

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
ECOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, DE LA
SANTE ET DE L'ENVIRONNEMENT 'ED-SEV'
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année : 2018

N° d'ordre : 201862



THESE DE DOCTORAT

Spécialité : Malherbologie

Présentée par : Rahimi MBALLO

Les communautés adventices du riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal : structure de la flore, amplitude d'habitat et degrés d'infestation des espèces et amélioration de la gestion de l'enherbement

Soutenue publiquement le **16 Mars 2019** devant le jury composé de :

Président :	M. Kandioura NOBA	Professeur Titulaire	UCAD/FST
Rapporteurs :	Mme Maymouna SY NDIR	Maître de Conférences	UCAD/FST
	M. Papa Madiallacké DIEDHIOU	Maître de Conférences	UGB
	M. Abdala Gamby DIEDHIOU	Maître de Conférences	UCAD/FST
Examineurs :	M. Mame Samba MBAYE	Maître de Conférences	UCAD/FST
	M. Madiama CISSE	Maître de Recherches	ISRA
	M. Souleymane DIALLO	Chercheur invité	ISRA

Directeur de thèse : M. Mame Samba MBAYE, Maître de Conférences UCAD/FST

DEDICACES :

A la mémoire de ma grande mère Fatoumata DIAMANKA, paix à son âme.

A mon père et ma mère qui ont toujours œuvré pour ma progression dans les études et pour toute la peine endurée dans mon éducation. Je ne peux pas vous remercier.

A mes frères Bissimilaye MBALLO et Ramany MBALLO.

A mes sœurs Rabil MBALLO et Amine MBALLO.

A mon épouse Binta SONKO et à ma fille Khadidiatou MBALLO.

A ma tutrice Yama GOUDIABY, son époux Boubacar DIALLO et sa famille. Celle dont je ne pense pas pouvoir trouver autant de vocabulaire nécessaire pour résumer ce qu'elle a longtemps fait pour moi.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire fut une occasion merveilleuse de rencontres et d'échanges avec de nombreuses personnes. Je ne saurais les citer toutes. Je reconnais que chacune a, des degrés divers, mais avec une égale bienveillance, apporté une contribution positive à sa finalisation.

J'exprime mes profonds remerciements à mon directeur de thèse, le Dr. Mame Samba MBAYE, pour avoir accepté de diriger mes recherches. La finesse de son attitude sur le plan aussi bien humain que scientifique a été d'un grand apport dans la réalisation de ce travail. Ses remarques et suggestions successives ont permis d'améliorer les différentes versions de ce document.

Je tiens également à remercier le Pr. Kandioura NOBA pour avoir guidé mes premiers pas dans la recherche mais aussi pour le suivi et l'encadrement scientifique de cette thèse. Ses pertinentes remarques et critiques m'ont conduit vers la bonne voie. Son oeil critique m'a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes parties de cette thèse.

Je suis très sensible à la spontanéité de Dr. Papa Madiallacké DIEDHIOU qui a accepté de prendre de son temps pour évaluer la qualité de ce travail. Merci d'avoir accepté de juger cette thèse.

Des remerciements sincères sont dus au Dr. Maymouna SY NDIR qui a bien voulu participer à ce jury. Je vous suis reconnaissant pour avoir consacré de votre précieux temps à l'évaluation de ce travail malgré votre calendrier très chargé.

Je tiens également à remercier le Dr. Abdala Gamby DIEDHIOU qui a bien voulu juger ce travail de thèse malgré ses nombreuses tâches pédagogiques et de recherche.

Je suis heureux de pouvoir remercier le Dr. Madiama CISSE d'avoir accepté de participer à ce jury, malgré ses multiples occupations.

Je tiens à remercier M. Souleymane DIALLO qui m'a guidé et suivi depuis l'installation des expérimentations jusqu'à la rédaction de la thèse. Ma considération est inestimable. Son soutien sur le terrain m'a été essentiel pour mener à bien mes expérimentations. Je tiens également à souligner toute la confiance qu'il a eue en moi, laquelle a été un moteur pour la réussite à l'aboutissement de ce travail.

J'exprime mes profonds remerciements au Dr. Abdou Aziz MBAYE, ancien Directeur du Centre de Recherches Agricoles (CRA) de Saint-Louis qui m'a ouvert toutes les portes pour que je puisse mener à bien mes travaux de thèse.

Je remercie également le Dr. César BASSENE qui m'a beaucoup soutenu et accompagné plusieurs fois sur le terrain pour les prises des mesures. Ses conseils et encouragements m'ont permis de mener ce travail à termes.

J'exprime ma gratitude à toute l'équipe du Laboratoire de Botanique et Biodiversité (LBB). Il s'agit plus particulièrement de Mamadou SIDYBE, Abdou Aziz CAMARA, Jules DIOUF, Birane DIENG, Samba Lahat KA, Ndongo DIOUF, Dr Madiop GUEYE, Dr Ngansoumana BA, Dr Ablaye NGOM, Dr Maïmouna KANE, Fatou Kiné GUEYE, Dr Sény SANE, Dr Ibou DIOP, Richard Demba DIOP, Dr Malamine THIOUB, Sokhna MBOUP, Souleymane SAKHO.

Je remercie l'ISRA qui, à travers l'assistance financière et la mise à disposition d'une parcelle d'expérimentation dans la station expérimentale de Fanaye, a facilité la réalisation de ce travail. Je voudrais associer à ces remerciements tous les chercheurs du Centre de Recherches Agricole (CRA) de Saint-Louis à travers son Directeur Dr Amadou Abdoulaye FALL, le coordonateur de programme Dr Madiama CISSE, Dr Omar Ndao FAYE, Dr Dieynaba SALL, Dr Mamadou SALL, Dr Ramatoulaye N'DIAYE, Dr Moussa DIENG, Dr Diatta MARONE, Mme Aminata Dia, M. Birame N'DIAYE, M. Malick N'DIAYE, M. Pape Madiama DIOP, M. Jeannot DIATTA et le personnel administratif et d'appui du CRA de Saint-Louis. Je pense également à mon ami M. Ibrahima FALL et M. Papa Amadou Moctar GAYE avec qui j'ai passé des moments inoubliables.

J'exprime mes remerciements à la SAED notamment à M. Bécaye BA, M. CISSOKHO et M. Samba WANDIANGA qui m'ont permis d'accéder à leur base de données. Je voudrais aussi remercier Alla Diop GUEYE (Dagana), Iba NDIAYE (Mbagame), Yamar DIOP (Tiago), Abdou SECK (Mboundoum), Alhousseynou DJIGO (Guia), Cheik Tidiane NDIAYE (Bokhol) qui m'ont accompagné sur le terrain pour les inventaires floristiques.

Mes remerciements vont à M. Issa FALL (Fanaye), Maouloud SOW pour leurs appuis lors de la conduite des essais.

SIGLES ET ABREVIATIONS

ADRAO : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest

AFD : Agence Française de Développement

Africa Rice: Rice Science at the service of Africa

APG : Angiosperm Phylogeny Group

APRAO : Amélioration de la Production du Riz en Afrique de l'Ouest

CORAF/ WECARD : Conseil Ouest et Centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricoles / West and Central African Council for Agricultural Research and Development

DAPS : Direction de l'Analyse de la Prévision et des Statistiques

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

GIPD : Gestion Intégrée de la Production et des Déprédateurs

GOANA : Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of United Nations, Statistics

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

IRRI: International Rice Research Institute

JICA: Japan International Cooperation Agency

MAER : Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural

MAAF : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

OMVS : Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

PNAR : Programme National d'Autosuffisance en Riz

PPU : Placement Profond de l'Urée

PSE : Plan Sénégal Emergent

ROPPA : Réseau des Organisations Paysannes et de Producteurs de l'Afrique de l'Ouest

SAED : Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé

SNDR : Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture

USDA: United State Department of Agriculture

USAID: United States Agency for International Development

USG : Urée Super Granulé

WARDA: West African Rice Development Association

Liste des figures

Figure 1: Plan de riz (ADRAO, 2003)	6
Figure 2: Epillet du riz (www.rizepillet.htm).....	7
Figure 3: Parcelle de production de semences (FAO 2012).....	15
Figure 4: Test de germination (A) et étiquette de semence certifiée (B) (FAO 2012)	16
Figure 5: Pépinière de riz (FAO, 2012).....	18
Figure 6: Localisation des sites d'essais et des cuvettes de la vallée du fleuve Sénégal	40
Figure 7: Données climatiques de la station expérimentale de N'diaye et Fanaye en 2016 et 2017.....	44
Figure 8: Dispositif expérimental.....	51
Figure 9: Phénologie des espèces communes des 4 sites en rapport avec celle du riz.....	65
Figure 10: Diagramme d'infestation dans le Delta	67
Figure 11: Diagramme d'infestation dans la moyenne vallée.....	68
Figure 12: Diagramme d'infestation global dans la vallée du fleuve Sénégal.....	70
Figure 13: Les proportions des groupes d'adventices selon leur I.P.N.....	75
Figure 14: Relation entre la biomasse sèche des adventices et le rendement en saison sèche chaude.....	141
Figure 15: Relation entre la biomasse sèche des adventices et le rendement en saison humide	143
Figure 16: Relation de covariance entre la biomasse sèche des adventices et le rendement en saison sèche chaude et en saison humide	144
Figure 17 : Cycle du riz en saison sèche chaude.....	145
Figure 18 : Période critique de concurrence en saison sèche chaude.....	146
Figure 19 : Cycle du riz en saison des pluies	147
Figure 20 : Période critique de concurrence en saison humide.....	147

Liste des tableaux

Tableau 1: Dosage de l'engrais (exemple de la zone de Podor) source : SAED/JICA, 2014..	23
Tableau 2: Catégorisation des maladies du riz en Afrique de l'Ouest (ADRAO/SAED, 2011)	25
Tableau 3: Insectes utiles des cultures de riz (APRAO/GIPD, 2011).....	27
Tableau 4: Choix des cuvettes dans le delta et la moyenne vallée.....	41
Tableau 5: Caractéristiques physiques et chimiques des sols dans les sites d'essai	42
Tableau 6: Calendrier des opérations culturales	47
Tableau 7: Transformation de l'abondance–dominance en pourcentage de recouvrement moyen (Gounot, 1969)	49
Tableau 8: Liste des espèces recensées avec leur type biologique (T.B) et leur répartition géographique (R.G).....	55
Tableau 9: Structure de la flore des adventices du riz irrigué.....	59
Tableau 10: Proportion des familles d'adventices répertoriées	59
Tableau 11: Types biologiques des espèces recensées	61
Tableau 12: Affinités biogéographiques des espèces recensées	61
Tableau 13: Proportion du nombre d'espèces selon les indices de Caratini	62
Tableau 14: Liste des espèces des 4 sites d'expérimentation.....	63
Tableau 15 : Importance agronomique des espèces	72
Tableau 16 : Indice partiel de nuisibilité (I.P.N.) et fréquence relative des espèces adventices les plus dominantes	74
Tableau 17 : Biomasse des monocotylédones en g/m ² de 2016 à 2017 en fonction des sites.	80
Tableau 18 : Biomasse des dicotylédones en g/m ² de 2016 à 2017 en fonction des sites.....	84
Tableau 19 : Biomasse totale des adventices en g/m ² de 2016 à 2017 en fonction des sites ..	88
Tableau 20 : Biomasse des adventices en g/m ² en saison sèche chaude 2016 et 2017	91
Tableau 21 : Biomasse des adventices en g/m ² en saison humide 2016 et 2017	93
Tableau 22 : Biomasse des adventices en g/m ² en saison sèche chaude et saison humide 2016	96
Tableau 23 : Biomasse des adventices en g/m ² en saison sèche chaude et saison humide 2017	98

Tableau 24 : Effets des traitements par site et par saison sur la biomasse sèche du riz en g/m ²	101
Tableau 25 : Effets des traitements sur la biomasse du riz (g/m ²) en saison sèche chaude 2016 et 2017.....	104
Tableau 26 : Effets des traitements sur la biomasse du riz (g/m ²) en saison humide 2016 et 2017.....	105
Tableau 27 : Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison sèche chaude et saison humide 2016.....	106
Tableau 28 : Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison sèche chaude et saison humide 2017.....	108
Tableau 29 : Effets des traitements sur la hauteur des plantes par site et par saison.....	109
Tableau 30 : Effets des traitements sur le nombre de panicules par mètre carré.....	112
Tableau 31 : Effets des traitements sur le poids d'une panicule.....	116
Tableau 32 : Effets des traitements sur le poids de 1000 grains.....	119
Tableau 33 : Effets des traitements sur le rendement en T/ha.....	122
Tableau 34 : Hauteur, composantes de rendement et rendement en saison sèche chaude 2016 et 2017.....	125
Tableau 35 : Rendement et les composantes de rendement en saison humide 2016 et 2017	129
Tableau 36 : Rendement et les composantes de rendement en saison sèche chaude et saison humide 2016.....	132
Tableau 37 : Rendement et les composantes de rendement en saison sèche chaude et saison humide 2017.....	136
Tableau 38 : Matrice de corrélation entre les composantes de rendement en saison sèche chaude.....	140
Tableau 39 : Régression linéaire entre rendement et la biomasse des adventices en saison sèche chaude.....	141
Tableau 40 : Matrice de corrélation entre les composantes de rendement en saison humide	142
Tableau 41 : Régression linéaire entre le rendement et la biomasse des adventices en saison humide.....	143

Sommaire

CHAPITRE I – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I.1. Origine et répartition géographique du riz	3
I.2. Systématique et description botanique du riz.....	5
I.2.1. Appareil végétatif.....	5
I.2.2. Appareil reproducteur	6
I.2.3. Stades de croissance et de développement du riz.....	8
I.3. Ecologie du riz	9
I.4. La riziculture au Sénégal.....	11
I.4.1. Importance de la riziculture	11
I.4.2. Les différents types de rizicultures	11
I.5. Techniques culturales du riz	13
I.5.1. La préparation du sol.....	14
I.5.2. Choix de la variété et préparation des semences.....	14
I.5.3. Installation de la culture	16
I.6. Récolte, gestion post récolte et stockage du riz	29
I.7. Les adventices du riz.....	32
I.7.1. Effet des adventices sur la productivité du riz	32
I.7.2. Moyens de lutte contre les adventices.....	33
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES	39
II.1. Présentation de la zone d'étude	39
II.1.1. Le milieu d'étude.....	39
II.1.2. Les sols	41
II.1.3. Le climat	43
II.1.4. La végétation	45
II.2. Matériel et méthodes.....	47
II.2.1. Le matériel végétal	47
II.2.2.1. L'étude de la flore.....	47
II.2.2.2. Etude de la concurrence.....	50
La préparation du sol.....	50
Le dispositif expérimental	50
CHAPITRE III- FLORE ET VÉGÉTATION ADVENTICES DU RIZ : STRUCTURE ET NUISIBILITÉ DES ESPÈCES.....	55
III.1. Introduction	55
III.2. Résultats	55

III.2.1. Analyse de la flore.....	55
III.2.1.1. Spectre taxonomique	59
III.2.1.2. Spectre biologique.....	61
III.2.1.3. Spectre chorologique	61
III.2.2. Analyse de la végétation.....	62
III.2.2.1. Classement des espèces selon l'indice de Caratini	62
III.2.2.2. Amplitude d'habitat et comparaison entre la diversité des sites	63
III.2.2.3. La phénologie des espèces communes des quatres site d'expérimentation.....	65
III.2.2.4. Degrés d'infestation des adventices	66
III.2.2.5. Nuisibilité des adventices	73
III.3. DISCUSSIONS	76
III.4. CONCLUSION	78
CHAPITRE IV- ETUDE DE LA CONCURRENCE DES ADVENTICES VIS-A-VIS DU RIZ ET DETERMINATION DE LA PERIODE CRITIQUE DE CONCURRENCE ET DES PRATIQUES DE DESHERBAGE	79
IV.1. Introduction	79
IV.2.1. Effets des traitements sur la biomasse sèche des adventices.....	80
IV.2.2. Effets des traitements sur la biomasse sèche du riz.....	100
IV.2.3. Hauteur, composantes de rendements et Rendements.....	109
IV.2.4. Corrélation entre la biomasse des adventices et du rendement et composantes du rendement	140
IV.2.5. Détermination de la période critique de concurrence des adventices vis-à-vis du riz.....	145
IV.3. DISCUSSIONS	148
IV.4. CONCLUSIONS.....	150
CHAPITRE V DISCUSSIONS GENERALES.....	151
V.1. La flore adventice du riz.....	152
V.2. La concurrence	154
V.2.1. Effets de la concurrence sur la biomasse, le rendement et les composantes de rendement	155
V.2.2. La période critique de concurrence	156
V.2.3. Corrélation entre la biomasse, le rendement et les composantes de rendement	157
V.3.. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	158
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	161

Résumé

La riziculture irriguée joue un rôle important dans l'économie rurale au Sénégal. Elle est caractérisée par de faibles rendements à cause de plusieurs contraintes dont la pression des adventices qui constitue une des contraintes majeures. La gestion de l'enherbement est devenue un préalable nécessaire pour augmenter la production de riz dans la vallée du fleuve Sénégal, une des principales zones de culture du riz. Le présent travail envisage de contribuer à l'atteinte de l'autosuffisance en riz au Sénégal. La présente étude se propose de caractériser la flore adventice du riz, de déterminer la période critique de concurrence des adventices et de proposer un calendrier de désherbage pour optimiser les rendements. Cette étude a été réalisée dans la vallée du fleuve Sénégal à la station expérimentale de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) de Fanaye et dans les exploitations paysannes au cours des années 2015 à 2017. Pour l'étude de la flore et de la nuisibilité des adventices, des relevés phytosociologiques ont été réalisés dans des parcelles de riz en station et en milieu paysan. L'étude de la période critique de concurrence des adventices a consisté à réaliser deux types d'expérimentations complémentaires, l'une en laissant les adventices dans les parcelles pendant des périodes de plus en plus longues avant le désherbage et l'autre en maintenant la culture propre pendant des périodes de plus en plus reculées. Les résultats ont permis de répertorier 179 espèces réparties dans 117 genres et 46 familles. Les Angiospermes représentent 97,76% des espèces contre 2,23% des Ptéridophytes. Chez les Angiospermes, les Dicotylédones présentent la proportion la plus élevée avec 58,10%. Trois familles dominent nettement cette flore, les *Poaceae* (20,67% des espèces), *Cyperaceae* (12,85% des espèces) et les *Fabaceae* (11,17% des espèces). Les thérophytes sont plus importants et représentent 62,57% suivies des chaméphytes 10,61%. Les espèces pantropicales (35,20%) et africaines (27,93%) représentent l'essentiel de cette flore avec un total de 63,13%. Les espèces les plus nuisibles sont *Oryza longistaminata*, *Echinochloa colona* et *Bolboschoenus maritimus*. Les résultats de la concurrence montrent que la biomasse, le rendement et les composantes de rendements sont plus affectés par la compétition plus que la durée de l'enherbement est longue selon qu'on est en saison sèche chaude ou en saison humide. Cette étude a montré que la période critique de concurrence des mauvaises herbes en saison sèche chaude se situe entre le 12^{ème} jour après levée (stade 3 feuilles) et le 48^{ème} jour après levée (90% de tallage) du riz. En saison humide, cette période critique de concurrence se situe entre le 24^{ème} (début tallage) et le 48^{ème} (90% de tallage) jour après la levée du riz. L'itinéraire technique de désherbage proposé à la suite de ce travail consiste à réaliser deux (2) désherbages, en saison sèche chaude au 12^{ème} JAL et 48^{ème} JAL et en saison humide au 24^{ème} JAL et 48^{ème} JAL du riz.

Mots clés : flore adventice riz, concurrence, période critique, vallée du fleuve Sénégal.

Abstract

Irrigated rice cultivation plays an important role in Senegal's rural economy. However, rice cultivation is characterized by low yields due to weed competition which represent its major constraint. Weed management is, therefore, necessary for increasing production. This study was carried out in the Senegal River Valley at the experimental station of the Senegalese Institute of Agricultural Research (ISRA) of Fanaye and on-farm experiments from 2015 to 2017. The objectives of this present study are to characterize the adventitious flora in rice, to determine the critical period of weed competition and to recommend a weeding schedule in order to optimize rice yields. To study the flora and weed nuisance, phytosociological surveys were carried out in rice plots at the station and on-farm in the Senegal River valley. The study of the critical period of weed competition consists in carrying out two complementary experiments. These experiments consist of keeping weeds in the plots for longer periods before weeding and maintaining proper weed control. The results identified 179 species distributed in 117 genera and 46 families. Angiosperms represent 97.76% of the species while the Pteridophytes accounted for 2.23%. In the Angiosperms, Dicotyledonous plants had the highest proportion with 58.10% followed by Monocotyledons representing 39.66% of the species. This flora is dominated by three families such as Poaceae (20.67% of species), Cyperaceae (12.85% of species) and Fabaceae (11.17% of species). The therophytes are dominant and represent 62.57% followed by chamaephytes with 10.61%. Pantropical (35.20%) and African (27.93%) species account for the bulk of this flora with a total of 63.13%. The most harmful species in the area are *Oryza longistaminata*, *Echinochloa colona* and *Bolboschoenus maritimus*. Competition results show that biomass, yield and yield components are more affected by competition when keeping weeds is so longer and depending also on weather on off-season or rainy season. This study showed that the critical period of weeds competition in off-season is between the 12th day after emergence (3 leaf stage) and the 48th day after emergence (90% tillering) of rice. In the rainy season, this critical period of weed competition is between the 24th (early tillering) and the 48th (90% tillering) days after rice emergence. The best weed management technique for rice cultivation consists in 2 weeding operations at the 12th days after emergence of rice (DAE) and 48th DAE in off-season and 24th DAE and 48th DAE in the rainy season.

Key words: adventitious rice flora, competition, critical period, Senegal River Valley.

INTRODUCTION GENERALE

Le riz constitue l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale (Fall et Dieye, 2008), assure 27 % des disponibilités alimentaires énergétiques et 20 % des apports protéiques dans le monde (FAOSTAT, 2012). Dans le monde et en particulier dans certains pays d'Afrique tel que le Sénégal, sa culture constitue une source de revenus pour les producteurs et par conséquent permet la réduction de la pauvreté (Fagade, 2000). La consommation du riz ne cesse de croître (Totin *et al.*, 2012). L'augmentation de la production du riz est un défi majeur pour beaucoup de pays en développement comme le Sénégal qui misent sur cette céréale pour assurer leur autosuffisance alimentaire. A cet effet, le gouvernement du Sénégal a fixé les grandes orientations agricoles portées par le Plan Sénégal Emergent (PSE), qui à l'horizon 2035 et à moyen terme dès 2018, va apporter une trajectoire de croissance durable de 7% par an (MAER, 2014).

Au Sénégal, la riziculture irriguée telle qu'elle est pratiquée dans la vallée du fleuve Sénégal, est coûteuse. Un passage à la double culture et une augmentation des rendements s'imposent afin de rentabiliser et d'assurer la durabilité des périmètres irrigués déjà existants, mais aussi afin d'accélérer l'aménagement de nouvelles unités hydro-agricoles. Cependant, cette intensification se heurte à plusieurs contraintes d'ordre biotiques, abiotiques et financier.

Parmi ces contraintes, l'importance de l'enherbement est un élément fondamental à régler pour la valorisation des facteurs de production (eau et fertilisants) (Diagne, 1991).

Dans les pays en voie de développement, les dégâts dus aux adventices constituent l'une des principales contraintes à l'augmentation de la production agricole (Parker & Fryer, 1975; Akobundu, 1987; Cramer, 1967; Fontanel, 1987a et 1987b; Traoré & Maillet, 1992; Le Bourgeois, 1993; Noba, 2002; Noba *et al.*, 2004).

De nombreux travaux ont montré qu'en Afrique de l'ouest, la baisse de rendement due à l'enherbement varie entre 28 et 74% en riziculture irriguée (Le Bourgeois *et al.*, 2014) et de 48 à 100% en riziculture pluviale (Le Bourgeois *et al.*, 2014 ; Akobundu, 1996 ; Johnson *et al.*, 2004). Selon certains auteurs comme Cramer (1967) ; Noba (2002) les pertes de récoltes dues au problème de désherbage sont très importantes et s'élèvent à 15 % en Afrique.

Au Sénégal, des suivis agronomiques effectués dans la vallée du fleuve Sénégal montrent que les adventices peuvent entraîner des chutes de rendement de plus de 50% par rapport aux zones non infestées (Diop, 1980 ; Diagne, 1991).

En plus des pertes directes occasionnées par la concurrence, la présence des graines d'adventices dans les récoltes du riz peut diminuer leur valeur marchande. Ces adventices peuvent également servir d'hôtes alternatifs aux agents pathogènes et aux ravageurs de la

culture. Elles peuvent aussi réduire le rendement de fonctionnement des engins comme les moissonneuses-batteuses par effet de bourrage (Razia, 2000).

Pour lever cette contrainte majeure, il est nécessaire de bien connaître la flore et la végétation adventice du riz, leur dynamique et la nuisibilité des espèces. En effet, la connaissance des populations adventices dans les agrosystèmes est essentielle et permet une gestion efficace de l'enherbement et par conséquent une meilleure productivité des systèmes de culture.

Dans ce sens, au Sénégal, plusieurs études ont porté sur la flore adventice de certaines cultures comme le mil, l'arachide, le sorgho, le maïs, le riz et le coton. Ces travaux sur les adventices ont été réalisés sur les aspects taxonomiques, phénologiques et phytosociologiques mais aussi sur la gestion par des auteurs dont Merlier (1972a, 1972b), Fontanel (1987a, 1987b), Deuse et Hernandez (1978a), Hernandez (1978), Diallo (1981 ; 1997), Ba (1983), Samb & Chamel (1992), Noba & Ba (1998), Wade *et al.*, (1999), Mbaye *et al.*, (2001a et b), Mbaye (2002), Noba (2002), Sarr *et al.*, (2002) Noba *et al.*, (2003), Bassène (2014).

Pour le riz, les études ont principalement porté sur la composition spécifique et les spectres biologiques et chorologiques des espèces (Diagne, 1993 ; Diallo *et al.*, 1997 ; Johnson *et al.*, 2004). Par contre, sur l'amplitude d'habitat, le degré d'infestation et la nuisibilité des espèces, peu de travaux ont été réalisés. Or ces aspects sont importants pour déterminer l'importance agronomique des adventices. Il convient dès lors de mener des travaux sur ces aspects et d'étendre ces études dans toute la vallée du fleuve Sénégal, afin de caractériser la flore et la végétation adventice et de voir leur évolution sous l'influence des facteurs agro-écologiques.

Le présent travail envisage de contribuer à l'atteinte de l'autosuffisance en riz au Sénégal. Plus spécifiquement, ce travail cherche à 1-caractériser la flore et la végétation adventices du riz dans la vallée du fleuve Sénégal ; 2- déterminer l'amplitude d'habitat des espèces ; 3- déterminer le degré d'infestation et les périodes critiques de compétition des espèces ; 4- proposer un calendrier de désherbage.

Ce présent document est structuré de la manière suivante :

- Le chapitre 1 est une synthèse bibliographique sur le riz,
- Le chapitre 2 porte sur le matériel et méthodes utilisées,
- Le chapitre 3 est l'analyse de la flore adventice de la culture de riz,
- Le chapitre 4 est l'étude de la concurrence des adventices vis-à-vis du riz,
- Le chapitre 5 est une discussion générale et une conclusion générale des résultats de l'étude

CHAPITRE I – SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Origine et répartition géographique du riz

Parmi les Graminées qui nourrissent le monde, le riz occupe une place particulière, tant du point de vue de son importance, que du point de vue botanique et écologique. C'est la première céréale proche des Graminées les plus primitives (ORSTOM, 1987).

Les racines asiatiques du riz cultivé commun, *Oryza sativa*, n'ont jamais été mises en doute. Mais le renommé botaniste suisse De Candolle, dans son ouvrage intitulé, (Origine des Plantes Cultivées), en 1883 hésitait entre une origine chinoise et indienne de cette céréale des régions chaudes (ORSTOM, 1987).

Au début du XX^e siècle, Shigemoto Kato décrit scientifiquement l'existence de deux sous espèces, *O. sativa japonica* et *O. sativa indica*, que les Chinois reconnaissaient traditionnellement dans les types « Keng » et « Hsien » (ORSTOM, 1987 ; Angladette, 1996).

Roland Portères enleva néanmoins à l'Asie le seul bénéfice de la domestication du riz en reconnaissant pour *Oryza glaberrima* cultivé en Afrique de l'Ouest une origine africaine indépendante. Nous n'avons donc pas « un » riz mais « des » riz, avec trois espèces ou sous-espèces et une richesse en agro-écotypes et en variétés fabuleuse (ORSTOM, 1987).

Deux espèces de riz sont actuellement cultivées dans le monde : *Oryza sativa* L., originaire d'Asie et *Oryza glaberrima* STEUD, originaire du delta central du fleuve Niger en Afrique de l'Ouest (Angladette, 1996).

Les études antérieures ont montré que ces deux espèces dériveraient d'une forme ancestrale commune (Chang, 1976 cité par Nacro, 1994).

Par ailleurs, les études moléculaires ont montré que l'origine du genre *Oryza* se situe en Eurasie il y a une cinquantaine de millions d'années, mais son ancêtre provenait de l'Afrique (IRRI, 2005). Le fossile découvert près du lac de Constance en Suisse et nommé *Oryza exasperata*, est le seul fossile d'*Oryza* connu (Heer, 1885). Sa détermination est tout à fait plausible et pourrait correspondre à l'espèce actuelle *Oryza meyeriana*.

Les données taxonomiques les plus récentes considèrent que le genre *Oryza* compte lui-même 24 espèces (génomes A à K, 2n=24 ou 48), dont deux sont cultivées, *Oryza sativa* (génome A, 2n=24) à distribution mondiale et *Oryza glaberrima* (génome A, 2n=24), cantonnée à l'Afrique de l'Ouest (IRRI, 2005).

Il est désormais admis qu'*Oryza sativa* a été domestiquée à partir de formes annuelles de l'espèce *Oryza rufipogon* il y a environ 8000 à 10000 ans de manière indépendante en Chine et en Inde. *Oryza rufipogon* est une espèce complexe qui comporte un continuum de formes

annuelles, intermédiaires et pérennes et de formes autogames, intermédiaires et allogames (Second, 1985).

Des migrations d'*Oryza rufipogon* ont eu lieu vers l'Afrique. Les formes pérennes seraient à l'origine de l'espèce *Oryza longistaminata*, les formes annuelles donnant *Oryza barthii*, dont est dérivée *Oryza glaberrima*.

Le riz (*Oryza sativa*) est l'une des cultures les plus anciennes d'après d'anciennes archives et des excavations archéologiques montrant qu'il est cultivé en Inde et en Chine depuis des milliers d'années (USAID, 2014).

Oryza sativa a été cultivée pour la première fois en Asie du Sud-Est, en Inde, et en Chine il y a 8000 à 15000 ans (Normile, 1997 & 2004 ; Itzstein-Davey *et al.*, 2007).

Oryza sativa est cultivée dans le monde à des latitudes comprises entre 35° Sud (Nouvelles-Galles du Sud et Argentine) et 50° Nord (Chine du nord) dans 110 pays. 90% du riz sont cultivés et consommés en Asie. Les régions de culture représentent environ 10% des terres cultivables disponibles au niveau mondial (144 millions d'hectares), le blé étant la culture qui couvre une superficie plus grande. Le riz pousse à des altitudes allant du niveau de la mer à 3 000 m, dans des climats tempérés aussi bien que tropicaux. Il est cultivé dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest et du Nord (Egypte), ainsi qu'en Afrique Centrale et de l'Est. Il est également cultivé dans les pays d'Amérique Centrale (Amérique latine), en Australie, aux Etats-Unis ainsi que dans les pays du sud de l'Europe tels que l'Espagne, l'Italie, et la France (USAID, 2014).

Aujourd'hui, la culture du riz joue un rôle de plus en plus important en Afrique. En Afrique Centrale et de l'Ouest, le riz est cultivé par environ 20 millions de petits exploitants agricoles comme moyen de subsistance. Les statistiques de la FAO montrent que la demande en riz dans ces régions augmente de 6% par an, faisant de ces régions les endroits où la demande en riz progresse le plus rapidement dans le monde.

Les systèmes d'irrigation dans le Sahel fournissent aux agriculteurs un approvisionnement en eau fiable fortement apprécié dans une région où les précipitations sont rares et incertaines (Connor *et al.*, 2008).

Le Sénégal couvre une superficie de 196722 km² et se situe en grande partie dans la zone sahelo-soudanienne avec un climat de type semi-aride tropical.

Au Sénégal les terres arables représentent 3,8 millions d'hectares, soit environ 20% de la superficie du pays. Selon le Réseau des Organisations Paysannes et de Producteurs de l'Afrique de l'Ouest (ROPPA), ces terres sont inégalement réparties dans les zones agro-géographiques (APRAO, 2011) : 57% dans le Bassin arachidier, 20% en Casamance, 10% au

Sénégal Oriental, 8% au Fleuve Sénégal, 4% dans la zone sylvo-pastorale (Ferlo) et 1% dans les Niayes.

La superficie annuelle des terres cultivées au Sénégal s'étend de 2,5 millions d'hectares. Parmi ces terres cultivées, seulement 2% des superficies sont réservées aux cultures irriguées dans la vallée du Fleuve Sénégal (APRAO, 2011).

Tous systèmes de production confondus, les quatre grandes cultures céréalières pratiquées sont, par ordre d'importance des superficies cultivées, le mil/sorgho (environ 1 million d'hectares avec un rendement moyen de 0,6 t/ha), le riz (96000 ha à 2,3 t/ha) et le maïs (70 000 ha à 0,9 t/ha) (APRAO, 2011).

I.2. Systématique et description botanique du riz

Les riz cultivés appartiennent au genre *Oryza* L. d'où son nom est tiré, est un végétal de l'Embranchement des Phanérogames ou Spermatophytes, Sous-embranchement des Angiospermes, Classe des Monocotylédones, Famille des Graminées, à la tribu des oryzées (Angladette, 1966).

La nouvelle classification phylogénétique APG III, (2009) indique que le riz appartient au règne des Plantées, du clade des Angiospermes, du clade des Monocotylédones, et du clade des Commelinidées, à l'ordre des Poales, à la Familles des Poacées, à la sous-famille des Ehrhartoidées et du genre *Oryza*.

Le riz est une plante herbacée annuelle, constituée par des tiges ou chaumes rondes et creuses, des feuilles plates et des panicules terminales. Le riz est une plante très souple qui pousse aussi bien en zone inondée qu'en zone non-inondée. La plante de riz comprend des organes végétatifs : racines, tiges, feuilles et des organes reproducteurs à savoir la panicule constituée d'un ensemble d'épillets (Wopereis *et al.*, 2008). La plante a une hauteur variant de 0,5 à 1,5 m et peut atteindre quelque fois 10 m pour les variétés flottantes (ADRAO, 1992).

I.2.1. Appareil végétatif

Les racines servent de support (ancrage) à la plante (Figure 1). Elles ont pour fonctions principales d'absorber et de stocker l'eau et les éléments nutritifs. Le système racinaire de la plante de riz, comme la plupart des Graminées, est peu profond (Wopereis *et al.*, 2008).

Les racines secondaires ou adventives apparaissent au tallage à partir des noeuds souterrains de la tige, puis sur les noeuds supérieurs (Traore, 2009). Le système racinaire est très abondant et ramifié chez les variétés aquatiques alors qu'il est moins ramifié, de plus grand diamètre et plus profond chez les variétés pluviales (Anonyme, 2002). Un pied de riz peut

comporter plus de 2000 racines dont chacune porte 10 à 30 radicelles. Les radicelles portent à leur tour de nombreux poils absorbants (Dobelman, 1976).

