entre les variétés sur tous les paramètres quantitatifs sauf la biomasse sèche aérienne. Les géotypes les plus précoces sont Pi 477 915, Pi 481 134 et Pi 615 696 et Pi 538 325. La plus grande production a été enregistrée avec les variétés Pi 525 498, Pi 636 182 et Pi 636 190. Par rapport à la verse la variété la plus résistante est Pi 538 319 avec un taux de 20% et la plus sensible est Pi 615 696 avec un taux de 94%. L'essai a permis aussi d'identifier un certain nombre de maladies et ravageurs qui limitent la productivité. Ce sont : les hannetons, les criquets, les pentatomidaes, les chenilles, les charançons et les taches foliaires.

Mots clés : amarante, géotype, rendement, comportement phénologique, agro-morphologie, Casamance.

ABSTRACT

Amaranth is characterized by high nutritional value and adaptation to different environments. It is a promising crop for marginal soils and semi-arid regions. The present work is part of a study of the phenological and agro-morphological behavior of 15 varieties of amaranth (*Amaranthus* spp). The general objective is to contribute to crop diversification in Senegal, in order to improve food production and reduce the risk of food insecurity. The specific objective is to identify varieties adapted to Casamance conditions. A trial was set up using a complete randomized block design (Fischer blocks) with 15 elementary plots. The following parameters were measured: flowering date, plant height, panicle dry weight, dry biomass weight, average production per plant and susceptibility to lodging, and the data obtained were subjected to an analysis of variance. The results showed highly significant differences between varieties on all quantitative parameters except above-ground dry biomass. The earliest genotypes were Pi 477 915, Pi 481 134, Pi 615 696 and Pi 538 325. The highest production was recorded with Pi 525 498, Pi 636182 and Pi 636 190. With regard to lodging, the most resistant variety is Pi 538 319 with a rate of 20%, and the most sensitive is Pi 615 696 with a rate of 94%. The trial also identified a number of diseases and pests that limit productivity. These are: chafer, locust, pentatomida, caterpillar, weevil and leaf spot.

Key words: amaranth, genotype, yield, phenological behavior, agro-morphology, Casamance.

INTRODUCTION

L'agriculture au Sénégal représente la principale activité du secteur primaire. Elle constitue un secteur de création de richesses et de réduction de l'insécurité alimentaire, en particulier pour les populations rurales (ANSD, 2015). Cette agriculture se caractérise par une faiblesse de ses performances (rendements faibles, tendance à la baisse de la production per capita) liées à la dégradation et à l'appauvrissement des sols et à un régime pluviométrique irrégulier (PAM, 2014). Le pays subit des chocs climatiques de manière récurrente ces dernières décennies engendrant l'accentuation de la sécheresse, le tarissement des ressources en eau, des déficits pluviométriques, la dégradation des sols etc. Ce qui impacte négativement sur l'agriculture. De ce fait la sécurité alimentaire est menacée. Les espèces cultivées auparavant ne sont plus performantes face à la variation des conditions climatiques.

Ainsi, l'introduction des cultures alternatives adaptées aux chocs climatiques est donc nécessaire pour atténuer les risques du changement climatique sur l'agriculture. Ces cultures tolérantes peuvent fournir une alternative pour de nombreux pays en développement comme le Sénégal (PAM, 2014). Aussi cette diversification des cultures est considérée comme une partie intégrante des stratégies de la production alimentaire mondiale dans la lutte contre les carences en micronutriments et en protéines. Elle a également un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols (Alemayehu et *al.*, 2015). Une des plantes alternatives pour la diversification de l'agriculture sénégalaise est l'amarante du fait qu'elle est caractérisée par une haute valeur nutritive et une bonne adaptation à différents environnements. L'amarante est considérée comme une culture prometteuse pour les sols marginaux et les régions semi-arides (Cunningham et *al.*, 1992).

Toutefois, le choix des espèces et des variétés ; critères de leur sélection ; les conditions chimiques et physiques du sol ; exigences des plantes en éléments minéraux ; la fertilisation ; les méthodes culturales (préparation du sol, semis, pépinière, repiquage, écartement, arrosage etc.) ; la lutte contre les maladies, les insectes nuisibles, les nématodes, les mauvaises herbes ; influence de l'ombrage ; floraison précoce ; méthodes applicables pour la récolte ; valeur nutritive exacte et influence des méthodes culturales sur cette valeur ; production et conservation des semences sont des défis à relever pour l'introduction de cette culture dans le système de culture sénégalais.

Sur la base de ces différentes problématiques, ce travail vise à étudier le comportement phénologique et agro-morphologique de 15 variétés d'amarantes (*Amaranthus spp*) dans les conditions de culture de la Casamance en vue d'identifier des variétés d'amarantes prometteuses. L'objectif général de contribuer à une diversification des cultures au Sénégal pour une amélioration de la production alimentaire et une réduction des risques d'insécurité alimentaire au Sénégal.

Le travail est organisé en une introduction, un chapitre portant sur la synthèse bibliographique, un chapitre sur le matériel et les méthodes utilisés, un chapitre sur les résultats et leur discussion et une conclusion avec des perspectives d'étude.

CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur l'amarante

1.1. Origine, classification et caractéristiques botanique

L'amarante est originaire de l'Amérique du sud et de l'Amérique centrale où sa culture par les Aztèques remonte de 5 000 à 7 000 ans (Kauffman et *al.*, 1990). Depuis très longtemps, diverses espèces d'amarantes ont été domestiquées et cultivées pour l'alimentation dans les civilisations précolombiennes, aussi bien en Mésoamérique (chez les Mayas et les Aztèques, notamment) qu'en Amérique du Sud (chez les Incas par exemple) (Sauer, 1950a, 1950b). Les amarantes sont des plantes annuelles appartenant à la classe des magnoliopsidas, l'ordre des Caryophyllales, la famille des amaranthacées ou chénopodiacées et au genre *Amaranthus* (O'Brien et *al.*, 1983). Le genre *Amaranthus* comprend une soixantaine d'espèces, originaires principalement des régions tropicales et tempérées d'Amérique et d'Asie. Ces espèces sont réparties en 4 catégories : céréales : *hypochondriacus* A. (plume prince), *cruentus* A. (amarante pourpre), *caudatus* A. légumes (*A. tricolor*) ; plante ornementale (*A. caudatus*) ; mauvaise herbe (*A. viridus*, *A. spinosus*) (O'Brien et *al.*, 1983). La plupart des espèces d'amarante sont sauvages. Un nombre limité d'amarante est cultivé. La différence entre les espèces sauvages et cultivées est que, ces dernières ont tendance à être indéterminées et robuste (NRC, 1984). Les fleurs, très petites, forment parfois de longs plumets très serrés, groupés en panaches retombants. Les bractées, de couleur amarante entourant la fleur, gardent leurs fraîcheurs une fois coupées. Les tiges sont dressées ou couchées, à rameaux ascendants, glabres. Les feuilles sont alternes, à longs pétioles, glabres, à limbe clair et à bords ovales ou lancéolés (Belhabib, 2005). L'amarante est une plante monoïque ou dioïque avec 3-5 bractéoles petites et foliacées ou membraneuses et spinescentes. Elle peut avoir de 0 à 5 segments du périanthe qui sont linéaires ou lancéolés à spatulés. Elle a 2 à 3 styles et stigmates. Ces fruits secs, membraneux, indéhiscents, s'ouvrent circulairement ou se déchirent à la fin irrégulièrement, contiennent une seule graine (Grubben, 1975)



Figure 1: Plante d'amarante

1.2. Les stades de croissance phénologiques

L'échelle BBCH aide à définir les événements phénologiques de toutes les espèces de plantes mono- et dicotylédones. L'utilité de l'échelle BBCH a été validé dans la description de plusieurs caractères d'intérêt agronomique à des stades de développement spécifiques de différentes plantes (Munger et *al.*, 1997). Principalement les stades de croissance de différentes espèces d'amarante comprennent : la germination, le développement des feuilles, l'émergence de l'inflorescence et le développement des fleurs, l'anthèse, le développement des graines, la maturation des graines et la sénescence (figure 2). Basé sur l'existence de l'échelle BBCH huit principaux stades de croissance (stade 0–2, 5–9) ont été identifiés dans le cycle de croissance des espèces d'amarante. Chaque étape principale est subdivisée en étapes secondaires pour permettre une description détaillée du développement de l'amarante (Tableau 1). Comme dans d'autres plantes (Martinelli et *al.*, 2011), les stades 3 et 4 à l'échelle BBCH (élongation de la tige et développement des parties végétatives récoltables respectivement) sont non applicable à l'amarante en raison de la croissance longitudinale de la principale tige qui se produit parallèlement au développement des feuilles (Martínez et *al.*, 2019).