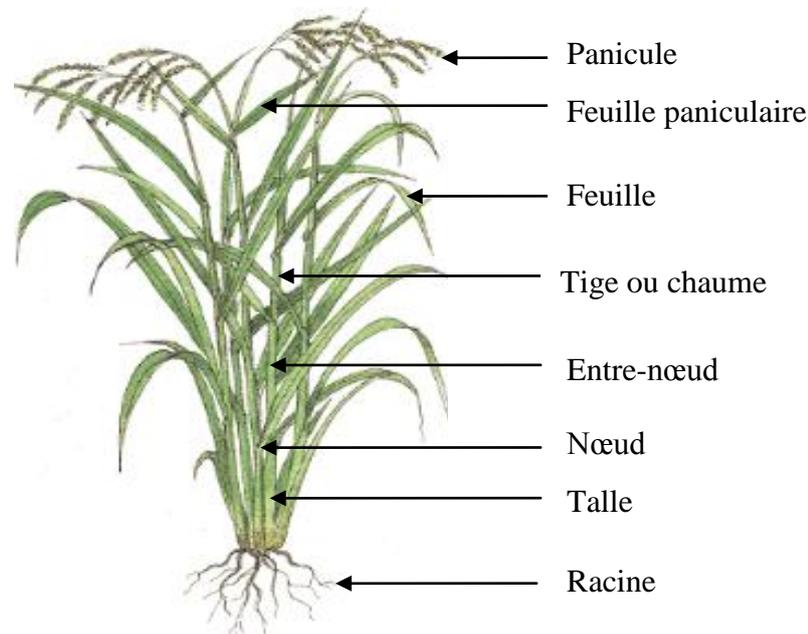


Figure 1: Plan de riz (ADRAO, 2003)

La tige est composée d'une série de nœuds et d'entre-nœuds. Les entre-nœuds inférieurs sont plus courts que les supérieurs avec une surface lisse. Plus l'écart entre les nœuds inférieurs est réduit plus la plante résiste à la verse (Wopereis *et al.*, 2008). Les nœuds portent une feuille et un bourgeon qui pourra donner naissance à une talle secondaire. Les talles secondaires poussent à partir du brin maître dans un ordre alternatif. La talle primaire pousse à partir du nœud le plus bas et donne naissance aux talles secondaires. Celles-ci donnent à leur tour naissance à des talles tertiaires (Sie *et al.*, 2009).

La feuille est constituée de deux parties : de la gaine foliaire et du limbe foliaire. La gaine foliaire enveloppe la totalité de l'internœud et même dans certain cas, le nœud suivant. Le limbe foliaire ou la partie terminale de la feuille est attachée au nœud par la gaine foliaire (ADRAO, 1992 ; Sie *et al.*, 2009). Les feuilles sont imbriquées les unes sur les autres et de forme lancéolée. Elles sont sessiles, engainantes et se fixent sur les nœuds selon un angle en fonction des variétés cultivées (ADRAO, 1992). La dernière feuille sous la panicule est appelée : feuille paniculaire. Elle reste dressée et est un précurseur de l'apparition des inflorescences (Angladette, 1966).

I.2.2. Appareil reproducteur

L'inflorescence est une panicule limitée par le nœud de la feuille paniculaire à sa partie inférieure et par le dernier grain à sa partie supérieure (

Figure 2). Cette

inflorescence porte des ramifications primaires appelées racèmes formant des grappes, qui à leurs tours portent de petits épis d'un ou de plusieurs épillets (Diao, 2014).

Le riz est essentiellement une plante autogame, présentant des organes mâles et femelles, réduisant ainsi la fécondation croisée. La fécondation se produit dans un épillet, qui a six anthères avec plus de 1000 grains de pollen dans chacun, et un ovule avec un stigmate ramifiée. Au moment de la floraison, les grains de pollen se dispersent et germent sur la surface du stigmate, avant l'ouverture de l'épillet. Chaque tube pollinique atteint un ovule pour initier la double fécondation (OEDC, 1999).

A maturité, le rachis étant plus ou moins flexible, la panicule peut avoir un port très variable: érigé, semi érigé ou pendant (Diao, 2014).

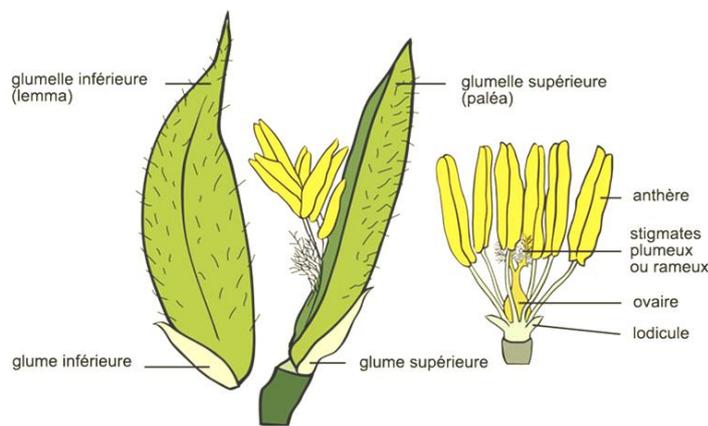


Figure 2: Epillet du riz (www.rizepillet.htm)

Le grain de riz non décortiqué appelé paddy est constitué de l'ovaire fécondé, des glumes et glumelles, du rachis et éventuellement de la barbe.

Après la fécondation, l'ovaire se développe très rapidement et le caryopse atteint sa taille maximale en sept (7) jours. La maturation du grain de riz passe par plusieurs stades de développement, à savoir le stade laiteux, le stade pâteux et le stade grain dur. Le dernier stade est atteint lorsque 80 à 90% des grains de la panicule sont mûrs (Wopereis *et al.*, 2008).

Le grain est enveloppé par une glumelle supérieure (paléa) et une glumelle inférieure (lemma) emboîtées l'une contre l'autre après la pollinisation. La réunion des 2 glumelles à l'extrémité supérieure de l'épillet forme le bec ou l'apex. La barbe est le prolongement de la nervure centrale de la glumelle inférieure (ADRAO/SAED, 2011).

I.2.3. Stades de croissance et de développement du riz

Selon Sie *et al.*, (2009), la période de croissance de la plante de riz compte 10 stades répartis de 0 à 9. Le stade 0 correspond au stade de germination et le stade 9 à celui de maturité. Les différentes phases de croissance et de développement sont les suivantes : la phase végétative, la phase reproductrice et la phase de maturation.

I.2.3.1. La phase végétative

La phase végétative est composée de 4 stades : la germination, le stade plantule, le tallage et l'élongation du chaume.

- **la germination (stade 0) :** elle correspond à la période comprise entre la germination et l'émergence de la première feuille. Selon la température, la phase de germination dure de 5 à 20 jours (5 jours en condition de températures élevées et 20 jours sous de basses températures). Autrement dit, ce stade de germination correspond à la période comprise entre l'apparition de la coléoptile ou de la radicule et l'émergence de la première feuille (ADRAO/SAED, 2011).
- **Le stade plantule (stade 1) :** C'est la période qui suit la germination, pendant laquelle la jeune pousse se nourrit essentiellement des réserves de la graine (14 jours environ). La plantule produit une feuille tous les 3 ou 4 jours. C'est à ce stade de développement de la plantule que les racines sont produites. C'est un stade critique au cours duquel la plante est très fragile (Wopereis *et al.*, 2008).
- **Le tallage (stade 2) :** Au cours du tallage, la plantule commence à produire des talles. Il est aussi défini comme la période comprise entre l'apparition de la 5^{ème} feuille et celle de la première talle (Sie *et al.*, 2009). L'accroissement numérique des talles se poursuit jusqu'au tallage maximum. On assiste ensuite à une dégénérescence de certaines talles et à une stabilisation du nombre de talles (Sie *et al.*, 2009).
- **L'élongation du chaume (stade 3) :** On assiste à une augmentation en longueur des entre-nœuds. Cela se traduit par une augmentation de la taille de la plante (Sie *et al.*, 2009).

I.2.3.2. La phase reproductrice

La phase de reproduction est constituée de 3 stades : l'initiation paniculaire, la montaison et le stade d'épiaison-floraison.

- **L'initiation paniculaire (IP) (stade 4) :** l'initiation paniculaire correspond à la sortie de la panicule, de la gaine et de la feuille paniculaire. A ce stade la panicule est de couleur

blanche. C'est le stade de mise en place de la panicule chez le riz. La panicule à l'état de miniature n'est visible qu'en sectionnant longitudinalement la tige principale (Diao, 2014).

- **La montaison (stade 5) :** La montaison consiste à l'apparition de la feuille paniculaire et permet à la plante d'atteindre sa taille définitive. Ce stade est caractérisé par un gonflement à la base de la feuille paniculaire (ADRAO/SAED, 2011).
- **Epiaison-floraison (stade 6) :** Au cours de ce stade, l'épi apparaît à la base de la feuille paniculaire. L'épanouissement complet de l'épi s'opère une à deux semaines. La floraison se réfère à l'ouverture de la fleur et à la pollinisation qui s'en suit (Wopereis *et al.*, 2008).

I.2.3.3. La phase de maturation

La phase de remplissage du grain et de maturation va de la fécondation des grains jusqu'à la maturité. C'est au cours de cette phase qu'on observe une migration importante des éléments nutritifs de la plante vers les grains. Ainsi, les grains subissent 3 niveaux de remplissage, une phase de grain laiteux, puis grain pâteux et enfin de grain mature (Lacharme, 2001).

- **Stade grain laiteux (stade 7) :** Après la fécondation, l'ovaire se gonfle et le caryopse se développe pour atteindre sa taille maximum au bout d'une semaine. Le contenu du caryopse est d'abord aqueux, puis prend une consistance laiteuse, visible d'ailleurs lorsque la graine est pressée à ce stade. Les panicules sont toujours vertes et dressées.
- **Stade grain pâteux (stade 8) :** Le contenu laiteux du grain se transforme en pâte dure. Initialement la panicule dressée, devient retombante et la couleur des grains évolue progressivement du vert vers la couleur caractéristique de la variété (jaune paille, noire, ect.).
- **Stade maturité (stade 9) :** Le grain est mûr lorsqu'il a atteint sa taille définitive. Il devient dure et prend la couleur définitive de la variété (jaune paille, ect.). Ce stade est atteint quand 85 à 90 % des grains de la panicule sont mûrs.

I.3. Ecologie du riz

Le riz constitue une exception parmi les cultures céréalières, du fait qu'il tolère un large éventail de conditions climatiques, pédologiques et hydrologiques (Traore, 2014). Grâce à la très grande diversité morpho-physiologique de ses écotypes, le riz est cultivé dans des conditions écologiques très variées allant du pluvial strict à des situations inondées où la lame d'eau peut atteindre 5 m (Sawadogo, 2008).

Swaminathan (1984), montre que *Oryza saliva* est largement répandue dans les régions tropicales et tempérées. Sa culture s'étend de 50° de latitude nord à 40° de latitude sud et à des altitudes inférieures au niveau de la mer ou supérieures à 250 mètres (Dembele, 1995).

Les sols propices pour la riziculture sont limoneux ou limono-argileux, meubles et aisément drainables (Traore, 2009). En riziculture de bas-fonds, ce sont les sols hydromorphes et les vertisols qui sont plus recommandées. Pour la culture irriguée, les sols argileux-sableux et limoneux prospèrent les meilleurs rendements de riz (Doorembos & Kassam, 1987 ; Nadie, 2008).

Dans la Vallée du fleuve Sénégal, la riziculture est pratiquée sur les sols sableux (Dieri) ; les sols des cuvettes (Hollaldé), avec une forte teneur en argile de plus de 60 % ; les sols appelés (Fondé), avec une faible teneur en argile de moins de 30 % ; et les sols intermédiaires, ou (Faux hollaldé), compris entre 30 et 60 % d'argile.

Parmi ses sols précédemment cités, les Hollaldé et faux Hollaldé sont les sols recommandés car ils retiennent mieux l'eau, fixent mieux les éléments nutritifs, et limitent les pertes d'eau par infiltration ainsi que la remontée des sels dans les zones salines (Diao, 2014 ; ADRAO/SAED, 2011).

Une mauvaise préparation du sol affecte négativement la croissance des plantes avec comme conséquence la réduction de rendement. La préparation du sol est une série de travail dont le but est de créer un environnement du sol favorable à la croissance des cultures (SAED/JICA, 2014).

Les besoins en eau du riz dépendent principalement de la longueur du cycle, de la variété cultivée et du climat. La gestion de l'eau est une pratique culturelle très importante qui permet d'assurer un meilleur environnement de croissance pour les cultures et pour le riz irrigué en particulier (SAED/JICA, 2014). En culture sèche, il faut en moyenne 160 à 300 mm d'eau par mois. Pour toute la durée du cycle, les besoins en eau sont estimés entre 1 000 et 1 800 mm. En culture irriguée, il faut environ 12 000 à 20 000 m³/ha pour maintenir le sol submergé pendant toute la durée du cycle du riz (Dembele, 2005).

La plante de riz possède différentes préférences de profondeur d'eau selon ses stades de développement qui lui assurent une meilleure croissance. Pour chaque pratique culturelle, il y a un niveau d'eau précis qui permet d'assurer son applicabilité ou son efficacité (SAED/JICA, 2014).

La température constitue le facteur climatique le plus important en ce sens qu'elle est très difficile à modifier. La température optimale pour le développement du riz se situe entre 30 et 35°C. Entre 14 et 16°C, la germination est nulle (Lacharme, 2001 ; Dembele, 1995) et est inhibée au-delà de 45°C (Arraudeau, 1998).

I.4. La riziculture au Sénégal

I.4.1. Importance de la riziculture

Face à l'accroissement démographique et à l'urbanisation croissante, le gouvernement du Sénégal a fait de l'augmentation de la production rizicole nationale, une préoccupation majeure (Ministère de l'Agriculture, 2009). Le Sénégal est actuellement, avec une consommation de riz de 90 kg par habitant, l'un des plus gros consommateurs de riz de l'Afrique de l'Ouest. Le déficit actuel de l'offre est comblé par des importations se situant à près de 800 000 t/an (GOANA, 2008).

La majorité du riz consommé est ainsi importé d'Asie à un coût qui s'élève à près de 1 milliard en 2009. Il convient, en outre, de prendre en considération les menaces qui pèsent sur le commerce international et qui s'illustrent par le fait que la Thaïlande qui assure les 75 % des approvisionnements du Sénégal (FAOSTAT, 2012). Le Programme National d'Autosuffisance en Riz (PNAR) et la Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture (SNDR) a été mis en œuvre en 2008 avec un objectif de produire 1000 000 t de riz à l'horizon 2015. Il allait permettre au Sénégal d'atteindre une autosuffisance en riz, créer un environnement incitatif pour assurer une croissance économique et d'éradication à la pauvreté (Ministère Agriculture, 2009).

C'est dans ce cadre que la FAO à travers le projet « amélioration de la Production de riz en Afrique de l'Ouest en réponse à la flambée de prix des denrées alimentaires » a adopté l'approche filière avec une intervention à différentes étapes. Cette intervention porte sur la production de semence, la production de paddy, la transformation et la consommation du riz (APRAO, 2012). Toutefois, il est aujourd'hui nécessaire d'augmenter significativement le niveau de la production nationale de riz, notamment dans de la Vallée du Fleuve Sénégal.

Au travers de programmes initiés par la SAED, l'ISRA, Africa Rice, et visant l'amélioration de la qualité du riz, une nette amélioration des rendements agronomiques est notée. De 1995 à 2002, les parcelles à plus de 5 tonnes à l'hectare sont passées de 43 à 56% dans les aménagements publics et de 12 à 56% dans les périmètres privés (DAPS, 2014).

I.4.2. Les différents types de rizicultures

Il existe deux types principaux de riziculture au Sénégal : la riziculture pluviale de bas-fond ou de plateau et la riziculture irriguée.

I.4.2.1. La riziculture pluviale de bas-fond ou de plateau

La riziculture pluviale désigne le type de riziculture pour lequel l'alimentation en eau est exclusivement assurée par les eaux de pluies. Au Sénégal, elle est pratiquée dans les régions méridionales de Fatick, Ziguinchor, Sédhiou, Kolda, Tambacounda et Kédougou (APRAO, 2011).

Dans ces régions, la riziculture de bas-fonds reste encore traditionnelle, pratiquée le long des vallées inondables. Dans ce système, le travail est encore manuel sur de petites surfaces, sans engrais ni matériels végétales améliorés, et les rendements restent encore très faibles (APRAO, 2011).

La région de Kolda dispose de 50000 ha de terres cultivables en culture pluviale, dont 16000 ha réparties dans les vallées. La région de Sédhiou, 56000 ha, dont 36000 ha dans les vallées, et dans la région de Ziguinchor, le potentiel rizicole est de 116000 ha. Dans cette région, la riziculture se pratique à petite échelle le long des vallées et de manière traditionnelle. Les rendements moyens s'élèvent de 1,5 à 3 t/ha pour la riziculture pluviale de plateau et 3 t/ha pour la riziculture de bas-fonds (APRAO, 2011).

La riziculture pluviale est confrontée à plusieurs contraintes dont :

- la salinisation et l'acidification des terres ;
- l'ensablement des bas-fonds ;
- l'absence de financement et d'encadrement technique ;
- l'irrégularité de la pluviométrie ainsi que le manque de la mécanisation ;
- le manque de semences certifiées et de variétés performantes.

La baisse de la pluviométrie et la faible maîtrise de l'eau ont accentué la précarité de l'activité et son recul, en termes de production et de superficies exploitées (Ministère de l'Agriculture, 2009).

Il existe aussi la riziculture de mangrove pratiquée essentiellement dans la zone de mangrove en Casamance. Les variétés utilisées en riziculture de mangrove sont tolérantes au sel (APRAO, 2011).

I.4.2.2. La riziculture irriguée

Elle est pratiquée dans la Vallée du fleuve Sénégal et dans le bassin de l'Anambé. La culture du riz en irrigué pose moins de problèmes parce qu'elle s'effectue dans des endroits aménagés avec une maîtrise plus ou moins de l'irrigation. La Société d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du fleuve Sénégal (SAED) est créée pour favoriser l'introduction massive de la culture irriguée avec un encadrement technique dense (République du Sénégal, 2007).

Dans la vallée du Fleuve Sénégal, les surfaces mises en valeur et exploitées tournent autour de 60 000 hectares sur des potentialités de 240 000 hectares et dans le Bassin de l'Anambé avec 4180 ha aménagés sur un potentiel de 12 000 ha (Fall, 2015).

La Vallée du Fleuve Sénégal, avec l'appui de la SAED, est un territoire relativement bien doté en ressources (eau, terre, soleil...) pour la double culture. La particularité de ce type de riziculture est l'adoption d'un système intensif avec maîtrise totale de l'eau et la motorisation intensive de la plupart des opérations culturales et de post-récolte. Le barrage de Diama et de Manantali a permis de produire de l'eau en quantité et en qualité. En effet, ils ont permis de mettre en œuvre au Sénégal, une agriculture durable et productive (FAO, 2007). Les engrais et les pesticides sont utilisés selon les doses convenables préconisées par les structures de recherche comme l'ISRA, la SAED, Africa Rice. Ces avantages ont permis d'obtenir de hauts rendements avec une moyenne de 6 t/ha et des pics de 13 t/ha. Selon les travaux de la (FAO, 2007), la contribution de la riziculture irriguée est de 350 000 tonnes de riz paddy, soit 70% de la production nationale. Elle est de 500 000 tonnes en 2008, contre une production moyenne annuelle de 170 000 tonnes avant l'avènement de la GOANA (Fall, 2015).

Malgré les bonnes performances que connaît la riziculture irriguée au Sénégal, cependant elle est confronté selon (FAO, 2007) aux problèmes tels que :

- les problèmes fonciers, accès et gestion, les coûts d'aménagement élevés et la vétusté des aménagements et des équipements d'irrigation ;
- les problèmes de réparation du parc de matériel agricole et son renouvellement ;
- les dysfonctionnements dans l'approvisionnement en intrants comme insuffisance, retard, problèmes de distribution ;
- les difficultés de transformation telles que la fonctionnalité des unités, les équipements adéquats pour une meilleure qualité ;
- les difficultés d'accès au crédit : conditions, adéquation, ...
- les attaques d'oiseaux granivores et les mauvaises herbes causant d'énormes pertes ;
- les difficultés de commercialisation, absence de système de commercialisation organisé.

I.5. Techniques culturales du riz

La production mondiale de riz en 2012/2013 est estimée à 464 millions de tonnes, selon l'USDA, une baisse de plus de 1 millions de tonnes par rapport aux dernières estimations de la campagne précédente. Les surfaces mondiales en riz sont projetées à près de 159 millions d'hectares. La consommation mondiale est projetée en hausse par rapport aux dernières

prévisions, à près de 468 millions de tonnes. La plus grande partie de cette production est fournie par le continent asiatique et le continent américain (USDA, 2012).

I.5.1. La préparation du sol

La préparation du sol est un des facteurs déterminants du rendement en riziculture irriguée. Différentes opérations sont exécutées durant la préparation de la parcelle pour obtenir un sol apte à la riziculture irriguée.

Pour favoriser une bonne pénétration du système racinaire, le sol doit être bien aéré et perméable. La topographie du terrain doit être bien ajustée pour faciliter le planage, l'irrigation et le drainage pour maîtriser la lame d'eau. La matière organique doit être bien incorporée et de manière uniforme sur toute la parcelle. L'apport des engrais minéraux est aussi nécessaire pour améliorer les rendements, ainsi que le contrôle des adventices (SAED/JICA, 2014).

La profondeur de labour doit se situer entre 20 et 30 cm pour permettre un bon développement des plantes. Le labour superficiel est déconseillé car il ne favorise pas le bon développement des plantes. Quant au labour trop profond, les éléments nutritifs sont profondément enfouis ce qui limite l'utilisation des engrais (ADRAO/SAED, 1995).

Un bon travail du sol permet en outre, de réduire les pertes en eau et fertilisant par percolation et limite dans les zones salées, la remontée des sels par capillarité (Faouzi *et al.*, 2001).

Après le passage du tracteur, de grosses mottes de terres dures restent sur le sol. Le pulvérisage (offsetage) consiste à l'émiettement des mottes de terres pour une bonne pénétration du système racinaire et limite les pertes de semences (ADRAO/SAED, 2011).

Un planage manuel est aussi nécessaire après l'offsetage pour bien niveler la parcelle (SAED/JICA, 2014). La taille des parcelles ne doit pas être trop petite pour permettre l'utilisation aisée d'équipements agricoles, ni trop grande pour faciliter la gestion de l'eau.

I.5.2. Choix de la variété et préparation des semences

La sous-filière semences au Sénégal connaît depuis quelques années des problèmes liés à la disponibilité de semences de qualité et à l'application des textes législatifs et réglementaires par les différents acteurs. La promotion de la production de semences de qualité et la sécurisation de semences certifiées nécessitent des activités de sensibilisation et de renforcement des capacités des acteurs.

Il existe plusieurs définitions parmi lesquelles, nous retiendrons quelques unes.

Selon (Wopereis *et al.*, 2008), on appelle semence de riz, des graines de riz viables, dotées d'une pureté variétale et d'un taux de germination au moins égal à 80 %, indemnes de

maladies, de graines d'adventices et d'impuretés (Figure 3). La semence d'origine végétale est aussi définie selon la loi N° 10- 032 /du 12 juillet 2010 comme tout matériel ou organe végétal ou partie d'organe végétal, tels que graine, bouture, bulbe, greffon, rhizome, tubercule, embryon, susceptible de reproduire un individu (FAO, 2012).

Les riziculteurs ont peu d'informations sur les caractéristiques des variétés, récemment homologuées, particulièrement sur la durée des cycles. Ces difficultés d'ordre techniques peuvent entraîner des choix variétaux inappropriés et l'utilisation de l'engrais au-delà des normes avec comme conséquence une réduction du rendement. Dès fois, ils utilisent une partie de leur récolte comme semence pour la campagne suivante, ce qui accroît le risque de mélange de variétés et l'apparition de maladies (SAED/JICA, 2014).



Figure 3: Parcelle de production de semences (FAO 2012)

Il est donc conseillé d'utiliser des semences certifiées. Une semence certifiée se reconnaît par la présence d'étiquettes à l'intérieur et à l'extérieur des sacs, portant le nom de la variété, le niveau de la semence, l'année de production et le cachet de certification des services de contrôle.

La certification des semences passe par deux processus (Figure 4) : les contrôles au champ et les analyses au laboratoire. Le contrôle au champ porte sur les points suivants : l'origine de la semence, le précédent cultural, l'isolement, les entretiens culturaux (densité de semis, respect des doses de fertilisation, désherbage, épuration). L'analyse au laboratoire porte sur les échantillons prélevés sur les lots de semences par les techniciens spécialisés. Une quantité d'1 kg est prélevée au minimum sur chaque lot. Cette norme est valable pour les lots ne dépassant pas 20 tonnes pour la même variété d'une même parcelle (FAO, 2012).



Figure 4: Test de germination (A) et étiquette de semence certifiée (B) (FAO 2012)

L'importance de la semence est telle que tout le processus qui lui est relatif à savoir, la production, la certification, la qualité et la commercialisation est régi par la loi.

I.5.3. Installation de la culture

Le repiquage et le semis direct sont les plus utilisées en riziculture irriguée dans la Vallée du Fleuve Sénégal. Le choix de l'un ou de l'autre dépend des conditions environnementales, hydrologiques, ou socio-économiques (superficie des parcelles, disponibilité de la main d'œuvre, de l'eau, ect) (Poussin *et al.*, 2002).

I.5.3.1. Repiquage

Selon ADRAO/SAED (2011), le repiquage consiste à faire pousser d'abord le riz à une forte densité sur une aire réduite, appelée pépinière et ensuite planter les jeunes plants à un âge ou taille déterminé sur la parcelle de production. La prégermination consiste à tremper et à incuber les semences dans le but d'obtenir une germination uniforme.

- **Le trempage**

L'opération consiste à utiliser l'eau propre comme par exemple l'eau du canal d'irrigation pour y tremper les sacs de semences. Les sacs ne doivent pas être trop pleins, ils doivent être remplis au 2/3 au maximum. Cela permet aux grains d'être en contact avec l'eau de manière uniforme. La durée du trempage est de 24 heures en moyenne. Cependant si l'eau est chaude, la prégermination peut intervenir plus tôt, environ 12 à 18 heures (SAED/JICA, 2014).

- **L'incubation**

Elle consiste à garder les semences retirées de l'eau, dans un endroit aéré, à une température avoisinant 30°C, jusqu'à la germination. Après avoir retiré le sac de l'eau, on l'attache de manière à ce que les grains restent serrés les uns contre les autres. On évite d'exposer les sacs directement aux rayons solaires durant l'incubation, en les mettant dans un endroit bien aéré et mouillé régulièrement. La durée de l'incubation sera plus longue en contre saison à cause des basses températures (SAED/JICA, 2014).

I.5.3.1.1. Préparation et gestion de la pépinière

La préparation de la pépinière exige beaucoup de précautions (Figure 5). Les sols moins argileux sont plus recommandés pour faciliter l'arrachage des plantules. Les sols sableux sont aussi à éviter du fait de la faible capacité de rétention d'eau, par conséquent les plantules se dessèchent trop vite. Si l'on est contraint d'utiliser des sols argileux, il est conseillé d'étaler une mince couche de sable d'environ 1cm sur le lit de semence après semis afin de faciliter l'arrachage.

Les pépinières doivent être échelonnées de manière raisonnable pour faciliter les économies d'eau, de réduire le temps de travail et de repiquer à temps. Les dimensions de la pépinière varient suivant les auteurs. Selon ADRAO/SAED (2011), après une mise en boue et un planage parfait, le terrain est découpé en planches rectangulaire, de 1 à 1,2 m de large et d'une longueur variable, dépendant de la surface de pépinière ciblée et de la topographie du terrain. Pour SAED/JICA (2014), la pépinière doit être longue de 15 m et large de 1 à 1,5 m avec des canaux d'irrigation de 30 à 40 cm qui serviront de passage au semeur.

Quant à la mise en place de la pépinière proprement dite, il faut :

- confectionner une allée au milieu pour diviser la parcelle en deux parties et utiliser l'allée pour se déplacer et/ou comme voie d'eau ;
- creuser tout autour de la parcelle pour créer une allée/voie d'eau et le lit de semis ;
- pour créer la voie d'eau, le sol bêché doit être mis à l'intérieur pour élever le lit de semis (éviter de creuser trop profondément) ;
- introduire un peu d'eau pour mettre en boue et planer le lit de semis (l'eau est un bon indicateur pour apprécier le nivellement) ;
- semer les grains sur le lit de semis saturé d'eau mais pas submergé (les semences sont jetées sur le lit de semis pour qu'elles se fixent au sol), ensuite, ajouter une faible lame d'eau ;
- drainer l'eau le jour suivant, irriguer à nouveau, un à deux jours après drainage et éviter que la pépinière ne s'assèche en gardant une faible lame d'eau jusqu'à l'arrachage des plantules.

La pépinière doit être installée dans un endroit accessible, ensoleillé et non inondable, proche des champs et proche du point d'eau, à l'abri des animaux et des oiseaux granivores.

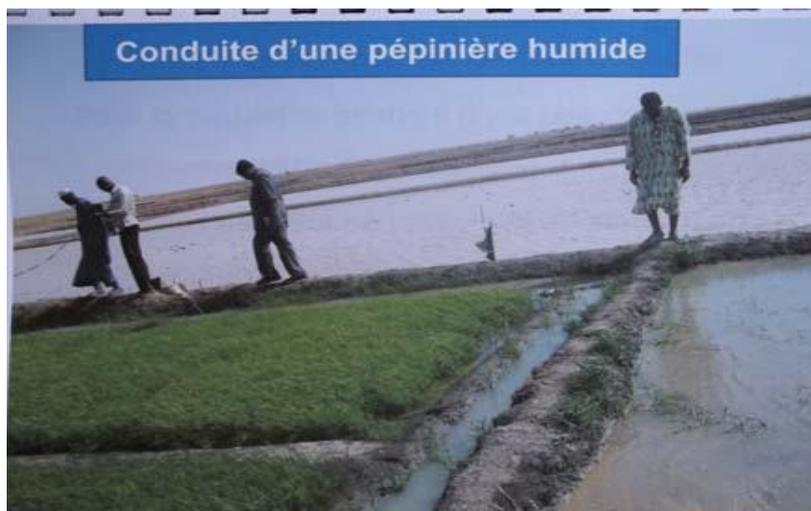


Figure 5: Pépinière de riz (FAO, 2012)

I.5.3.1.2. Durée de la pépinière

Les saisons de culture ont généralement un impact sur le développement des plantules, notamment la température. Il est recommandé de repiquer des plantules de 15 à 21 jours en hivernage, parce que les conditions climatiques permettent un développement rapide des plants. Pour la contre saison, les plantules âgées de 21 à 30 jours sont recommandées pour le repiquage, du fait du retard de la croissance dû au froid (SAED/JICA, 2014).

I.5.3.1.3. Densité de semis

La densité de semis doit être adéquate pour une croissance uniforme des plantules au niveau du lit de semis bien plané et non marqué par les empreintes de pied. Pour cela une densité appropriée est recommandée à raison de 200 g de semences par m², soit 30 à 40 kg de semences pour repiquer 1 ha (Wopereis *et al.*, 2008).

I.5.3.1.4. Fertilisation de la pépinière

La fertilisation de la pépinière n'est pas souvent nécessaire à condition qu'on soit dans les sols extrêmement pauvres, ou en condition de contre saison chaude. Dès fois, les plants qui séjournent plus longtemps en pépinière ont besoin d'un apport en fumure. Un apport suffisant de fumier plus l'urée et le DAP au besoin (FO + 2kg DAP+ 3 kg urée par are) est nécessaire. Dans les conditions de la Vallée du Fleuve Sénégal, il est recommandé d'apporter en couverture, une faible fumure azotée, environ deux semaines après semis (environ 10 g d'urée/m²) (Dicko, 2005).

I.5.3.1.5. L'Arrachage des plantules

L'arrachage de la pépinière est une opération délicate et doit être effectuée avec précaution, pour éviter d'endommager les racines. L'arrachage des plantules se fait sous eau en tenant quelques pieds de riz avec le pouce et l'index de manière à ce que le pouce soit parallèle et l'index perpendiculaire aux plantules de riz. Il faut prendre soin de tenir les plantules à la base pour éviter de les couper, ensuite les tirer vers soi. L'arrachage peut aussi se faire en glissant une pelle bêche sous la zone racinaire, suivi d'une collecte des plantules (ADRAO/SAED, 1995)

I.5.3.1.6. Le repiquage dans les parcelles

Le repiquage est généralement manuel et exige une forte main d'œuvre de l'ordre de 30 à 40 hommes/jour/ha. Il peut aussi s'effectuer à l'aide des repiqueuses attelées ou mécaniques, mais ces activités sont très réduites dans la Vallée du Fleuve Sénégal (Styger, 2009).

La profondeur du repiquage doit être de 3 cm environ pour permettre une bonne production de talles à partir du nœud de base. Un repiquage trop profond occasionne un nouveau développement nodal et un faible tallage. Un repiquage trop superficiel risque d'être déraciné par l'eau de submersion.

La densité de repiquage est de l'ordre de 15×15 cm, 15×20 cm et 20×20 cm avec 2 à 3 brins par poquet (SAED/JICA, 2014).

Le repiquage en ligne nécessite l'utilisation d'une ligne et d'une règle graduée, de manière à respecter les écartements convenables entre la ligne et sur la ligne. Cette méthode permet d'utiliser la houe rotative pour le désherbage et permet de connaître le nombre de plants par m². L'avantage de cette méthode est que, les déplacements à l'intérieur du champ sont facilités pour des besoins d'entretien, comme l'épandage d'engrais, le traitement phytosanitaire, l'épuration etc.

Le repiquage en foule ne requiert pas de technique, les plantules sont repiquées au hasard et dans tous les sens. Ce type de repiquage est très rapide contrairement au précédent mais les travaux d'entretien dans la parcelle sont moins évident et ne permettent pas d'utiliser la houe rotative.

Après le repiquage, il arrive dès fois que les plantules, suite aux chocs dûs à l'arrachage, ne survivent pas. Il est recommandé de les remplacer deux semaines après le repiquage. Une bonne densité du couvert végétal est obtenue lorsqu'il devient difficile d'apercevoir l'eau dans la parcelle, en se tenant debout sur la diguette, au moment de l'initiation paniculaire (ADRAO/SAED, 2011).

I.5.3.2. Semis direct

Le semis direct consiste à semer directement les semences dans la grande parcelle de production. Le semis doit s'effectuer sur une lame d'eau moyenne. Les conditions de submersion profonde induisent l'affaiblissement et l'étiollement des plantules ainsi que l'augmentation du nombre de plantules qui échouent à la reprise. Un défaut de planage favorise une croissance non uniforme des plantules et entraîne un mauvais enracinement des plantules (SAED/JICA, 2014).

Une préparation soignée du sol et une profondeur d'eau modérée permettent de réduire les pertes de semences et d'assurer une implantation uniforme des plantules. La quantité de semences préconisée par la SAED et l'ISRA est de 80 à 120 kg/ha.

La quantité de semences doit être convertie en nombre de grains due au fait de la différence de taille des grains suivant les variétés.

Durant le semis, il est recommandé de :

- prendre une quantité pouvant être portée ;
- de prendre de petites quantités dans les mains de façon à ne pas les laisser tomber sous les pieds et de pouvoir les projeter uniformément ;
- tous les semeurs d'une même parcelle doivent marcher au même rythme ;
- garder la même distance entre semeurs et marchez tout droit ;
- semer uniformément avec la quantité recommandée ;
- diviser la parcelle en plusieurs sous-parcelles de dimension égale puis semer une égale quantité de semences correspondant à la superficie de chaque sous-parcelle.