Tableau 1: Description des stades de croissance phénologiques d'*Amaranth sp.*

Croissance principale scène BBCH	Code BBCH	La description
0: Germination	0	Graine sèche
	1	Début de l'imbibition des graines
	3	Imbibition des graines terminée
	5	La radicule est sortie de la graine
	6	Radicule allongée, poils absorbants et/ou racines latérales visibles
	8	Émergence de l'hypocotyle
	9	Émergence des cotylédons à travers le sol
1 : Développement des feuilles	10	Cotylédons entièrement sortis/Ouverture des cotylédons
	11	Première paire de feuilles visible
	12	Deuxième paire de feuilles visible
	13	Cinq ou six feuilles visibles
	1...	Étapes continues jusqu'à...
3: Allongement de la tige		La croissance longitudinale de la tige principale se produit parallèlement au développement des feuilles. C'est pourquoi le codage du stade principal 3 est omis
5 : Émergence des inflorescences	50	Début d'émergence de la panicule (panicule encore entourée de feuilles)
	51	Feuilles entourant l'inflorescence séparées, l'inflorescence est visible d'en haut
	52	Panicule visible des côtés (croissance indéterminée de la panicule)
	59	Inflorescence visible, mais toutes les fleurs sont encore fermées
6 : Anthèse et inflorescence axillaire 60 63		Début d'anthèse : fleurs de l'inflorescence principale avec premières anthères extrudées (floraison acropète)
		Fleurs staminées et femelles visibles
	65	Pleine floraison: anthères visibles sur la plupart des panicules

		69	Fin de floraison : La panicule a terminé sa floraison, mais quelques anthères sénescentes peuvent subsister
7 : Développement des fruits et des graines)		70	Épaississement des ovaires (développement de l'ovule fécondé)
		71	Mûr aqueux: les premiers grains visibles ont atteint la moitié de leur taille finale
		73	Lait précoce : Grains immatures (les grains présentent une consistance laiteuse)
		75	Lait moyen : Grains avec une coloration blanche de ton opaque et une consistance pâteuse
		77	Lait tardif : la texture des grains est légèrement rugueuse, et leur coloration devient ivoire opaque
8: Maturation		80	Grain laiteux, contenu en grains doux mais sec, facilement écrasé avec les ongles
Maturation des graines		85	Pâte dure : Teneur en grain solide, facilement écrasée avec les ongles
		89	Grain mûr : difficile à écraser avec les ongles, teneur en matière sèche, le grain a une couleur ivoire opaque à l'extérieur. Prêt à récolter.
9 : Sénescence		95	La panicule change de couleur
		97	Plante morte et effondrée

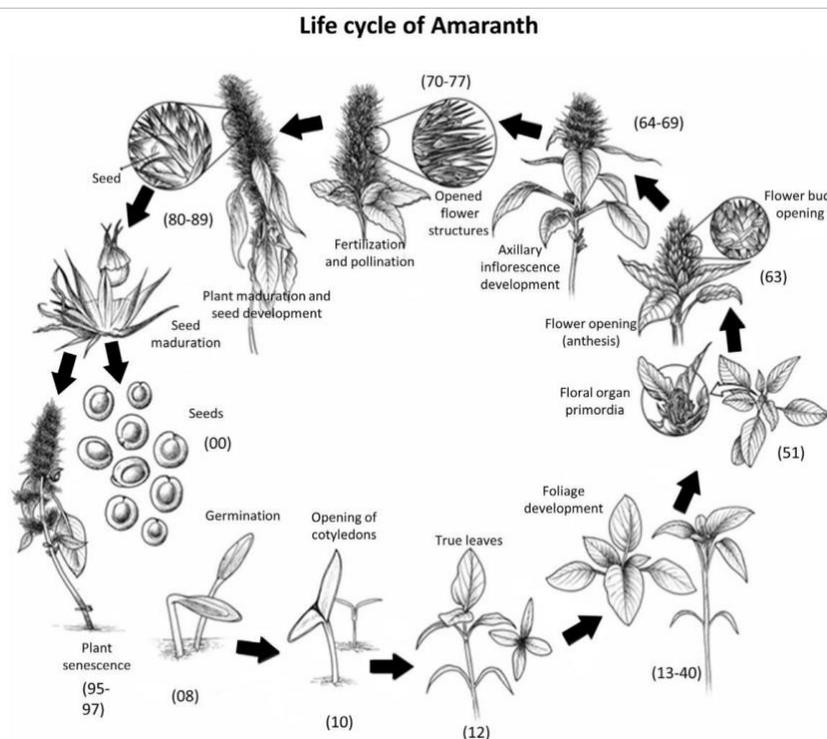


Figure 2: Le cycle de vie de l'amarante

2. Composition nutritionnelle de l'amarante

Les feuilles et graines d'amarante sont en effet riches en protéines, lipides, acides aminés essentiels, vitamines (A, B9, C et D), féculs, et minéraux (fer, calcium, magnésium phosphore etc.) (Breus, 1997). Les graines d'amarante sont plus riches en protéines (14 à 16g/100g) que toutes les céréales. Ses protéines sont d'une excellente qualité contrairement à beaucoup de céréales (blé, seigle, orge, avoine), l'amarante ne contient pas de gluten dans ses protéines. Elle est donc recommandée pour toutes les allergies de ce type et pour les personnes souffrant de la maladie cœliaque en particulier. L'amarante contient au moins cinq fois plus de calcium (250mg/100g), deux fois plus de magnésium (310mg/100g) et au moins trois fois plus de fer (9 mg/100g) que les céréales (Belhabib, 2005). L'amarante est riche en vitamines A et B, en acide folique, en vitamine C et en minéraux tels que calcium, fer, cuivre, magnésium et phosphore. Elle contient toute la gamme des acides aminés essentiels. (Belhabib, 2005).

Tableau 2: Composition de l'amarante en éléments nutritifs

Valeur nutritionnelle pour 100 g de graines d'amarante	
Energies	374kcal
Protéines	14,45g
Glucides	66,17g
Lipides	6,51g
Fibres	15,20g
Calcium	153mg
Magnésium	266mg

3. Utilisations

L'amarante est une plante rare car elle est cultivée pour ses graines et elle est aussi consommée comme légume vert de cuisine dans plusieurs parties du Monde (Cunningham et al., 1992). L'amarante est un aliment très nutritif. Les feuilles, les graines et les tiges tendres sont consommées comme herbe potagère dans les sauces ou soupes, cuite avec d'autres légumes, avec un plat principal (Lahcen, 2013). Les graines sont utilisées dans l'industrie agroalimentaire et peuvent être incorporée dans divers produits transformés (Belhabib, 2005). Cette plante est commune au Sénégal en saison des pluies, mais surtout dans les lieux habités et est utilisée comme légume feuille dans la préparation de sauces au sud du pays (BERHAUT, 1971).

L'amarante est parfois utilisée comme plante ornementale pour sa floraison très colorée. Elle peut avoir la coloration rose, pourpre sombre, orange, verte ou blanche (Rangarajan et Kelly, 1994) (figure 3). L'amarante a également d'énormes propriétés médicinales. Diverses espèces d'amarantes ont été utilisées pour la fabrication de médicaments. L'amarante est efficace dans le traitement de la toux et du rhume, dans les troubles urinaires, de la gorge, pour des problèmes gastriques et la purification du sang (Bhandari, 1938). Elles possèdent aussi des vertus médicamenteuses d'astringente, de diurétique, d'emménagogue et d'antiprurigineuse, généralement sollicitées dans les traitements respectifs de diarrhée, de règles douloureuses, de démangeaisons et d'eczéma (Bogolyubov, 1999). Rastogi et *al.* (2013) décrit l'utilisation de la plante entière comme une lotion pour les troubles externes, soulage la douleur pendant la grossesse et pour les maladies de la peau. En Afrique de l'Est, la feuille est prescrite aux personnes anémiées (Michael, 2002). Au cours des 20 dernières années, il y a eu une tendance croissante au remplacement des colorants synthétiques par des pigments naturels. A cet effet, la plante d'amarante peut être entièrement utilisée pour préparer des colorants jaunes et verts (Grae, 1974). Le peuple chinois mange de l'amarante pendant l'été, croyant qu'il peut réduire la chaleur interne et l'humidité. Ils utilisent également l'amarante pour traiter la diarrhée, l'ulcère, l'inflammation, la gorge et la bouche, le diabète et les réactions allergiques (Bi Fong et *al.*, 2005).



Figure 3: Diverses utilisations de l'amarante

4. Exigences écologiques

D'un point de vue agronomique, l'amarante se révèle adaptable à plusieurs conditions climatiques et types de sols. L'amarante est une plante halophyte, donc elle résiste à de grandes concentrations de sel. Certaines variétés d'amarante (*A. tricolor*,) peuvent vivre dans des milieux salins jusqu'à une concentration de 100 mM (12.8 dS/m). D'autres variétés peuvent aller même jusqu'à 200 mM (24 dS/m). L'augmentation de la salinité dans le milieu diminue cependant la hauteur des plantes ainsi que d'autres paramètres (Omami, 2005). C'est

une plante exigeante en soleil et tolérante aux sols argileux, sablonneux, acides ou vaseux ; elle aime les sols riches en minéraux et une atmosphère à température moyenne de 21°C (70°F). Elle tolère les sols à haute teneur en aluminium et la sécheresse jusqu'à un certain point (Echo, 2016).

5. Pratiques culturales et rendement

L'amarante est une plante facile à cultiver. Elle est semée soit directement ou indirectement dans un sol bien drainé, suffisamment humide et fertile, à exposition ensoleillée. On éclaircit le semis en laissant 50 à 80 cm entre les pieds. Des apports d'engrais ne seront qu'un plus pour la culture. Elle ne résiste pas au gel donc pour la multiplier, seul le semis est utilisable. Les plantes peuvent atteindre deux (02) mètres de hauteur et à maturité la plante peut produire jusqu'à 50 000 graines. De 0,5 à 3,0 kg de graines suffit pour ensemercer un hectare. L'amarante peut également se développer sur des sols pauvres, elle peut ainsi résister à la sécheresse et la chaleur (Lahcen, 2013).

Le rendement de l'amarante varie selon les espèces, en graines de 1 à 6 t /ha, et celle de matière verte jusqu'à 70 t/ha. Par exemple, le rendement en graines d'*Amaranthus cruentus* oscillent entre un minimum de 500-800kg/ha et un maximum de 2500-4000 kg/ha. L'inconvénient avec l'amarante est la production de fines graines, ce qui rend son ensemencement difficile. Il y a peu de preuves expérimentales sur le contrôle des mauvaises herbes et la fertilisation des cultures d'amarante (Svirskis, 2003).

6. Fertilisation

L'amarante a de faibles besoins en azote, de sorte que l'inclusion d'une légumineuse dans la culture précédente rotations ou comme culture de couverture, ou fumier de bétail, peut fournir des niveaux suffisants d'azote disponible (Ejjeji et Adeniran, 2010). Dans la pratique, l'amarante est cultivée soit sur des sols fertiles, soit sur des sols moins riches mais bien fertilisés. Il n'existe que des informations limitées et préliminaires sur les besoins en fertilité de l'amarante. Dans une étude menée en Arkansas, une lignée d'*A. cruentus* L. et une lignée d'*A. hypochondriacus* L. ont été cultivées à trois taux d'azote (0, 100 et 200 kg/ha). Une augmentation de rendement de deux (02) fois a été rapportée au taux d'azote de 100 kg/ha. Aucun avantage de rendement n'a été noté avec le taux d'azote le plus élevé (Endres, 1986).