Le drainage doit se faire au bon moment et en douceur, un drainage rapide entraîne des pertes massives de semences. La taille de la parcelle ne doit être ni trop petite pour permettre l'utilisation des machines agricoles, ni trop grande pour éviter la formation des vagues du fait des vents qui pourraient arracher les jeunes plantules (ADRAO/SAED, 2011).

I.5.3.3. La fertilisation organique

Les fumures minérales et organiques sont les deux principaux types connus en production agricole. Elles sont employées en amendements ou en engrais.

La fertilisation organique est un apport supplémentaire de matière organique dans le sol. Ces apports proviennent des résidus de récolte, le fumier et les engrais verts. La riziculture exige un très grand apport en matière organique pour satisfaire les besoins de la plante en éléments nutritifs. Pour obtenir de grands rendements, il faut apporter à l'hectare 10 tonnes de fumure

organique soit environ 30 charges de charrette tous les deux ans (Nitiema, 2009). Son application se fait au moment de la préparation du sol, avant l'irrigation.

I.5.3.4. La fertilisation minérale

Selon (Ouattara, 2014) la fertilisation minérale fournit la plante en éléments minéraux. Elle est généralement réalisée à travers :

- les engrais minéraux azotés tels que le NPK (azote, phosphore, potassium), l'urée, et le sulfate d'ammonium ;
- les engrais phosphatés, c'est le cas du TSP (superphosphate triple), et les phosphates naturels ;
- les engrais potassiques comme le chlorure de potassium, et le sulfate de potassium ;
- les chaux magnésiennes.

La fertilisation vient en appoint ou en correction de l'offre en éléments du sol pour satisfaire les besoins de la plante (Ouattara, 2014). Le bon développement de la plante nécessite sans doute les trois catégories d'éléments nutritifs qui sont l'azote, le phosphore et potassium). Les micro- éléments, sont généralement présents dans le sol, à des quantités supérieures aux besoins des plantes; parmi les plus communs on peut citer, le calcium, le magnésium, le fer, le manganèse etc. (ADRAO/SAED, 1995).

Selon Segda (2002), les exigences du riz en éléments nutritifs dépendent de ses différentes phases de croissance et de développement.

L'azote

Il est présent dans le sol mais en quantité insuffisante et la plante a besoin de l'azote durant tout son cycle de développement. L'azote contribue à l'augmentation du nombre de talles et une bonne croissance de la plante (ADRAO/SAED, 1995). Selon Tapsoba, (1997), les plants de riz croissent en fonction de l'augmentation de la dose d'azote. Il agit aussi sur le développement, le rendement et sur la qualité du grain. Durant la phase végétative, l'azote est accumulé dans les feuilles, puis migre vers les grains à la phase de maturation. Au cours de la maturation, 75 % de l'azote est retrouvé dans les grains (Wopereis *et al.*, 2008).

Dans la Vallée du Fleuve Sénégal, l'apport d'urée est le plus constamment utilisé, avec des teneurs de 45 à 46 % d'azote. A cela, s'ajoute le phosphate 18-46% qui contient aussi de l'azote. Des essais ont été aussi conduits en 2009 dans la Vallée du Fleuve Sénégal, dans le cadre d'un projet sous-régional impliquant 7 pays de l'Afrique de l'Ouest et Madagascar sur l'Urée Super Granulé (USG) et le placement profond de l'Urée (PPU). Les résultats se sont

avérés positifs quant à l'application de cet engrais minéral, mais sa disponibilité est insuffisante et exige une forte main d'œuvre (ADRAO/SAED, 2011).

Le phosphore

Le phosphore intervient dans la croissance de la plante en stimulant le développement des racines et favorise la maturation précoce de la floraison. Il assure aussi la régulation des talles, raccourcit la maturation et une régénération en cas de perturbations. Les symptômes d'une carence en phosphore se manifestent par une coloration verte foncée des feuilles et une réduction du tallage (Karamage, 2001).

Les engrais phosphatés utilisés en riziculture sont le superphosphate simple contenant 18 % de P₂O₅ et le TSP contenant 45 % de P₂O₅. Dans la Vallée du Fleuve Sénégal, le phosphate diammoniacal (DAP) ou 18-46-0 est le plus utilisé, compte tenu de sa composition en azote (18%) et en phosphate (46%). Le DAP peut être utilisé comme fumure de fond ou de couverture. Dans ce dernier cas, il doit se faire le plus tôt possible, c'est-à-dire une semaine après semis ou trois semaines au plus tard (ADRAO/SAED, 1995).

Le potassium

Le potassium intervient dans la synthèse, la transformation, et le transport des nutriments vers les grains. Il permet à la plante de lutter contre les périodes défavorables du milieu, notamment le stress hydrique, les insectes ravageurs des récoltes, et les maladies. Comme le phosphore, il n'est pas "lessivé" et est appliqué comme fumure de fond. Cependant, sur les sols légers, on peut l'apporter en fractionnements (fumure de fond et de couverture) ; ces apports fractionnés sont moins efficaces que le potassium apporté en fumure de fond (Arraudeau, 1998 ; Segda, 2002). Contrairement à l'azote, l'application du potassium n'est pas immédiatement visible au niveau de la plante, surtout il assure le bon remplissage des grains de riz (Segda, 2002).

Au Sahel, les engrais potassiques utilisés en riziculture sont constitués de sulfate de potassium et le chlorure de potassium. Ce dernier étant le plus utilisé par les agriculteurs dans la Vallée du Fleuve Sénégal, est abandonné progressivement du fait de sa toxicité. Avec l'intensification progressive de la culture de riz notamment la double culture, avec les variétés à rendement élevé, la paille de riz satisfait les besoins en potassium (ADRAO/SAED, 2011).

Doses d'engrais minéraux

L'application de l'engrais se fait aux stades de développement importants auxquels la plante de riz a le plus besoin de nutriments (Tableau 1). Le premier épandage se fait au début du tallage, qui correspond à la pratique au moment où le jeune plan a 4 à 5 feuilles (15 à 25 jours

après semis). La seconde application se fait à l'initiation paniculaire, phase où la feuille paniculaire devient aussi longue que la troisième feuille. Cette période correspond environ 60 jours avant la maturité complète. Le dernier épandage est effectué à la montaison, c'est-à-dire 20 jours après la seconde application d'engrais (SAED/JICA, 2014).

La parcelle doit être bien désherbée au préalable avant l'application des engrais pour éviter la concurrence avec les adventices. Au moment de l'utilisation de l'urée, la lame d'eau doit être réduite au minimum pour éviter les pertes d'azote dues à la volatilisation, à la percolation et à la forte dilution. L'application de l'engrais nécessite un certain nombre de dispositions :

- ne pas appliquer l'urée tôt le matin ni tard le soir pour éviter la rosée ;
- tenir correctement le récipient contenant l'engrais, ne pas laisser tomber le contenu par-dessus, marcher doucement, ne pas prendre une quantité excessive et projeter les grains en ouvrant bien la main ;
- appliquer l'engrais uniformément dans la parcelle, au besoin le faire en deux passages pour couvrir toute la superficie ;
- si la parcelle est trop grande, la diviser en plusieurs sous-parcelles de même taille avec des repères et appliquer la même quantité d'engrais à chaque sous-parcelle.

Une bonne application de l'engrais favorise un développement homogène du riz et une maturation homogène.

Tableau 1: Dosage de l'engrais (exemple de la zone de Podor) source : SAED/JICA, 2014

Période d'application (stades de croissance du riz)	Saison humide (kg/ha)			Saison sèche chaude (kg/ha)		
	Urée (46-0-0)	DAP (18-46-0)	Composé (9-23-30)	Urée (46-0-0)	DAP (18-46-0)	Composé (9-23-30)
Offsetage (NP(K))	0	100	200	0	100	200
Début tallage (N)	125	-	-	150	-	-
Initiation Paniculaire (N)	125	-	-	150	-	-
(Montaison (n))	25	-	-	30	-	-

I.5.3.5. Gestion de l'eau

A chaque stade de développement du riz correspond un besoin spécifique en eau. La non application des règles strictes de l'irrigation entraîne des chutes très importantes de rendement. Une bonne maîtrise de l'eau au niveau de la parcelle est donc d'une importance capitale pour obtenir un bon rendement. La gestion de l'eau nécessite un bon planage du sol et crée la possibilité d'apporter et de faire sortir l'eau de la parcelle en fonction des besoins de la plante (Wopereis *et al.*, 2008).

Pour produire 1 kg de riz avec le système conventionnel de riziculture, il faut en moyenne 2500 l/kg (soit une productivité de l'eau de $0,4 \text{ kg/m}^3$). Ce chiffre varie fortement entre 800 l et 5000 l/kg, ceci comprend la transpiration, l'évaporation, la percolation et l'infiltration (Bouman *et al.*, 2007). Pour chaque pratique culturale, il y a un niveau d'eau précis qui permet d'assurer son applicabilité ou son efficacité (SAED/JICA, 2014) :

- lors de l'épandage de l'urée, le niveau d'eau doit être à son strict minimum ;
- lors de l'application des herbicides, il faut submerger la parcelle (cas du Londax) ou drainer la parcelle (cas de l'association Propanil/Weedone) pour optimiser l'efficacité des traitements ;
- pour le semis direct, la profondeur d'eau doit être d'environ 5 cm ;
- pour le repiquage, la profondeur d'eau doit être minimale pour faciliter la reprise et éviter la submersion ou le déracinement des jeunes plantules ;
- la lame d'eau doit être peu profonde durant la phase végétative ;
- de l'initiation paniculaire au stade pâteux, la submersion doit être plus profonde ;
- à environ deux semaines de la récolte, la rizière doit être définitivement drainée.

I.5.3.6. Les maladies du riz

Les maladies peuvent constituer une contrainte majeure à la production du riz. Les insectes et les maladies transmises par les semences ont des conséquences dévastatrices sur la production des cultures s'ils ne sont pas contrôlés. Ils peuvent aussi avoir des répercussions sur la qualité germinative des semences produites. Les maladies du riz sont causées pour la plupart par des champignons, des bactéries, des virus, ou des nématodes. Elles se manifestent par un rabougrissement, un changement de couleur, un flétrissement et/ou un développement anormal de certains organes (Wopereis *et al.*, 2008).

La pyriculariose

La pyriculariose est causée par un champignon *Pyricularia oryzae*. Elle peut atteindre tous les organes de la plante (feuille, rachis de la panicule, nœud de la tige, grain, etc.). La pyriculariose foliaire provoque des lésions foliaires de forme allongée ou ovale avec ou sans bordure brune. Quant à la pyriculariose du cou, les lésions sur le cou sont longitudinales, brunes à noires, entourant une zone brun-clair. Ces observations se traduisent au champ par des plages de dessèchement (Bouet *et al.*, 2012).

Le flétrissement bactérien

Le flétrissement bactérien est causé par *Xanthomonas campestris* pv *oryzae*. Selon Wopereis *et al.*, (2008), il est la troisième maladie majeure du riz en Afrique de l'Ouest, elle est confinée dans les zones du Sahel (Mali, Sénégal, Niger, etc.). Les bactéries qui sont des microorganismes observables uniquement au microscope, peuvent provoquer une décomposition, un flétrissement et des taches foliaires. Les bactéries se développent dans des conditions humides (Séré *et al.*, 2005). Dans les cas d'infestation majeure, l'ensemble de la parcelle donne l'impression d'avoir été grillée. Cette maladie est favorisée par le vent, les orages ou par une nutrition minérale déséquilibrée (Wonni *et al.*, 2011).

Cependant, il est important de signaler que dans la Vallée du Fleuve Sénégal, les incidences dues aux maladies sont encore mineures.

Tableau 2: Catégorisation des maladies du riz en Afrique de l'Ouest (ADRAO/SAED, 2011)

Catégorie	Nom de la maladie	Agents pathogènes	
		Noms scientifiques	Nature
Affections majeures	Pyriculariose	<i>Magnaporthe griseae</i> <i>Pyricularia oryzae</i>	Champignon imparfait Champignon imparfait
	Marbrure	<i>Rice Yellow Mottle Virus</i>	Virus
	Flétrissement bactérien	<i>Xanthomonas oryzae</i>	Bactérie
Affections secondaires	Taches brunes	<i>Drechslera oryzae</i> <i>Bipolaris oryzae</i>	Champignon parfait Champignon parfait
	Echaudage foliaire	<i>Gerlachia oryzae</i> <i>Monographella albescens</i>	Champignon imparfait Champignon parfait
	Flétrissement des gaines	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Thanacephorus cucumeris</i>	Champignon stérile Champignon parfait
Affections mineures	Faux charbon	<i>Ustilaginodes virens</i> <i>c. Oryza sativa</i>	Champignon imparfait Champignon parfait
	Gigantisme	<i>Fusarium moniliforme</i> <i>Gibberalla fugikoroii</i>	Champignon imparfait Champignon parfait
	Cercosporiose	<i>Cercospora oryzae</i>	Champignon imparfait
	Pourriture des gaines	<i>Acrocyndrium oryzae</i>	Champignon imparfait
	Galle blanche	<i>Corallocytostroma oryzae</i>	Champignon imparfait
	Décoloration des gaines	Complexe <i>de</i> <i>champignons</i>	Champignons imparfaits
	Maladie des chaumes	Complexe <i>de</i> <i>champignons</i>	Champignons imparfaits
	Stries bactériennes	<i>Xanthomonas oryzae</i>	Bactérie

I.5.3.7. Lutte contre les maladies du riz

L'intensification de la riziculture irriguée accroît les attaques parasitaires et autres maladies (APRAO/GIPD, 2011).

L'importation anarchique des semences de riz par les producteurs doit susciter la vigilance des structures de contrôle pour éviter de contaminer les parcelles de culture. Les techniques culturales nécessitent de bonnes pratiques agricoles pour éviter la propagation des maladies, notamment la date de semis. Les semis doivent être synchrones avec des semences saines et traitées, ainsi qu'une bonne utilisation des engrais. La résistance variétale exige des variétés résistantes ou tolérantes aux maladies. La lutte chimique est aussi pratiquée pour la prévention des maladies avec l'utilisation des pesticides autorisés et non nocifs. Cette dernière est peu pratiquée en Afrique de l'Ouest sauf pour le traitement des semences. La lutte intégrée avec l'action des ennemis naturels ou auxiliaires (araignées, libellules, coccinelles, etc.). L'utilisation aussi des extraits aqueux des plantes est d'une grande importance comme le Neem (*Azadirachta indica*) etc. La lutte mécanique comme les épouvantails, le ramassage, l'arrachage, la destruction des plants malades, les filets de capture, l'effarouchement, etc.

I.5.3.8. Les insectes nuisibles

Les insectes constituent en Afrique de l'ouest l'une des contraintes les plus importantes. Les pertes occasionnées par les insectes peuvent être très sévères atteignant parfois plus de 60% de la production (Gourmel, 2014). Il existe de nombreux insectes nuisibles ou insectes ravageurs qui peuvent endommager gravement ou détruire une culture de riz ou une récolte. La plupart de ces insectes ravageurs ne sont nuisibles pour la culture de riz que durant un stade précis de leur développement (Wopereis *et al.*, 2008).

Les foreurs de tige

Les foreurs de tige représentent une cinquantaine d'espèces réparties en deux ordres, les lépidoptères (*Chilio sp*, *Maliarpha separatelle*, *Sesamia calamistis*...) et les diptères (*Diopsis sp*...). Ils constituent les ravageurs les plus importants, infestant les plants du stade plantule à la maturité. Les larves se développent à l'intérieur des tiges en y creusant des galeries. Les dégâts causés au stade plantule se traduisent par des cœurs morts, aux stades floraison, maturité par des panicules blanches (Wopereis *et al.*, 2008).

Les défoliateurs

Les défoliateurs sont de trois ordres : les orthoptères (*Euscyrtus concinnus*, *Oxya sp*), les lépidoptères (*Spodoptera sp*, *Nymphula depunctalis*) et les coléoptères (*Hispines*). Les larves de ces insectes se nourrissent des feuilles de la plante hôte et causent des dégâts importants.

Parmi les défoliateurs rencontrés dans la Vallée du Fleuve Sénégal, les sauteriaux sont les plus redoutables, dévorent la feuille paniculaire et perturbe ainsi le transfert des éléments nutritifs vers la graine. Ces dégâts ont pour effets, un mauvais remplissage des grains, occasionnant une baisse considérable du rendement (Defoer *et al.*, 2004).

Les piqueurs, suceurs

On regroupe dans cette catégorie les punaises, les aleurodes, les acariens, qui provoquent des dégâts surtout à la maturation, notamment aux stades laiteux et pâteux. L'infestation des acariens est favorisée par les vents chargés de poussières qui collent sur les feuilles et diminuent l'activité photosynthétique (Defoer *et al.*, 2004).

I.5.3.9. Action des ravageurs ou auxiliaires des cultures de riz

Tous les insectes rencontrés dans la parcelle ne sont pas des ravageurs. Certains peuvent réduire ou contrôler la population de ravageurs. Il s'agit des insectes auxiliaires regroupant principalement les insectes entomophages parasites et les insectes entomophages prédateurs (Gourmel, 2014). Il en est de même pour les microorganismes du sol, dont certains contribuent fortement à la régulation de ravageurs. C'est le cas de la bactérie *Bacillus thuringiensis* qui attaque des populations d'insectes ravageurs de riz (APRAO/GIPD, 2011).

Tableau 3: Insectes utiles des cultures de riz (APRAO/GIPD, 2011)

Ordres	Prédateurs	Proies
Coléoptères	Coccinelles (coccinelidae) :	Larves et adultes consomment les jeunes cicadelles, les petites larves ainsi que les œufs exposés
	Carabes (carabidae)	Larves et adultes s'attaquent aux larves de chenilles enrouleuses (marasima trapezalis) de feuilles et aux cicadelles.
	Staphylinidae	A l'extérieur des touffes de riz cherchent et consomment les œufs et jeunes larves de cicadelles
Orthoptères	Gryllidae : petits criquets	Se nourrissent d'œufs d'espèces diverses : foreurs de tiges, chenilles enrouleuses chenilles légionnaires mouches des feuilles. Consomment larves de cicadelles
	Sauterelles aux longues antennes ; Tittigonidae	sont occasionnellement défoliatrices activité prédatrice plus prononcée vers les œufs de punaises suceuses de lait des épillets, larves foreurs de tiges et de cicadelles.
Hémiptères	Hémiptères aquatiques les Velüdae, les Mesovelüdae les Gerridae	dévorent les proies tombées dans l'eau : œufs et larves de cicadelles sauterelles, larves de foreurs de tiges et même les papillons

	Hémiptères qui vivent sur le plan de riz Mitidae ,Reduviidae : punaise assassines (3 épines dorsales)	Se nourrissent des œufs, des jeunes larves de cicadelles des œufs de sauterelles Prédatrice de larves de papillons
Odonates	Libellules et Demoiselles	s'attaquent aux insectes volants dont les sauterelles larves aquatiques remontent la plante et s'attaquent aux oeufs et larves divers
Dermaptères	Perce-oreille	Grâce à la paire de cerques postérieures capture les chenilles enrouleuses de feuilles
Hyménoptères	Fourmis (Formicidae)	Consomment une large gamme d'insectes et petits animaux Attaquent œufs et adultes de punaises suceuses de lait Prédatrice d'œufs de cicadelles
Araignées	Araneidae	Groupe de prédateurs important s'attaquant à plusieurs déprédateurs et même des ennemis naturels
Parasitoïdes	guêpes et mouches.	Les parasitoïdes attaquent généralement une seule espèce d'insectes ou un groupe d'espèces très similaires. Seules les larves sont des parasites. Une ou plusieurs larves parasitoïdes se développent sur ou dans un seul insecte hôte. Les parasitoïdes sont en général de plus petite taille que leurs hôtes.
Pathogènes		Les pathogènes sont des champignons, des bactéries ou des virus qui infectent et tuent les insectes. Les pathogènes se développent dans des conditions spécifiques de température et d'humidité. La plupart des pathogènes sont spécifiques à certains groupes d'insectes et parfois même à des stades de développement précis de ces insectes.
Nématodes		Certains nématodes qui s'attaquent aux insectes sont dits entomopathogènes. Ces entomopathogènes sont en général efficaces contre les ravageurs dans le sol ou dans des conditions humides.

I.5.3.10. Les oiseaux

Contrairement aux insectes et aux rongeurs qui se reproduisent dans les cultures, les oiseaux sont essentiellement mobiles et il est difficile de prévoir où ils vont commettre leurs dégâts. Les oiseaux qui se déplacent en petit groupe ou isolément ne sont pas souvent ressentis comme déprédateurs. Ceux qui se nourrissent en groupes importants commettent des dégâts importants, pouvant même aller jusqu'à l'abandon de la culture par les paysans (Treca, 1975). Le Mange-mil est considéré comme l'espèce la plus redoutable avec des effectifs pouvant atteindre plusieurs millions d'individus. Sédentaire, cette espèce ne consomme pas que le riz tombé au sol, mais consomme le riz à toutes les phases de son développement (Tripelt, 2015).

Dans le delta du fleuve Sénégal, elle serait responsable d'une perte annuelle de l'ordre de 7,1 millions d'euros. A fortes densités d'oiseaux, les méthodes traditionnelles d'effarouchement deviennent inefficaces, ce qui conduit à préconiser la mise en place de mesures préventives plutôt que curatives. (Mey *et al.*, 2012 ; Tripelt, 2015).

Moyens de lutte contre les oiseaux

Les moyens de lutte sont fondés sur la destruction des individus ou des habitats pouvant leur permettre d'installer leurs nids. La mise en eau des chaumes après la récolte est le meilleur moyen de supprimer les ressources pour les oiseaux granivores (Tripelt, 2015).

La lutte aérienne avec l'utilisation des avions ou terrestre comme les véhicules munis de pulvérisateurs est aussi nécessaire dans un cadre concerté entre les pays riverains, tout en préservant l'environnement. La planification de la date de semis, le choix des variétés et la synchronisation de la floraison atténuent les dégâts au niveau des parcelles. De l'épiaison jusqu'à la récolte, la présence physique de l'homme (gardinage) est indispensable avec l'utilisation d'éléments sonores, de lance pierres, d'épouvantails, etc. (ADRAO/SAED, 2011).

I.6. Récolte, gestion post récolte et stockage du riz

La récolte est une opération importante qui peut avoir un impact sur la qualité du paddy. Elle consiste au fauchage du plant de riz à maturité, le pré-séchage, le battage, le vannage, le séchage et la mise en meule (CORAF / WECARD, 2011).

La date optimale de récolte est un facteur déterminant, elle ne doit pas être ni précoce, ni tardive pour avoir une bonne qualité de paddy. Les récoltes précoces donnent des grains immatures, avec comme conséquence une perte de rendement en paddy, un taux élevé de brisure à l'usinage, et un faible pourcentage de riz entier. Cependant les récoltes tardives sont à la merci de la verse, des oiseaux, des petits rongeurs et des insectes (ADRAO/SAED, 2011). Selon CORAF / WECARD, 2001 ; SAED/JICA, 2014 ; les indicateurs de maturité du riz sont :

- 80% des grains des panicules de couleur jaune-paille ;
- 20% restant situés en bas des panicules sont au stade pâteux ;
- teneur en eau des grains comprise entre 20 et 22% ;
- les grains murs sont clairs et durs lorsque la balle est enlevée.

La récolte du riz est surtout faite manuellement en Afrique subsaharienne ou à l'aide de moissonneuse-batteuse. Pour la récolte manuelle, des faucilles et/ou des couteaux sont utilisés, alors que pour la récolte mécanisée, les moissonneuses combinées sont surtout en usage. La parcelle doit être drainée au préalable 15 jours avant la récolte pour faciliter le

déplacement et éviter que les grains ne germent. La récolte manuelle est lente, fatigante, fait perdre du temps, requiert une main d'œuvre intensive (ADRAO/SAED, 2011).

Quant à la moisson mécanisée, son avantage réside dans leur capacité à battre le riz en même temps que la récolte. La moissonneuse-batteuse peut récolter et battre 7 à 8 hectares par jour, cependant les performances enregistrées dans la Vallée du Fleuve Sénégal dépassent rarement 4 hectares par jour (ADRAO/SAED, 2011).

Le problème posé par les moissonneuses combinées est leur coût d'entretien élevé, auquel viennent s'ajouter leur non disponibilité et le manque de pièces de rechange dans plusieurs zones de l'Afrique de l'Ouest (CORAF / WECARD, 2011).

- **Le pré-séchage**

Lors de la récolte manuelle, les touffes sont déposées à ras de terre avant de les mettre en tas. Cette opération permet de diminuer l'humidité à un taux convenable et elle dure environs 24 heures à 48 heures.

- **La mise en meule**

La mise en tas facilite le battage, empêche les dégâts de moisissures, des insectes et des oiseaux. Elle permet de sécher le riz si celui-ci lors du pré-séchage contient toujours de l'humidité. La meule doit être rectangulaire ou généralement conique avec des panicules orientées vers l'extérieur du tas. Les alentours de la meule doivent être débarrassés des résidus de récolte pour éviter les feux et autres vecteurs susceptibles de contaminer le riz (CORAF / WECARD, 2011 ; ADRAO/SAED, 2011).

- **Le battage**

Le battage est une opération post-récolte qui consiste à séparer les grains de paddy des pailles de riz, et il peut être manuel ou mécanique. Le battage manuel se fait à l'aide des pieds pour fouler la paille, d'autres prennent des fûts vides déposés sur une bâche où ils frappent les touffes pour détacher les graines de la panicule. D'autres battent les tas de riz par des bâtons sous une bâche afin de le récupérer à la fin de l'exercice.

Ce type d'activité est généralement effectué chez les petits exploitants agricoles, et exige une forte main d'œuvre (ADRAO/SAED, 2011).

Le battage mécanique est effectué par des batteuses combinées dans de grandes exploitations. Il est plus pratique en riziculture intensive car permettant de battre des quantités plus abondantes de paddy et ne nécessite pas de vannage pour les machines performantes. Bien que ces machines assurent un battage efficace, les problèmes liés à l'utilisation des machines combinées résultent de l'accessibilité des pièces de rechange ainsi que leur coût élevé (ADRAO/SAED, 2011).

- **Le vannage**

Le vannage consiste à enlever des résidus de pailles, du sable, des cailloux, des mauvaises herbes et des matériaux externes du paddy récolté. Pour un bon stockage du riz, le paddy doit être indemne de tout élément extérieur pour éviter la contamination (CORAF / WECARD, 2011).

- **Le séchage**

Le séchage permet de diminuer la teneur en eau de 14 à 15% pour un bon stockage du riz. Un séchage trop poussé présente des fissures à l'intérieur, diminue la qualité du grain et l'expose aux déprédateurs, tandis qu'un séchage insuffisant rend difficile le battage, et favorisent le développement des bactéries, des champignons et des moisissures lors du stockage (ADRAO/SAED, 2011).

- **Le stockage**

Le stockage doit être convenablement effectué afin d'obtenir un paddy de haute qualité pour la mouture et l'étuvage. Selon ADRAO/SAED (2011). Pour un bon stockage du paddy il faut :

- mettre le paddy dans des sacs en jute, (neufs de préférence), pour permettre une bonne aération du produit stocké, (identifier au besoin, en précisant le nom de la variété et la date de récolte) ;
- nettoyer le magasin de stockage et pulvériser l'intérieur avec une solution de malathion à 2% ou tout autre produit approprié. Laisser sécher avant d'y introduire le paddy ;
- disposer des palettes de bois, à même le sol, afin de permettre une aération tout autour et en dessous des sacs stockés. Laisser de l'espace entre le stock et le mur du magasin et entre le stock et le toit ;
- arranger les sacs de paddy, l'un sur l'autre en prenant soin d'alterner leur direction. Ne jamais stocker de produits chimiques (engrais, pesticide etc.) avec le paddy ;
- inspecter le stock une ou deux fois par semaine, si la présence d'insectes ou de rats est constatée, il faut traiter à nouveau ;
- en cas de stockage prolongé, vérifier de temps à autre le taux d'humidité, s'il s'élève au delà de 14%, sécher à nouveau le produit au soleil.

I.7. Les adventices du riz

I.7.1. Effet des adventices sur la productivité du riz

Les adventices constituent une contrainte majeure de la riziculture en Afrique de l'Ouest. La concurrence entre les plantes pour les ressources essentielles à la croissance tel que la lumière, les éléments nutritifs et l'eau est le facteur limitant à la production rizicole (Johnson, 1997). L'enherbement est une des contraintes majeures de l'agriculture et sa gestion efficace est nécessaire pour la durabilité des systèmes de production agricole (Mbaye, 2013). Les efforts déployés par les agriculteurs pour réaliser les conditions favorables au développement du riz se heurtent à d'autres espèces végétales aptes à croître spontanément dans le même environnement (Diallo *et al.*, 1997). Les pertes de récoltes dues au problème de désherbage sont très importantes et s'élèvent à 15 % en Afrique (Cramer, 1967 ; Noba, 2002). La croissance mal contrôlée des adventices est reconnue pour être responsable de pertes de production très élevées, allant jusqu'à 100% en riz pluvial en Afrique de l'Ouest (Akobundu, 1996 ; Johnson *et al.*, 2004). Ces pertes représentent pour la région un coût annuel estimé à 2,2 millions de tonnes de riz, équivalent à 1,45 milliard de dollars (Rodenburg *et al.*, 2009).

En riziculture irriguée au Sahel, les chutes de rendements sont de 29-89 % et 37 %, respectivement en culture de semis direct et de repiquage (WARDA, 1982 ; Diop, 1989 ; Diallo *et al.*, 1997). Dans le Delta du Fleuve Sénégal, des enquêtes ont été menées sur 29 rizières paysannes et les rendements variaient de 0,7 à 7,2 tonnes/ha, liés aux pertes causées par les adventices (Dingkuhn, 1993).

Dans la même région, des suivis agronomiques ont permis d'évaluer des chutes de rendements avoisinants 50 %, malgré les actions habituelles de désherbage (Ndiaye, 1989 ; Diallo *et al.*, 1997). En plus des pertes dues à la concurrence pour les ressources, les adventices sont également des plantes hôtes d'insectes nuisibles et de maladies transmissibles au plant de riz. Les adventices contribuent également à la prolifération des rongeurs, à gêner la récolte, et à réduire la valeur nutritive du riz du fait de leur mélange avec les adventices (Johnson, 1997 ; ADRAO/SAED, 2011).

Les pratiques culturales mises en œuvre expliquent en grande partie les différences d'enherbement et de rendement. Un sol relativement bon, un ensoleillement intense, de hautes températures presque tout au long de l'année et la disponibilité d'eau d'irrigation sont les conditions idéales pour une abondance des adventices (ADRAO, 2000).

I.7.2. Moyens de lutte contre les adventices

La croissance incontrôlée des adventices dans la riziculture en Afrique est l'une des contraintes majeures les plus fréquentes et cause des pertes économiques considérables pour l'économie africaine (Rodenburg *et al.*, 2009). La présence des adventices ne se traduit pas automatiquement par des dommages ou des pertes de rendement de la culture. Elle nécessite une bonne compréhension de la biologie et de l'écologie des adventices, la connaissance des seuils de nuisibilité à travers la détermination des périodes et densités critiques de concurrence mais aussi la caractérisation des bonnes pratiques culturales. Le contrôle des adventices peut être effectué de manière culturale, mécanique, variétale, biologique, chimique et la gestion intégrée (Noba, 2002 ; Rodenburg *et al.*, 2009 ; Mbaye, 2013 ; Bassène, 2014).

I.7.2.1. Méthode indirecte de contrôle des adventices

Cette méthode consiste à maîtriser les adventices avant la mise en place des cultures.

- **Nettoyage des canaux d'irrigation, des drains et des diguettes**

Les canaux d'irrigation, les drains et les diguettes doivent être désherbés fréquemment de même que les bordures de rizières. Des canaux d'irrigations non nettoyés deviennent des sources d'infestation de très grande importance pour les parcelles cultivées (en particulier pour le Typha et les Cypéracées). Les canaux infestés ne laissent pas l'eau d'irrigation s'écouler facilement et il en résulte une plus grande difficulté à irriguer les parcelles surtout les plus lointaines (Lacharme, 2001 ; ADRAO/SAED, 2011).

D'autre part, les drains fortement enherbés ne favorisent pas l'écoulement rapide des parcelles. Les diguettes ne sont pas inondées par la culture mais sont toujours humides et constituent un milieu de prédilection pour la croissance des mauvaises herbes. Si elles ne sont pas désherbées, elles se transforment rapidement en foyer très important de contamination des cultures (Lacharme, 2001). Ces mesures sont plus efficaces si elles sont prises à l'échelle du casier ou de l'ensemble des casiers dépendants de la même unité d'irrigation (ADRAO/SAED, 2011).

- **Le labour**

La profondeur de labour doit se situer entre 20 et 30 cm. Le labour permet d'enterrer les graines de mauvaises herbes et les bulbilles de Cypéracées qui sont à la surface du sol à une profondeur importante. Elles se retrouvent alors dans des conditions très difficiles voir impossibles pour germer et lever. Il amène à la surface du sol les rhizomes de Typha qui peuvent ensuite être détruits par un ensoleillement prolongé (Lacharme, 2001).

En saison des pluies, plusieurs labours réalisés avec un intervalle de temps suffisant pour permettre aux semences d'adventices de germer, peuvent limiter la croissance des adventices (Diallo *et al.*, 1997). Le labour est meilleur lorsqu'il est effectué en début de la saison sèche au moment où l'essentiel de la biomasse des plantes se trouve dans les rhizomes et la dessiccation plus efficace (Terry *et al.* 1997).

▪ **Le brûlis des pailles de riz sur la parcelle**

Le brûlis consiste à détruire par le feu une partie des mauvaises graines présentes en surface du sol. Toutefois, ce brûlis devra être réalisé de manière précoce, et que la quantité de paille à brûler soit assez importante. Cependant le brûlis des mauvaises herbes dans les parcelles est à éviter le plus possible car ses inconvénients sont largement supérieurs à ses avantages. Dans le cas de la double culture du riz notamment dans la Vallée du Fleuve Sénégal, il peut se justifier pour accélérer la préparation de la prochaine culture (Lacharme, 2001).

▪ **La pré-irrigation simple puis offsetage**

Elle consiste à faire germer les graines d'adventices présentes dans le sol puis à détruire les mauvaises herbes par un offsetage et un séchage au soleil. La pré-irrigation est une méthode très efficace et relativement peu coûteuse pour contrôler les populations de mauvaises herbes annuelles (les graminées et en particulier le riz sauvage). Elle est donc à réaliser systématiquement sur les parcelles infestées en mauvaises herbes annuelles. Le contrôle des adventices pérennes exige des méthodes plus complexes telles que l'utilisation des herbicides (Lacharme, 2001).

▪ **Les méthodes culturales**

Pour prévenir l'enherbement des rizières, les mesures suivantes doivent être observées :

- ✓ utiliser des semences propres non contaminées par des graines d'adventices. Les semences certifiées offrent plus de garantie notamment par rapport aux adventices dangereuses, tel que le riz rouge ;
- ✓ nettoyer les outils et matériels agricoles avant chaque utilisation dans les rizières ;
- ✓ pratiquer autant que possible la rotation culturale et appliquer des méthodes adaptées à chaque culture de la succession pour assurer une maîtrise efficace des adventices ;
- ✓ pratiquer l'épuration du riz rouge dès le début de la floraison, cette épuration doit être achevée avant la formation des graines de riz rouge ;
- ✓ utiliser une densité de peuplement optimale de semis et de repiquage :
 - 100 à 120 kg/ha (200 à 250 plantes/m²) en semis direct à la volée.

- 30 à 40 touffes/m² obtenues avec des espacements de repiquage compris entre 15 et 20 cm ;
- ✓ bien planer, si le dénivellement de la rizière est trop important, confectionner de petites diguettes de séparation des parties basses et des parties hautes, puis niveler dans chaque sous-parcelle ; cela rend plus facile la maîtrise de l'eau, limite la prolifération des adventices et renforce l'efficacité des méthodes de lutte ;
- ✓ assurer une bonne gestion de l'irrigation avec une lame d'eau qui tienne compte des besoins de chaque stade de développement de la plante, tout en limitant la germination et la croissance des mauvaises herbes (en particulier *Echinochloa colona*, *Ischaemum rugosum*, *Oryza barthii*) et éviter les assecs prolongés (ADRAO/SAED, 2011).

- **Le choix variétal**

L'approche génétique et biotechnologique est en train d'être largement adoptée pour faire face aux problèmes biotiques et abiotiques du riz comme la rareté de l'eau, les températures basses et fortes, les déprédateurs, les maladies et le contrôle des mauvaises herbes (Fujimoto *et al.*, 1993; Rathore *et al.*, 1993; Christou, 1994).

Le riz nuisible peut être maîtrisé par l'introduction de variétés tolérantes aux herbicides de post-levée (Linscombe *et al.*, 1996; Wheeler *et al.*, 1997). La production de semences se fait selon des normes techniques établies qui garantissent, après évaluation au champ puis au laboratoire, un produit de qualité pour résister aux adventices.

Les nouvelles variétés de riz issues d'un croisement du riz africain (*O. glaberrima* Steud.) et du riz asiatique (*O. sativa indica* L.) auront un rôle important à jouer pour promouvoir le développement de la riziculture dans les bas-fonds et les systèmes irrigués. Ces variétés sont dotées d'une bonne capacité à lutter contre les mauvaises herbes, un aspect très important dans les bas-fonds et les périmètres irrigués, surtout si le riz est semé à la volée et en cas de manque d'eau (Wopereis *et al.*, 2003).

Selon les travaux de ADRAO/SAED, 2011, dans la Vallée du Fleuve Sénégal, à chaque saison de culture correspond un type de variété bien déterminée. Ainsi il existe des variétés adaptées à la culture d'hivernage (Sahel 201, Sahel 202, NERICA-S-21, IR1529, etc.) et des variétés de saison sèche chaude (Sahel 108, Sahel 159, Sahel 134).

I.7.2.2. Méthode directe de contrôle des adventices

Le contrôle des adventices est un élément fondamental en riziculture permettant d'accroître considérablement le rendement du riz. Ce contrôle nécessite une maîtrise parfaite des

mauvaises herbes durant les différents cycles de développement du riz par la méthode directe de contrôle des adventices.

- **Le désherbage manuel**

Dans la vallée du fleuve Sénégal, le désherbage manuel est plus pratiqué dans la moyenne vallée que dans le delta. Cela est dû au fait que les surfaces sont plus réduites dans la moyenne vallée et le repiquage s'effectue dans les petits périmètres où les riziculteurs disposent en moyenne de moins d'un hectare par famille. On remarque que 96 % des parcelles sont désherbées manuellement avec ou sans herbicides (Diagne, 1993).

Les houes et les désherbeurs manuels sont les plus souvent utilisées en système de repiquage car les espacements entre les lignes facilitent le bon usage de ces matériels agricoles (Rijn, 2001). La limite de ces pratiques est que les adventices qui se situent sur les lignes ne sont pas désherbées et nécessitent un arrachage à la main (Navasero *et al.*, 1970).

Le désherbage manuel est plus efficace en système de repiquage qu'en semis direct, en raison des écartements entre plants plus importants. En semis direct, le désherbage manuel peut être efficace lorsque l'infestation est faible et la taille de la parcelle est réduite (SAED/JICA, 2014).

En riziculture irriguée, le désherbage manuel est la méthode la plus efficace de gestion chez *O. barthii* (Catling, 1992). Cependant, pour la plupart des adventices pérennes telles que *Oryza longistaminata* le désherbage manuel uniquement ne permet pas de fournir un contrôle adéquat car ils sont capables de repousser à partir des rhizomes (Akobundu, 1987 ; Rodenburg *et al.*, 2009).

Par ailleurs, le désherbage manuel est trop pénible et, dans les grands périmètres où le riz est semé à la volée et où chaque famille dispose en moyenne de 3 à 4 hectares, il nécessite en moyenne 20 à 40 hommes par jour et par hectare et se prolonge trop longtemps pour être efficace (Godderis, 1990).

- **Le désherbage mécanique**

Vulgarisé par l'ADRAO et l'ISRA, le désherbage mécanique entre les lignes avec une sarleuse rotative japonaise à moteur de 2 cv était utilisé dans la moyenne vallée. Cette technique de désherbage était peu efficace contre les adventices pérennes (Godderis, 1990 ; Diagne, 1993). La houe rotative a aussi été utilisée, mais cette technique nécessitait deux passages suivis d'un désherbage manuel entre les lignes pour être plus efficace (Davies, 1983).

Le sarclage mécanique est plus avantageux dans les grandes exploitations agricoles et réduit considérablement le temps de travail. Cependant l'utilisation de motoculteurs ou de tracteurs pour le désherbage mécanique n'est pas courante. Dans les systèmes irrigués des deltas fluviaux, tel que les fleuves Sénégal et Niger, les sols argileux limitent sérieusement l'efficacité du désherbage mécanique lors de la saison culturale. Les tentatives de mécanisation dans la Vallée du fleuve Sénégal, ont échoué du fait de cette contrainte et des faibles ressources financières pour la plupart des riziculteurs (Diallo *et al.*, 1997).

▪ **Les herbicides de pré-levée**

Les herbicides de pré-levée sont utilisés à des doses et périodes qui permettent la destruction de toute la végétation. Ces herbicides ne doivent en aucun cas être employés pendant le cycle de la culture au risque de détruire totalement la culture (Lacharme, 2001).

Les herbicides de pré-levée sont appliqués pour empêcher la levée de la plupart des adventices annuelles tant monocotylédones que dicotylédones. L'utilisation intense des ces herbicides conduit progressivement à une spécialisation de la flore et la contamination du milieu par les résidus de ces matières actives (Chauvel *et al.*, 2001a ; Bassène, 2014).

▪ **Les herbicides de post-levée**

L'utilisation d'herbicides de post-levée est intéressante sur le plan économique, car ils demandent généralement moins de temps pour le désherbage, et ils permettent au producteur d'utiliser des méthodes peu exigeantes en main-d'oeuvre tels que le semis direct (Akobundu *et al.*, 1978; Riches *et al.*, 2005). L'emploi des herbicides de post-levée facilite l'organisation du calendrier cultural, puisqu'une application d'herbicide demande moins d'une journée par hectare avec un appareil à dos ou un pulvérisateur monté sur tracteur. De plus, l'emploi de ces herbicides supprime la concurrence de l'enherbement, notamment pendant la phase d'installation de la culture (Marnotte, 2000 ; Bassène, 2014).

Les herbicides sont souvent associés à d'autres options de lutte, à titre d'exemple, dans les systèmes irrigués au Sénégal, la plupart des producteurs utilisent la lutte chimique contre les adventices, suivie du désherbage manuel (Haefele *et al.*, 2002).

▪ **La lutte biologique**

La lutte biologique pourrait jouer un rôle dans la gestion des adventices envahissantes. En effet, des plantes pathogènes appropriées ont été identifiés, en vue de la lutte biologique contre les adventices dans les systèmes rizicoles africains. C'est le cas de *Dactylaria higginsii* qui lutte contre la prolifération de *Cyperus rotundus* et *Cyperus iria* (Kadir *et al.*, 2000) et *Alternaria alternata* contre *Sphenoclea zeylanica* (Masangkay *et al.*, 1999).

En définitive, des plantes parasites ou des espèces végétales compétitives peuvent être utilisées comme agent de lutte biologique contre les adventices, de même que les insectes et /ou des organismes pathogènes (Ba, 2005).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Le milieu d'étude

La Vallée du Fleuve Sénégal est formée de trois régions : Saint-Louis, Matam et Tambacounda, soit 34 % du territoire national (AFD, 2014). Elle s'étend sur plus de 800 kilomètres, de l'embouchure jusqu'à la frontière avec le Mali, puis le long de la Falémé affluent du Sénégal (Diop *et al.*, 2008). Du point de vue géographique, on distingue plusieurs zones selon les auteurs:

Selon Diop *et al.* (2008), on distingue 4 grandes zones :

- la haute vallée en amont de Bakel et qui concerne les 50 km situés le long du fleuve jusqu'à la frontière malienne et la rive gauche de la Falémé ;
- la moyenne vallée qui s'étend sur environ 300 km de Bakel à Saldé (plus exactement M'Bagne 20 km en amont de Saldé) jusqu'à Bakel ;
- la basse vallée qui s'étend, elle aussi, sur près de 300 km de Saldé jusqu'à Richard-Toll ;
- enfin, le delta du fleuve de Richard-Toll jusqu'à l'embouchure, sur environ 170 km.

Les travaux de Poussin (2008) ont confirmé l'existence de 3 zones géographiques :

- la haute vallée allant de la Falémé à Bakel ;
- la moyenne vallée s'étend de Bakel à Richard-Toll ;
- le delta qui part de Richard-Toll à l'embouchure.

L'agence française de développement, (2014) a proposé 4 grandes zones géographiques :

- la haute vallée en amont de Bakel et qui concerne les 50 km situés le long du fleuve jusqu'à la frontière malienne et la rive gauche de la Falémé ;
- la moyenne vallée qui s'étend sur environ 300 km de Bakel à Saldé (plus exactement M'Bagne 20 km en amont de Saldé) jusqu'à Bakel ;
- la basse vallée qui s'étend, elle aussi, sur près de 300 km de Saldé jusqu'à Richard-Toll ;
- enfin, le delta du fleuve de Richard-Toll jusqu'à l'embouchure, sur environ 170 km.

Nous avons choisi dans le cadre de notre étude, la subdivision de Poussin, (2008) qui nous paraît plus simple pour observer les limites sur le terrain.

La présente étude a été conduite dans la vallée du fleuve Sénégal précisément dans le Delta et la Moyenne Vallée (Figure 6). La population des trois régions drainées par le fleuve Sénégal

est estimée, en 2013, à 2 061 515 habitants soit 16 % de l'ensemble de la population actuelle du Sénégal (AFD, 2014).

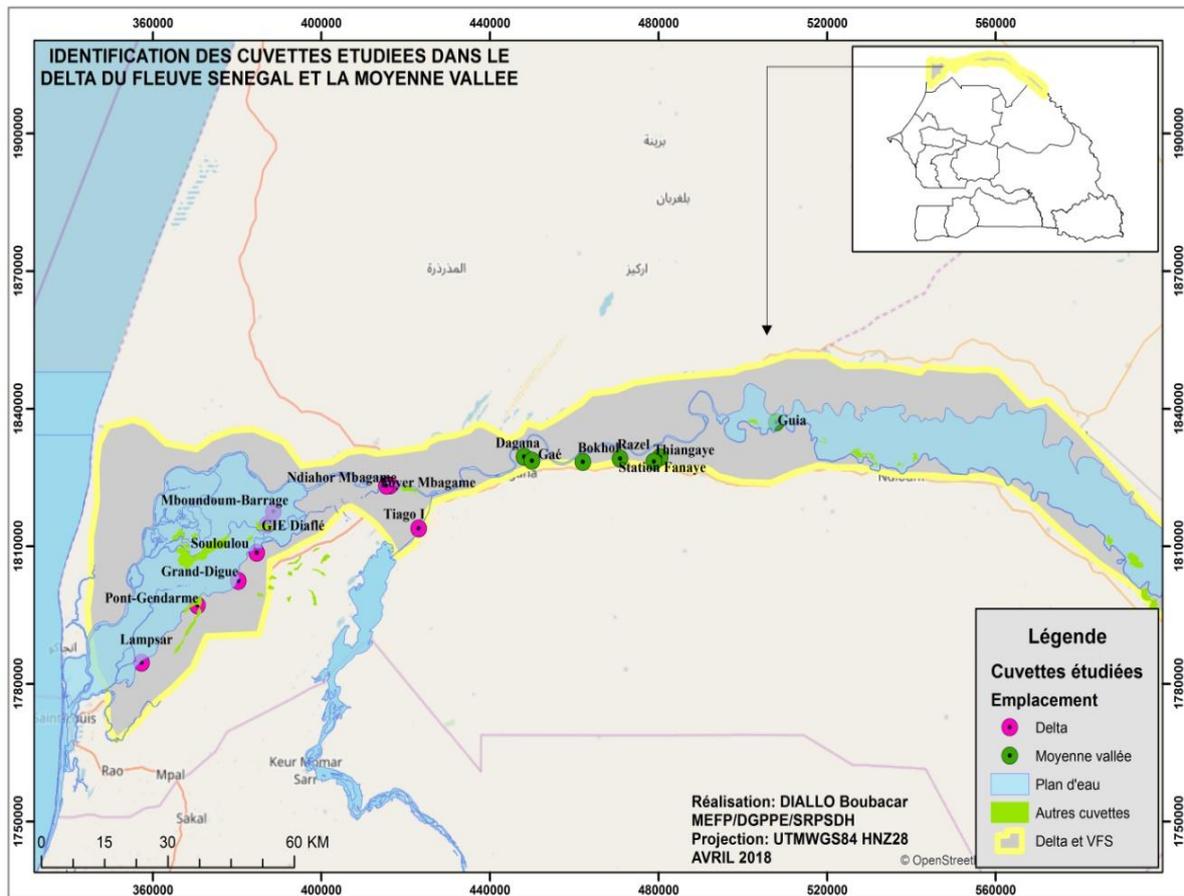


Figure 6: Localisation des sites d'essais et des cuvettes de la vallée du fleuve Sénégal

Les essais ont été conduits dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal au cours des saisons pluvieuses et sèches des années 2016 et 2017. Les expériences ont été menées en milieu contrôlé dans la station expérimentale de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (I.S.R.A.) de Fanaye et en milieu paysan dans quatre cuvettes (Bokhol, Gaé, Razel et Thiangaye). Les relevés phytosociologiques ont été menés dans 17 cuvettes (Figure 6) réparties dans le delta et la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Le choix des sites est basé sur les types d'aménagement.

Tableau 4: Choix des cuvettes dans le delta et la moyenne vallée

DELTA	Bas Delta	Cuvette de Lampsar (G.A)
		Cuvette de Ndiaye (G.A)
		Pont Gendarme (G.A)
		Ross-Béthio (Grand-Dig) (G.A)
	Moyen Delta	Souloulou (P.I.V)
		Mboundoum-Barrage (G.A)
		Mboundoum GIE Diaflé (P.I.P)
	Haut Delta	Mbagame (Foyer) (P.I.V)
		Mbagame (Ndiakor) (P.I.V)
		Thiago (P.I.V)
MOYENNE VALLEE	Moyenne Vallée	Dagana (G.A)
		Gaé (G.A)
		Bokhol (G.A)
		Fanaye (Razel) (G.A)
		Fanaye (Station ISRA) (P.I.V)
		Thiangaye (Thiathioum) (P.I.P)
		Guia (P.I.P)

Ces cuvettes sont aménagées en périmètres irrigués dont la superficie varie en fonction des types d'aménagements. On distingue les Grands aménagements (G.A), les Périmètres Irrigués Villageois (P.I.V) et les périmètres Irrigués Privés (P.I.P).

Les G.A (300 à 3000 hectares) de la Société de Développement et d'Exploitation des Terres du Delta du fleuve Sénégal (SAED) disposent d'infrastructures complètes (station de pompage), y compris un réseau de drains hiérarchisé. Cependant, il s'agit de drains à ciel ouvert et non entretenus, leur efficacité est généralement très faible (Boivin *et al.*, 1998).

Les P.I.V sont de petits périmètres (10 à 50 hectares) réalisés très sommairement. Ils sont mal planés, mal endigués avec des débordements fréquents, et ne disposent pas de drains.

Les P.I.P ont des superficies de 50 à 200 hectares. Ils sont bien planés (du moins lors de la réalisation, l'entretien laissant parfois à désirer), protégés par une digue de ceinture, mais non drainés en général (Boivin *et al.*, 1998). Dans les deux types d'aménagements (P.I.V et P.I.P), l'eau d'irrigation est acheminée dans les périmètres par les motopompes de type diesel.

II.1.2. Les sols

Dans la vallée du fleuve Sénégal on distingue 4 grands types de sols classés en fonction de leur texture et de leur structure (OMVS/FAO, 1973).

Les sols hollaldé (Chromic vertisols) : avec 36% du potentiel irrigable, ces sols contiennent 50 à 75 % d'argile, mauvais drainage, favorables à la riziculture, supportent la submersion et sont très difficiles à travailler.

Les sols dits faux-hollaldés (Eutric fluvisols) : 31% du potentiel irrigable, contiennent 30 à 50 % d'argile (sont argilo limoneux), mauvais drainage, sols sans structure favorables à la riziculture et aux autres cultures (Diop *et al.*, 2008).

Les fondés (Eutric fluvisols) : 33% du potentiel irrigable, teneur en argile de 10 à 30% (sont limoneux), drainage moyen, favorables à toutes cultures autres que le riz, sols filtrants.

Les sols dits de diéri (Eutric regosols) qui contiennent 80 à 90% de dépôts sablonneux peuvent supporter toutes les cultures autres que le riz (AFD, 2014).

Caractéristiques des sols dans les sites d'études

Tableau 5: Caractéristiques physiques et chimiques des sols dans les sites d'essai

	Localités				
	Fanaye	Bokhol	Gaé	Razel	Thiangaye
Type de sols	Eutric fluvisols	Chromic vertisols	Chromic vertisols	Eutric fluvisols	Eutric fluvisols
Nom local	Fondé	Faux-Hollaldé	Hollaldé	Fondé	Fondé
Argile (%)	24,5	34,5	67,5	26,5	27,5
Limon (%)	16,75	30,25	8	20,25	22
Sable (%)	58,75	35,25	24,5	53,25	50,5
Ph	6,42	5,32	5,06	5,39	7,29
CE ($\mu\text{s.cm-1}$)	93,2	386	90,6	300	80,5
C (%)	0,529	0,825	1,658	0,921	0,313
N (%)	0,064	0,083	0,112	0,05	0,044
C/N	8,306	9,941	14,852	18,25	7,179
Mo (%)	0,911	1,419	2,852	1,585	0,539
Type d'aménagements	petits périmètres irrigués villageois réalisés très sommairement, mal planés, mal endigués avec des débordements fréquents, et ne disposent pas de drains.	station de pompage électrique, canal irrigation y compris un réseau de drains hiérarchisé	station de pompage électrique, canal irrigation y compris un réseau de drains hiérarchisé	station de pompage électrique, canal irrigation y compris un réseau de drains hiérarchisé	petits périmètres irrigués villageois réalisés très sommairement, mal planés, mal endigués avec des débordements fréquents, et ne disposent pas de drains.

On distingue dans les sites d'expérimentation les sols de levée, dénommés localement *fondé*, ont une texture mélangée (24,5 à 27,5 % d'argile, 16,75% à 22% de limon et 50,5% à 58,75% de sable). Les sols de cuvette, ou *hollaldé*, sont plus argileux avec une forte rétention d'eau et contiennent 67,5% d'argile, 8% de limon et 24,5% de sable et les *faux-hollaldé* avec 34,5% d'argile, 30,25% de limon et 35,25% de sable. Ces sols sont pauvres en matière organique et en azote avec un pH acide et le sol est non salé. Les essais ont été installés dans les grands aménagements (Bokhol, Gaé et Razel) où l'irrigation est bonne avec un bon drainage des

parcelles et les périmètres irrigués villageois (station de Fanaye et Thiangaye) où l'irrigation est assez bonne mais le drainage fait défaut.

II.1.3. Le climat

La pluviométrie de la vallée du fleuve Sénégal est caractérisée par des pluies faibles, irrégulières, réparties sur une courte période de 2 à 3 mois entre fin juillet et fin septembre. Les quantités de pluie diminuent considérablement du sud vers le nord avec des moyennes annuelles de 200-300 mm dans le delta et la basse vallée, 300-400 mm dans la moyenne vallée et de l'ordre de 500-600 mm dans la haute vallée (Diop *et al.*, 2008). La saison sèche est marquée par l'harmattan, vent chaud et sec chargé de poussière. Il résulte de la continentalisation des vents alizés provenant de l'anticyclone des Açores (AFD, 2014).

Cas de la moyenne vallée :

En 2016, les variations mensuelles des températures maximales et minimales dans la station de Fanaye sont à peu près similaires (Figure 7). Les maxima principaux sont enregistrés en saison des pluies au mois d'août (décade 3) et au mois d'octobre (décade 1) avec des températures qui avoisinent les 40°C. Cependant les températures élevées sont aussi observées en saison sèche chaude avec des pics de 40°C en avril, mai et début juin. Les minima sont plus élevés en saison humide avec des températures de 22°C de juillet à octobre avant de baisser de moins de 20°C au mois de novembre. Quelques pics de températures minimales sont aussi enregistrés en saison sèche chaude avec 22°C au mois de mars, avril et début mai avant de diminuer légèrement à 20°C vers la fin du mois de mai. L'humidité maximale et minimale est aussi plus élevée en saison des pluies de juillet à septembre avec des pics de 99% d'humidité maximale en début septembre contre 56% d'humidité minimale au mois de juillet et septembre. La pluviométrie est déficitaire dans la région avec quelques cas enregistrés au mois d'aout et septembre.

Au cours de l'année 2017 dans la station de Fanaye, les températures maximales et minimales ont à peu près les mêmes allures. En saison des pluies les températures maximales ont atteint 40°C au mois d'octobre et novembre alors qu'en saison sèche chaude, les hautes températures ont été obtenues du mois d'avril à juin. Pour les températures minimales, les pics de 22°C sont enregistrés de juillet à septembre pour le compte de l'hivernage et 20°C en saison sèche chaude de mars à juin. L'évolution de l'humidité est similaire à celle enregistré au cours de l'année 2016. Les plus fortes valeurs de l'humidité maximale et minimale sont obtenues en saison des pluies de juillet en octobre et de avril à juin pour la saison sèche chaude. Quant à la pluviométrie, elle est enregistrée du mois d'aout au mois de septembre aux environs de 5 mm.

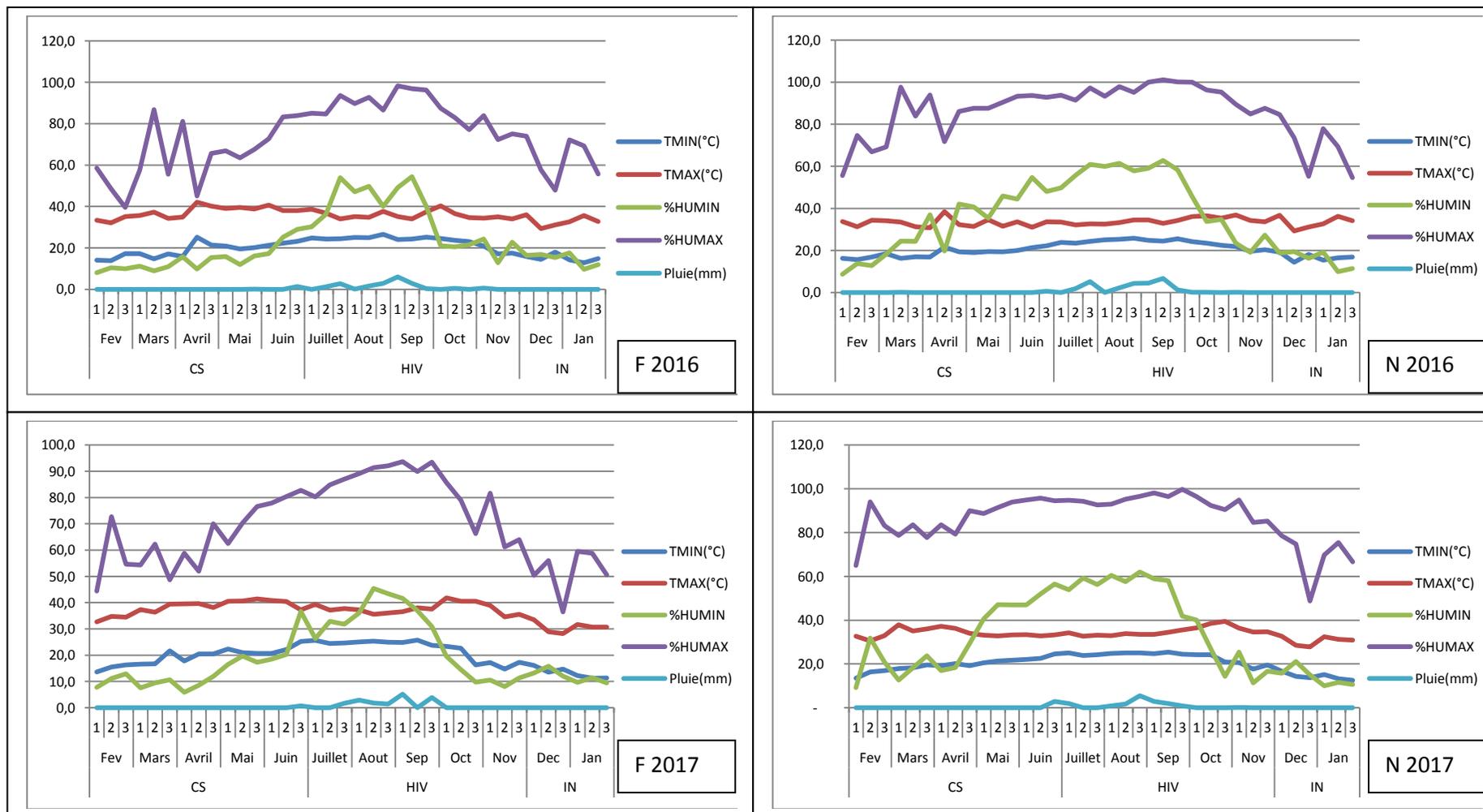


Figure 7: Données climatiques de la station expérimentale de N’diaye et Fanaye en 2016 et 2017

F 2016 = Fanaye 2016, **F 2017** = Fanaye 2017, **N 2016** = Ndiaye 2016, **N 2017** = Ndiaye 2017, **CS** = contre-saison, **HIV** = hivernage, **IN** = intersaison

Cas du delta :

En 2016, les températures ont des allures similaires dans la station de Ndiaye avec des pics de maxima de 40°C obtenus en saison des pluies au mois d'octobre et novembre et au mois de mars pour le compte de la saison sèche chaude (Figure 7). Les températures minimales les plus élevées en hivernage ont été enregistrées de juillet à octobre et s'élèvent à 22°C en saison sèche chaude les pics de températures minimales de 20°C ont été obtenus d'avril à juin. L'humidité est plus abondante en saison humide qu'en saison sèche chaude. Les maxima mensuels atteignent leurs plus fortes valeurs pendant la saison des pluies où ils dépassent partout 90%. Pour les minima, les plus élevées oscillent autour de 60%. En saison sèche chaude, l'humidité est faible de février à avril puis on observe une augmentation de l'humidité maximale de 90% et minimale de 50% de mai à juin. Les précipitations ont été enregistrées de juillet en septembre avec des quantités faibles d'environ 6 mm.

Les températures en 2017 sont presque similaires à celles de 2016 avec une moyenne de 38°C pour les maximales dont le pic est obtenu en fin octobre en saison humide. Les températures minimales ont une moyenne de 22°C de juillet à octobre ensuite elle baisse de 20°C en novembre. En saison sèche chaude, la variation n'est pas importante oscille autour de 39°C pour les maxima et 20°C pour les minima. L'humidité de l'air est plus élevée en saison humide que la saison sèche chaude. Les plus fortes valeurs en saison des pluies sont estimées à 90% pour les maxima et 60% pour les minima. Pour la saison sèche chaude, les variations tournent autour de 80 % pour les maxima et 20 % pour les minima. Cependant les pics sont obtenus au mois de février.

II.1.4. La végétation

Le couvert végétal de la vallée du fleuve Sénégal est en fonction du type de sol, de l'eau disponible et du relief (Von Maydell, 1986). Du sud au nord, on peut distinguer plusieurs formations :

- **Des formations soudano-sahéliennes**, sur sols sableux caractérisés par des espèces d'arbres comme *Sterculia setigera*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*, *Acacia seyal* (sur sols plus argileux) et *Adansonia digitata* (sols assez riches). Les Poaceae sont dominés par *Aristida mutabilis* ; actuellement, l'herbe pérenne *Andropogon gayanus* a disparu presque complètement, tandis que de vaste étendues ont été envahies par des herbes comme *Cassia mimosoides* et *Tribulus terrestris* (Van Lavieren *et al.*, 1988) ; sur des sites plus sableux l'arbuste *Guiera senegalensis* s'installe surtout à la suite d'un surpâturage ; sur sols sableux, au pied des plateaux gréseux et des dunes, le couvert de

ligneux devient plus clairsemé et se constitue surtout de l'arbre *Balanites aegyptiaca*, tandis que le couvert herbacé est formé d'*Indigofera aspera* et la Graminée *Brachiaria xantholeuca* (Van Lavieren *et al.*, 1988).

- **Des formations de type sahélienne** avec un paysage ouvert dominé par *Boscia senegalensis* et *Acacia Senegal*, marqué par un couvert herbacé de *Cenchrus biflorus*, *Schoenfeldia gracilis* (sols compactés) et la Légumineuse *Indigofera senegalensis* (signe de sur-pâturage) (Van Lavieren *et al.*, 1988).
- **Des formations sur dunes côtières** : ces dunes peuvent être stables ou déstabilisées et elles sont en général couvertes d'*Euphorbia balsamifera* et de *Commiphora africana* ; entre ces dunes, sur des sols halomorphes avec peu de sable déstabilisé, le *Tamarix senegalensis* s'est installé, ainsi que *Nitraria retusa* et les herbes halophytes *Sporobolus spicatus* et *polyganea nivea* ; sur les hautes dunes stables, on rencontre *Acacia raddiana* et *Salvadora persica*, avec des herbacées comme *Chloris prierii* et *Aristida mutabilis* ; on y trouve également des dunes où les ligneux sont absents ; celles-ci sont souvent couvertes de Graminées comme *Aristida funiculata*, *Cenchrus ciliaris* et *Schoenfeldia gracilis* ; plus vers le nord, dans la zone sahélo-saharienne, les espèces ligneuses *Euphorbia balsamifera*, *Commiphora africana*, et quelques *Acacia senegal* avec un couvert herbacé de *Panicum turgidum* et *Cenchrus biflorus* dominant là où le couvert herbacé est bien développé (Van Lavieren *et al.*, 1988).
- **Des formations alluviales** sur les berges du fleuve et sur les plaines alluviales d'inondation caractérisées par une végétation adaptée à des conditions hydrologiques particulières ; les sols sont en général de types hydromorphes (vertisols) ; une formation très caractéristique est la forêt inondable de Gonakiés (*Acacia nilotica*), avec un couvert herbacé variable allant de sol nu à un couvert quasi-total de *Mimosa pigra*, *Echinochloa colona* et *Aeschynomene ssp* ; à plusieurs endroits, ces peuplements ont le statut de Forêt Classé ; sur des sols salins, (delta, basse vallée) l'arbuste dominant est le *Tamarix senegalensis*, et quelques souches de *Sporobolus robustus* ; dans les cuvettes de plaines d'inondation des Graminées pérennes comme *Oryza longistaminata*, *Echinochloa stagnina* et *Vossia cuspidata* ; en amont de Podor, des peuplements de *Bauhinia reticulata* et d'*Acacia seyal* sont communs ; le couvert herbacé est d'une faible importance (*Eragrostis pilosa* et *Panicum laetum*) ; la végétation sur les levées et les bourrelets des berges a partiellement disparu (sites des villages etc.) ; on y trouve principalement *Acacia albida* avec des graminées comme *Aristida funiculata*, *Schoenfeldia gracilis* (Van Lavieren *et al.*, 1988).

II.2. Matériel et méthodes

Les travaux ont été réalisés dans la Vallée du Fleuve Sénégal au cours de la saison humide (hivernage) et de la saison sèche chaude (contre saison) des années 2016 et 2017.

II.2.1. Le matériel végétal

Le matériel végétal est le riz variété Sahel 134 (IR 31851-96-2-3-2-1), choisie pour son cycle court (moins de 110 jours), et bien adaptée en contre saison chaude (Février à Juin). Selon la fiche descriptive de la variété Sahel 134 :

- Rendement potentiel, 10 t/ha ;
- Résistance à la verse, bonne ;
- Résistance à la salinité, assez bonne ;
- Egrenage, faible ;
- Poids de 1000 grains, 23g ;
- Amylose, 25% ;
- Rendement à l'usinage, 67,4% ;
- Non aromatique ;
- Teneur en protéines, 7,20%.

II.2.2. Méthodes

Tableau 6: Calendrier des opérations culturales

Données		Années d'expérimentation							
		2016				2017			
		Saison sèche chaude		Saison des pluies		Saison sèche chaude		Saison des pluies	
	site 1	site 2	site 1	site 2	site 1	site 2	site 1	site 2	
Offet simple	Date	2/2/26	20/2/16	25/6/16	12/6/16	26/12/17	12/2/17	15/6/17	22/6/17
Dates de semis		3/3/16	6/3/16	22/8/16	2/9/16	22/2/17	15/3/17	4/8/17	11/8/17
Dates de levée		7/3/16	10/3/16	26/8/16	6/9/16	26/2/17	19/3/17	8/8/17	15/8/17
prélèvement de biomasse riz et adventices après levée du riz	Date 1	19/3/16	22/3/16	7/9/16	18/9/16	10/3/17	31/3/17	20/8/17	27/8/17
	Date 2	31/3/16	03/4/16	19/9/16	30/9/16	22/3/17	12/4/17	1/9/17	8/9/17
	Date 3	12/4/16	15/4/16	1/10/16	12/10/16	3/4/17	24/4/17	13/9/17	20/9/17
	Date 4	24/4/16	27/4/16	13/10/16	24/10/16	15/4/17	6/5/17	25/9/17	2/10/17
	Date 5	6/5/16	09/5/16	25/10/16	5/11/16	27/4/17	18/5/17	7/10/17	14/10/17
Date de récolte		20/7/16	15/7/16	12/1/16	20/1/16	29/5/17	9/6/17	19/12/17	23/12/17

II.2.2.1. L'étude de la flore

L'étude de la flore adventice dans le cadre du présent travail a consisté à faire des inventaires floristiques dans des parcelles expérimentales (de la station de l'Institut Sénégalais de

Recherches Agricoles (ISRA) de Fanaye et dans les exploitations paysannes au niveau du delta (bas delta : Lampsar, Ndiaye, Pont-Gendarme, Ross-Béthio ; delta central : Souloulou, Mboundoum ; haut delta : Mbagame, Thiago) et la moyenne vallée (Dagana, Gaé, Bokhol, Fanaye, Thiangaye, Guia).

Les inventaires ont démarré au stade épiaison jusqu'à la récolte. Le relevé floristique a consisté à noter la présence de chaque espèce et sa phénologie. Nous avons choisi la technique du « tour de champ » qui consiste à parcourir la parcelle dans différentes directions et à inventorier toutes les espèces sur une surface d'observation définie en fonction de l'hétérogénéité des milieux prospectés (Le Bourgeois, 1993 ; Noba, 2002 ; Mbaye, 2013).