7. Principaux ennemis (maladies et ravageurs)

La culture de l'amarante subit les influences d'un nombre d'aléas qui forment des facteurs limitant sa production. La principale maladie est la pourriture de la tige causée par le

champignon *Choanephora cucurbitarum*. On peut réduire le taux d'infection de cette maladie en augmentant l'espacement entre les plantes. Les chenilles (*Hymenia recurvalis*, *Spodoptera litura*, *Heliothis armigera*) et parfois les sauterelles sont les ravageurs les plus nuisibles. Une méthode traditionnelle de lutte contre les insectes consiste à étendre de la cendre de bois (Grubben, 1975). L'amarante est généralement considérée comme tolérante des nématodes, mais néanmoins, on rapporte la présence de nématodes à galles sur les racines de l'amarante. Quelques insectes peuvent toutefois causer des dommages importants. L'amarante peut succomber aux chenilles, pyrales, méloés, punaises et foreurs de tiges. (Lahcen, 2013). Aucun virus n'a été noté sur l'amarante, et pas de maladies bactériennes graves observées (Myers, 1996).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1. Localisation du site

L'essai a été réalisé dans la ferme du département d'Agroforesterie de l'Université Assane Séck de Ziguinchor dans la sous zone agro-écologique de la basse Casamance plus précisément dans la région de Ziguinchor (Figure 4). La région de Ziguinchor est située à 12°33' Latitude Nord et 16°16' de Longitude Ouest, déclinaison magnétique 13°05. Son altitude 19,30 m dans la partie Sud-ouest du Sénégal, occupe une superficie de 7 339 km² soit 3,73% du territoire national. La région est influencée par le climat sub-guinéen, favorisant ainsi une forte pluviométrie par rapport aux régions centre et nord du pays. La région de Ziguinchor, souvent considérée comme le grenier du Sénégal, réunit les conditions pluviométriques, pédologiques et topographiques idéales, pour être une grande région agricole (ANSD, 2015).

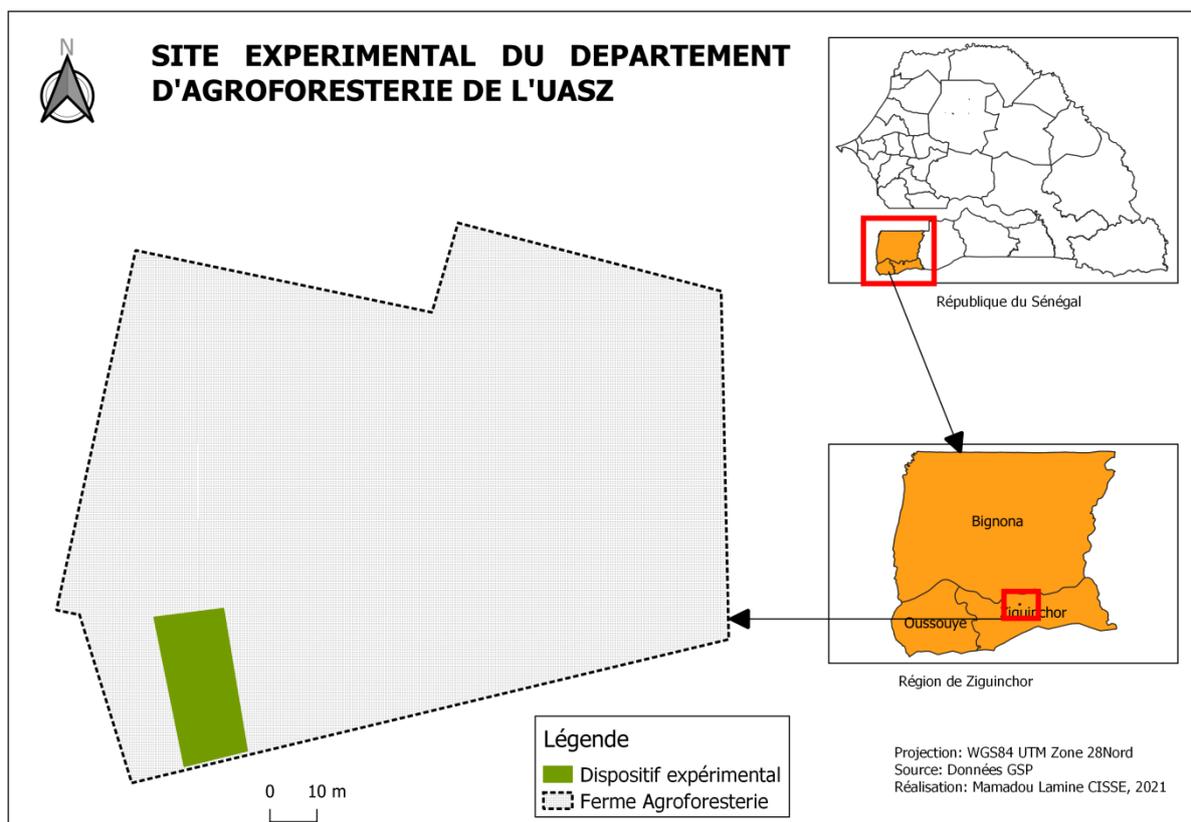


Figure 4: Zone d'étude

2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est une collection de 15 variétés d'amarante appartenant à quatre espèces (tableau 3).

Tableau 3: Matériel végétal.

Variétés	Nom taxonomie	Origine	Description
Pi 604 669	<i>Amaranthus tricolor L.</i>	Taiwan	Les graines sont noires, les fleurs sont vertes. Le type de classe RRC est : légume cultivé.
Pi 576 481	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	Mexique	Hauteur : 1.60m. Inflorescence jaunâtre avec des pointes violettes. Graines pâles. Cultivé pour le grain
Pi 477 915	<i>Amaranthus hypochondriacus L.</i>	Inde	Les graines sont blanches, les fleurs vertes. Le type de classe RRC est : Népal. Il est très sujet à la verse.
Pi 515 959	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	Montana États-Unis	Hauteur uniforme Panicule centrale principale avec des branches épaisses à tombantes, en forme de doigts. La tige principale est mince, particulièrement dans les plantations à forte densité et à divers degrés de ramification latérale à faible densité. Les fleurs sont vert clair. Graines blanches avec des ségrégas à graines noires.
Pi 538 319	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	Pennsylvanie Etat-Unis	Hauteur de plante 2,5m, Fleurs vertes et graine blanche
Pi 649 509	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	Tlaxcala, Mexique	Les graines sont blanches, les fleurs marbrées, les feuilles panachées. Le type de classe RRC est : Mexicain. Les branches latérales sont plus hautes que la tête principale.
Pi 525 498	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	Montana États-Unis	Fleurs vertes, graine blanche. Panicule centrale principale avec des branches droites à tombantes. Séchage uniforme chez la progéniture avec des preuves d'héritage génétique. Bonne source de trait de séchage pour les programmes de sélection
Pi 636 182	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	La Pampa, Argentine	Les graines sont blanches, les fleurs roses foncés et marbrées, les feuilles panachées,

Pi 615 696	<u><i>Amaranthus hypochondriacus L.</i></u>	Himachal Pradesh, Inde	Graines de crème blanchâtre. Croissance rapide. Résistant à la sécheresse et aux maladies. Bonne récolte pour les conditions de stress. Potentiel de rendement élevé, 22,3 q/ha. La qualité d'éclatement est bonne, atteignant cinq fois sa taille. Les feuilles et l'inflorescence sont vertes.
Pi 538 325	<u><i>Amaranthus hybridus.</i></u>	Pennsylvanie, États-Unis	Hauteur de la plante 2,0 m. Fleurs rouges. Graine blanche.
Pi 511 719	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	Guatemala	La hauteur de la plante peut aller jusqu'à 175cm, la plante est cultivée pour ses graines
Pi 644 253	Inconnu		
Pi 481 134	<u><i>Amaranthus hypochondriacus L.</i></u>	Inde	plante de couleur verte
Pi 641 047	<i>Amaranthus cruentus L.</i>	Oyo, Nigéria	Un cultivar a graine blanche qui peut atteindre 185cm, tige non ramifiée rayée de rouge, inflorescences rose
Pi 636 190	<u><i>Amaranthus hypochondriacus L.</i></u>	Himachal Pradesh, Inde	Une amarante à grain d'élite, inflorescence mélange de parties rouges et vertes de fleurs, ou autrement

3. Facteur étudié et dispositif expérimental

Le facteur étudié est la "variété". Le dispositif expérimental est constitué de trois (03) blocs (bloc de Fischer) contenant chacun quinze (15) parcelles élémentaires réparties de façon aléatoire dans les blocs. Chaque parcelle élémentaire est constituée de quatre lignes espacées entre elles de 50 cm, la distance sur la ligne est de 30 cm. Les parcelles élémentaires et les blocs sont séparés de 1 m entre eux. (Figure 5)