Le nom de chacune des espèces notées dans la liste, est affecté d'un coefficient d'abondance-dominance selon l'échelle de Braun-Blanquet (1952) :

- 5** : Nombre d'individus quelconque, recouvrant plus des **3/4** de la surface prospectée,
- 4** : Nombre d'individus quelconque, recouvrant de la **1/2** au **3/4** de la surface,
- 3** : Nombre d'individus quelconque, recouvrant du **1/4** à la **1/2** de la surface,
- 2** : Individus nombreux ou recouvrant au moins **5%** de la surface,
- 1** : Individus peu nombreux avec un recouvrement faible, inférieur à **5%** de la surface,
- +** : Un seul individu ou individus très peu nombreux avec un recouvrement insignifiant,
- r** : Individus rares ou isolés ≈ 0

Des échantillons de chaque taxon rencontré ont été prélevés et séchés pour la constitution d'un herbier. Les identifications des taxons ont été effectuées à l'herbier DAKAR (Département de Biologie Végétale de la Faculté de Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar) à l'aide de la collection de plantes et/ou des documents de Hutchinson & Dalziel (1954 et 1972) ; Hutchinson *et al.* (1958) ; Berhaut (1967, et 1971-1979) ; Vanden Berghen (1988 et 1991) ; Poilcot, (1995 et 1999) ; Merlier & Montegut (1982) ; Le Bourgeois & Merlier, (1995) ; Jonhson (1997).

Les résultats des travaux du Laboratoire de Botanique et Biodiversité ont été également utilisés (Noba & Ba, 1992) ; Noba *et al.*, (1994) ; Sambou, (2000) ; Ba & Noba, 2001 ; Mbaye *et al.*, (2001a et b) ; Mbaye, (2002) ; Sarr, (2003) ; Sarr *et al.* (2006) ; Bassène, (2014).

La nomenclature employée est celle de Lebrun (1973) et Lebrun & Stork (1991, 1992, 1995, 1997).

La classification APGIII (2009) est utilisée pour établir la liste des familles.

Les types biologiques ont été déterminés à partir des flores de Berhaut (1971, 1975, 1979) de Vanden Berghen (1988, 1991), de Thiombiano *et al.*, (2012) et de la base de données du Conservatoire et Jardin Botanique (CJB) de la ville de Genève.

Pour les affinités biogéographiques, les informations proviennent de la Flore de Hutchinson *et al.* (1954, 1958, 1968, 1972), des travaux de Traoré & Maillet (1992) et des travaux de Poilecot (1995, 1999).

Le degré d'infestation est calculé à partir des éléments suivants :

- La fréquence relative (FR) ou distribution d'une espèce dans le peuplement représente le pourcentage des relevés où l'on rencontre l'espèce (Godron, 1968) ; Les espèces peuvent être distribuées dans les différents groupes de fréquences avec l'index de Caratini (1985).
- Pour évaluer la nuisibilité exercée par les adventices sur le riz, l'indice partiel de nuisibilité (I.P.N.) des espèces a été calculé suivant la formule suivante selon la transformation de l'abondance/dominance en pourcentage moyen (Gounot, 1969) :
- Indice partiel de nuisibilité (I.P.N.) = (somme des recouvrements moyens / F.A.) *100 où F.A. = fréquence absolue (nombre de relevés où l'espèce est présente).
- Dans cette étude, les espèces ayant une fréquence relative inférieure à 20% ne sont pas prises en compte.

Dans les 4 sites d'expérimentation, la phénologie des espèces communes des sites a été suivie dans les témoins enherbés pour comparer leur cycle de développement par rapport au riz.

Tableau 7: Transformation de l'abondance–dominance en pourcentage de recouvrement moyen (Gounot, 1969)

Indice d'abondance–dominance	Classe de recouvrement	Recouvrement moyen (%)
5	75-100	87,5
4	50-75	67,5
3	25-50	37,5
2	10-25	17,5
1	1-10	5,5
+	0-1	0,5

II.2.2.2. Etude de la concurrence

La préparation du sol

La préparation du sol dans les sites a été effectuée par un travail aux disques Offset en deux passages, méthode la plus largement pratiquée dans la région. Une opération de planage manuel a été exécutée au moment de la mise en eau pour corriger les défauts de nivellement des parcelles.

L'essai a été conduit selon un dispositif expérimental de type en blocs de Fisher complètement randomisés avec 16 traitements en 3 répétitions (

Figure 8).

Pour chaque saison, un bloc en station contrôlée et le second en milieu paysan. La parcelle élémentaire a une superficie de 15,4 m² (7 m x 2,2 m). Le nombre de parcelles élémentaires est de $16 \times 3 = 48$. La distance entre les parcelles élémentaires et les répétitions est de 30 cm et celle entre les blocs est de 1 m. La superficie totale de l'essai est de 884,53 m² (44,9 m x 19,7 m) soit 0,088 ha. Le bloc expérimental est délimité d'1 m.

Le dispositif expérimental

Les expériences ont été menées en station expérimentale de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (I.S.R.A.) de Fanaye et en milieu paysan dans quatre cuvettes (Bokhol, Gaé, Razel et Thiangaye) au cours de la saison sèche et pluvieuse (2016 et 2017).

5 traitements de désherbage (B1, B2, B3, B4, B5) où la culture est enherbée au début pendant une période de durée variable puis maintenue propre jusqu'à la récolte.

B1 : enherbé entre la levée et le 12^{ème} jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.

B2 : enherbé entre la levée et le 24^{ème} jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.

B3 : enherbé entre la levée et le 36^{ème} jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.

B4 : enherbé entre la levée et le 48^{ème} jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.

B5 : enherbé entre la levée et le 60^{ème} jour et maintenu propre jusqu'à la récolte.

TE : témoin enherbé qui est laissé enherbé jusqu'à la récolte.

4 traitements de pratiques agricoles (P1, P2, P3, P4) dans lesquels sont réalisés des désherbages successifs à différentes dates.

P1 : 2 désherbages au 12^{ème} et 48^{ème} jour.

P2 : 2 désherbages au 24^{ème} et 36^{ème} jour.

P3 : 3 désherbages au 12^{ème} ; 48^{ème} et 60^{ème} jour.

P4 : 3 désherbages au 24^{ème} ; 36^{ème} et 48^{ème} jour.

Les traitements de désherbage (Bi) et d'enherbement (Hi) ainsi que les témoins propres (TP) et témoins enherbés (TE) permettent de déterminer la date et la période critique de concurrence des mauvaises herbes (Niéto *et al.*, 1968).

La période critique de concurrence se définit comme la période de croissance de la culture qui doit se faire en absence d'adventices afin de prévenir les pertes mesurables et inacceptables de rendements (Hall *et al.*, 1992; Knezevic *et al.*, 2002).

La période critique de concurrence représente l'intervalle de temps entre deux composantes séparées de la compétition culture-adventices. La première est la période maximale d'enherbement qui correspond à la durée maximale de présence d'adventices que peut tolérer une culture en début de saison avant de souffrir d'inévitables pertes de rendements. La deuxième est la période critique de désherbage qui correspond à la période minimale de désherbage depuis l'émergence de la culture pour prévenir des pertes de rendements inacceptables (Knezevic *et al.*, 2002).

En principe, le désherbage avant ou après la période critique de concurrence ne contribue pas à améliorer le rendement potentiel de la culture.

Les pratiques agricoles (Pi), en plus de certains traitements de désherbage et d'enherbement, permettent de proposer un calendrier de désherbage adapté à la culture du riz (Caussanel *et al.*, 1986).

Conduite agronomique de la culture

Pour la mise en place de la culture, une pré-germination préalable des semences a été effectuée avant de procéder au semis direct en raison de 120 kg/ha sous une faible lame d'eau. Les doses de fertilisation apportées étaient les suivantes : comme engrais de fond au moment de la préparation du sol, 200 Kg/ha de 9-23-30 enfouis pendant le travail du sol ou au plus tard lors de la 1^{ère} application de l'Urée; comme engrais de couverture, en 3 apports d'Urée à la dose totale de 350 kg/ha, soit 40 % d'Urée en début de tallage (23 jours après semis), 40 % d'Urée à l'initiation paniculaire (45 à 60 jours après semis), et 20% d'Urée lors de la montaison (environ 80 jours après semis). La fréquence d'irrigation dans chaque site a été adaptée en fonction des besoins et a été uniforme pour l'ensemble de l'essai.

Mesures et observations

Les observations et mesures suivantes sont effectuées sur :

- ❖ Les adventices : Les adventices sont laissées libres de croître à partir de la levée jusqu'à un certain stade foliaire à partir duquel les adventices sont supprimées. Cette suppression s'effectue de façon manuelle.
 - Lorsqu'une parcelle de riz atteint le stade de désherbage (12 JAL), les données d'identification, de biomasse sèche des adventices sont consignées dans des tableaux.
 - Deux quadrats de 0.25 m² sont utilisés pour échantillonner la communauté de mauvaises herbes dans chaque parcelle élémentaire.
 - Le quadrat est déposé au centre de la parcelle dans une zone relativement représentative de l'ensemble de la parcelle pour éviter l'effet de bordure.
 - Dans chaque quadrat, les adventices sont déterminées avant de les arracher.
 - Elles sont ensuite classées par groupes d'espèces: les dicotylédones et les monocotylédones.
 - Les échantillons sont ensuite mis dans les sachets en papier pour le séchage au soleil avant de les passer à l'étuve à 105°C pendant 1h.
 - Chaque sachet est alors pesé afin d'obtenir la biomasse sèche de chaque groupement d'espèces dans chacun des quadrats.

Le riz : les mêmes méthodes de prélèvement de biomasse végétative sont utilisées pour le riz. La hauteur des plantes, le nombre de panicule par mètre carré, le poids d'une panicule et le poids de 1000 grains ont été appréciés à la maturité du riz.

La récolte a été effectuée sur une surface de 8 m² au niveau de chaque parcelle élémentaire pour le rendement. Le rendement est calculé à partir du nombre de grains par m² (NG) et du poids de mille grains (PMG), le tout divisé par la surface du carré de rendement (SCR). Dans

le cadre de notre étude, nous avons calculé la production qui est définie comme étant le nombre de paddy récolté par unité de surface. Ce rendement est reporté à 14% du taux d'humidité.

Analyse statistiques

Le test statistique utilisé est l'analyse de la variance à 2 facteurs pour le rendement et les composantes de rendement. La comparaison des moyennes a été établie à l'aide du test de Newman-Keuls. Le logiciel utilisé est R version 3.4.0.

CHAPITRE III- FLORE ET VEGETATION ADVENTICES DU RIZ : STRUCTURE ET NUISIBILITE DES ESPECES

III.1. Introduction

Les études agronomiques concernant le riz effectuées dans le passé (Bonfond *et al.*, 1981 ; Jamin *et al.*, 1983) ont permis d'identifier les principales contraintes, toutes liées au manque de maîtrise technique tels que l'irrigation, la fertilisation, et surtout les forts enherbements dans les parcelles de riz (Poussin, 2008). Cependant, la flore adventice du riz irrigué notamment la structure, le degré d'infestation, la nuisibilité des espèces ont fait l'objet de peu d'études.

Dans la vallée du fleuve Sénégal, la flore adventice du riz irrigué a fait l'objet de peu de travaux d'inventaires floristiques, Chateau (1957), Guilloux (1973), Hernandez (1978), Diop (1980), Davies (1983) et Diagne (1993). Toutefois, ces inventaires, même s'ils ne sont pas complets, ont permis d'identifier quelques espèces les plus fréquentes et les plus nuisibles dans cette zone. Or, la connaissance de la structure de la flore adventices et de son évolution avec les pratiques culturales du riz est nécessaire pour la mise au point de stratégies efficaces de lutte (Bassène, 2014 ; Mbaye, 2014).

Ce présent travail a été entrepris pour caractériser la flore et la végétation. Il s'agit d'établir les spectres taxonomique, biologique et chorologique et d'apprécier le degré d'infestation et la nuisibilité des espèces.

III.2. Résultats

III.2.1. Analyse de la flore

Le Tableau 8 présente la liste globale des espèces rencontrées dans la zone d'étude. Chaque espèce est notée par sa présence, son type biologique (T.B) et ses affinités biogéographiques (A.B). Le Tableau 9 donne les proportions des différents groupes taxonomiques alors que le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente celles des familles d'adventices recensées.

Tableau 8: Liste des espèces recensées avec leur type biologique (T.B) et leur répartition géographique (R.G)

Familles	NE	Espèces	TP	AB
Acanthaceae (D)	1	<i>Hygrophila auriculata</i> (Schumach.) Heine	T	AfAs
Aizoaceae (D)	2	<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	T	AmAs
		<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	T	Pant
Alismataceae (M)	1	<i>Limnophyton obtusifolium</i> (L.) Miq.	T	Mas
Amaranthaceae (D)	11	<i>Achyranthes argentea</i> Lam.	T	Cosm
		<i>Alternanthera nodiflora</i> R. Br.	C	Cosm
		<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R. Br. ex DC.	T	Pant

		<i>Amaranthus graecisen</i> L.	T	Masue
		<i>Amaranthus hybridus</i> (L.) Thell.	T	Pant
		<i>Amaranthus spinosus</i> L.	T	Cosm
		<i>Bassia muricata</i> (Linn.)	C	AfAs
		<i>Blutaparon vermiculare</i> (L.) Mears	C	Am
		<i>Chenopodium ambrosoides</i> (L.) Mos. & Clem.	T	Pant
		<i>Notozaerva brachiata</i> (L.) Wight.	T	AfAs
		<i>Pupalea lapacea</i> (L.) Juss.	T	Pal
Amaryllidaceae (M)	1	<i>Crinum zeylandicum</i> L.	G	AfAs
Apocynaceae (D)	2	<i>Oxystelma bornouense</i> R. Br.	C	Afr
		<i>Pentatropis spiralis</i> (Forssk.) Decne.	T	Mas
Aponogetonaceae (M)	1	<i>Aponogeton subconsugatus</i> Schumacher	G	Afr
Araceae (M)	2	<i>Lemna aequinoctialis</i> Welw.	Hy	Afr
		<i>Pistia stratoites</i> L.	Hy	Pant
Asteraceae (D)	6	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	T	Pant
		<i>Blumea aurita</i> (L. f.) DC.	T	Pant
		<i>Blumea senegalensis</i> Willd.	T	Afr
		<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	T	Pant
		<i>Launaea taraxacifolia</i> (Willd.) Ami. ex C. Jeff.	G	Afr
		<i>Senecio perrottetii</i> DC.	T	Afr
Azollaceae (P)	1	<i>Azolla africana</i> Desv.	Hy	Afr
Boraginaceae (D)	3	<i>Heliotropium indicum</i> L.	T	As
		<i>Heliotropium ovalifolium</i> Forssk.	T	Mas
		<i>Heliotropium bacciferum</i> Forsk.	C	Mas
Capparaceae (D)	1	<i>Chleome viscosa</i> L.	T	Pant
Ceratophyllaceae (D)	1	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	Hy	Cosm
Commelinaceae (D)	1	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	T	Afr
Convolvulaceae (D)	5	<i>Cressa cretica</i> L.	T	Mas
		<i>Ipomoea acanthocarpa</i> (Ch.) Asch. & Sch.	C	Afr
		<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.	C	Mas
		<i>Ipomoea azarifolia</i> (Desr) Roem. Et Schult.	C	Pant
		<i>Ipomoea coptica</i> (L.) Roth.	T	AfAs
Cucurbitaceae (D)	2	<i>Coccinia grandis</i> (L.) Voigt	T	As
		<i>Cucumis melo</i> L.	T	Cosm
Cyperaceae (M)	23	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	G	Cosm
		<i>Cyperus articulatus</i> L.	G	Pant
		<i>Cyperus cuspidatus</i> Baker	T	Pant
		<i>Cyperus difformis</i> L.	T	Pant
		<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.	G	Pant
		<i>Cyperus dives</i> Del.	G	Pant
		<i>Cyperus esculentus</i> L.	G	Cosm
		<i>Cyperus exaltatus</i> Retz.	G	Cosm
		<i>Cyperus haspan</i> L.	T	Pant
		<i>Cyperus iria</i> L.	T	Pant
		<i>Cyperus maculatus</i> Boek.	G	AfAs
		<i>Cyperus rotundus</i> L.	G	Cosm
		<i>Eleocharis complanata</i> Boeck.	T	Afr
		<i>Eleocharis mutata</i> (L.) R. Br.	Hém	Pant
		<i>Fimbristylis feruginea</i> (L.) Vahl.	Hém	Pant
		<i>Fimbristylis littoralis</i> Gaudich.	T	Cosm
		<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	Hém	Pant
		<i>Fuirena ciliaris</i> (L.) Roxb.	T	Paléo
		<i>Oxycaryum cubense</i> (Poeppig & Kunth). Lye.	G	Pant
		<i>Pycreus lanceolatus</i> (Poir.) C.B.Cl.	Hél	Pant
		<i>Pycreus macrostachyos</i> (Lam.) J. Raynal	T	Pant

		<i>Schoenoplectus junceus</i> (Willd.) J. Ray.	T	Afr
		<i>Schoenoplectus senegalensis</i> (Hochst.) Pal.	T	Pal
Elatinaceae (D)	2	<i>Bergia suffruticosa</i> (Delile) Fenzl	T	Afr
		<i>Elatine triandra</i> Schkuhr	Hy	Afr
Euphorbiaceae (D)	4	<i>Chrozophora plicata</i> (Vahl) A. Jus. ex Spreng.	T	Cosm
		<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	T	Pant
		<i>Euphorbia hirta</i> L.	T	Pant
		<i>Euphorbia prostrata</i> W. Aiton.	C	Pant
Fabaceae (D)	20	<i>Aeschynomene sensitiva</i> P. Beauv.	T	Masue
		<i>Aeschynomene indica</i> L.	T	Pant
		<i>Crotalaria retusa</i> L.	T	Pant
		<i>Indigofera astragalina</i> DC.	T	Pant
		<i>Indigofera hirsuta</i> L.	T	Pant
		<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.	T	Pant
		<i>Indigofera oblongifolia</i> Forsk.	P	As
		<i>Indigofera senegalensis</i> Lam.	T	Afr
		<i>Indigofera tinctoria</i> L.	C	Paléo
		<i>Lotus arabicus</i> L.	T	Afr
		<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	Hém	Afr
		<i>Neptunia oleracea</i> Lour.	Hy	Pant
		<i>Phaseolus adenanthus</i> G. Mey.	P	Afr
		<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.	T	Pant
		<i>Senna obtusifolia</i> (L.) Irwin & Barneby	T	Pant
		<i>Sesbania leptocarpa</i> DC.	T	Afr
		<i>Sesbania rostrata</i> Bremek. & Oberm.	T	Afr
		<i>Sesbania sericea</i> (Willd.) Link	T	Afr
		<i>Tephrosia uniflora</i> auct.	T	Afr
		<i>Zornia glochidiata</i> Rchb. ex DC.	T	AfAS
Haloragaceae (D)	1	<i>Laurembergia tetrandra</i> auct.	T	Afr
Limnocharitaceae (M)	1	<i>Butomopsis latifolia</i> (D. Don) Kunth	Hél	Cosm
Lythaceae (D)	3	<i>Ammania auriculata</i> Willd.	T	Afr
		<i>Ammania prieuriana</i> Guill. & Perr.	T	Afr
		<i>Nesaea crassicaulis</i> (Guill. & Perr.) Koehne	T	Mas
Malvaceae (D)	9	<i>Abutilon grandiflorum</i> G. Don	C	Am
		<i>Abutilon pannosum</i> (G. Forst.) Schltld.	C	AfAs
		<i>Corchorus aestuans</i> L.	T	Pant
		<i>Corchorus fascicularis</i> Lam.	T	Afr
		<i>Corchorus olitorius</i> L.	T	Pant
		<i>Corchorus tridens</i> L.	T	Mas
		<i>Hibiscus asper</i> Hook. f.	T	Afr
		<i>Hibiscus trionum</i> L.	T	Pal
		<i>Sida alba</i> L.	T	Pant
Marsileaceae (P)	1	<i>Marsilea minuta</i> L.	Hél	Pant
Menyanthaceae (D)	1	<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	Hy	Pant
Molluginaceae (D)	3	<i>Glinus lotoides</i> L.	T	Pant
		<i>Glinus oppositifolius</i> (L.) Aug. DC.	T	Pant
		<i>Mollugo nudicaulis</i> Lamarck	T	AfAs
Nymphaeaceae (D)	2	<i>Nymphaea lotus</i> L.	Hy	Pal
		<i>Nymphaea micrantha</i> Guill. & Perr.	Hy	Afr
Onagraceae (D)	5	<i>Ludwigia abyssinica</i> A. Rich.	T	Afr
		<i>Ludwigia adscendens</i> (L.) H. Hara	Hél	Afr
		<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H.	C	Pant
		<i>Ludwigia linearis</i> Walter.	C	AfAs
		<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven.	C	AfAs
Orobanchaceae (D)	2	<i>Ramphicarpa fustilosa</i> (Hochst.) Benth.	Par	AfAs

		<i>Cistanche phelipaea</i> (L.) Cout.	Par	Masue
Parkeriaceae (P)	1	<i>Ceratopteris cornuta</i> (P. Beauv.) Lepr.	Hy	Cosm
Phyllanthaceae (D)	1	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thon.	T	Afr
Plantaginaceae (D)	2	<i>Bacopa decumbens</i> (Fernald) F.N.Williams	T	Afr
		<i>Stemodia serrata</i> Benth.	C	AfAs
Poaceae (M)	37	<i>Acroceras zizanoides</i> (Kunth) Dandy.	Hél	Afr
		<i>Aristida mutabilis</i> Trin. & Rupr.	T	Pant
		<i>Bothriochloa bladhii</i> (Retz.) S.T.Blake	T	Afr
		<i>Brachiaria ramosa</i> Stapf.	T	Pal
		<i>Brachiaria villosa</i> (Lam.) A.	T	Pal
		<i>Centropodia forskalii</i> (Vahl) Cope.	T	AfrAs
		<i>Chloris pilosa</i> Schummach.	T	As
		<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	G	Pant
		<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	T	Pant
		<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler.	T	Pant
		<i>Dinebra retroflexa</i> (Vahl) Panzer.	T	Afr
		<i>Diplachne fusca</i> (L.) Stapf.	T	Pal
		<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	T	Pant
		<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	T	Pant
		<i>Echinochloa crus-pavoni</i> (Kunth) Nees.	T	Afr
		<i>Echinochloa obtusiflora</i> Stapf.	T	Afr
		<i>Echinochloa pyramidalis</i> (Lam.) Hitch. & Chas.	Hél	Afr
		<i>Echinochloa stagnina</i> (Retz.) P. Beauv.	T	Pant
		<i>Elytrophorus spicatus</i> A. Cam.	T	Pant
		<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Vign. ex Janchen.	T	Cosm
		<i>Eragrostis japonica</i> (Thunb.) Trin.	T	As
		<i>Eragrostis squamata</i> Steud.	T	Afr
		<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	T	Pant
		<i>Oryza glaberima</i> Stend.	T	Afr
		<i>Oryza barthii</i> A. Chev.	T	Afr
		<i>Oryza longistaminata</i> A. Chev. et Roehr.	Hél	Afr
		<i>Panicum laetum</i> Kunth.	T	Afr
		<i>Paspalidium geminatum</i> Stapf.	Hél	Pant
		<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.	Hém	Pant
		<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.	Hém	Afr
		<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	T	Paléo
		<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	G	Cosm
		<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth	T	Mas
		<i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv.	T	Pant
		<i>Sorghum arundinaceum</i> (Desv.) Stapf	T	Pant
		<i>Sporobolus robustus</i> Kunth	T	Afr
		<i>Vossia cuspidata</i> (Roxb.) Griff.	Hél	AfAs
Polygonaceae (D)	2	<i>Polygonum senegalense</i> Meisn.	C	Afr
		<i>Rumex sp</i>	C	Afr
Pontederiaceae (M)	2	<i>Eichhornia natans</i> (P. Beauv.) Solms	Hy	Pant
		<i>Heteranthera califolia</i> Rchb. ex Kunth	Hy	Afr
Portulacaceae (D)	2	<i>Portulaca oleracea</i> L.	T	Pal
		<i>portulaca quadrifolia</i> L.	T	Pal
Potamogetonaceae (M)	2	<i>Potamogeton octandrus</i> Poir.	Hy	Pant
		<i>Potamogeton schweinfurthii</i> A. Benn.	Hy	AfAs
Rubiaceae (D)	3	<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	T	Pant
		<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hiern	T	Afr
		<i>Spermacoce verticillata</i> L.	T	Afr
Salviniaceae (P)	1	<i>Salvinia molesta</i> D. S. Mitch.	Hy	Pant
Scrophulariaceae (D)	1	<i>Scoparia dulcis</i> L.	T	Cosm

Solanaceae (D)	3	<i>Physalis angulata</i> L.	T	Pant
		<i>Physalis micrantha</i> Link	T	Afr
		<i>Solanum nigrum</i> L.	T	Cosm
Sphenocleaceae (D)	1	<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	T	Pant
Sterculiaceae (D)	1	<i>Melochia corchorifolia</i> L.	T	Pant
Typhaceae (M)	1	<i>Typha domingensis</i> Pers.	C	Pant
Zygophyllaceae (D)	1	<i>Tribulus terrestris</i> auct.	T	Cosm
TOTAL	179			

NE = Nombre d'espèces ; TP = Types biologiques ; AB = Affinités biogéographiques
D = Dicotylédones ; M = Monocotylédones ; P = Ptéridophytes
T= Thérophyte ; C= Chaméphyte ; Hy = Hydrophyte ; G = Géophyte ; Hém = Hémicryptophyte ; Hél = Héliophyte ; P = Nanaphanérophyte ; Par = Parasite.
Afr = Africaines ; Pal = Paléotropicales ; Pant = Pantropicales ; Cosm = Cosmopolites ; As = Asiatiques ; AfAs = Afro-asiatiques ; Mas = Afro-malgaches et asiatiques ; Masue = Afroasiatiques-américaines-australienne ou européennes ; Am = Américaines ; AmAs = Américaines et asiatiques

Tableau 9: Structure de la flore des adventices du riz irrigué

Embranchement	Classe	Familles		Genres		Espèces	
		N	%	N	%	N	%
Spermaphytes	Dicotylédones	32	69,57	69	58,47	104	58,10
S-E Angiospermes	Monocotylédones	10	21,74	44	37,29	71	39,66
Ptéridophytes		4	8,70	4	3,39	4	2,23
	Total	46	100,00	117	99,15	179	100,00

La flore adventice du riz irrigué est constituée essentiellement par des représentants de l'embranchement des Spermaphytes, Sous-Embranchement des Angiospermes et de l'embranchement des Ptéridophytes (Tableau 9). Elle est composée de 179 espèces réparties dans 117 genres et 46 familles. Les résultats montrent que le groupe des Angiospermes représentent 97,76% des espèces contre 2,23% des Ptéridophytes. Dans cette flore, les Dicotylédones sont dominantes avec 58,10% des espèces, 58,47% des genres et 69,57% des familles.

Les résultats obtenus sur l'importance des familles d'adventices recensées sont présentés dans le Tableau 10.

III.2.1.1. Spectre taxonomique

Tableau 10: Proportion des familles d'adventices répertoriées

Familles	Genres		espèces	
	Nombre	%	Nombre	%
Poaceae (M)	26	22,22	37	20,67
Fabaceae (D)	12	10,26	20	11,17
Amaranthaceae (D)	8	6,84	11	6,15
Cyperaceae (M)	8	6,84	23	12,85
Asteraceae (D)	5	4,27	6	3,35
Malvaceae (D)	4	3,42	9	5,03

Aizoaceae (D)	2	1,71	2	1,12
Apocynaceae (D)	2	1,71	2	1,12
Araceae (M)	2	1,71	2	1,12
Convolvulaceae (D)	2	1,71	5	2,79
Cucurbitaceae (D)	2	1,71	2	1,12
Elatinaceae (D)	2	1,71	2	1,12
Euphorbiaceae (D)	2	1,71	4	2,23
Lythaceae (D)	2	1,71	3	1,68
Molluginaceae (D)	2	1,71	3	1,68
Orobanchaceae (D)	2	1,71	2	1,12
Plantaginaceae (D)	2	1,71	2	1,12
Pontederiaceae (M)	2	1,71	2	1,12
Rubiaceae (D)	2	1,71	3	1,68
Solanaceae (D)	2	1,71	3	1,68
Acanthaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Alismataceae (M)	1	0,85	1	0,56
Amaryllidaceae (M)	1	0,85	1	0,56
Aponogetonaceae (M)	1	0,85	1	0,56
Azollaceae (P)	1	0,85	1	0,56
Boraginaceae (D)	1	0,85	3	1,68
Capparaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Ceratophyllaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Commelinaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Haloragaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Limnocharitaceae (M)	1	0,85	1	0,56
Marsileaceae (P)	1	0,85	1	0,56
Menyanthaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Nymphaeaceae (D)	1	0,85	2	1,12
Onagraceae (D)	1	0,85	5	2,79
Parkeriaceae (P)	1	0,85	1	0,56
Phyllanthaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Polygonaceae (D)	1	0,85	2	1,12
Portulacaceae (D)	1	0,85	2	1,12
Potamogetonaceae (M)	1	0,85	2	1,12
Salviniaceae (P)	1	0,85	1	0,56
Scrophulariaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Sphenocleaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Sterculiaceae (D)	1	0,85	1	0,56
Typhaceae (M)	1	0,85	1	0,56
Zygophyllaceae (D)	1	0,85	1	0,56
TOTAL	117	100,00	179	100,00

Les résultats du Tableau 10, montre que 6 familles dominant cette flore avec un cumul de plus de la moitié des proportions aussi bien au niveau des genres avec 53,85% qu'au niveau des espèces avec 59,19%. Ces familles sont les *Poaceae* (20,67% des espèces), *Cyperaceae* (12,85% des espèces), *Fabaceae* (11,17% des espèces), *Amaranthaceae* (6,15% des espèces), *Malvaceae* (5,03% des espèces) et *Asteraceae* (3,35% des espèces). Les 40 autres familles regroupent 46,04% des genres et 40,85% des espèces.

III.2.1.2. Spectre biologique

Les proportions des types biologiques des espèces recensées sont illustrées dans le Tableau 11.

Tableau 11: Types biologiques des espèces recensées

Types biologiques	Nombre d'espèces	Proportion (%)
Thérophytes (T)	112	62,57
Chaméphytes	19	10,61
Hydrophyte (Hy)	15	8,38
Géophytes (G)	14	7,82
Hélophyte (Hél)	9	5,03
Hémicryptophytes (Hém)	6	3,35
Nanophanérophytes (P)	2	1,12
Parasites (Par)	2	1,12
TOTAL	179	100,00

Les thérophytes sont plus importants et représentent 62,57% suivies des chaméphytes 10,61%, des hydrophytes 8,38%, des géophytes 7,82%, des hélophytes 5,03%, des hémicryptophytes 3,35%, et des nanophanérophytes et parasites avec 1,12% chacune.

III.2.1.3. Spectre chorologique

Pour les affinités biogéographiques des espèces répertoriées, les informations sont indiquées dans le Tableau 12.

Tableau 12: Affinités biogéographiques des espèces recensées

Affinités biogéographiques	Nombres d'espèces	Proportion (%)
Espèces Pantropicales (Pant)	63	35,20
Espèces africaines (Af)	50	27,93
Espèces cosmopolites (Cosm)	18	10,06
Espèces afro-asiatiques (AfAs)	16	8,94
Espèces paléotropicales (Pal)	12	6,70
Espèces afro-malgaches et asiatiques (Mas)	9	5,03
Espèces asiatiques (As)	5	2,79
Espèces afroasiatiques-américaines-australienne ou européennes (Masue)	3	1,68
Espèces américaines (Am)	2	1,12
Espèces américaines et asiatiques (AmAs)	1	0,56
TOTAL	179	100,00

Les espèces pantropicales (35,20%) et africaines (27,93%) représentent l'essentiel de cette flore avec un total de 63,13%. Les espèces asiatiques, afroasiatiques-américaines-

australiennes ou européennes, américaines et américaines-asiatiques sont très peu représentées dans cette flore.

III.2.2. Analyse de la végétation

L'organisation de la végétation adventice de la vallée du fleuve Sénégal évolue différemment selon les habitats.

III.2.2.1. Classement des espèces selon l'indice de Caratini

Les espèces sont classées dans le Tableau 13 selon l'indice de Caratini.

Tableau 13: Proportion du nombre d'espèces selon les indices de Caratini

Indices	Nombre d'espèces	Proportion (%)
I - Rare ou Accidentelle	114	83,8
II - Accessoire	12	8,8
III - Fréquente	7	5,1
IV - Abondante	2	1,5
V - Constante	1	0,7
Total	136	100,0

Les espèces rares ou accidentelles présentent plus de la moitié des espèces (114 espèces) avec 83,8%. On peut citer parmi les adventices de ce groupe I, *Ludwigia adscendens*, *Paspalum vaginatum*, *Elatine triandra*, *Alternanthera nodiflora*, *Azolla africana*, *Bacopa decumbens*, *Commelina diffusa* etc.

Les adventices du groupe II ou espèces accessoires (12 espèces) renferment 8,8% des espèces. Ces adventices sont constituées d'*Ammania auriculata*, *Cyperus rotundus*, *Echinochloa crus-gavoni*, *Eragrostis japonica*, *Fimbristylis littoralis*, *Heteranthera califolia*, *Ipomoea aquatica*, *Marsilea minuta*, *Nymphaea lotus*, *Oryza barthii* et *Schoenoplectus senegalensis*.

Dans le groupe III, les espèces fréquentes sont au nombre de 7 et regroupent 5,1% des espèces. Parmi ces espèces nous pouvons citer *Aeschynomene indica*, *Cyperus difformis*, *Cyperus iria*, *Diplachne fusca*, *Eclipta alba*, *Ludwigia abyssinica* et *Sphenoclea zeylanica*.

Les espèces abondantes ou groupe IV sont représentées par 2 espèces avec une proportion de 1,5% (*Bolboschoenus maritimus* et *Oryza longistaminata*). Ces espèces ont une distribution assez importante dans la vallée du fleuve Sénégal.

Les espèces du groupe V ou espèces constantes sont représentées par une seule espèce, *Echinochloa colona* qui regroupe 0,7% des espèces. L'étendue de distribution de cette espèce est très large et se rencontre dans toutes les cuvettes de la vallée.

III.2.2.2. Amplitude d'habitat et comparaison entre la diversité des sites

La flore adventice des quatres sites d'expérimentation (Fanaye, Bokhol, Gaé et Razel) est composée de 55 espèces réparties dans 38 genres et 22 familles (Tableau 14).