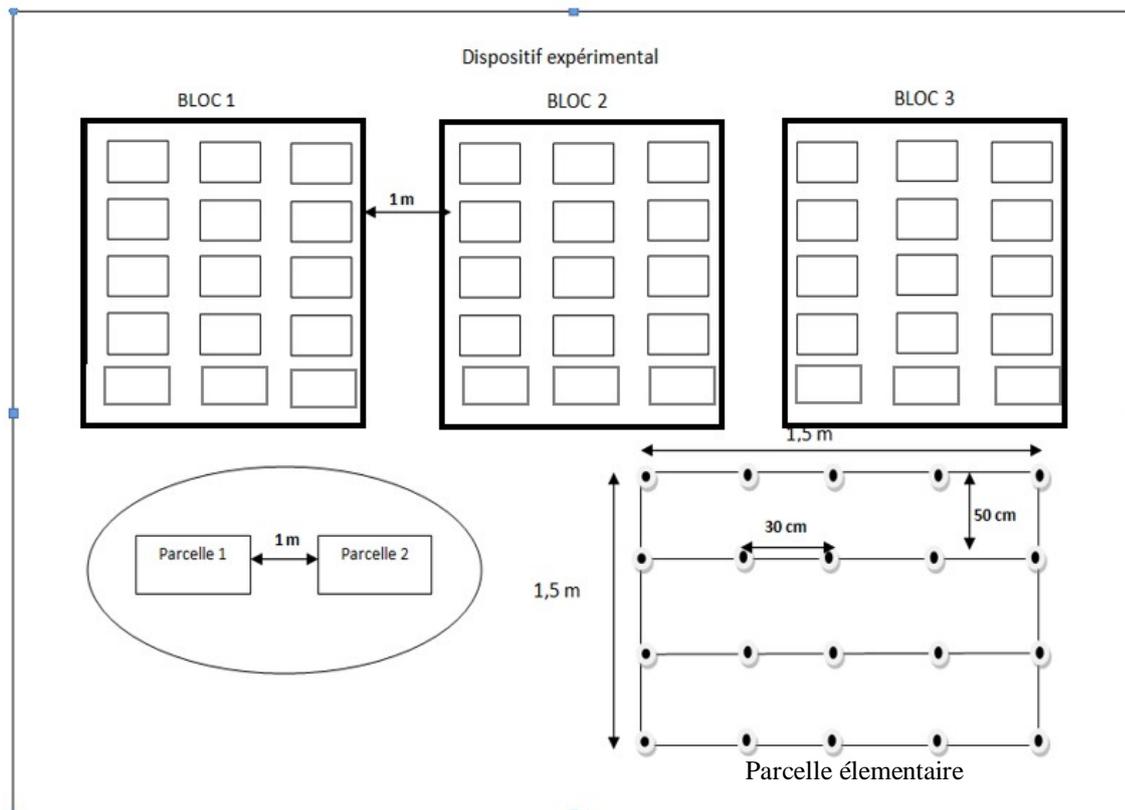


Figure 5: Dispositif expérimental

4. Conduite de l'essai

4.1. Préparation du sol délimitation des blocs et parcelle

Après défrichage du terrain, la délimitation du site expérimental, des blocs et des parcelles élémentaires a été réalisée à l'aide de cordons (Figure 6). Les cordons ont également été utilisés pour matérialiser les lignes de semis. Un travail du sol a été réalisé une semaine avant le semis à l'aide d'une binette.



Figure 6: Délimitation des parcelles élémentaires

4.2. Semis et repiquage

Le semis a été effectué en deux (02) phases. Un semis dans des alvéoles remplies de terreau de Jardi Tropic[®] a été effectué. Deux jour après semis (JAS) les grains ont germés. Vingt-quatre jours après semis (JAS), les plantules ont été transplantées dans les parcelles élémentaires (figure 7)



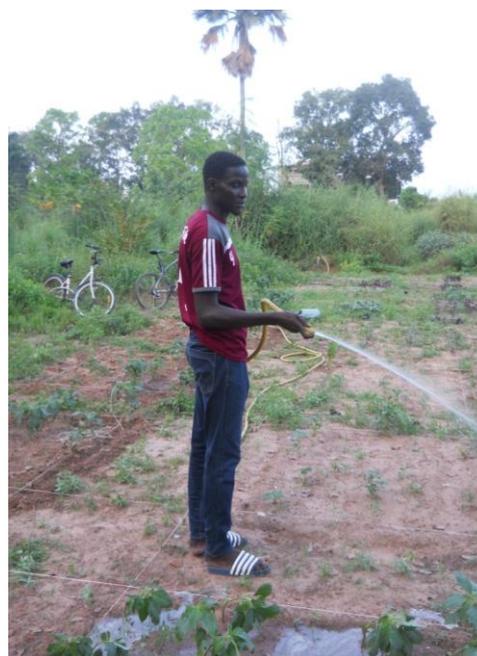
Figure 7: A : remplissage des alvéoles ; B : germination ; C : plantules.

4.3. Entretien des cultures et arrosage

Trente-cinq (35) jours après repiquage (JAR), un travail d'entretien (sarclo-binage) a été réalisé à l'aide de binettes (figure 8). Un arrosage journalier a été appliqué à l'aide d'un tuyau pour maintenir l'humidité du sol (figure 8).



A



B

Figure 8: Sarclo-binage (A), arrosage (B)

4.4. Fertilisation

Une première fumure de couverture a été appliquée quinze (15) Jours Après Repiquage (JAR) à base de Di-Ammonium Phosphate (DAP (18-46-00)) en raison de 250 kg/ha soit 75g/parcelle. La deuxième fumure a été appliquée trente (30) JAR à base d'urée en raison de 250 kg/ha aussi. L'engrais a été appliqué par incorporation dans les sillons à 5 cm de la ligne de repiquage (figure 9).



Figure 9 : Parcelle fertilisée

4.5. Récolte

A la maturité, la récolte a été réalisée manuellement en coupant la plante au niveau du collet pour récupérer la partie aérienne. Après la récolte, les panicules ont été isolées de la tige pour être séchées au soleil pendant une semaine (**B**) et les tiges à l'étuve du pendant 48 heures à une température de 70°C (**A**). Après séchage, les grains ont été séparés des panicules par frottement entre les deux mains avant le vannage (figure 11).



Figure 10: séchage à l'étuve (A) et à l'air libre (B)

5. Observations et mesures

Des observations et des mesures ont été effectuées sur 4 plantes qui reflètent l'uniformité de la parcelle, cela à cause de beaucoup de facteurs (maladies, ravageurs, mortalité). Les paramètres mesurés concernent : la date de la floraison, la hauteur de la plante, la sensibilité à la verse, la biomasse sèche aérienne, la biomasse de la panicule sèche, la production par plante. Les paramètres observés concernent : l'identification des ravageurs et des symptômes de maladies.

5.1. La floraison

Le nombre de jours, depuis le repiquage jusqu'à la date où 50% des plantes de la parcelle ont au moins une fleur ouverte a été déterminé. Ce qui correspond au début de l'anthèse : fleurs de l'inflorescence principale avec premières anthères. Une observation quotidienne s'imposait à partir de l'apparition de la panicule (figure 11).



Figure 11 : Observation de la floraison

5.2. La hauteur

Au stade de pleine floraison, la hauteur maximale des plantes a été mesurée à l'aide d'une règle graduée du collet au sommet de la panicule (figure 12).



Figure 12 : Mesure de la hauteur des plantes

5.3. La sensibilité à la verse

La sensibilité à la verse (figure 13) a été calculée en rapportant le nombre de plantes versées au nombre total de plantes de la parcelle.

$$\text{Verse} = \frac{\text{Nbre de plantes versées}}{\text{Nbre de plantes totales}} \times 100$$



Figure 13 : Plantes versées

5.4. La biomasse sèche aérienne et de la panicule

La biomasse sèche aérienne (tige, feuilles et la panicule) a été séchée puis pesé à l'aide de balance électronique du département d'agroforesterie de précision 10^{-4} g. La biomasse de la panicule a été mesurée aussi avec une balance électronique de précision 1g

5.5. La production par plante

La production moyenne par plante a été évaluée en mesurant le poids des graines par plante à l'aide de balance électronique précision 1g (Figure 14). Ensuite la production a été rapporté en hectare par la méthode suivante.

- Si une plante occupe $0,15 \text{ m}^2$, dans $10\,000 \text{ m}^2$ on aura combien de plante.

$$\begin{array}{l}
 \text{Si 1 plante} \longrightarrow 0,15\text{m}^2 \\
 \text{X} \longleftarrow 10\,000\text{m}^2 \quad \Longrightarrow \quad \text{X} = \frac{10\,000}{0,15} = 66\,666 \text{ plante/ha}
 \end{array}$$

- Si une plante pèse $x \text{ g}$, $66\,666$ plantes vont peser combien de g ou de kg à l'hectare.

$$\begin{array}{l}
 \text{Si 1 plante} \longrightarrow x \text{ g} \\
 66\,666 \text{ plantes} \longrightarrow \text{X g/ha} \quad \Longrightarrow \quad \text{X g/ha} = 66\,666 * x \text{ g}
 \end{array}$$

C'est-à-dire $66\,666$ multiplié par la production d'une plante.



Figure 14 : Balance électronique précision 1g

5.6. Les ravageurs et maladies

Au cours de l'expérimentation, une large gamme de ravageurs rencontrés sur le terrain ainsi que leurs dégâts et les symptômes de maladies constatées ont été répertoriés et identifiés grâce à la littérature scientifique.

6. Traitement et analyse des données

La saisie des données collectées sur le terrain a été effectuée à l'aide du tableur Excel, également utilisé pour le codage des données. Pour l'analyse de la variance, le logiciel IBM SPSS version 23 a été utilisé pour étudier les différences entre les traitements. En cas d'effet significatif au seuil de 5 %, le test Post-Hoc de Student- Newman-Keuls a été effectué pour la comparaison des moyennes. La corrélation de Pearson a été effectuée pour les différents paramètres mesurés.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats

1.1. La floraison

La figure 15 représente la variation de la date des plantes à 50% de la floraison de la parcelle élémentaire en fonction des différentes variétés étudiées. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative de la floraison entre les variétés ($p < 0,001$). Le test de comparaison multiple de SNK montre deux sous-ensembles. Les dates de floraisons les plus précoces sont obtenues avec les variétés Pi 477 915, Pi 481 134 et Pi 615 696 d'*A. hypochondriacus* L. et Pi 538 325 d'*A. hybridus*. qui ont fleuri à moins de deux mois de JAR. La plus tardive des variétés est le génotype Pi 511 719 d'*A. cruentus* L. qui a fleuri 70 JAR.