Tableau 14: Liste des espèces des 4 sites d'expérimentation

FAMILLES	ESPECES	FANAYE	BOKHOL	GAE	RAZEL
<i>Amaranthaceae</i> (D)	<i>Alternanthera nodiflora</i> R. Br.	X			
	<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R. Br. ex DC.	X		X	
<i>Asteraceae</i> (D)	<i>Acanthospermum hispidum</i> DC.	X			
	<i>Blumea aurita</i> (L. f.) DC.	X			
	<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	X	X	X	X
<i>Azollaceae</i> (P)	<i>Azolla africana</i> Desv.		X		
<i>Commelinaceae</i> (D)	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	X		X	
<i>Convolvulaceae</i> (D)	<i>Ipomoea acanthocarpa</i> (Ch.) Asch. & Sch.			X	
	<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.	X		X	
<i>Cyperaceae</i> (M)	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla		X	X	X
	<i>Cyperus cuspidatus</i> Baker	X			
	<i>Cyperus difformis</i> L.	X	X		X
	<i>Cyperus esculentus</i> L.	X	X	X	X
	<i>Cyperus exaltatus</i> Retz.	X			
	<i>Cyperus haspan</i> L.	X			
	<i>Cyperus iria</i> L.	X	X	X	X
	<i>Cyperus rotundus</i> L.	X	X	X	X
	<i>Fimbristylis littoralis</i> Gaudich.	X	X		X
	<i>Schoenoplectus junceus</i> (Willd.) J. Ray.	X			X
	<i>Schoenoplectus senegalensis</i> (Hochst.) Pal.				X
<i>Elatinaceae</i> (D)	<i>Bergia suffruticosa</i> (Delile) Fenzl	X			
	<i>Elatine triandra</i> Schkuhr		X		
<i>Phyllanthaceae</i> (D)	<i>Phyllanthus amarus</i> Schum. & Thon.	X			
<i>Fabaceae</i> (D)	<i>Aeschynomene indica</i> L.	X	X	X	X
	<i>Sesbania rostrata</i> Bremek. & Oberm.	X	X	X	
	<i>Sesbania sericea</i> (Willd.) Link			X	
	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	X		X	
<i>Haloragaceae</i> (D)	<i>Laurembergia tetrandra</i> auct.	X	X	X	
<i>Araceae</i> (M)	<i>Lemna aequinoctialis</i> Welw.	X			
<i>Lythaceae</i> (D)	<i>Ammannia auriculata</i> Willd.	X	X	X	X
<i>Malvaceae</i> (D)	<i>Corchorus fascicularis</i> Lam.	X			
	<i>Corchorus olitorius</i> L.	X			
	<i>Sida alba</i> L.	X			
<i>Marsileaceae</i> (P)	<i>Marsilea minuta</i> L.		X		X
<i>Nymphaeaceae</i> (D)	<i>Nymphaea lotus</i> L.			X	X
<i>Onagraceae</i> (D)	<i>Ludwigia abyssinica</i> A. Rich.	X	X	X	
	<i>Ludwigia adscendens</i> (L.) H. Hara		X		
<i>Parkeriaceae</i> (P)	<i>Ceratopteris cornuta</i> (P. Beauv.) Lepr.	X		X	

<i>Poaceae</i> (M)	<i>Bothriochloa bladhii</i> (Retz.) S.T. Blake	X			
	<i>Chloris pilosa</i> Schumach.	X			
	<i>Dinebra retroflexa</i> (Vahl) Panz.	X			
	<i>Diplachne fusca</i> (L.) Stapf		X	X	
	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	X	X	X	X
	<i>Echinochloa crus-pavoni</i> (Kunth) Schult.	X		X	
	<i>Echinochloa obtusiflora</i> Stapf	X		X	
	<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) F. T. Hubb.	X			
	<i>Eragrostis japonica</i> (Thunb.) Trin.	X	X		
	<i>Oryza barthii</i> A. Chev.				X
	<i>Oryza longistaminata</i> A. Chev. & Roehr.	X		X	X
	<i>Panicum laetum</i> Kunth	X			
<i>Pontederiaceae</i> (M)	<i>Heteranthera califolia</i> Rchb. ex Kunth	X	X	X	X
<i>Portulacaceae</i> (D)	<i>Portulaca oleracea</i> L.	X			
	<i>Portulaca quadrifolia</i> L.	X			
<i>Plantaginaceae</i> (D)	<i>Stemodia serrata</i> Benth.	X			
<i>Sphenocleaceae</i> (D)	<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	X	X	X	X

D = Dicotylédones ; **M** = Monocotylédones ; **P** = Ptéridophytes

La diversité floristique est plus importante à Fanaye (27 espèces), Gaé (25 espèces), Bokhol (21 espèces) et Razel (18 espèces).

- espèces retrouvées dans un seul site

Il ressort des résultats du Tableau 14 que les espèces retrouvées dans un seul site sont variables d'un site à l'autre. Par ordre d'importance d'espèces retrouvées dans un site, nous avons à Fanaye 20 espèces qui sont *Acanthospermum hispidum*, *Alternanthera nodiflora*, *Bergia suffruticosa*, *Blumea aurita*, *Bothriochloa bladhii*, *Chloris pilosa*, *Corchorus fascicularis*, *Corchorus olitorius*, *Cyperus cuspidatus*, *Cyperus exaltatus*, *Cyperus haspan*, *Dinebra retroflexa*, *Eragrostis cilianensis*, *Lemna aequinoctialis*, *Panicum laetum*, *Phyllanthus amarus*, *Portulaca oleracea*, *portulaca quadrifolia*, *Sida alba*, *Stemodia serrata* ; à Bokhol 3 espèces qui sont *Azolla africana*, *Elatine triandra*, *Ludwigia adscendens* ; à Gaé 2 espèces qui sont *Ipomoea acanthocarpa*, *Sesbania sericea* et Razel 2 espèces qui sont *Oryza barthii* et *Schoenoplectus senegalensis*.

- espèces retrouvées dans deux sites

Il ressort de la même analyse (Tableau 14) que les espèces communes de Fanaye et Gaé sont au nombre de 7 espèces qui sont *Macroptilium lathyroides*, *Ipomoea acanthocarpa*, *Alternanthera sessilis*, *Ceratopteris cornuta*, *Commelina diffusa*, *Echinochloa crus-pavoni*, *Echinochloa obtusiflora* ; dans les sites de Bokhol-Gaé, 2 espèces *Diplachne fusca*, *Eragrostis japonica* ; à Bokhol-Razel, 1 espèce *Marsilea minuta* ; à Gaé-Razel, 1 espèce *Nymphaea lotus* et Fanaye-Razel, 1 espèce *Schoenoplectus junceus*.

- espèces retrouvées dans trois sites

Ces espèces (Tableau 14) sont au nombre de 3 (*Laurembergia tetrandra*, *Ludwigia abyssinica*, *Sesbania rostrata*) pour les sites Fanaye-Bokhol-Gaé ; 2 espèces à Fanaye-Bokhol-Razel qui sont *Cyperus difformis*, *Fimbristylis littoralis* ; dans les sites de Bokhol-Razel-Gaé, 1 espèce *Bolboschoenus maritimus* ; 1 espèce *Oryza longistaminata* dans les sites Gaé-Fanaye-Razel.

- espèces retrouvées dans les 4 sites

Les espèces communes des 4 sites (Tableau 14) sont au nombre de 9 (*Aeschynomene indica*, *Ammannia auriculata*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus*, *Echinochloa colona*, *Eclipta alba*, *Heteranthera califolia*, *Sphenoclea zeylanica*).

III.2.2.3. La phénologie des espèces communes des quatres site d'expérimentation

La carte phénologique des espèces communes des 4 sites d'expérimentation et celle du riz est illustrée dans la Figure 9.

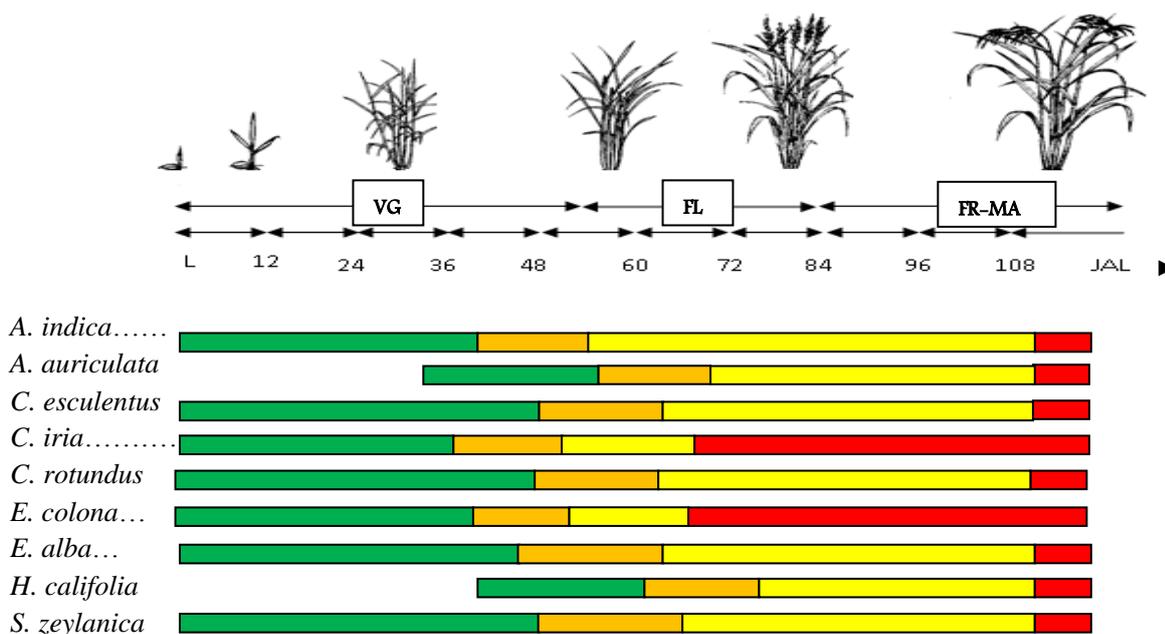
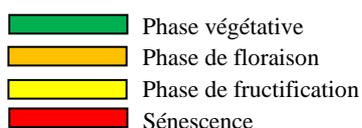


Figure 9: Phénologie des espèces communes des 4 sites en rapport avec celle du riz

L = Levée ; VG = végétative; FL = floraison; FR-MA = fructification-maturation



Les résultats de cette figure montrent que toutes les 9 espèces communes des 4 sites d'expérimentation bouclent leur cycle de développement avant la récolte de la culture (riz). Il apparait (figure 9) que :

- les phases phénologiques de ces espèces adventices sont différentes entre elles et différentes de celles du riz ;
- Pour le riz, entre la levée et le 12ème JAL le plant de riz se situe au stade 2 à 3 feuilles et le tallage est noté entre le 24ème et 36ème JAL. Le gonflement des talles est observé entre le 36 et 48ème JAL suivi de la phase de floraison. A partir de 84ème JAL, on note la fructification suivie de la maturité ;
- Pour les adventices, entre la levée et le 12ème JAL du riz, on note l'émergence de 7 adventices qui sont *Aeschynomene indica*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus*, *Echinochloa colona*, *Eclipta alba* et *Sphenoclea zeylanica* ;
- Entre le 24ème et 36ème JAL, nous notons l'émergence d'*Ammannia auriculata* et enfin entre 36 et 48ème JAL, *Heteranthera califolia* est apparu ;
- A la même période (36 et 48ème JAL), la floraison de certaines adventices a été notée (*Aeschynomene indica*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus*, *Eclipta alba*, *Echinochloa colona* et *Sphenoclea zeylanica*) contrairement à *Ammannia auriculata* et *Heteranthera califolia* dont la floraison est observée entre 48 et 60^{ème} ;
- La sénescence de *Cyperus iria* et *Echinochloa colona* est précocement notée à l'intervalle du 60 et 72ème JAL alors que les autres adventices restent encore vertes pendant que l'irrigation est maintenue et entrent en sénescence quand celle-ci est arrêtée.

III.2.2.4. Degrés d'infestation des adventices

Les relevés effectués dans le Delta du fleuve Sénégal ont permis de réaliser le diagramme de fréquence relative/abondance moyenne suivant (Figure 10).

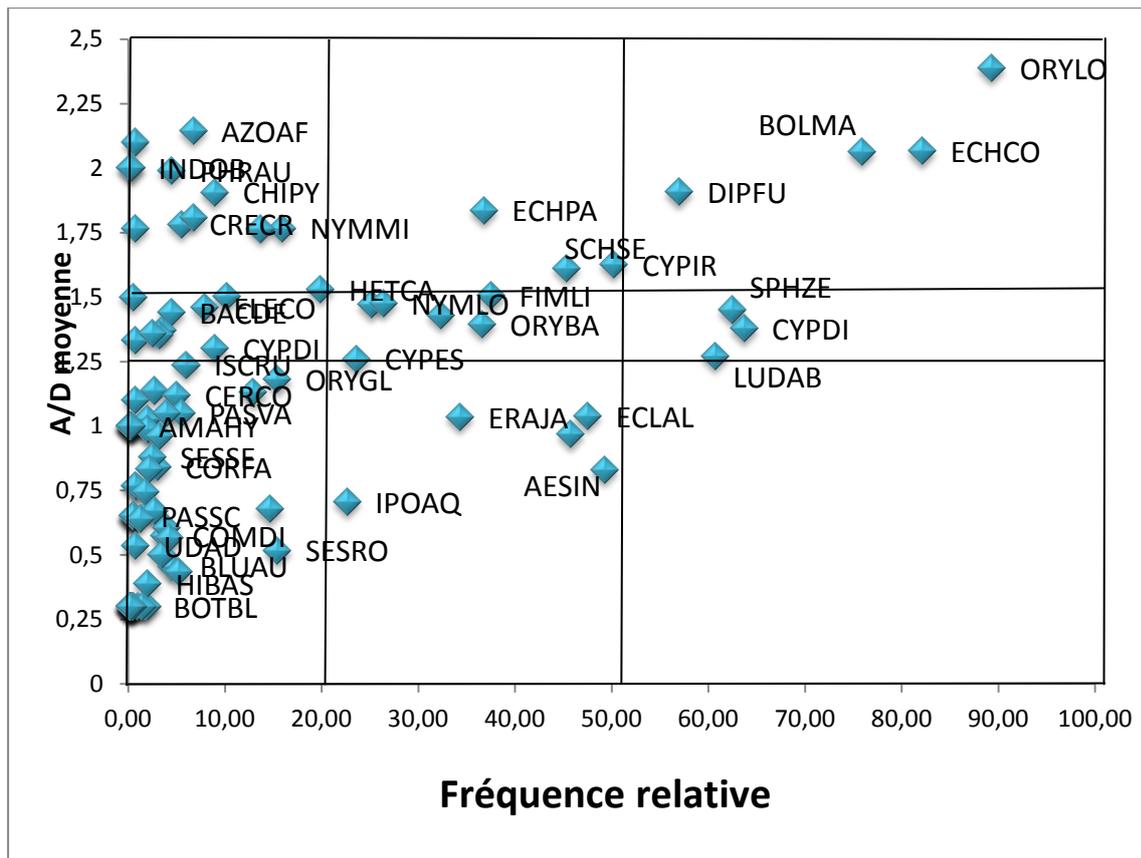


Figure 10: Diagramme d'infestation dans le Delta

Dans le delta du fleuve Sénégal, les espèces suivantes sont rencontrées :

Des espèces très fréquentes et constantes retrouvées entre 50 et 95% des parcelles et sont de deux groupes.

- les espèces très abondantes ($Fr > 70\%$) avec des recouvrements d'environ 90% des parcelles, pouvant entraîner des fois l'abandon des cultures ; Ces adventices sont composés d'*Oryza longistaminata*, *Echinochloa colona*, *Bolbochoenus maritimus*, *Diplanchna fusca* ;
- les espèces moyennes abondantes (Fr comprise entre 60 et 70%) avec des recouvrements de 50%, parmi ces espèces, *Sphenoclea zeylanica*, *Cyperus difformis*, *Ludwigia abyssinica*.

Des espèces fréquentes (20 à 50%) avec des recouvrements qui varient en fonction des groupes.

- les espèces abondantes ($Fr > 40\%$) avec des recouvrements d'environ 70% des parcelles (*Echinochloa crus-galli*, *Schoenoplectus senegalensis*, *Cyperus iria*) ;
- les adventices moins abondantes (Fr comprise entre 30 à 40%) avec 50% de recouvrement et sont constituées de *Fimbristylis littoralis*, *Nymphaea lotus*, *Oryza barthii*, *Cyperus esculentus*, *Marsilea minuta* ;

○ les espèces peu dominantes (Fr comprise entre 40 à 50%) avec des recouvrements de 20% qui peuvent par endroit gêner la culture (*Aeschynomene indica*, *Eclipta alba*, *Eragrostis japonica*, *Ipomoea aquatica*, *Ammania auriculata*).

Des espèces peu fréquentes (0 à 20%) mais abondantes avec des recouvrements de 70% des parcelles pour les espèces *Azolla africana*, *Indigofera oblongifolia*, *Phragmites australis*, *Lemna aequinoctialis*, *Echinochloa pyramidalis* ; alors que d'autres espèces sont moins abondantes avec des recouvrements de 50% des parcelles (*Fuirena ciliaris*, *Bacopa decumbens*, *Eichhornia natans*, *Cyperus digitatus*, *Eleocharis complanata*). Les espèces rares qui ont des recouvrements de 5% (*Sesbania rostrata*, *Sesbania sericea*, *Ischaemum rugosum*, *Oryza glaberima*, *Bothriochloa bladhii*, *Neptunia oleracea*).

Les relevés effectués dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal ont permis de réaliser le diagramme de fréquence relative/abondance moyenne suivant (Figure 11).

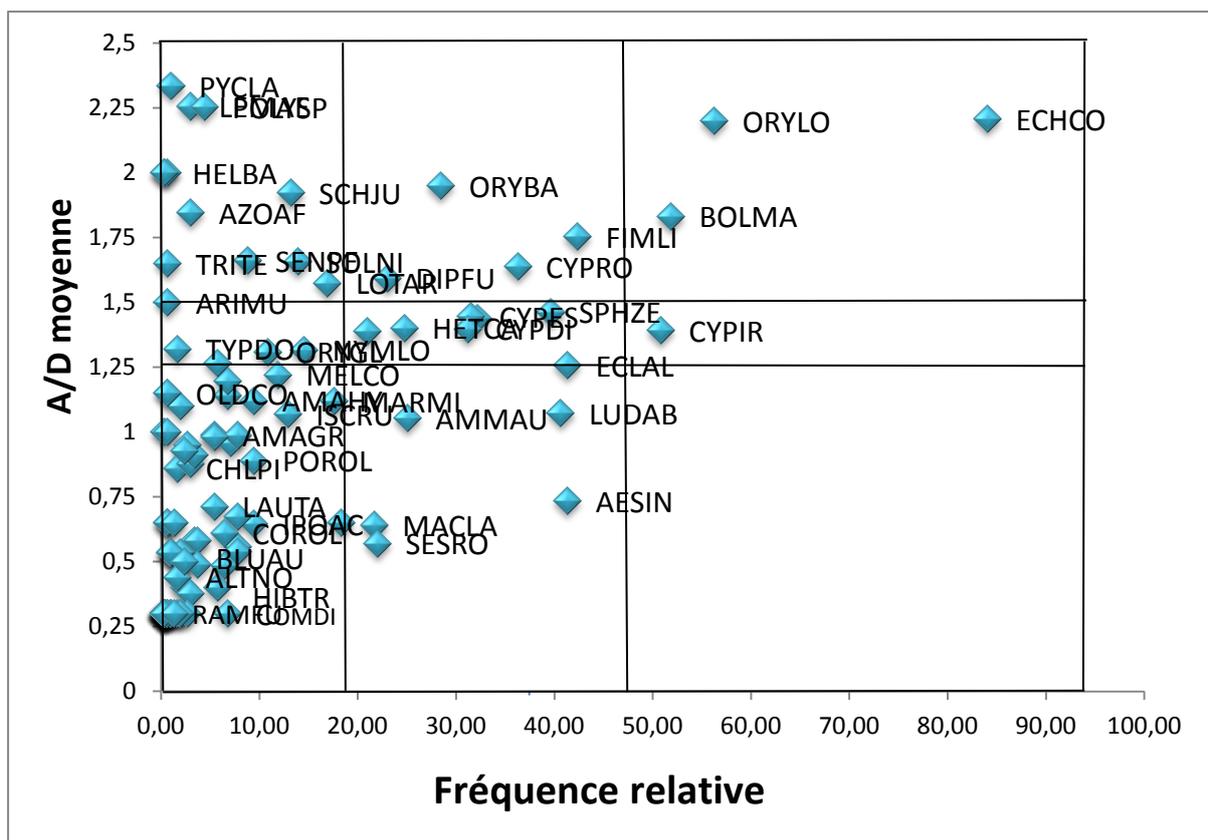


Figure 11: Diagramme d'infestation dans la moyenne vallée

Dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, les espèces suivantes sont rencontrées :

Des espèces très fréquentes et constantes retrouvées environ 80% des parcelles.

○ les espèces très abondantes (Fr > 50%) avec des recouvrements d'environ 90% des parcelles de culture ; parmi celles-ci, *Oryza longistaminata*, *Echinochloa colona* et *Bolbochoenus maritimus* ;

○ les espèces moyennes abondantes (Fr < 60%) avec des recouvrements de 50%, représentées par une seule espèce *Cyperus iria*.

Des espèces fréquentes (20 à 50%) parmi lesquelles nous avons,

○ les espèces abondantes (Fr comprise entre 20 et 40%) avec des recouvrements d'environ 70% des parcelles (*Oryza barthii*, *Fimbristylis littoralis*, *Cyperus rotundus*, *Diplachne fusca*, *Lotus arabicus*).

○ les adventices moyens abondantes (Fr > 40%) avec 50% de recouvrement et regroupent les espèces suivantes *Sphenoclea zeylanica*, *Cyperus difformis*, *Cyperus esculentus*, *Eclipta alba*, *Schoenoplectus senegalensis*, *Heteranthera califolia* ;

○ les espèces peu dominantes (Fr > 20%) avec des recouvrements de 20% (*Ludwigia abyssinica*, *Ammania auriculata*, *Marsilea minuta*, *Aeschynomene indica*, *Sesbania rostrata*, *Macroptilium lathyroides*, *Ipomoea aquatica*).

Des espèces peu fréquentes comprises entre 0 et 20% mais abondantes avec des recouvrements de 70%, parmi lesquelles *Pycneus lanceolatus*, *Lemna aequinoctialis*, *Polygonum sp*, *Schoenoplectus junceus*, *Azolla africana* ; tandis que d'autres espèces sont moins abondantes avec des recouvrements de 50% des parcelles (*Typha domingensis*, *Nymphaea lotus*, *Oryza glaberima*, *Panicum laetum*). Les espèces mineures qui ont des recouvrements de 5% sont composées de (*Nymphaea micrantha*, *Melochia corchorifolia*, *Eragrostis squamata*, *Spermacoce verticillata*, *Ramphicarpa fustilosa*, *Corchorus olerius*).

En considérant tous les relevés effectués dans le delta et la moyenne vallée du fleuve Sénégal, un diagramme de fréquence relative/abondance moyenne a été réalisé (Figure 12).

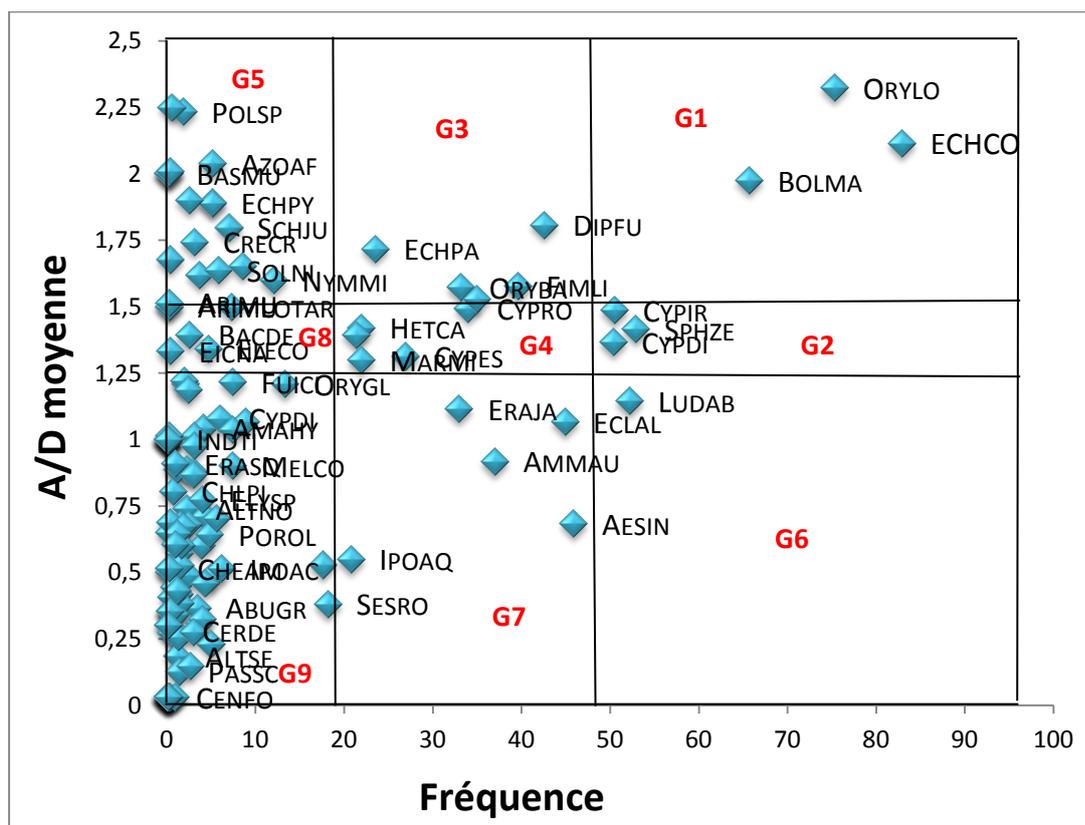


Figure 12: Diagramme d'infestation global dans la vallée du fleuve Sénégal

Le diagramme d'infestation de fréquence relative/abondance dominance moyenne, réalisé à partir des 697 relevés (Figure 12) a mis en évidence 9 groupes d'adventices. Ces différents groupes reflètent le potentiel de nuisibilité des mauvaises herbes.

Les adventices majeures générales (G1), sont représentées par 3 espèces, *Echinochloa colona*, *Oryza longistaminata* et *Bolbochoenus maritimus*. Ces mauvaises herbes ont été rencontrées presque dans la quasi-totalité des parcelles de riz avec une abondance-dominance supérieur à 1,5 et une fréquence relative de l'ordre de 60 à 90%. Elles sont considérées comme étant les plus nuisibles de la région de part leurs adaptations aux conditions climatiques, les types de sols ou par la dissémination des grains ou par la fragmentation des rhizomes lors du travail de sol.

Les adventices potentielles générales (G2), regroupent 3 espèces dont 2 cyperaceae (*Cyperus iria*, *Cyperus difformis*), et une sphenocleaceae (*Sphenoclea zeylanica*). L'étendu de distribution de ces adventices est assez large dans la vallée du fleuve Sénégal, mais moins nuisibles par rapport au précédents du G1.

Les adventices majeures régionales (G3), sont au nombre de 5 espèces (*Diplachne fusca*, *Oryza barthii*, *Fimbristylis litoralis*, *Echinochloa crus-pavoni*, *Scoenoplectus juncus*), avec

une abondance-dominance moyenne supérieur à 1,5 et une fréquence relative d'environ 20 à 50%. La distribution de ces adventices dans la vallée est limitée, toutefois des proportions importantes sont rencontrées par endroit notamment dans la zone du Delta central, où *Oryza barthii* et *Echinochloa crus-galli* créent des dommages importants sur la production de riz.

Les adventices potentielles régionales (G4) : ces espèces sont caractérisées par une fréquence et une abondance régulièrement moyenne. Ces mauvaises herbes sont qualifiées d'espèces codominantes et parmi celles-ci nous pouvons citer *Cyperus rotundus*, *Cyperus esculentus*, *Heteranthera califolia*, *Nymphaea lotus* et *marsilea minuta*.

Les adventices majeures locales (G5) : elles ont un étendu de distribution confinés par endroit, cependant abondants avec une fréquence limitée. *Azolla africana*, *Echinochloa pyramidalis* et *Nymphaea micrantha* sont moins fréquents (0 à 20%), mais très abondant dans les parcelles de riz. Les 10 autres cortèges d'adventices sont non négligeables ; il s'agit de *Cyperus articulatus*, *Polygonum sp*, *Oxycarium cubense*, *Bassia muricata*, *Phragmites australis*, *Cressa cretica*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Typha domingensis*, *Solanum nigrum* et *Senecio perrottetii*.

Les adventices générales (G6) : Ce groupe est composé d'une seule espèce, *Ludwigia abyssinica*, retrouvé dans presque toutes les parcelles, avec une abondance généralement faible et ne présente pas de contrainte pour la culture.

Les adventices régionales (G7) : les espèces de ce groupe ont une amplitude écologique large ou moyenne mais ne constituent pas une contrainte agronomique. Ce sont, entre autre, *Eragrostis japonica*, *Eclipta alba*, *Ammania auriculata*, *Aeschynomene indica*, *Ipomoea aquatica* et *Sesbania rostrata*.

Les adventices potentielles locales (G8) : elles sont au nombre de 5 espèces, *Bacopa decumbens*, *Eichhornia natans*, *Eleocharis complanata*, *Lotus arabicus* et *Aristida mutabilis*. Elles ont été identifiées dans quelques parcelles avec une abondance moyenne de 1,25 à 1,5 et une fréquence faible comprise entre 0 et 20%.

Les adventices mineures (G9) : ce groupe renferme les adventices mineurs ne causant pas de dégâts sur les cultures. Ces mauvaises herbes sont au nombre de 66 espèces et dominent nettement la flore de la vallée du fleuve Sénégal. Parmi ces espèces on peut citer quelques unes qui présentent des recouvrements moyennes par endroit dans les parcelles de riz. C'est le cas de *Paspalum vaginatum*, *Ischaemum rugosum*, *Elytrophorus spicatus*, *Dinebra retroflexa* et *Linnophyton obtusifolium*.

Tableau 15 : Importance agronomique des espèces

G1 (Majeures générales)	ECHCO	<i>Echinochloa colona</i>		
	ORYLO	<i>Oryza longistaminata</i>		
	BOLMA	<i>Bolboschoenus maritimus</i>		
G2 (Potentielles générales)	SPHZE	<i>Sphenoclea zeylanica</i>		
	CYPIR	<i>Cyperus iria</i>		
	CYPDI	<i>Cyperus difformis</i>		
G3 (Majeures régionales)	DIPFU	<i>Diplachne fusca</i>		
	FIMLI	<i>Fimbristylis littoralis</i>		
	SCHSE	<i>Schoenoplectus senegalensis</i>		
	ORYBA	<i>Oryza barthii</i>		
	ECHPA	<i>Echinochloa crus-pavoni</i>		
G4 (Potentielles régionales)	CYPRO	<i>Cyperus rotundus</i>		
	CYPES	<i>Cyperus esculentus</i>		
	HETCA	<i>Heteranthera califolia</i>		
	MARMI	<i>Marsilea minuta</i>		
	NYMLO	<i>Nymphaea lotus</i>		
G5 (Majeures locales)	NYMMI	<i>Nymphaea micrantha</i>	RUMSP	<i>Rumex sp</i>
	TYPDO	<i>Typha domingensis</i>	PYCLA	<i>Pycreus lanceolatus</i>
	LOTAR	<i>Lotus arabicus</i>	DACAE	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>
	SCHJU	<i>Schoenoplectus junceus</i>	OXYCU	<i>Oxycaryum cubense</i>
	SOLNI	<i>Solanum nigrum</i>	ARIMU	<i>Aristida mutabilis</i>
	AZOAF	<i>Azolla africana</i>	EUPHI	<i>Euphorbia hirta</i>
	ECHPY	<i>Echinochloa pyramidalis</i>	HELOV	<i>Heliotropium ovalifolium</i>
	LEMAE	<i>Lemna aequinoctialis</i>	TRITE	<i>Tribulus terrestris</i>
	SENPE	<i>Senecio perrottetii</i>	BASMU	<i>Bassia muricata</i>
	CRECR	<i>Cressa cretica</i>	HELBA	<i>Heliotropium bacciferum</i>
PHRAU	<i>Phragmites australis</i>			
G6 (Générales)	LUDAB	<i>Ludwigia abyssinica</i>		
G7 (Régionales)	AESIN	<i>Aeschynomene indica</i>		
	ECLAL	<i>Eclipta alba</i>		
	AMMAU	<i>Ammania auriculata</i>		
	ERAJA	<i>Eragrostis japonica</i>		
	IPOAQ	<i>Ipomoea aquatica</i>		
G8 (Potentielles locales)	ELECO	<i>Eleocharis complanata</i>		
	ORYGL	<i>Oryza glaberima</i>		
	BACDE	<i>Bacopa decumbens</i>		
	EICNA	<i>Eichhornia natans</i>		
	SESRO	<i>Sesbania rostrata</i>	SESE	<i>Stemodia serrata</i>
	MACLA	<i>Macroptilium lathyroides</i>	DIGCI	<i>Digitaria ciliaris</i>
	ISCRU	<i>Ischaemum rugosum</i>	ERASQ	<i>Eragrostis squamata</i>
	FUICI	<i>Fuirena ciliaris</i>	HELIN	<i>Heliotropium indicum</i>
	MELCO	<i>Melochia corchorifolia</i>	PHYAM	<i>Phylanthus amarus</i>
	SESLE	<i>Sesbania leptocarpa</i>	TRIPO	<i>Trianthema portulacastrum</i>
	IPOAC	<i>Ipomoea acanthocarpa</i>	CERDE	<i>Ceratophyllum demersum</i>
	CYPDI	<i>Cyperus digitatus</i>	IPOCO	<i>Ipomoea coptica</i>
	SPEVE	<i>Spermacoce verticillata</i>	CHLPI	<i>Chloris pilosa</i>
	COMDI	<i>Commelina diffusa</i>	CORTR	<i>Corchorus tridens</i>

**G9
(Mineures)**

CORFA	<i>Corchorus fascicularis</i>	CYPAR	<i>Cyperus articulatus</i>
POROL	<i>Portulaca oleracea</i>	LUDAD	<i>Ludwigia adscendens</i>
BOTBL	<i>Bothriochloa bladhii</i>	ERACI	<i>Eragrostis cilianensis</i>
LAUTA	<i>Launaea taraxacifolia</i>	INDOB	<i>Indigofera oblongifolia</i>
AMAHY	<i>Amaranthus hybridus</i>	LUDLE	<i>Ludwigia leptocarpa</i>
ELYSP	<i>Elytrophorus spicatus</i>	MOLNU	<i>Molugo nudicaulis</i>
SCODU	<i>Scoparia dulcis</i>	BRAVI	<i>Brachiaria villosa</i>
COROL	<i>Corchorus olitorius</i>	CUCME	<i>Cucumis melo</i>
BLUAU	<i>Blumea aurita</i>	CHEAM	<i>Chenopodium ambrosoides</i>
ABUGR	<i>Abutilon grandiflorum</i>	CYPHA	<i>Cyperus haspan</i>
CERCO	<i>Ceratopteris cornuta</i>	ECHGA	<i>Echinochloa crus-galli</i>
PASVA	<i>Paspalum vaginatum</i>	GLIOP	<i>Glinus oppositifolius</i>
BERSU	<i>Bergia suffruticosa</i>	NESCR	<i>Nesaea crassicaulis</i>
LIMOB	<i>Limnophyton obtusiflorum</i>	OLDCO	<i>Oldenlandia corymbosa</i>
SIDAL	<i>Sida alba</i>	RHYMI	<i>Rhyncosia minima</i>
PHYAN	<i>Physalis angulata</i>	ABUPA	<i>Abutilon pannosum</i>
HIBAS	<i>Hibiscus asper</i>	BLUSE	<i>Blumea senegalensis</i>
LAUTE	<i>Laurembergia tetrandra</i>	BUTLA	<i>Butomopsis latifolia</i>
PANLA	<i>Panicum laetum</i>	CENFO	<i>Centropodia forskalii</i>
ALTNO	<i>Alternanthera nodiflora</i>	CRORE	<i>Crotalaria retusa</i>
AMAGR	<i>Amaranthus graecisen</i>	CYNDA	<i>Cynodon dactylon</i>
BLUVE	<i>Blutaparum vermiculare</i>	EUPHE	<i>Euphorbia heterophylla</i>
ELEMU	<i>Eleocharis mutata</i>	EUPPR	<i>Euphorbia prostrata</i>
SPORO	<i>Sporobolus robustus</i>	FIMFE	<i>Fimbristylis feruginea</i>
SESSE	<i>Sesbania sericea</i>	INDAS	<i>Indigofera astragalina</i>
CYPDI	<i>Cyperus dives</i>	INDTI	<i>Indigofera tinctoria</i>
DINRE	<i>Dinebra retroflexa</i>	IPOAZ	<i>Ipomoea azarifolia</i>
NEPOL	<i>Neptunia oleracea</i>	PENSP	<i>Pentatropis spiralis</i>
CHRPL	<i>Chrozophora plicata</i>	PHYMI	<i>Physalis micrantha</i>
HYG AU	<i>Hygrophila auriculata</i>	RAMFU	<i>Ramphicarpa fustilosa</i>
PASSC	<i>Paspalum scrobiculatum</i>	SCHGR	<i>Schoenefeldia gracilis</i>
HIBTR	<i>Hibiscus trionum</i>	SETVE	<i>Setaria verticilata</i>
ALTSE	<i>Alternanthera sessilis</i>	SPERA	<i>Spermacoce radiata</i>
ELATR	<i>Elatine triandra</i>	VOSCU	<i>Vossia cuspidata</i>
PYCMA	<i>Pycreus macrostachyos</i>		

III.2.2.5. Nuisibilité des adventices

Le Tableau 16 présente les résultats obtenus à partir de l'étude de la nuisibilité des différentes espèces de la flore adventice du riz irrigué.