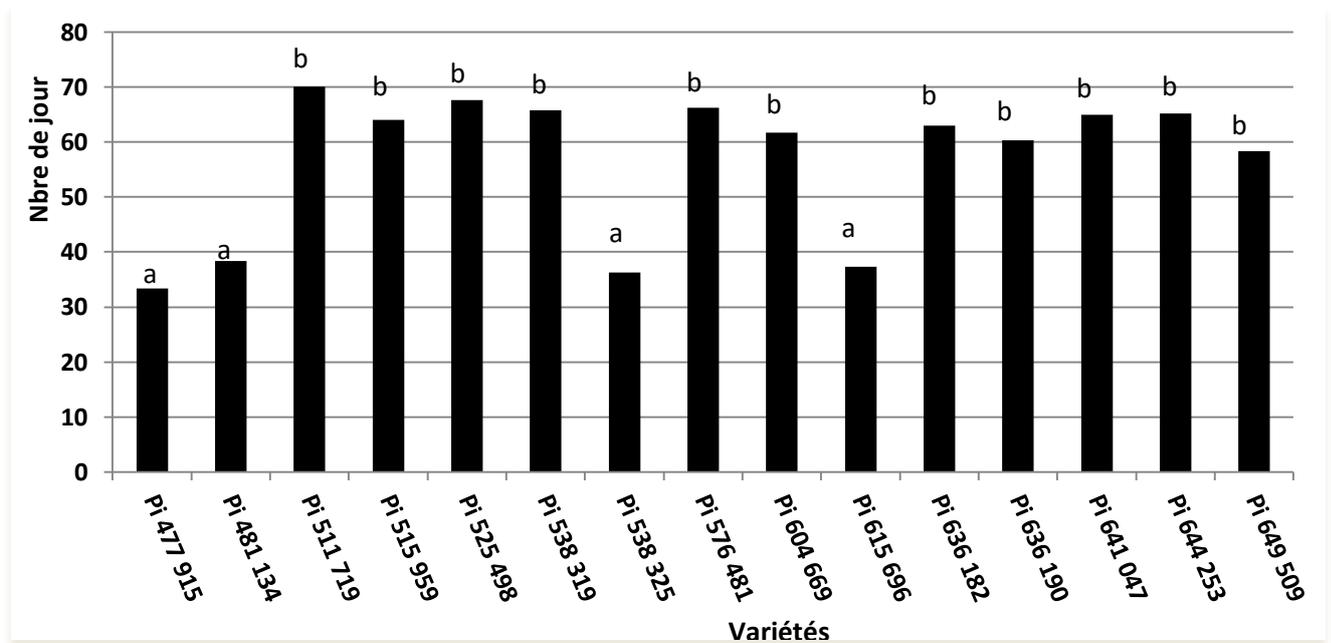


Figure 15 : Variation de la floraison en fonction des variétés

1.2. La hauteur des plantes

La variation de la hauteur moyenne en fonction des différentes variétés étudiées est représentée à la figure 16. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les variétés ($P=0,000$). Le test de comparaison multiple de SNK montre une subdivision de quatre sous-ensembles. Les variétés présentant les plus grandes hauteurs sont Pi 649 509 et Pi 641 047 d'*A. cruentus* et Pi 636 190 d'*A. hypochondriacus*

avec comme valeurs respectives 109 cm, 106 cm et 104 cm tandis que la variété qui a la plus petite hauteur est Pi 615 696 d'*A. hypochondriacus* avec comme valeur 22 cm.

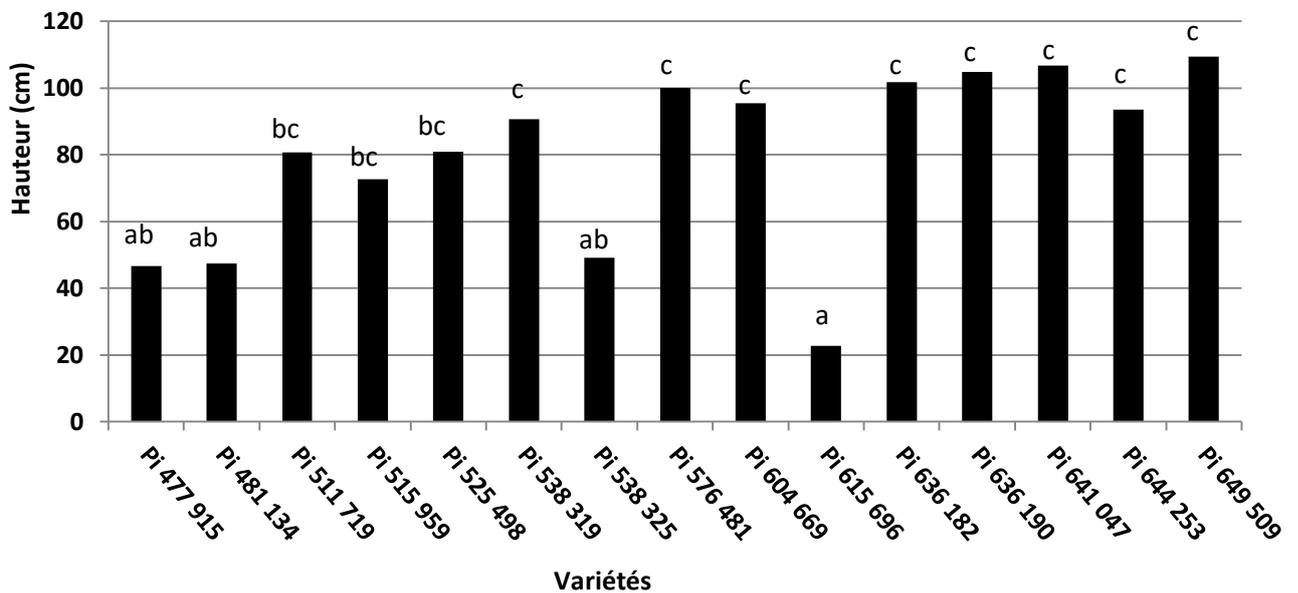


Figure 16 : Variation de la hauteur en fonction des variétés.

1.3. La biomasse aérienne

La variation de la biomasse aérienne sèche en fonction des différentes variétés étudiées est représentée dans la figure 17. L'analyse de variance ne montre aucune différence significative entre les variétés ($p=0,579$). Mais néanmoins parmi toutes les variétés étudiées, les cultivars Pi 538 325 d'*A. hybridus* et Pi 363 182 d'*A. cruentus* ont les plus grandes biomasses en terme de valeur absolu avec respectivement (83g et 82g) alors que la plus petite biomasse est enregistrée avec la variété Pi 576 481 d'*A. cruentus* avec 32g.

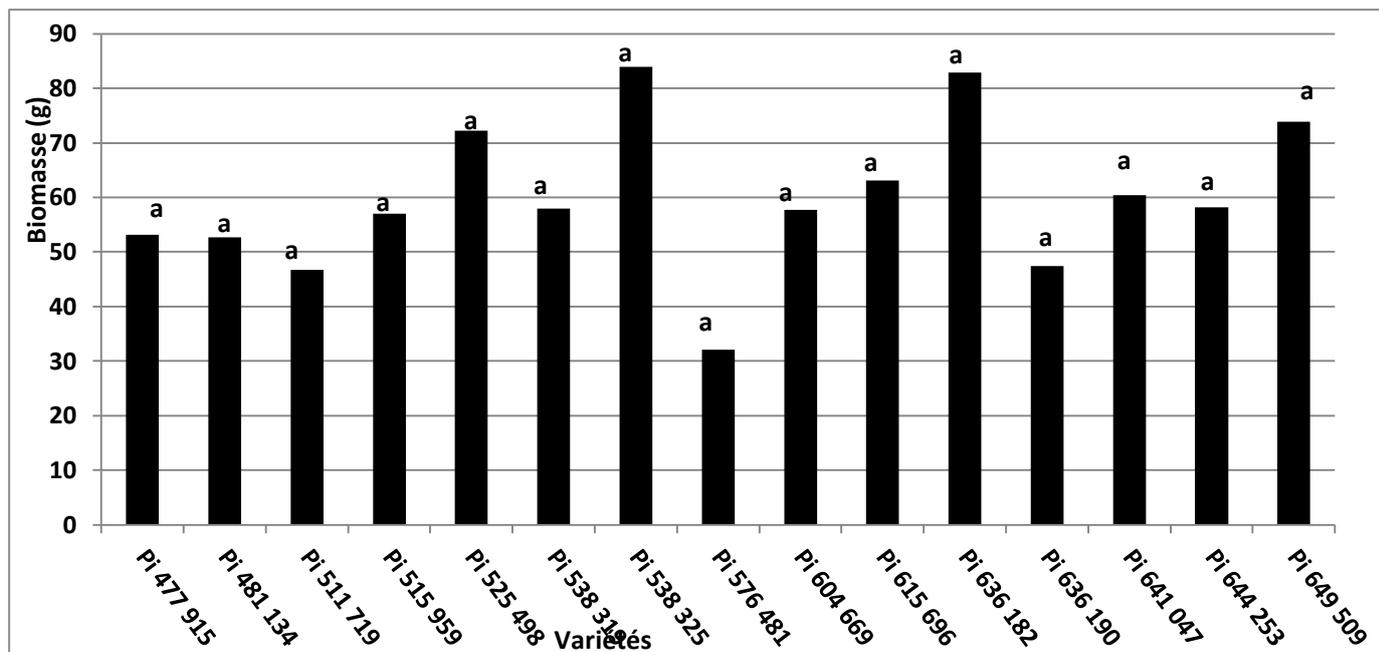


Figure 17 : Variation de la biomasse sèche aérienne en fonction des variétés

1.4. La biomasse de la panicule

La figure 18 représente la variation de la biomasse moyenne de la panicule par plante en fonction des différentes variétés étudiées. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre les variétés ($p=0,014$). Le test de comparaison multiple de SNK montre une subdivision de trois sous-ensembles. La plus grande biomasse est enregistrée avec la variété Pi 525 498 d'*A. cruentus* (51g) et les plus faibles biomasses sont (16.3g 17.1g et 17.5g) respectivement avec les variétés Pi 576 481 d'*A. cruentus*, Pi 615 696 d'*A. hypochondriacus* et Pi 604 669 d'*A. tricolor*.

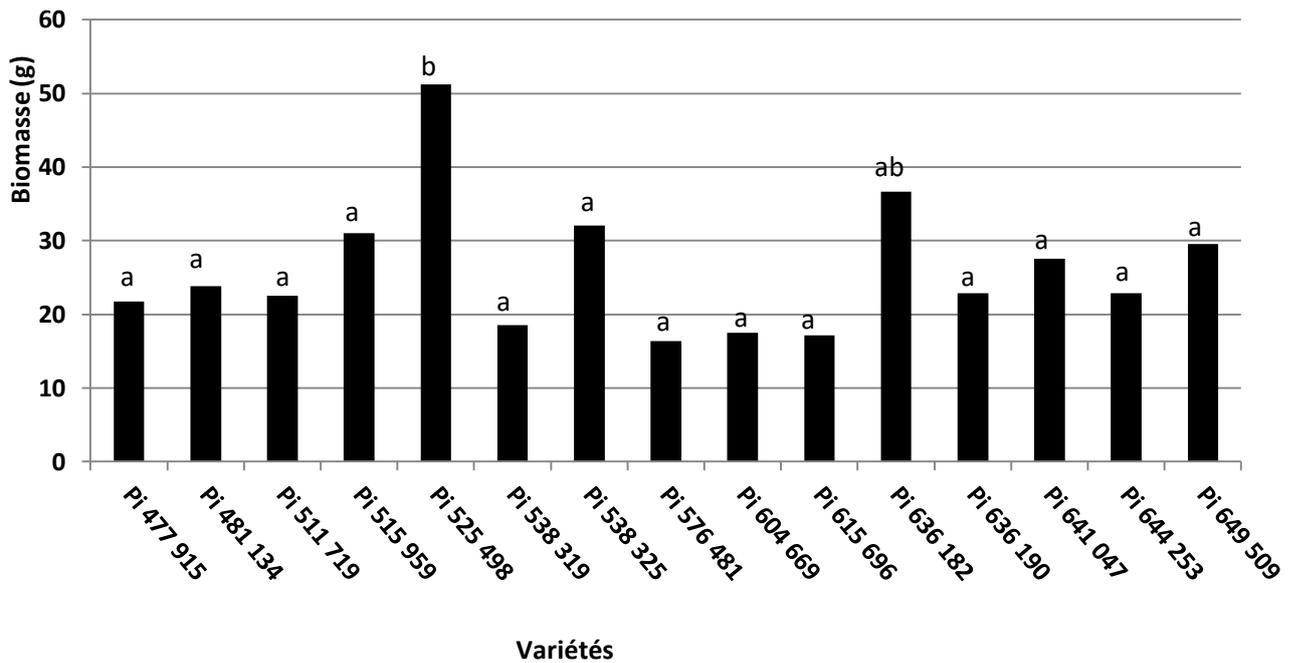


Figure 18 : Variation de la biomasse de la panicule en fonction des variétés

1.5. La production par plante

La figure 19 représente la variation de la production moyenne par plante en fonction des différentes variétés étudiées. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence significative entre les variétés ($p=0,014$). Le test de comparaison multiple de SNK montre une subdivision de trois sous-ensembles. Les plus grands rendements ont été enregistré avec les variétés Pi 525 498 (9,83g/plante = 653kg/ha) et Pi 636 182 (8,82g/plante = 588kg/ha) d'*A. cruentus* et Pi 636 190 (8,2g/plante = 547kg/ha) d'*A. hypochondriacus*. Les plus faibles rendements sont (2,8g/plante = 187kg/ha et 3,2g/plante = 213kg/ha) respectivement avec les variétés Pi 615 696 et Pi 477 915 d'*A. hypochondriacus*.

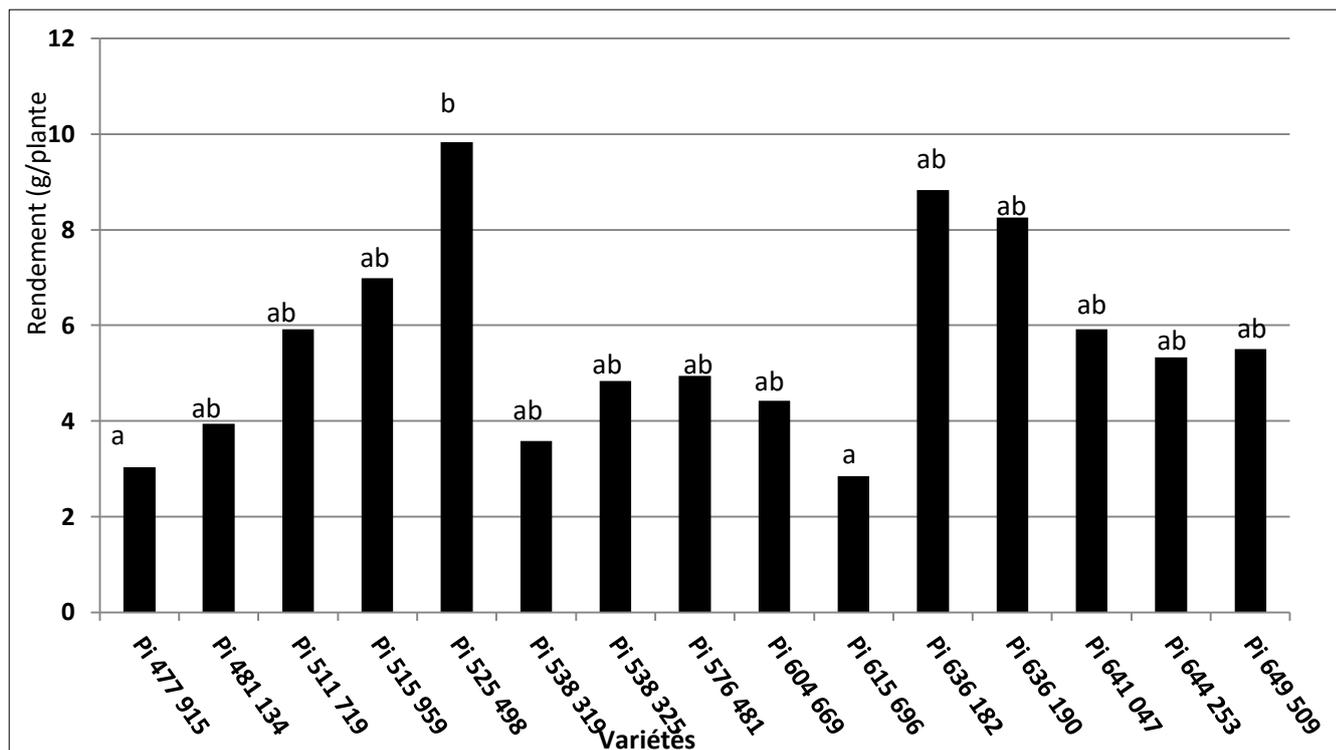


Figure 19 : Variation du rendement en fonction des variétés

1.6. Sensibilité à la verse

La figure 20 représente la variation de la verse en fonction des différentes variétés étudiées. L'analyse de variance montre qu'il y a une différence hautement significative entre les variétés ($p=0.001$). Le test de comparaison multiple de SNK montre une subdivision des variétés en cinq sous-ensembles. La variété la plus sensible à la verse est le génotype Pi 615 696 *A. cruentus* (94%) tandis que la variété Pi 538 319 *A. cruentus* est la plus résistante avec un taux de verse de 5%. Les plus sensibles sont les génotypes Pi 477 912 et Pi 525 498 d'*A. cruentus* avec respectivement (90% et 100%) de taux de verse.