Tableau 16 : Indice partiel de nuisibilité (I.P.N.) et fréquence relative des espèces adventices les plus dominantes

Espèces	I.P.N.	Fréquence relative (%)
Groupe 1 : I.P.N. > 1000		
<i>Oryza longistaminata</i>	2561,2	75,3
<i>Echinochloa colona</i>	2237,5	82,9
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	2043,1	65,7
<i>Diplachne fusca</i>	1726,6	42,6
<i>Echinochloa crus-pavoni</i>	1690,5	23,5
<i>Fimbristylis littoralis</i>	1541,7	39,6
<i>Oryza barthii</i>	1457,1	33,1
<i>Schoenoplectus senegalensis</i>	1358,2	35,0
<i>Cyperus rotundus</i>	1357,6	34,0
<i>Cyperus iria</i>	1351,8	50,5
<i>Heteranthera califolia</i>	1331,0	22,0
<i>Sphenoclea zeylanica</i>	1235,5	52,9
<i>Nymphaea lotus</i>	1203,0	21,4
<i>Marsilea minuta</i>	1169,6	22,0
<i>Cyperus difformis</i>	1141,5	50,4
<i>Cyperus esculentus</i>	1137,2	27,0
Groupe 2 : 500 < I.P.N. < 1000		
<i>Eragrostis japonica</i>	961,3	33,0
<i>Ludwigia abyssinica</i>	928,6	52,2
<i>Eclipta alba</i>	820,3	44,9
<i>Ammania auriculata</i>	703,1	37,0
Groupe 3 : I.P.N. ≤ 500		
<i>Aeschynomene indica</i>	456,9	45,9
<i>Ipomoea aquatica</i>	395,5	20,8

Le classement des adventices selon leur indice de nuisibilité et leur fréquence relative a révélé l'existence de 22 espèces potentiellement nuisibles vis-à-vis du riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal (Tableau 16). Ces espèces se répartissent en 3 groupes : un groupe d'espèces à I.P.N. supérieur 1000, un groupe d'espèces à I.P.N. compris entre 500 et 1000 et un groupe d'espèces à I.P.N. inférieur ou égal 500 (Figure 13).

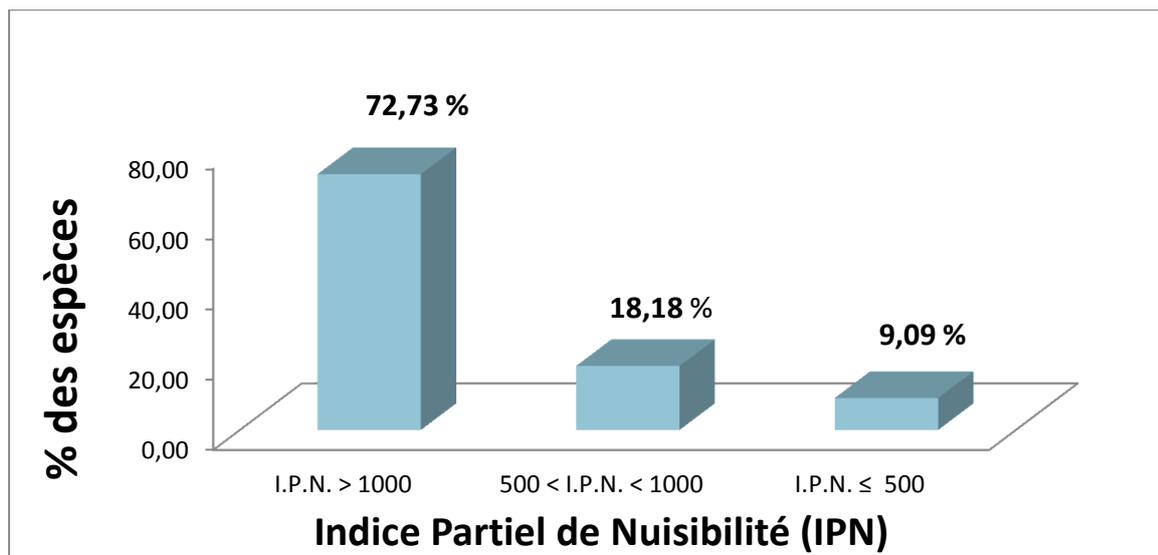


Figure 13: Les proportions des groupes d'adventices selon leur I.P.N

Groupe 1 : espèces à I.P.N. > 1000.

Ce groupe est composé de 16 espèces avec 72,73%. Parmi celles-ci, les *Cyperaceae* (7 espèces), les *Poaceae* (5 espèces), les *Pontederiaceae* (1 espèce), les *Sphenocleaceae* (1 espèce), les *Nymphaeaceae* (1 espèce) et les *Marsileaceae* (1 espèce). Parmi ces espèces, seules 3 ont un I.P.N. supérieur à 2000 avec des fréquences relatives élevées de l'ordre de 75 à 80%, *Oryza longistaminata* vient en premier position avec un I.P.N. égale à 2561,2 suivis d'*Echinochloa colona* avec un I.P.N. de 2237,5 et *Bolboschoenus maritimus* (2043,1) et sont considérés comme étant les adventices les plus nuisibles de la vallée du fleuve Sénégal. Parmi ces espèces nous avons une héliophyte (*Oryza longistaminata*) et une géophyte (*Bolboschoenus maritimus*) qui sont des plantes à rhizomes. Ces adventices sont très difficiles à contrôler, elles ont une très forte capacité d'infestation et de propagation dans des aires plus grandes que leur aire initiale de répartition (Hillali, 1995). Elles sont favorisées par des pratiques culturales causant le morcellement de leurs rhizomes, les rendant ainsi plus nuisibles (Hillali, 1995 ; Zidane *et al.*, 2010).

Groupe 2 : 500 < I.P.N. < 1000.

Les différentes familles répertoriées sont les *Poaceae*, les *Onagraceae*, les *Asteraceae* et les *Lythaceae* avec une espèce chacune. Ce groupe comprend 4 espèces, toutes des thérophytes. Il s'agit de plantes annuelles avec des recouvrements moyens faibles, mais parfois avec des fréquences relatives moyennes de l'ordre de 30 à 50%.

Groupe 3 : I.P.N. ≤ 500.

Dans le groupe des adventices à I.P.N. inférieur ou égal à 500 considérées comme étant les moins nuisibles, 2 familles sont répertoriées, les *Fabaceae* (*Aeschynomene indica*) avec un

I.P.N. de 456,9 et une fréquence relative faibles de 45,9% et les Convolvulaceae (*Ipomoea aquatica*) avec un I.P.N. de 395,5 et une fréquence relative de 20,8.

III.3. DISCUSSIONS

Les résultats de cette présente étude montrent que la flore est composée de 179 espèces réparties dans 117 genres et 46 familles. Comparée à la flore adventice du riz de la cuvette de Nianga dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal (Diagne, 1993), la flore adventice du riz irrigué de notre étude présente une différence au niveau spécifique avec respectivement (90 espèces réparties dans 27 familles contre 179 espèces réunies dans 46 familles. Cette différence spécifique pourrait s'expliquer par le fait que nous avons effectué les inventaires dans 18 cuvettes de la vallée du fleuve Sénégal. Par rapport à l'étude de Halidou, (2003) sur la flore adventice associée à la culture du riz irrigué au Niger, notre flore est plus diversifiée avec respectivement 45 espèces et 19 familles contre 179 espèces et 46 familles, ce qui peut s'expliquer par les positions géographiques des deux pays et aussi les conditions climatiques différentes.

Il ressort aussi de ces résultats que les Dicotylédones (58,10%) sont plus importantes que les Monocotylédones (39,66%). Ces résultats sont similaires à ceux de Diagne (1993) qui montrent que les Dicotylédones représentent 53,9% contre 46,4% de Monocotylédones. Cette similarité pourrait s'expliquer par le fait que ces études ont été effectuées dans la même zone sur la culture du riz irrigué.

Concernant l'importance des familles, les *Poaceae* et les *Cyperaceae* représentent les familles les plus diversifiées en cumulant 33,52% des adventices inventoriées. Ces résultats sont comparables à ceux de Diagne (1993) avec 45% des espèces listées, Halidou (2002) avec 40% des espèces listées et Boraud *et al.* (2015) avec 45,75% des espèces listées.

Les résultats sur les types biologiques indiquent que les thérophytes dominant cette flore (62,57%) suivi des chaméphytes (10,61%) cumulant 73,18% des espèces. Ces résultats rejoignent ceux réalisés dans le Parc National de Djoudj situé dans la même zone écologique par Noba *et al.*, (2010) qui montrent que les thérophytes sont plus importantes (50%) suivi des chaméphytes (19,70%). Johnson *et al.*,(2004) indiquent aussi que les principales adventices listées dans la cuvette de Ndiaye au Sénégal sont des thérophytes. Cette dominance des espèces pourrait être expliquée par le fait que ces dernières sont plus adaptées aux zones humides et aux pratiques culturales (Grime, 1974 ; Noba *et al.*, 2004 ; Bassène, 2014). En ce qui concerne les les pratiques culturales, nous pouvons noter le désherbage qui consiste à éliminer ces adventices avant la production des graines et aussi les autres organes de

multiplication végétative favorisant le développement des thérophytes au détriment des géophytes (Maillet, 1981, Traoré, 1991, Bassène, 2012).

Sur le plan des affinités biogéographiques, les espèces d'affinités pantropicales (35,20%) dominent cette flore suivies des espèces africaines (27,93%) avec un cumul de plus de la moitié (63,13%). Ces résultats sont comparables à ceux réalisés dans le bassin arachidier sur le mil et l'arachide (Noba, 2004) et sur le maïs (Bassène, 2012) que les espèces africaines et pantropicales qui dominent largement cette flore. Ceci s'expliquerait par le fait que ces adventices sont adaptés aux perturbations culturales et aux conditions climatiques de la zone (Noba, 2004). La dominance des espèces africaines s'expliquerait par l'adaptation de ces espèces aux conditions bioclimatiques du continent.

L'importance accrue des espèces pantropicales semble liée à la position géographique du Sénégal qui est plus occidentale et océanique (Traore & Maillet, 1992 ; Noba, 2002, Bassène, 2012). Les faibles proportions des autres affinités biogéographiques peuvent s'expliquer d'une part leur élimination progressive due aux techniques culturales et aux désherbages et d'autre part par leur inadaptation aux conditions de la zone (Noba, 2004 ; Bassène *et al.*, 2012).

Au niveau des 4 sites d'essai, 9 espèces communes ont été répertoriées. Ces espèces sont par ordre d'importance par rapport à la fréquence relative moyenne : *Echinochloa colona*, *Sphenoclea zeylanica*, *Cyperus iria*, *Aeschynomene indica*, *Heteranthera califolia*, *Eclipta alba*, *Cyperus rotundus*, *Cyperus esculentus* et *Ammannia auriculata*. Ces observations rejoignent celles de Halidou (2002) qui a recensé *Echinochloa colona*, *Eclipta alba*, *Ammannia auriculata*, *Heteranthera califolia*, *Sphenoclea zeylanica*, *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus* comme adventice associées du riz irriguée au Niger.

Le diagramme d'infestation réalisé à partir des relevés a mis en évidence 9 groupes d'adventices dont les plus infestantes sont présentées par les mauvaises herbes majeures générales. Le Bourgeois en 1993 a mené des études des mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au nord-cameroun et a listé 9 groupes d'adventices. Ces résultats sont aussi semblables aux travaux de Touré *et al.*, (2008) dans les agrosystèmes au centre-est de la Côte-d'Ivoire qui a dénombré 6 groupes d'adventices dans le diagramme d'infestation.

Le classement des adventices selon leur indice partiel de nuisibilité et leur fréquence relative a révélé l'existence de 22 espèces potentiellement nuisibles de la région. Parmi ces 22 espèces, les 3 espèces les plus nuisibles sont représentées par *Oryza longistaminata*, *Echinochloa colona* et *Bolboschoenus maritimus*. Ces résultats rejoignent ceux de Johnson *et al.*, 2004 qui a dénombré 4 adventices majeures (*Oryza longistaminata*, *Echinochloa colona*,

Bolboschoenus maritimus et *Cyperus difformis*) dans le Delta du fleuve Sénégal comme étant les adventices majeures de la saison des pluies en 1999.

III.4. CONCLUSION

Ce travail a permis de répertorier 179 espèces appartenant à 117 genres réparties dans 46 familles. La classe des Dicotylédones présente le nombre d'espèces le plus élevé avec 58,10% d'espèces contre 39,66% d'espèces pour les Monocotylédones. Cependant les familles les plus importantes sont les Poaceae et les Cyperaceae avec respectivement (20,67% et 12,85% des espèces).

Sur le plan biologique, les thérophytes (62,57%) sont dominantes suivie des chaméphytes avec 10,61%.

Du point de vue répartition géographique, les espèces pantropicales sont plus importantes (35,20%) suivie des espèces africaines (27,93%).

*Dans les 4 sites d'expérimentation, 9 adventices sont communes : Il s'agit d'*Aeschynomene indica*, *Ammannia auriculata*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus*, *Echinochloa colona*, *Eclipta alba*, *Heteranthera califolia*, *Sphenoclea zeylanica*.*

*La phénologie des adventices communes des 4 sites montre que deux adventices bouclent leur cycle de vie durant le cycle de développement du riz, c'est le cas de *Echinochloa colona* et *Cyperus iria*. Les autres adventices tels que *Aeschynomene indica*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus rotundus*, *Eclipta alba*, *Sphenoclea zeylanica*, *Ammannia auriculata* et *Heteranthera califolia* arrivent en maturité à la même période que le riz.*

Le diagramme d'infestation réalisé à partir des relevés a mis en évidence 9 groupes d'adventices dont les plus infestantes sont présentées par les mauvaises herbes majeures générales. Le classement des adventices selon leur indice de nuisibilité et leur fréquence relative à révélé l'existence de 22 espèces potentiellement nuisibles vis-à-vis du riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal.

*Parmi ces espèces, seules 3 ont un I.P.N. supérieur à 2000 avec des fréquences relatives élevées de l'ordre de 75 à 80%. *Oryza longistaminata* vient en premier position avec un I.P.N. égale à 2561,2 suivis d'*Echinochloa colona* avec un I.P.N. de 2237,5 et *Bolboschoenus maritimus* (2043,1) et sont considérées comme étant les adventices les plus nuisibles de la vallée du fleuve Sénégal.*

Les dégâts causés par ces adventices doivent être étudiés afin de proposer des méthodes de gestion idoines des mauvaises herbes.

CHAPITRE IV- ETUDE DE LA CONCURRENCE DES ADVENTICES VIS-A-VIS DU RIZ ET DETERMINATION DE LA PERIODE CRITIQUE DE CONCURRENCE ET DES PRATIQUES DE DESHERBAGE

IV.1. Introduction

En Afrique subsaharienne, les pertes de rendements de riz dues aux adventices sont estimées au moins à 2,2 millions de tonnes par an (Rodenburg *et al.*, 2009). Les mauvaises herbes, si elles ne sont pas contrôlées, constituent une contrainte permanente à la productivité des cultures par la concurrence qu'elles exercent pour les nutriments, l'espace, la lumière ainsi que les effets nocifs pour réduire la qualité et la quantité de la récolte (Halford *et al.*, 2001 ; Kavaliauskaite *et al.*, 2006). Toutefois, en Asie du Sud-Est, les coûts croissants et la pénurie de main-d'œuvre avaient précipité le passage du repiquage au semis direct du riz (De Datta, 1986, Erguiza *et al.*, 1990).

Au Sahel, les pertes de rendement dues aux mauvaises herbes sont la principale cause des faibles rendements obtenus en semis directs (Diallo *et al.*, 1997) et il existe une marge considérable pour améliorer la gestion des mauvaises herbes.

Dans la vallée du fleuve Sénégal, la gestion des mauvaises herbes dans les semis directs est plus critique que dans les repiquages. En semis direct, les mauvaises herbes peuvent émerger en même temps ou avant les plants de riz, ce qui pose un grave problème de concurrence (Johnson *et al.*, 2004). Le concept des périodes critiques de la concurrence des mauvaises herbes, au cours de laquelle les mauvaises herbes ont le plus grand effet sur la croissance des cultures, a été vérifié par (Nieto *et al.*, 1968 ; Hall *et al.* 1992 ; Noba, 2002 ; Mbaye, 2013 ; Bassène, 2014).

Une telle recherche peut fournir des directives pour optimiser la gestion afin d'éviter la concurrence maximale entre les cultures et les mauvaises herbes, et permettre aux agriculteurs de faire un usage plus judicieux des ressources pour lutter contre les mauvaises herbes (Johnson *et al.*, 2004).

La présente étude porte sur les effets de la concurrence des adventices du riz dans la vallée du fleuve Sénégal. Les objectifs visés étaient de :

- suivre l'évolution de la croissance du riz en rapport avec celle des adventices (monocotylédones et dicotylédones) qui interviennent dans la compétition du riz en station expérimentale et en milieu paysan en saison sèche chaude et en saison humide;

- déterminer l'influence de l'année, des saisons, des sites, et des traitements de désherbage, d'enherbement et de pratiques agricoles sur les paramètres de croissance, les composantes de rendement, et le rendement en grains du riz ;
- déterminer la période critique de concurrence des adventices et proposer un calendrier de désherbage plus adapté aux pratiques agricoles traditionnelles.

IV.2. Résultats

IV.2.1. Effets des traitements sur la biomasse sèche des adventices

IV.2.1.1. Résultats des observations pour l'année 2016 et 2017

IV.2.1.1.1. Effets des traitements par site et par saison sur la biomasse sèche des monocotylédones

Tableau 17 : Biomasse des monocotylédones en g/m² de 2016 à 2017 en fonction des sites

Trait	SITES											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSH17	TSH17	Moy
B1	0,4 ^e	1,2 ^f	0,8^h	0,9 ^g	0,7 ^e	0,8^g	4,0 ^{cd}	0,9 ^d	2,5^d	0,3 ^c	0,8 ^d	0,5^c
B2	2,5 ^e	3,8 ^f	3,1^h	19,5 ^f	11,2 ^e	15,3^f	4,8 ^{cd}	7,2 ^d	6,0^d	16,9 ^e	9,2 ^{cd}	13,1^c
B3	14,7 ^{de}	13,0 ^{ef}	13,8^{gh}	60,8 ^e	16,9 ^{de}	38,9^e	10,5 ^{cd}	46,3 ^d	28,4^d	46,8 ^e	20,2 ^{cd}	33,5^c
B4	23,9 ^{de}	57,3 ^{de}	40,6^{fg}	120,6 ^c	49,2 ^{bc}	84,9^c	48,5 ^{cd}	124,8 ^b	86,7^c	84,4 ^b	54,0 ^{bc}	69,2^b
B5	66,3 ^c	79,1 ^{cd}	72,7^{de}	128,1 ^{bc}	78,4 ^a	103,3^b	66,4 ^{bc}	176,0 ^a	121,2^b	117,4 ^{ab}	89,1 ^a	103,3^a
H1	66,7 ^c	136,0 ^{ab}	101,3^{bc}	143,6 ^{ab}	74,8 ^a	109,2^b	100,5 ^b	90,3 ^c	95,4^c	134,5 ^a	68,6 ^{ab}	101,6^a
H2	37,7 ^{cd}	82,9 ^{cd}	60,3^{ef}	123,1 ^c	53,0 ^b	88,0^c	35,5 ^{cd}	34,3 ^d	34,9^d	31,8 ^c	36,1 ^{bcd}	33,9^c
H3	22,1 ^{de}	57,7 ^{de}	39,9^{fg}	96,0 ^d	30,1 ^{bcde}	63,1^d	13,4 ^{cd}	29,1 ^d	21,2^d	42,4 ^c	21,4 ^{cd}	31,9^c
H4	20,5 ^{de}	38,2 ^{def}	29,4^{gh}	73,0 ^e	21,5 ^{cde}	47,2^e	25,9 ^{cd}	9,9 ^d	17,9^d	34,6 ^c	21,0 ^{cd}	27,8^c
H5	14,3 ^{de}	19,0 ^{ef}	16,7^{gh}	57,7 ^e	17,1 ^{de}	37,4^e	28,4 ^{cd}	13,1 ^d	20,7^d	24,1 ^c	13,7 ^{cd}	18,9^c
P1	30,4 ^{de}	110,5 ^{bc}	70,4^{de}	124,6 ^c	80,4 ^a	102,5^b	55,9 ^{cd}	19,0 ^d	37,4^d	32,4 ^c	29,2 ^{cd}	30,8^c
P2	118,9 ^b	117,1 ^{bc}	118,0^b	113,2 ^{cd}	43,9 ^{bcd}	78,5^{cd}	52,0 ^{cd}	18,0 ^d	35,0^d	39,6 ^c	16,0 ^{cd}	27,8^c
P3	42,4 ^{cd}	141,0 ^{ab}	91,7^{cd}	118,2 ^c	28,1 ^{bcde}	73,2^{cd}	17,6 ^{cd}	19,9 ^d	18,7^d	39,1 ^c	20,0 ^{cd}	29,5^c
P4	63,6 ^c	80,4 ^{cd}	72,0^{de}	107,5 ^{cd}	24,5 ^{cde}	66,0^d	15,9 ^{cd}	16,6 ^d	16,2^d	31,8 ^c	32,0 ^{cd}	31,9^c
TE	161,4 ^a	176,0 ^a	168,7^a	153,2 ^a	96,1 ^a	124,6^a	169,17 ^a	156,3 ^a	162,7^a	148,1 ^a	99,4 ^a	123,8^a
TP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MOY	42,9	69,6	56,3	90	39,2	64,6	40,8	47,6	44,1	51,7	33,2	42,4
CV	33,4	30,5	32,2	10,4	29,2	16,2	52,9	37	44,5	41,7	48,9	44,9
F	28,8***	20,3***	41,5***	82,5***	20,8***	80,9***	12,4***	31,4***	34,5***	13,3***	10,1***	22,7***

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison chèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison chèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison chèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison chèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

L'analyse de variance des résultats obtenus en saison sèche chaude 2016 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Bokhol) a révélé un effet de traitement très hautement significatif ($P < 0,001$). Les biomasses sèches des monocotylédones sont très variables selon que le riz se trouve à Fanaye ou à Bokhol (Tableau 17). Sur les deux sites, la moyenne des biomasses est plus élevée à Bokhol avec une valeur de $69,6 \text{ g/m}^2$ contre $42,9 \text{ g/m}^2$ à Fanaye. Les résultats de la moyenne de deux sites a permis de distinguer 9 groupes homogènes de traitements de désherbage.

Le premier groupe est constituée de B1 et B2 ou la biomasse sèche est faible et ne dépasse pas $3,1 \text{ g/m}^2$.

Les traitements B3, H4 et H5 représentent le second groupe avec des biomasses respectivement de l'ordre de $13,8$; $29,4$ et $16,7 \text{ g/m}^2$.

Le troisième groupe rassemble les traitements H3 et B4 ou la biomasse ne dépasse pas $40,6 \text{ g/m}^2$.

Le traitement H2 forme le quatrième groupe avec une biomasse de $60,3 \text{ g/m}^2$.

Le cinquième groupe renferme les traitements P1, P4 et B5. Dans ce groupe, les biomasses sont respectivement de $70,4$; 72 et $72,7 \text{ g/m}^2$.

Les sixième, septième, huitième et neuvième groupes sont les traitements P3, H1, P2, et TE avec des biomasses beaucoup plus élevées respectivement $91,7$; $101,3$; 118 et $168,7 \text{ g/m}^2$.

Le classement dans l'ordre décroissant de la moyenne des biomasses sèches des monocotylédones en fonction du désherbage et de la concurrence se présente comme suit : TE, P2, H1, P3, B5, P4, P1, H2, B4, H3, H4, H5, B3, B2, B1 et TP.

L'évolution de la biomasse sèche des monocotylédones en fonction des traitements montre que le riz doit être maintenu propre en saison sèche chaude dès le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour avoir de bons rendements.

Les résultats obtenus en saison des pluies 2016 (Fanaye et Gaé) sont très hautement significatifs avec $P < 0,001$. Toutefois la moyenne de biomasse sèche des monocotylédones varie selon chaque site de 90 g/m^2 à Fanaye et $39,2 \text{ g/m}^2$ à Gaé (Tableau 17). Il ressort de l'analyse de variance que la moyenne des deux sites est aussi très hautement significative ($P < 0,001$).

Cette moyenne des traitements des deux sites nous a permis de ressortir 8 groupes homogènes :

Le premier groupe est B1 avec une faible biomasse de $0,9 \text{ g/m}^2$.

Dans le second groupe la biomasse augmente légèrement par rapport à B1 de l'ordre de 15,4g/m².

Les traitements H4, H5 et B3 présentent le troisième groupe ou les biomasses sèches des monocotylédones sont comprises entre 37 et 48g/m².

Le quatrième groupe est formé de H3 et P4 avec des biomasses qui tournent autour de 63 à 67g/m².

Le cinquième groupe rassemble les traitements P2 et P3 où la biomasse sèche des monocotylédones est de l'ordre de 73 à 78g/m².

Le sixième groupe renferme B4 et H2 avec des biomasses de 84 à 89g/m².

Les traitements P1, H1 et B5 présentent le septième groupe pour des biomasses de 102 à 110 g/m².

Enfin le huitième groupe où les biomasses sont plus élevées renferme le témoin enherbé (TE) avec des biomasses de 124,6 g/m².

Le classement dans l'ordre décroissant de la moyenne des biomasses sèches des monocotylédones est comme suit : TE, H1, B5, P1, H2, B4, P2, P3, P4, H3, H4, B3, H5, B2, B1 et TP.

Au vue de ces résultats, la biomasse sèche des adventices monocotylédones sont plus importantes en fonction de la durée de l'enherbement des parcelles de riz.

Ces observations montrent l'importance de désherber le riz en saison humide du 24^{ème} au 48^{ème} JAL pour espérer obtenir de meilleurs rendements.

L'analyse des résultats de la saison sèche chaude 2017 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Razel ou Ngoro-Fanaye) est très hautement significative avec P<0,001. Comparé aux deux sites, la moyenne des biomasses est plus élevée à Razel (Ngoro-Fanaye) avec une moyenne de 47,6 g/m² contre Fanaye où la biomasse sèche des monocotylédones est de l'ordre de 40,8 g/m² (Tableau 17).

La moyenne des biomasses des deux sites d'expérimentation a permis de dégager 4 groupes homogènes.

Le groupe 1 est composé des traitements B1, B2, B3, P4, H4, P3, H5, H3, H2, P2 et P1 avec des biomasses sèches qui varient selon les traitements de 2,5 à 38 g/m².

Dans le second groupe on a B4 et H1 avec des biomasses respectives de 86,7 et 95,4 g/m².

B5 présente le troisième groupe avec 121,2 g/m²

et enfin le quatrième groupe qui renferme le témoin enherbé (TE) de l'ordre de 162,7 g/m².

Un classement dans l'ordre décroissant de la moyenne des biomasses sèches des monocotylédones se présente comme suivant : TE, B5, H1, B4, P1, P2, H2, B3, H3, H5, P3, H4, P4, B2, B1 et TP.

Dans ces conditions, la biomasse sèche des monocotylédones est plus importante dans les traitements où le désherbage est effectué très tôt c'est-à-dire dès le 12^{ème} JAL ou très tardivement à partir du 60^{ème} JAL du riz.

En saison sèche chaude, le riz doit être maintenu propre entre le 12^{ème} et le 48^{ème} JAL, intervalle au cour duquel les fortes productions de biomasses des monocotylédones sont obtenues.

Dans le compte de la saison des pluies 2017, les résultats de l'analyse de variance sont très hautement significatifs dans les deux sites (Fanaye et Thiangaye) avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 17). Toutefois, la moyenne des biomasses est plus abondante à Fanaye avec $51,7 \text{ g/m}^2$ contre $33,2 \text{ g/m}^2$ à Thiangaye.

Les résultats de l'analyse combinée des deux sites révèlent l'existence de 3 groupes homogènes de biomasse sèche des monocotylédones :

Le premier groupe est constitué des traitements B1, B2, H5, P2, H4, P3, P1, P4, H3, B3 et H2 avec des biomasses variantes de 0,6 à 34 g/m^2 .

Le second groupe est présenté par B4 avec une biomasse de $69,2 \text{ g/m}^2$.

Les biomasses les plus importantes sont obtenues dans les traitements H1, B5 et TE avec respectivement 101,6 ; 103,3 et $123,8 \text{ g/m}^2$.

Un classement décroissant de la biomasse sèche des monocotylédones est comme suivant : TE, B5, H1, B4, H2, B3, P4, H3, P1, P3, P2, H4, H5, B2, B1 et TP.

La succession des traitements de désherbage dans ces groupes indique qu'il est important de maintenir propre le riz dès le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour éviter les pertes de rendements dues au mauvaises herbes.

IV.2.1.1.2. Effets des traitements par site et par saion sur la biomasse sèche des dicotylédones

Tableau 18 : Biomasse des dicotylédones en g/m² de 2016 à 2017 en fonction des sites

Trait	SITES											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSH17	TSH17	Moy
B1	0,3 ^d	0,4 ^f	0,3^f	0,9 ^h	1,4 ^d	1,1^h	1,4 ^d	0,8 ^f	1,1^{gh}	0,3 ^e	0,7 ^c	0,5^f
B2	2,4 ^{cd}	3,7 ^f	3,0^f	24,2 ^g	19,3 ^{cd}	21,7^g	3 ^{cd}	5,1 ^{ef}	4,0^{fgh}	10,7 ^{de}	8,6 ^{bc}	9,6^{ef}
B3	8,4 ^{cd}	8,8 ^{ef}	8,6^{ef}	40,0 ^f	42,5 ^c	41,3^{ef}	11,4 ^{bcd}	13,3 ^{def}	12,3^{efgh}	38,0 ^{bcd}	24,2 ^b	31,1^{cd}
B4	13,1 ^{cd}	17,6 ^{ef}	15,4^{ef}	107,2 ^{ab}	87,6 ^b	97,4^{cd}	34,2 ^a	46,5 ^b	40,4^b	66,4 ^a	28,0 ^b	47,2^{ab}
B5	24,5 ^{bcd}	56,1 ^{cd}	40,3^{cd}	114,5 ^a	133,3 ^a	123,9^{ab}	26,0 ^{ab}	74,6 ^a	50,3^a	67,1 ^a	46,6 ^a	56,8^a
H1	26,2 ^{bcd}	72,1 ^{bcd}	49,2^{bc}	121,5 ^a	105,3 ^b	113,4^{bc}	24,2 ^{ab}	44,3 ^{bc}	34,3^{bc}	47,7 ^{abc}	26,2 ^b	36,9^{bc}
H2	20,9 ^{cd}	54,3 ^{cd}	37,6^{cd}	94,3 ^{abc}	91,9 ^b	93,1^d	20,1 ^{abc}	33,3 ^{bcd}	26,7^{cde}	25,8 ^{cde}	17,6 ^{bc}	21,7^{de}
H3	14,3 ^{cd}	41,3 ^{de}	27,8^{de}	69,2 ^{cde}	38,6 ^c	53,9^{ef}	11,5 ^{bcd}	25,5 ^{bcd}	18,5^{def}	24,4 ^{cde}	13,7 ^{bc}	19,0^{de}
H4	19,1 ^{cd}	22,8 ^{ef}	20,9^{def}	50,5 ^{ef}	17,9 ^{cd}	34,2^{fg}	12,2 ^{bcd}	20,6 ^{cdef}	16,4^{def}	18,2 ^{de}	16,8 ^{bc}	17,5^{def}
H5	11 ^{cd}	13,0 ^{ef}	12,0^{ef}	52,4 ^{ef}	18,1 ^{cd}	35,3^{fg}	12,2 ^{bcd}	13,1 ^{def}	12,6^{efgh}	15,7 ^{de}	10,4 ^{bc}	13,1^{ef}
P1	32,5 ^{bcd}	95,2 ^{ab}	63,9^{ab}	104,3 ^{ab}	111,3 ^b	107,8^{bcd}	12,2 ^{bcd}	47,4 ^b	29,8^{bcd}	16,1 ^{de}	22,2 ^b	19,2^{de}
P2	34,3 ^{bc}	82,5 ^{abc}	58,4^{ab}	91,8 ^{abc}	90,2 ^b	91,0^d	15,4 ^{bcd}	29,2 ^{bcd}	22,3^{cde}	12,7 ^{de}	12,7 ^{bc}	12,7^{ef}
P3	18,3 ^{cd}	108,6 ^a	63,5^{ab}	80,1 ^{bcd}	35,9 ^c	58,0^e	8,85 ^{bcd}	20,9 ^{cdef}	14,8^{efg}	11,6 ^{de}	9,2 ^{bc}	10,4^{ef}
P4	49,8 ^b	22,9 ^{ef}	36,4^{cd}	58,5 ^{def}	37,5 ^c	48,0^{ef}	10,1 ^{bcd}	20,7 ^{cdef}	15,4^{efg}	16,5 ^{de}	17,2 ^{bc}	16,8^{def}
TE	87,5 ^a	65,5 ^{bcd}	76,5^a	122,4 ^a	143,9 ^a	133,1^a	9,1 ^{bcd}	71,8 ^a	40,5^b	54,0 ^{ab}	41,2 ^a	47,6^{ab}
TP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MOY	22,7	41,6	32,1	70,8	61	66	13,3	29,2	21,2	26,6	18,5	22,5
CV	51	34,5	40,6	17,1	21,1	19	48,5	34,3	39,7	43,3	40,9	43,2
F	10,6 ^{***}	8,4 ^{***}	21,9^{***}	33,7 ^{***}	40,9 ^{***}	71,4^{***}	6,0 ^{***}	15,4 ^{***}	18,3^{***}	10,6 ^{***}	8,7 ^{***}	18,0^{***}

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison chèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison chèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison chèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison chèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats obtenus de l'analyse de variance de la saison sèche chaude 2016 sur la biomasse sèche des dicotylédones dans les deux sites (Fanaye et Bokhol) sont très hautement significatifs avec $P < 0.001$ (Tableau 18). Cette biomasse est beaucoup plus importante en moyenne à Bokhol (41,6 g/m²) alors qu'à Fanaye, elle est de 22,7 g/m².

La moyenne des biomasses des deux sites nous a permis de ressortir 8 groupes homogènes.

Le groupe 1 renferme les plus petites biomasses ; il est représenté par les traitements B1 et B2 avec des biomasses sèches de 0,3 et 3 g/m² ; dans ces traitements, l'enherbement est de courte durée, 12 JAL pour B1 et 24 JAL pour B2.

Les traitements B3, H5 et B4 constituent le deuxième groupe ; dans ce groupe, la biomasse varie de 8 à 16 g/m².

Les traitements H4 et H3 constituent respectivement le troisième et le quatrième groupe avec une biomasse de 21 et 27,9 g/m².

Le cinquième groupe renferme P4, H2 et B5 avec des biomasses variant entre 36 et 41 g/m². Dans le sixième groupe est classé H1 avec 49,2 g/m².