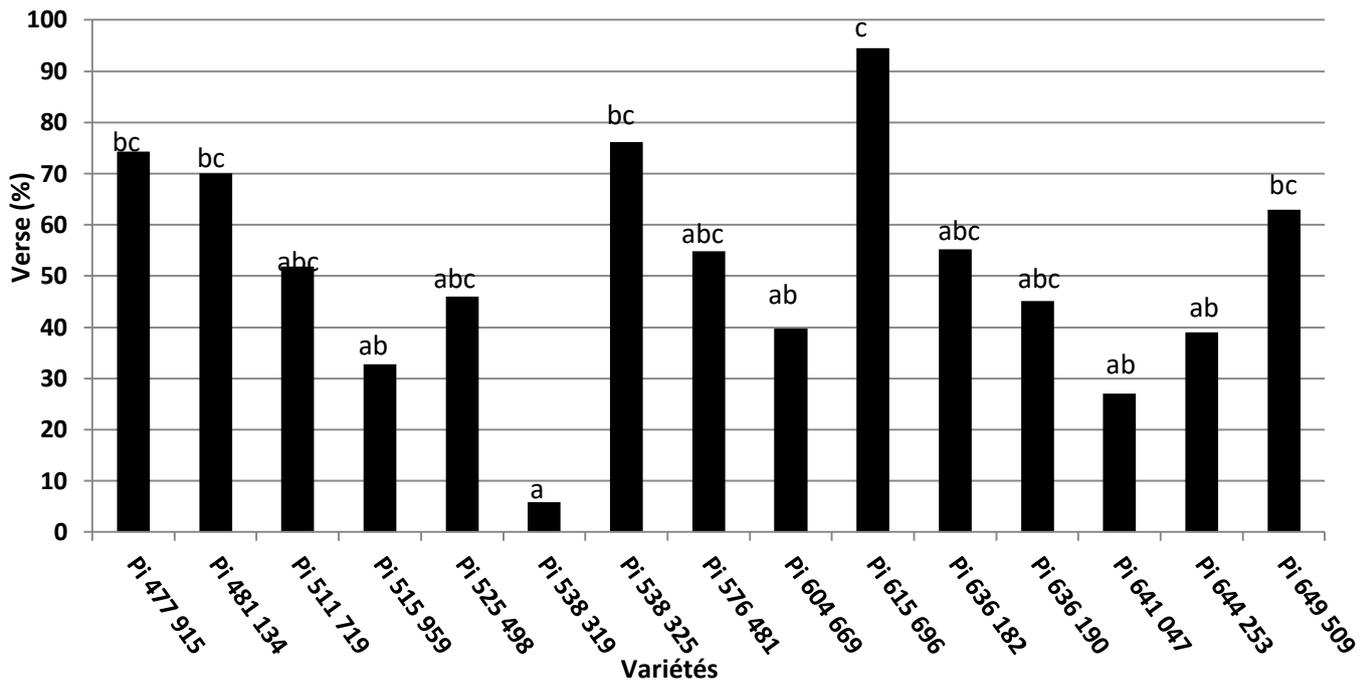


Figure 20 : Variation de la sensibilité à la verse en fonction des variétés

1.7. Matrice corrélation

Le tableau 4 présente la corrélation qui existe entre les différents paramètres mesurés. Les résultats montrent l'existence d'une corrélation positive très significative entre la biomasse de la panicule et le rendement de la plante, entre la hauteur et la date de floraison. Les variétés qui ont les plus grandes biomasses de panicules ont les rendements les plus élevés ($0,700^{**}$). Les variétés les plus naines sont les plus précoces ($0,613^{**}$). Mais aussi les variétés qui ont les plus grandes biomasses ont plus ou moins les plus grandes biomasses de panicules ($0,538^{**}$). De manière négative, les variétés les plus naines, sont les plus précoces et les plus sensibles à la verse. Du fait le développement de leur panicule est plus important que le développement du reste de la plante. A un certain stade de développement de la panicule, la plante ne peut plus supporter le poids de la panicule. Ce qui le conduit à la verse.

Tableau 4: Matrice de corrélation

	Floraison	Hauteur	Biomasse sèche aérienne	Biomasse panicule	Rendement/plante	% Verse
Floraison	1					
Hauteur	0,613**	1				
Biomasse sèche aérienne	-0,319	-0,025	1			
Poids panicule	0,036	0,03	0,538**	1		
Rendement/plante	0,262	0,405*	0,306	0,700**	1	
% Verse	-0,623**	-0,518**	0,052	-0,03	-0,272	1
** : corrélation significative au niveau 0,01 (bilatéral).						
* : corrélation significative au niveau 0,05 (bilatéral).						

1.8. Les symptômes et ravageurs

1.8.1. Les symptômes

1.8.1.1. Tache foliaire

Les feuilles infectées présentent des taches délimitées de couleur marron à rouge. Les taches peuvent fusionner pour entraîner un affaissement total de la feuille. Plus la feuille est vieille, plus les lésions sont nombreuses et leur diamètre important. Mais cette anomalie ne cause pas de dégâts sur la culture de l'amarante (figure 20)



Figure 20 : Taches foliaires

1.8.1.2. Brulure des feuilles terminales et de la panicule

Les plantes atteintes de ces maladies présentent des symptômes de brûlure des bourgeons terminaux et des feuilles. Les parties de la plante touchées par cette anomalie se déforment et raccourcissent. Les plantes atteintes de cette maladie avant la floraison ne se développaient pas. Cette maladie était assez fréquente durant l'expérimentation (figure 21).



Figure 21 : Brulure des plantes d'amarante

1.8.1.3. Enroulement des feuilles

Les symptômes de cette maladie se manifestent par l'enroulement des feuilles et la plante ne se développe pas quel que soit sa durée. Cette maladie était moins fréquente (figure 22)



Figure 22 : Enroulement des feuilles

1.8.2. Les ravageurs

1.8.2.1. Le criquet puant *Zonocerus variegatus*

Encore appelé Sauteriau, le criquet puant africain a créé les dégâts les plus importants au cours de cette expérimentation, qui a fait chuter le rendement foliaire et en graines des parcelles les plus attaquées. Ils défolient les jeunes plants, les feuilles et l'inflorescence (en dévorant la fleur ou la graine avec son enveloppe). Ils causent plus de dégât à l'état jeune car ils vivent en groupe et dévorent ensemble les plantes (figure 23).



Figure 23 : Les criquets puants. Jeune (A), adulte (B)

1.8.2.2. Les hannetons (*Melolontha melolontha*)

Les hannetons sont des insectes coléoptère nocturne. Les larves appelées « vers blancs » sont racidivores (mangeurs de racines). Les larves s'enfoncent profondément dans le sol pour hiberner, puis remontent vers les racines afin de creuser des galeries pour se nourrir de la plante. Les plantes attaquées présentent des taches jaunâtres sur les feuilles et la plantule ne se développe plus. Elle se manifeste aussi par le gonflement du collet. A une certaine étape du développement de la plante, les hannetons n'ont plus d'effets sur la plante car elle se lignifie. Ce ravageur a causé aussi de grands dégâts au début de l'essai (figure 24).



Figure 24 : Larve (A), plantules attaquées , et adulte de l'hanneton

1.8.2.3. Les charançons (*Gasteroclisus rhomboïdalis*)

Les charançons sont des insectes de la famille des coléoptères qui consomment les feuilles de l'amarante. Mais ces insectes ne causent pas de dégât important dans la culture de l'amarante (figure 25).



Figure 25 : Charançons sur les feuilles d'amarante

1.8.2.4. Les pentatomidaees (*Aspavia armigera*)

Principalement *l'Aspavia armigera*, ces insectes qui pullulent rarement piquent les tiges et les fleurs, les faisant chuter. D'autre comme *Boerias ventralis* et les *Agonocelis versicolor*, sont aussi rencontrées dans cet essai (figure 26).



Figure 26 : *Agonocelis versicolor*

En somme les principaux maladies et ravageurs rencontrés durant cette expérimentation tournent au tour des espèces suivantes : les pentatomidaees, les chenilles, les criquets, les hannetons, les charançons et les taches foliaires, brulure des fleurs et des feuilles, le fonde des semis, etc.

2. Discussion

Les résultats ont montré une différence très hautement significative par rapport à la date de floraison des différentes variétés d'amarantes étudiées. Les dates de floraisons les plus précoces sont obtenues avec les variétés Pi 477 915, Pi 481 134 et Pi 615 696 d' *A. hypochondriacus L.* et Pi 538 325 d' *A. hybridus.*, qui ont fleuri à moins de deux mois de JAR. La plus tardive est la variété Pi 511 719 d' *A. cruentus L.* Ces résultats sont confirmés par Martínez et al. (2019), qui dans leurs études ont trouvé que l'anthèse et l'éclosion des inflorescences axillaires (floraison) sont deux processus qui se chevauchent dans le cycle de vie de l'amarante et que les variétés d' *A. hypochondriacus L.* ont initié ce stade principal environ 69 jours après l'ensemencement et *A. cruentus L.* et *A. hybridus* ont commencé environ 79 jours après l'ensemencement.

Les variétés présentant les plus grandes hauteurs sont Pi 649 509 et Pi 641 047 d' *A. cruentus L.* et Pi 636 190 d' *A. hypochondriacus L.* La variation de la hauteur peut être influencée par les conditions environnementales (saison, type de sol, température). Ces résultats concordent avec ceux de Wu et al. (2000). Selon eux, la hauteur d'une espèce d'amarante peut varier selon les origines et selon les lieux. Les génotypes de l'espèce *A. cruentus* étaient les meilleurs, en termes de croissance végétative.

Les plus grands rendements ont été enregistré avec les variétés Pi 525 498 (9,83g/plante = 653kg/ha) et Pi 636182 (8,82g/plante = 588kg/ha) d' *A. cruentus* et Pi 636 190 (8,2g/plante = 547kg/ha) d' *A. hypochondriacus*. Le rendement peut être aussi varié selon les facteurs du milieu (la saison, le type de sol, la température etc.). Ces résultats correspondent à ceux de Kauffmann et Weber (1990), le rendement de l'amarante grain est très variable et dépend de nombreux facteurs. Les rendements obtenus chez les agriculteurs variaient de 100 kg/ha à 1500 kg/ha. Ces résultats corroborent ceux de Svirskis (2003) qui dit que, le rendement en graines d' *Amaranthus cruentus* oscille entre un minimum de 500-800kg/ha. D'après Daniela et al (2007) dans une étude menée en Autriche en 2002, les espèces d' *A. cruentus* et d' *A. hupochrondriacus* produisaient les rendements en grain plus élevés que l' *A. hybridus*. Par compte les rendements les plus élevés ont été obtenus en 2003 avec les même variétés *A. cruentus* et *A. hupochrondriacus* (respectivement 3 006 kg/ha et 2 955 kg/ha). D'après (Daniela et al (2007)), ce résultat peut être attribué à la saison de croissance chaude.

Pour ce qui est de la verse, la variété la plus sensible à la verse dans le cas de cette étude est le génotype Pi 615 696 *A. cruentus* (94%) tandis que la variété Pi 538 319 *A. cruentus* est aussi la plus résistante avec un taux de 5% seulement. Plus la hauteur de la plante est petite plus elle est exposée à la verse. Cela s'explique par le fait que les variétés naines ont un développement de panicules plus important que le développement végétatif. De ce fait arrivé à un stade de développement de la panicule, la plante ne pourrait plus supporter le poids de la panicule. Ce qui leur conduit à la verse. Ces résultats corroborent ceux de Bruce et Philippe (2008). Selon eux, le génotype Pi 576 447 de l'*A. cruentus* serait le plus résistant à la verse avec un taux de 20% tandis que les plus sensibles sont aussi les génotypes Pi 477 912 et Pi 525 498 d'*A. cruentus* respectivement (90% et 100%).

Les principaux symptômes aux maladies et ravageurs rencontrés durant cette expérimentation tournent au tour des espèces suivantes : les pentatomidae, les chenilles, les criquets, les hannetons, les charançons et les taches foliaires, brûlure des fleurs et des feuilles, le fondre des semis, etc. Les anomalies qui causaient plus de dégât dans cette expérimentation sont : la brûlure des feuilles et de la panicule, les criquets puants, les hannetons. Cela peut s'expliquer par le fait que leur population était importante sur le site, mais aussi leurs effets moyens sur la plante étaient significatifs. Par contre les taches foliaires, les charançons, les pentatomidae, les chenilles n'ont pas d'effets significatifs sur la plante. Cela peut s'expliquer aussi par le fait que leur population était faible sur le site et que leurs effets sur la plante n'étaient pas significatifs comparés à l'autre groupe. Ces résultats corroborent ceux de PIP (2011) qui a montré que parmi les ravageurs de l'amarante figure les pentatomidae, les charançons, les criquets, les chenilles, la pourriture de l'apex (*Pythium aphanidermatum* et *Rhizoctonia solani*), les taches foliaires (*Cercospora beticola*, *C. brachiata*) etc. Ils sont aussi confirmés par Grubben (1975) qui a montré que parmi les facteurs qui limitent la production de l'amarante sont les maladies, les insectes, les nématodes respectivement le fondre des semis (*Pythium*, *Rhizoctonia*), la pourriture des feuilles et des tiges (*Choanephora cucurbitarum*), la chenille des feuilles (*Hymenia recurvalis*), le foreur des tiges (*Lixus*), les nématodes.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

L'agriculture constitue l'un des secteurs les plus vulnérables et les plus menacés face aux conséquences du changement climatique. Dans ce contexte atteindre l'autosuffisance alimentaire devient un défi qui ne pourra être atteint sans la diversification des systèmes de culture. L'amarante serait une des cultures alternatives pour la diversification de l'agriculture sénégalaise du fait qu'elle est caractérisée par une haute valeur nutritive et une bonne adaptation à différents environnements

Pour contribuer à cet objectif ce travail visait à étudier le comportement phénologique et agro-morphologique de 15 variétés du genre *Amaranthus* appartenant à 4 espèces à savoir, *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. hybridus*, et *A. ticolor*.

Les résultats ont montré des différences hautement significatives entre les paramètres mesurés. Cependant les génotypes les plus précoces sont Pi 477 915, Pi 481 134 et Pi 615 696 d' *A. hypochondriacus* L et Pi 538 325 *A. hybridus*. Les plus grands rendements ont été enregistré avec les variétés Pi 525 498 et Pi 636 182 d'*A. cruentus* et Pi 636 190 d'*A. hypochondriacus*. Par rapport à la verse la plus résistante est la variété Pi 538 319 *A. cruentus* et la plus sensible est Pi 615 696 *A. cruentus* avec un taux de 94%.

Cette étude a permis aussi d'identifier des symptômes de maladies et de ravageurs qui influence la productivité de l'amarante : les pentatomidaees, les chenilles, les criquets, les hannetons, les charançons, les taches foliaires, les brûlures des feuilles terminales et de la panicule.

Donc pour une meilleure diversification de l'agriculture sénégalaise les variétés Pi 525 498 et Pi 636182 d'*A. cruentus* et Pi 636 190 d'*A. hypochondriacus* seraient les plus intéressantes. Des études devront être approfondie sur ces trois variétés afin d'exploiter leurs capacités. Une autre étude similaire en pleine saison des pluies serait intéressante pour affirmer ou confirmer les informations obtenues lors de cet essai. D'autres études aussi devront être réalisées sur la qualité nutritionnelle des graines, la fertilisation, les pratiques culturales etc.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alemayehu, F. R., Bendevis, M. A. and Jacobsen, S.** (2015) ‘The Potential for Utilizing the Seed Crop Amaranth (*Amaranthus* spp .) in East Africa as an Alternative Crop to Support *Food Security and Climate Change Mitigation*’, 201, pp. 321–329. doi: 10.1111/jac.12108.
- ANSD** (2015) : rapport agence nationale de la statistique et de la démographie Mai 2015 Ses 2012, p. 11.
- Belhabib O,** (2005). Les cultures alternatives : Quinoa, Amarante et épeautre. Bulletin du PNTTA n° 133, *Transfert de technologie en agriculture*, (37), pp. 77–80.
- BERHAUT, J.** (1971) *FLORE ILLUSTRÉ DU SÉNÉGAL*.
- Bhandari, C.** (1938). *Vanaushadhi Chandrodya: An Encyclopedia of Indian Botanic and Herbs*. Chowkambha Sanskrit Series, Varanasi, U.P., India.
- Bi Fong, L., Bor Luen, C., and Jin Yuarn, L.** (2005). Amaranthus spinosus water extract directly stimulates proliferation of β - lymphocytes in vitro. *International Immuno Pharma*. 5: p 711–722.
- Breus IM** (1997). Productivity, chemical composition and fertilization of amaranth growing for green matter yield. *Agricultural chemistry*, 10: 52-74.
- Bruce, G. and Philippe, S.** (2008) ‘Étude de la faisabilité de la culture de l’amarante à graine au Québec Mai 2008’, pp. 1–10.
- Bogolyubov IS** (1999). Reference book *Source of health*, Edition 2 Tverj., Moscou, p 62.
- Cunningham AB, Dejager PJ and Hansen LCB,** (1992). The indigenous plant use programme. Foundation for Research Development, Pretoria.
- Daniela M. Gimplinger, G. Dobos, R. Schönlechner, H.-P. Kaul,** (2007). Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria .*plant soil environ*. 53 3: 105–112
- ECHO** (2008) Vegetable Amaranth. ECHO FICHE D’INFORMATIONS DE LA PLANTE p 1.
- Ejieji, C. J., and K. A. Adeniran,** (2010) : Effects of water and fertilizer stress on the yield, fresh and dry matter production of grain Amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Aust. J. Agric. Eng.* 1, 18–24.
- Endres, C.** (1986). Influence of production practices on yield and morphology of *Amaranthus cruentus* and *Amaranthus hypochondriacus*. M.S. Thesis, Dept. of Agronomy, Univ. of Arkansas, Fayetteville.
- Grae, I.** (1974). *Nature’s Colors-Dyes from Plants*. MacMillan, New York.

Grubben, G. J. H. (1975) Thèse de doctorat : LA CULTURE DE L ' AMARANTE, LÉGUME-FEUILLES TROPICAL. Min. Institut National Agronomique, Wageningen 75-6

Kauffman C.S. & Weber L.E., (1990). Grain amaranth. In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.), *Advances in New Crops. Timber Press, Portland, OR*, pp. 127-139.

Lahcen EL YOUSSEFI (2013) Thèse de doctorat : Durabilité d'un système de culture non conventionnelle irrigué par les eaux usées traitées dans la région d'Aghadir. University ibn Zohr.

Martinelli, T., Galasso, I., (2011). Stades de croissance phénologiques de *Camelina sativa* selon l'échelle BBCH étendue. *Ann. Appl. Biol.* 158, 87–94. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00444.x> .

Martínez-Núñez M, Bernal-Muñoz R, Ruiz-Rivas M, Luna-Suárez S, Rosas FF -(2019) *Cárdenas / Revue sud-africaine de botanique* 124, 436–443.

Michael, H. (2002). *South American Medicinal Plants : Botany, Remedial Properties and General Use.* Roth, I. and Lindorf, H., Eds., Springer, Berlin.

Mishra, B. (1878). Bhavprakash Nighantu. Ganga VishnuSri Krishna Das, Ed., Strem Press, Kalyan, Mumbai.

Munger, P., Bleiholder, H., Hack, H., Hess, M., Stauss, R., van den Boom, T., Weber, E., (1997). Stades phénologiques de croissance de la plante de soja (*Glycine max* L. MERR.) : codification et description selon l'échelle BBCH. 179, 209–217. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1997.tb00519.x>

Myers R. L. (1996). Amaranth: new crop opportunity. In: J. Janick (ed.), *Progress in New Crops*, ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 207-220.

NRC (National Research Council), (1984). *Amaranth: modern prospects for an ancient crop.* National Academy Press, Washington, D.C.

O'Brien G. Kelly and Price Martin L. (1983). Amaranth, grain and vegetable types. Revised by Yarger L. (2008). ECHO technical Noter, 2008. p 2.

Omami, E.N. (2005) Response of Amaranth to Salinity Stress. PhD Dissertation, University of Pretoria, Pretoria, p. 235.

PAM (2014) Analyse Globale de la Vulnérabilité de la Sécurité Alimentaire et la Nutrition (AGVSAN). Enquêtes sur la pauvreté et les conditions de vie, Sénégal, pp. 1–96.

Progressive Inspection Program (PIP) (2011) « GUIDE DE BONNES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES Pour la culture de l'amarante (*Amaranthus* spp.) ». pp. 9 – 19

Rangarajan A. and Kelly J., (1994). Iron availability from *Amaranthus* species. *Legacy 7:* p 1- 4.

Rastogi Anu and Shukla Sudhir (2013) Amaranth: A New Millennium Crop

of Nutraceutical Values, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:2, 109-125, DOI:
10.1080/10408398.2010.517876

Sauer, J. D. (1950a). Amaranths as dye plants among the pueblo peoples. *Southwest J Anthropol.* 6: 412–415.

Sauer, J. D. (1950b). The grain amaranths: A survey of their history and classification. *Ann Missouri Bot Gard.* 37: 561–632.

Svirskis A., (2003). Investigation of amaranth cultivation and utilization in Lithuania. *Agronomy research*, 1 (2): 253-264.

Wu Huaixiang, Sun Mei, Yue Shaoxian, Sun Hongliang, Cai Yizhong, Huang Ronghua, Brenner David & Corke Harold (2000) 'Field evaluation of an *Amaranthus* genetic resource collection in China', *Genetic Resources and Crop Evolution*, 47(1), pp. 43–53.