Les groupes 7 et 8 sont respectivement composés des traitements (P2, P3 et P1) et (TE) pour lesquels, la biomasse peut atteindre 58 à 64 g/m² pour les traitements du groupe 7 et 76,6 g/m² pour les traitements du groupe 8.

Le classement dans l'ordre décroissant des traitements est comme suivant : TE, P1, P3, P2, H1, B5, H2, P4, H3, H4, B4, H5, B3, B2, B1 et TP.

Les différences de biomasses dans les différents groupes indiquent la nécessité de maintenir les parcelles propres entre le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL du riz en campagne de saison sèche chaude pour l'obtention des meilleurs rendements.

Les résultats de la saison des pluies 2016 dans les sites de Fanaye et Gaé sont aussi très hautement significatifs $P < 0.001$ (Tableau 18). La moyenne des biomasses sèches des dicotylédones diffère selon que le riz est cultivé à Fanaye ou Gaé avec respectivement 70,8 et 61 g/m². L'analyse de variance de la moyenne des deux sites a permis de dégager 11 groupes homogènes.

Les premier et deuxième groupes concernent les traitements B1 et B2, respectivement 1,2 et 21,8 g/m².

Les groupes 3 et 4 sont respectivement composés des traitements (H4, H5) et (B3, P4, H3), pour lesquelles la biomasse varie entre 34 à 36 g/m² pour les traitements H4, H5 et 41 à 54 g/m² pour B3, P4 et H3.

Les cinquième et sixième groupes sont respectivement composés des traitements P3 et (P2, H2).

Pour le P3 la biomasse sèche est de l'ordre de 58,1 g/m² et de 91 à 94 g/m² pour les traitements P2 et H2.

Les groupes B4 et P1 sont respectivement les septième et huitième groupes avec des biomasses sèches de 97,4 g/m² pour B4 et 107,9 g/m² pour P1.

Les trois derniers groupes sont classés par ordre croissant H1, B5 et TE et constituent les neuvième, dixième et onzième groupes avec des biomasses respectives de 113,4 ; 124 ; 133,2 g/m².

Un classement dans l'ordre décroissant de la biomasse des dicotylédones est proposé comme suivant : TE, B5, H1, P1, B4, H2, P2, P3, H3, P4, B3, H5, H4, B2, B1 et TP.

Ces résultats montrent l'importance de maintenir la culture de riz exempte des adventices aux environs du 24^{ème} JAL au 48 JAL correspondant au développement de la phase végétative du riz où la compétition des mauvaises herbes est accrue.

Les résultats de l'analyse de variance de la saison sèche chaude 2017 sur les deux sites (Fanaye et Razel) ont montré des différences très hautement significatives avec $P < 0.001$ (Tableau 18). Toutefois la moyenne des biomasses par site est plus intéressante à Razel (Ngoro-Fanaye) avec une moyenne de $29,2 \text{ g/m}^2$, largement plus élevée qu'à Fanaye où on obtient $13,3 \text{ g/m}^2$. Il ressort de l'analyse de ces résultats 10 groupes homogènes.

Le groupe 1 est composé de B1 avec une faible biomasse de $1,1 \text{ g/m}^2$.

Ensuite vient le deuxième groupe présenté par B2 de l'ordre de $4,1 \text{ g/m}^2$.

Les groupes 3 et 4 sont respectivement composés de (B3, H5) et (P3, P4) avec des biomasses qui varient de 12 à 13 g/m^2 et de 14 à 16 g/m^2 .

Les groupes 5 et 6 sont respectivement composés des traitements (H4, H3) et (P2, H2) pour lesquels, la biomasse peut atteindre 16 à 19 g/m^2 pour les traitements du groupe 5 et 22 à 27 g/m^2 pour les traitements du groupe 6.

Le septième groupe est composé de P1 avec une biomasse sèche de $29,9 \text{ g/m}^2$.

Les groupes 8 et 9 renferment le traitement H1 pour une production de biomasse de $34,3 \text{ g/m}^2$ pour le groupe 8, par contre le neuvième groupe capitalise les traitements B4 et TE, dont la production de biomasse oscille autour de 40 à 41 g/m^2 .

Le dernier groupe est présenté par B5 avec une biomasse de $50,3 \text{ g/m}^2$.

Le classement décroissant des traitements est comme suivant : B5, TE, B4, H1, P1, H2, P2, H3, H4, P4, P3, H5, B3, B2, B1 et TP.

Ces résultats nous indiquent que les fortes productions de biomasse sont obtenues du 12^{ème} au 48^{ème} JAL du riz.

Les résultats issus de l'analyse de variance de la saison humide 2017 dans la station de Fanaye et à Thiangaye ont révélés des différences très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0.001$ (Tableau 18). Néanmoins, les résultats sont plus probants dans la station de Fanaye avec une moyenne des traitements de $26,6 \text{ g/m}^2$, alors qu'en milieu paysan dans le périmètre rizicole de Thiangaye (Thiathioum), la moyenne des biomasses est de $18,5 \text{ g/m}^2$. La moyenne des biomasses sèches de l'ensemble des traitements dans les deux sites (Fanaye et Thiangaye) est organisée en 8 groupes homogènes.

Le premier groupe est présenté par le traitement B1 renfermant une biomasse faible équivalent à $0,5 \text{ g/m}^2$.

Le second groupe est concerné par les traitements suivants B2, P3, P2 et H5 avec des biomasses respectives de 9,7 ; 10,5 ; 12,7 et 13,1 g/m².

Les traitements P4 et H4 forment le troisième groupe, dont les biomasses sèches varient de 16 à 18 g/m².

Quant au quatrième groupe, il est formé de H3, P1 et H2 avec des biomasses moyennes de 19 à 22 g/m².

Le cinquième (B3) et le sixième groupe (H1) regroupent des biomasses de 31,2 g/m² pour le traitement B3 et 37 g/m² pour H1.

Les plus grandes biomasses sont obtenues dans les groupes 7 (B4 et TE) et le groupe 8 (B5) pour des biomasses de 47 à 48 g/m² pour les traitements B4 et TE et de l'ordre de 56,9 g/m² pour B5.

Un classement dans l'ordre décroissant de la biomasse des dicotylédones est proposé comme suivant : B5, TE, B4, H1, B3, H2, P1, H3, H4, P4, H5, P2, P3, B2, B1 et TP.

Il ressort des ces résultats que la forte production de biomasse des dicotylédones est obtenue entre le 24^{ème} et le 48^{ème} JAL. En outre, le riz de la campagne hivernale doit être maintenu propre durant cet intervalle pour avoir de bons rendements.

Les résultats globaux (Tableau 17) et (Tableau 18) indiquent qu'en saison humide ou en saison sèche chaude, les monocotylédones sont plus influentes que les dicotylédones dans la compétition du riz irrigué. La seule exception est obtenue à Gaé, où la moyenne des biomasses sèches des dicotylédones est de 61 g/m² contre les monocotylédones (39,2 g/m²) dans le même site. Ces résultats sont probablement dus au fort taux de potentiel semencier des monocotylédones disponibles dans les cuvettes rizicoles de la vallée du fleuve Sénégal.

IV.2.1.1.3 Effets des traitements par site et par saison sur la biomasse totale des adventices

Tableau 19 : Biomasse totale des adventices en g/m² de 2016 à 2017 en fonction des sites

Trait	SITES											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSH17	TSH17	Moy
B1	0,7 ^f	1,7 ^c	1,2ⁱ	1,8 ^g	2,2 ^e	2,0^g	5,4 ^e	1,7 ^c	3,6^e	0,6 ^d	1,6 ^d	1,1^f
B2	4,9 ^f	7,6 ^e	6,2ⁱ	43,7 ^f	30,5 ^{de}	37,1^f	7,8 ^e	12,3 ^c	10,1^e	27,7 ^{cd}	17,8 ^d	22,7^{ef}
B3	23,1 ^{ef}	21,8 ^{de}	22,5^{hi}	100,9 ^e	59,5 ^d	80,2^e	22,0 ^{de}	59,6 ^c	40,8^{de}	84,9 ^c	44,4 ^{cd}	64,7^d
B4	37,1 ^{ef}	74,9 ^{cd}	56,0^{fg}	227,8 ^{bc}	136,9 ^c	182,3^c	82,8 ^{bc}	171,3 ^b	127,1^c	150,8 ^b	82,0 ^{bc}	116,4^c
B5	90,8 ^{cd}	135,2 ^b	113,0^{de}	242,7 ^{ab}	211,8 ^{ab}	227,3^b	92,5 ^{bc}	250,6 ^a	171,5^b	184,5 ^{ab}	135,7 ^a	160,1^{ab}
H1	92,9 ^{cd}	208,1 ^a	150,5^{bc}	265,2 ^a	180,1 ^b	222,6^b	124,7 ^b	134,7 ^b	129,7^c	182,3 ^{ab}	94,9 ^b	138,6^{bc}
H2	58,7 ^{de}	137,2 ^b	97,9^e	217,4 ^{bc}	144,9 ^c	181,1^c	55,7 ^{cde}	67,6 ^c	61,7^d	57,7 ^{cd}	53,7 ^{cd}	55,7^{de}
H3	36,5 ^{ef}	99,1 ^b	67,8^f	165,3 ^d	68,7 ^d	117,0^d	25,0 ^{de}	54,6 ^c	39,8^{de}	66,8 ^c	35,1 ^{cd}	51,0^{de}
H4	39,7 ^{ef}	61,1 ^{cde}	50,4^{gh}	123,5 ^e	39,4 ^{de}	81,4^e	38,1 ^{cde}	30,6 ^c	34,4^{de}	52,9 ^{cd}	37,9 ^{cd}	45,4^{de}
H5	25,3 ^{ef}	32,0 ^{de}	28,7^{ghi}	110,1 ^e	35,2 ^{de}	72,7^e	40,6 ^{cde}	26,2 ^c	33,4^{de}	39,9 ^{cd}	24,2 ^d	32,1^{de}
P1	62,9 ^{de}	205,7 ^a	134,3^{cd}	229,0 ^{bc}	191,7 ^b	210,4^b	68,2 ^{cd}	66,5 ^c	67,3^d	48,6 ^{cd}	51,4 ^{cd}	50,0^{de}
P2	153,3 ^b	199,7 ^a	176,5^b	205,1 ^{bc}	134,1 ^c	169,6^c	67,5 ^{cd}	47,3 ^c	57,4^d	52,3 ^{cd}	28,7 ^d	40,5^{de}
P3	60,8 ^{de}	249,7 ^a	155,3^{bc}	198,3 ^c	64,1 ^d	131,2^d	26,4 ^{de}	40,8 ^c	33,6^{de}	50,7 ^{cd}	29,2 ^d	40,0^{de}
P4	113,4 ^c	103,3 ^{bc}	108,4^{de}	166,0 ^d	62,1 ^d	114,1^d	26,0 ^{de}	37,3 ^c	31,7^{de}	48,3 ^{cd}	49,2 ^{cd}	48,7^{de}
TE	249,0 ^a	241,5 ^a	245,3^a	275,6 ^a	240,0 ^a	257,8^a	178,2 ^a	228,2 ^a	203,2^a	202,1 ^a	140,7 ^a	171,4^a
TP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MOY	65,6	111,2	88,4	160,8	100,1	130,5	53,9	76,9	65,4	78,2	51,7	65
CV	27,0	22,8	24,7	10,6	19,6	14,1	40,2	32,5	35,7	29	37,7	32,4
F	40,0***	36,5***	64,3***	81,4***	46,4***	116,2***	14,6***	29,0***	40,1***	25,0***	13,9***	37,8***

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison chèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison chèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison chèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison chèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%.
 Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

La biomasse totale des adventices est la somme des biomasses des monocotylédones et des dicotylédones (Tableau 19). L'analyse des résultats de la biomasse totale des mauvaises herbes est très hautement significative ($P < 0,001$), en saison sèche chaude 2016 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Bokhol). Il en résulte que la moyenne des biomasses de Bokhol (111,2 g/m²) est largement supérieure à celle de Fanaye qui correspond à 65,6 g/m². Les moyennes cumulées des biomasses totales des deux sites ont permis de ressortir 12 groupes homogènes.

Les traitements B1 et B2 présentent le groupe1 avec des biomasses respectives de 1,2 et 6,2 g/m².

B3, H5, H4, B4, H3 et H2 concernent les groupes 2, 3, 4, 5, 6 et 7 avec des biomasses respectives de 22,5 ; 28,7 ; 50,4 ; 56 ; 67,8 et 97,9 g/m².

Le huitième groupe renferme P4 et B5 avec des biomasses successives des 108,4 et 113 g/m². Quant au neuvième (P1) et dixième groupes (H1 et P3), la biomasse est de 134,3 g/m² pour P1 et de 150,5 et 155,3 g/m² pour H1 et P3.

C'est dans le groupe 11 (P2) et le douzième groupe constitué du témoin enherbé (TE) où on obtient les plus grandes biomasses des l'ordre de 176,5 g/m² pour P2 et 245,3 pour TE.

Un classement décroissant de la biomasse totale des adventices est comme suivant : TE, P2, P3, H1, P1, B5, P4, H2, H3, B4, H4, H5, B3, B2, B1 et TP.

Ce classement des biomasses en fonction des traitements montre qu'il est important en saison sèche chaude de maintenir propre les périmètres rizicoles des mauvaises herbes pour espérer les meilleurs rendements dès le 12^{ème} au 48^{ème} JAL.

Les résultats de la saison humide 2016 dans les deux sites (Fanaye et Gaé) sont très hautement significatifs avec une probabilité P<0,001 (Tableau 19). Toutefois les moyennes sont plus significatives à Fanaye (160,8 g/m²) que Gaé qui est de 100,1 g/m². L'analyse de variance des biomasses totales des deux sites à permis obtenir 7 groupes homogènes.

Dans le premier (B1) et le deuxième (B2) groupe, les biomasses sont faibles et sont respectivement de 2 et 37,1 g/m².

Le troisième groupe concerne les traitements H5, B3 et H4. Dans ce groupe, la biomasse sèche varie de 72,7 g/m² pour le traitement H5, 80,2 g/m² pour B3 et de 81,4 g/m² pour H4. Le quatrième groupe est formé des traitements P4, H3 et P3 pour des biomasses qui varient de 114 à 131 g/m² et le groupe 5 (P2, H2 et B4) pour des biomasses respectives de 169,6 ; 181,1 et 182,3 g/m².

Le groupe 6 concerne les traitements (P1, H1, B5), pour lesquels la biomasse varie de 210 à 218 g/m².

Et le septième groupe constitué du témoin enherbé (TE) avec une biomasse de 257,8 g/m².

Un classement décroissant des traitements est proposé comme suivant : TE, B5, H1, P1, B4, H2, P2, P3, H3, P4, H4, B3, H5, B2, B1 et TP.

Il ressort de ces résultats que le riz doit être exempt des adventices dès le début des cultures notamment au 24^{ème} JAL et en fin du stade végétatif vers la 48^{ème} JAL pour éviter la concurrence due aux mauvaises herbes.

L'analyse de variance des résultats obtenus en saison sèche chaude 2017 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Razel ou Ngoro-Fanaye) a révélé un effet de traitement très hautement significatif ($P < 0,001$). Toutefois, la moyenne des biomasses sèche des mauvaises herbes est plus élevée à Razel (Ngoro-Fanaye) avec une moyenne de $76,9 \text{ g/m}^2$ contre la station de Fanaye qui est de $53,9 \text{ g/m}^2$ (Tableau 19). Les résultats des moyennes cumulées des deux sites ont permis de lister 6 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué de B1 et B2 dans lequel, la biomasse varie de 3 à 11 g/m^2 tandis que la plus élevée ($203,2 \text{ g/m}^2$) est obtenue pour le témoin enherbé TE (groupe 6). Entre ces groupes (1 et 6), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la biomasse est de l'ordre de 31 à 41 g/m^2 en P4, H5, P3, H4, H3 et B3 (groupe 2) ; 57 à 68 g/m^2 en P2, H2 et P1 (groupe 3) et 127 à 130 g/m^2 en B4 et H1 (groupe 4) et de $171,5 \text{ g/m}^2$ en B5 (groupe 5).

Un classement décroissant des traitements est comme suivant : TE, B5, H1, B4, P1, H2, P2, B3, H3, H4, P3, H5, P4, B2, B1 et TP.

Ces résultats nous renseignent sur la nécessité de maintenir les parcelles propres des adventices en début de levée, au 12^{ème} JAL jusqu'au 48^{ème} JAL pour sortir de la zone de concurrence des adventices en saison sèche chaude.

Au cours de la campagne hivernale 2017, les résultats de l'analyse de variance ont révélé des résultats très hautement significatifs $P < 0,001$ (Tableau 19) dans les deux sites (Fanaye et Thiangaye). Cependant, la moyenne des biomasses totales s'est mieux exprimée en station expérimentale de Fanaye ($78,2 \text{ g/m}^2$) qu'à Thiangaye avec une moyenne de $51,7 \text{ g/m}^2$. La moyenne de l'ensemble des traitements des deux sites a montré 8 groupes de même nature.

Le groupe 1 où la biomasse est faible est formé du traitement B1 avec une biomasse de $1,1 \text{ g/m}^2$ et le deuxième groupe B2 correspondant à $22,7 \text{ g/m}^2$.

Le troisième groupe est composé des séries de traitements suivants : H5, P3, P2, H4, P4, P1, H3 et H2 avec des biomasses qui varient de 32 à 56 g/m^2 .

Le groupe 4 correspond à B3 pour une production de biomasse de $64,7 \text{ g/m}^2$, alors que le cinquième groupe est formé de B4 équivalent à $116,4 \text{ g/m}^2$.

Quant au sixième groupe, il est représenté par H1 avec $138,6 \text{ g/m}^2$ et le septième groupe dans lequel on a le traitement B5 pour une biomasse de $160,1 \text{ g/m}^2$.

Le dernier groupe (groupe 8) renferme le témoin enherbé (TE) avec la plus grande biomasse correspondante à $171,4 \text{ g/m}^2$.

Les traitements sont classés par ordre décroissant suivant : TE, B5, H1, B4, B3, H2, H3, P1, P4, H4, P2, P3, H5, B2, B1 et TP.

Ces observations montrent que le désherbage doit intervenir entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL du riz, intervalle au cours duquel les adventices produisent de grande biomasse pour la concurrence du riz en saison humide.

IV.2.1.1.4. Effets des traitements sur la biomasse des adventices en saison sèche chaude 2016 et 2017

Tableau 20 : Biomasse des adventices en g/m² en saison sèche chaude 2016 et 2017

Trait	Mono	Dicot	Biomasse totale
B1	1h	0,7g	2i
B2	4gh	3g	8i
B3	21fgh	10fg	31h
B4	63cd	27de	91de
B5	96b	45b	142b
H1	98b	41bc	140b
H2	47de	32cd	79de
H3	30ef	23de	53fg
H4	23fg	18ef	42gh
H5	18fgh	12fg	31h
P1	53d	46b	100cd
P2	76c	40bc	116c
P3	55d	39bc	94d
P4	44de	25de	70ef
TE	165a	58a	224a
TP	-	-	-
MOY	50,2	25,7	76,9
CV	37,6	41,1	29,4
F	64,2***	32,0***	85,5***

Mono= Monocotylédones ; **Dicot**= Dicotylédones ; Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats de l'analyse de variance de la biomasse des monocotylédones au cours de la saison sèche chaude 2016 et 2017 ont montré des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$. Les différents traitements en fonction du désherbage ont permis d'obtenir 11 groupes homogènes (Tableau 20).

Le premier groupe comprend le traitement B1 avec une biomasse de 1 g/m².

Le second groupe est composé de B2 dont la biomasse est de 4 g/m².

Les traitements (H5, B3) concernant le troisième groupe et H4 le quatrième groupe dans lesquels la biomasse sèche des monocotylédones est respectivement de 21 et 23 g/m².

Le cinquième groupe comprend H3 pour une biomasse de 30 g/m².

Le sixième groupe est composé de P4 et H2 dont la biomasse ne dépasse pas 47 g/m².

Le groupe 7 comprend les traitements (P1, P3) avec une biomasse de 55 g/m², alors que le huitième groupe concerne B4 dont la biomasse est de 63 g/m².

Le neuvième groupe comprend P2 dans lequel la biomasse est de 76 g/m².

Le dixième groupe concerne B5 et H1 dont la biomasse ne dépasse pas 98 g/m².

Le témoin enherbé (TE) forme le onzième groupe avec la plus forte biomasse de l'ordre de 165 g/m².

Un classement par ordre décroissant de la biomasse des monocotylédones est comme suivant : TE, H1, B5, P2, B4, P3, P1, H2, P4, H3, H4, B3, H5, B2, B1 et TP.

Ces résultats montrent l'importance de maintenir les parcelles propres en saison sèche chaude en début de cycle c'est-à-dire dès le 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL pour éviter la compétition due aux monocotylédones.

En saison sèche chaude 2016-2017, les résultats de l'analyse de variance sur la biomasse sèche des dicotylédones ont donné des effets de traitements très hautement significatifs (P<0,001). Toutefois, les résultats des traitements ont permis de répertorier 8 groupes homogènes (Tableau 20).

Le premier groupe correspond aux traitements (B1, B2) dont la biomasse sèche ne dépasse pas 3 g/m².

Le deuxième groupe de traitements est composé de B3 et H5 dans lesquels la biomasse sèche des dicotylédones est de 12 g/m².

Le troisième groupe concerne H4 avec une biomasse de 18 g/m² ; les traitements H3, P4 et B4 renferment le groupe 4 dont la biomasse ne dépasse pas 27 g/m².

Le cinquième groupe est composé de H2 pour une production de biomasse de 32 g/m² ; quant au groupe 6 (P3, P2, H1), la biomasse est de 41 g/m².

Le septième groupe comprend les traitements B5 et P1 dont la biomasse est de 46 g/m², alors que le dernier groupe (TE) avec la plus grande biomasse de l'ordre de 165 g/m².

Le classement dans l'ordre décroissant des traitements de la biomasse des dicotylédones est le suivant : TE, P1, B5, H1, P2, P3, H2, B4, P4, H3, H4, H5, B3, B2, B1 et TP.

Ces observations montrent que le riz doit être maintenu propre en saison sèche chaude à partir du 12^{ème} JAL et jusqu'au 48^{ème} JAL pour éviter les pertes de rendements dues aux dicotylédones.

La moyenne des biomasses des monocotylédones (Tableau 20) est supérieure à celle des dicotylédones, respectivement de 50,2 g/m² et 25,7 g/m². Cette différence est due au potentiel semencier des monocotylédones disponibles dans le sol et sont pour la plupart des thérophytes qui se reproduisent par des graines.

L'analyse de variance de la biomasse totale des adventices en saison sèche chaude 2016-2017 a montré des effets de traitements très hautement significatifs avec la probabilité $P < 0,001$. Les différents traitements de biomasse totale ont permis de distinguer 11 groupes (tableau 20).

Le premier groupe est composé de B1 et B2 dans lequel, la biomasse totale ne dépasse pas 8 g/m^2 tandis que la plus élevée (224 g/m^2) est obtenue pour le témoin enherbé TE, H1 et B5 (groupe 11).

Entre ces groupes extrêmes, il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la biomasse est de l'ordre de 31 g/m^2 en H5 et B3 (groupe 2) ; 42 g/m^2 en H4 (groupe 3) ; 53 g/m^2 en H3 (groupe 4) ; 70 g/m^2 en P4 (groupe 5) ; 91 g/m^2 pour H2 et B4 (groupe 6) ; 94 g/m^2 en P3 (groupe 7) ; 100 g/m^2 en P1 (groupe 8) ; 116 g/m^2 en P2 (groupe 9) et 142 g/m^2 en H1 et B5. Un ordre décroissant des traitements est le suivant : TE, B5, H1, P2, P1, P3, B4, H2, P4, H3, H4, B3, H5, B2, B1 et TP.

Ces résultats montrent que la concurrence des mauvaises herbes agisse sur le riz au environ du 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL d'où la nécessité de maintenir les cultures propres durant cet intervalle en saison sèche chaude pour avoir de bons rendements.

IV.2.1.1.5. Effets des traitements sur la biomasse des adventices en saison humide 2016 et 2017

Tableau 21 : Biomasse des adventices en g/m^2 en saison humide 2016 et 2017

Trait	Mono	Dicot	Biomasse totale
B1	0,7i	0,8h	1i
B2	14h	15g	29h
B3	36fg	36f	72f
B4	77c	72bc	149c
B5	103b	90a	193b
H1	105b	75b	180b
H2	61de	57de	118de
H3	47ef	36f	84f
H4	37fg	25fg	63fg
H5	28g	24fg	52g
P1	66cd	63cd	130d
P2	53def	51e	105^e
P3	51def	34f	85f
P4	48ef	32f	81f
TE	124a	90a	214a
TP	-	-	-
MOY	53,5	44,2	97,7
CV	28,7	25,3	20,3
F	65,8***	78,9***	126,5***

Mono= Monocotylédones ; **Dicot**= Dicotylédones ; Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

En saison humide 2016 et 2017, les résultats de l'analyse de variance de la biomasse sèche des monocotylédones ont indiqués des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Les résultats des traitements de la biomasse sèche des monocotylédones ont ressorti 11 groupes (Tableau 21).

Le groupe 1 comprend B1 avec la plus faible biomasse de $0,7 \text{ g/m}^2$.

Le deuxième groupe est composé de B2 dont la biomasse est de 14 g/m^2 .

Le traitement H5 caractérise le groupe 3 avec une biomasse de 28 g/m^2 ,

quant au groupe 4, il est représenté par B3 et H4 dont la biomasse est de 37 g/m^2 .

Dans le cinquième groupe (H3, P4), la biomasse est de l'ordre de 48 g/m^2 ; le sixième groupe correspond à P3 et P2 dans lequel la biomasse ne dépasse pas 53 g/m^2 .

Le traitement H2 présente le groupe 7 pour une biomasse de 61 g/m^2 alors que le huitième groupe est composé de P1 avec une production de biomasse de 66 g/m^2 .

Les traitements B4 et (B5, H1) représentent les groupes 9 et 10 dont la biomasse respective est de 77 g/m^2 et 105 g/m^2 .

Le dernier groupe (groupe 11) est composé du témoin enherbé (TE) avec la forte biomasse qui est de 124 g/m^2 .

La variation de la biomasse des monocotylédones en fonction des desherbages se classe selon l'ordre décroissant suivant : TE, H1, B5, B4, P1, H2, P2, P3, P4, H3, H4, B3, H5, B2, B1 et TP. *La succession de ces traitements montre la nécessité de désherber le riz en saison humide à partir du 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL, période de la phase végétative du riz durant laquelle les adventices exercent des compétitions redoutables.*

Les résultats de l'analyse de variance de la biomasse sèche des dicotylédones pour le compte de la saison humide 2016 et 2017 ont indiqués des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$. Toutefois, l'analyse des traitements a permis d'obtenir 10 groupes homogènes (Tableau 21).

Le premier groupe renferme B1 où la biomasse est de $0,8 \text{ g/m}^2$, le deuxième groupe est formé de B2 avec une biomasse de 15 g/m^2 .

Les traitements H4 et H5 présentent le troisième groupe dont la biomasse ne dépasse pas 25 g/m^2 ; pour le groupe 4 (P4, P3, B3, H3), la biomasse sèche des monocotylédones est de 36 g/m^2 .

Le cinquième groupe (P2) a une biomasse de 51 g/m^2 et le sixième groupe composé de H2 dans lequel la biomasse est de 57 g/m^2 .

Le groupe 7 (P1) et le groupe 8 (B4) ont des biomasses respectives de 63 g/m² et 72 g/m². Quant au traitement H1 (groupe 9), il renferme une biomasse de 75 g/m², alors que les traitements B5 et TE (groupe 10) ont des biomasses qui sont de l'ordre de 90 g/m².

Un classement décroissant des biomasses a permis d'obtenir les traitements suivants : B5, TE, H1, B4, P1, H2, P2, H3, B3, P3, P4, H4, H5, B2, B1 et TP.

Ces résultats montrent que les parcelles de riz doivent être exemptes des monocotylédones en saison humide dès le stade 4 feuilles jusqu'en fin de tallage. Ainsi pour obtenir les bons rendements, deux desherbages sont nécessaires à partir du 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL. La moyenne des biomasses des monocotylédones (53,5 g/m²) est supérieure à celle des dicotylédones qui est de 44,2 g/m².

L'analyse de variance de la biomasse totale des adventices en saison humide 2016 et 2017 a aussi montré des effets de traitements très hautement significatifs dont la probabilité est de P<0,001 (Tableau 21). La biomasse des traitements a permis de définir 11 groupes.

Le premier groupe est composé de B1 dans lequel, la biomasse totale est de 1 g/m² tandis que la plus grande biomasse (214 g/m²) est obtenue pour le témoin enherbé TE (groupe 11).

Entre ces groupes extrêmes, il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la biomasse est de l'ordre de 29 g/m² en B2 (groupe 2) ; 52 g/m² en H5 (groupe 3) ; 63 g/m² en H4 (groupe 4) ; 72 à 85 g/m² pour les traitements B3, P4, H3 et P3 (groupe 5) ; 105 g/m² pour P2 (groupe 6) ; 118 g/m² en H2 (groupe 7) ; 130 g/m² en P1 (groupe 8) ; 149 g/m² en B4 (groupe 9) ; 180 à 193 g/m² en H1 et B5 (groupe 10).

Un classement décroissant des traitements en fonction de la biomasse est comme suivant : TE, B5, H1, B4, P1, H2, P2, P3, H3, P4, B3, H4, H5, B2, B1 et TP.

Le meilleur calendrier de desherbage du riz en saison humide est recommandé à partir du 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL pour surpasser la concurrence due aux mauvaises herbes.

IV.2.1.1.6. Effets des traitements sur la biomasse des adventices en saison sèche chaude et saison humide 2016

Tableau 22 : Biomasse des adventices en g/m² en saison sèche chaude et saison humide 2016

Trait	Mono	Dicot	Biomasse totale
B1	0,8i	0,7h	1,6h
B2	9i	12g	21g
B3	26h	24f	51f
B4	62fg	56d	119d
B5	88cd	82b	170b
H1	105b	81b	186b
H2	74def	65cd	139c
H3	51g	40e	92^e
H4	38h	27f	65f
H5	27h	23f	50f
P1	86cd	85b	172b
P2	98bc	74bc	173b
P3	82de	60d	143c
P4	69ef	42e	111d
TE	146a	104a	251a
TP	-	-	-
MOY	60,4	49	109,4
CV	24,5	26	18,5
F	93,9***	76,5***	157,3***

Mono= Monocotylédones ; **Dicot**= Dicotylédones ; Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats de l'analyse de variance de la biomasse sèche des monocotylédones en saison sèche chaude et en saison humide 2016 (Tableau 22) ont montré des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). La biomasse des traitements a permis d'obtenir 11 groupes homogènes (tableau 22).

Les traitements (B1, B2) correspondent au groupe 1 dont la biomasse est de l'ordre de 9 g/m². Le groupe 2 comprend (B3, H5, H4) avec des biomasses qui ne dépassent pas 38 g/m².

Le troisième groupe est composé de H3 dont la production de biomasse est de 51 g/m².

Le traitement B4 concerne le groupe 4 pour une biomasse de 62 g/m².

Le cinquième groupe (P4), le sixième groupe (H2) et le septième groupe (P3) ont des biomasses respectives de 69 g/m², 74 g/m² et 82 g/m².

Les traitements (P1, B5) correspondent au huitième groupe avec une biomasse de 88 g/m², alors que P2 (groupe 9) et H1 (groupe 10) ont des biomasses respectives de 98 g/m² et 105 g/m².

Quant au dernier groupe (groupe 11), il est représenté par le témoin enherbé (TE) où la biomasse sèche des monocotylédones est la plus élevée de l'ordre de 146 g/m².

La biomasse sèche des monocotylédones des différents traitements se classe dans l'ordre décroissant suivant : TE, H1, P2, B5, P1, P3, H2, P4, B4, H3, H4, H5, B3, B2, B1 et TP.

Il ressort des résultats que la concurrence accrue des monocotylédones commence dès de 12^{ème} JAL au 60^{ème} JAL du riz, d'où l'importance de maintenir les parcelles propres durant cet intervalle pour la maîtrise de l'enherbement. La moyenne des biomasses des monocotylédones est de 60,4 g/m² et est plus importante que celle des dicotylédones dont la moyenne est de 49 g/m².

En saison sèche chaude et saison humide 2016, l'analyse de variance de la biomasse sèche des dicotylédones a indiqué des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité P<0,001 (Tableau 22). Ces résultats ont permis de dégager 9 groupes homogènes.

Le groupe 1 est constitué de B1 où la biomasse sèche des dicotylédones est de 0,7 g/m² alors que le dernier groupe (groupe 9) est composé du témoin enherbé (TE) avec la plus forte biomasse de l'ordre de 104 0,7 g/m².

Le groupe 2 renferme B2 avec une biomasse sèche de 12 g/m², le troisième groupe concerne les séries de traitements H5, B3 et H4 dont la biomasse ne dépasse pas 27 g/m².

Le groupe 4 (H3, P4) et le groupe 5 (B4, P3) ont des biomasses sèches respectives de 42 g/m² et 60 g/m².

Le sixième groupe est composé de H2 avec une biomasse de 65 g/m², tandis que P2 correspond au septième groupe dans lequel la biomasse sèche est de 74 g/m².

La série de traitements H1, B5 et P1 constitue le groupe 8 dans lequel la biomasse sèche des dicotylédones ne dépasse pas 85 g/m².

Un classement décroissant des traitements est le suivant : TE, P1, B5, H1, P2, H2, P3, B4, P4, H3, H4, B3, H5, B2, B1 et TP.

Ces observations montrent que la biomasse sèche des dicotylédones est très hétérogène suivant les traitements mais notons que le désherbage du riz dans ces conditions est important à partir du 12^{ème} JAL au 60^{ème} JAL pour obtenir de bons rendements.

L'analyse comparé des résultats de la biomasse totale des adventices en saison sèche chaude et saison humide 2016 a fait ressortir des effets de traitements très hautement significatifs (P<0,001). Les résultats de l'analyse de variance ont permis d'obtenir 8 groupes homogènes (Tableau 22).

Le groupe 1 est composé de B1 dans lequel, la biomasse totale est de 1,6 g/m² tandis que la plus grande biomasse (251 g/m²) est obtenue pour le témoin enherbé TE (groupe 8).

Entre ces groupes, il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la biomasse totale est de 21 g/m² en B2 (groupe 2) ; 50 à 65 g/m² en H5, B3 et H4 (groupe 3) ; 92 g/m² en H3 (groupe 4) ; 111 à 119 g/m² pour les traitements P4 et B4 (groupe 5) ; 143 g/m² pour H2 et P3 (groupe 6) et 170 à 186 g/m² pour les séries de traitements B5, P1, P2 et H1 (groupe 7). La biomasse totale des adventices se classe dans l'ordre décroissant suivant : TE, H1, P2, P1, B5, P3, H2, B4, P4, H3, H4, B3, H5, B2, B1 et TP.

Ces résultats indiquent que le riz doit être maintenu propre à partir du 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL pour éviter la concurrence vis-à-vis des mauvaises herbes.

IV.2.1.1.7. Effets des traitements sur la biomasse des adventices en saison sèche chaude et saison humide 2017

Tableau 23 : Biomasse des adventices en g/m² en saison sèche chaude et saison humide 2017

Trait	Mono	Dicot	Biomasse totale
B1	1,5ef	0,8f	2f
B2	9def	6ef	16ef
B3	31d	21cd	52d
B4	77c	43b	121c
B5	112b	53a	165b
H1	98b	35b	134c
H2	34d	24c	58d
H3	26d	18cd	45d
H4	22de	17cde	39de
H5	19def	12de	32de
P1	34d	24c	58d
P2	31d	17cde	48d
P3	24de	12de	36de
P4	24de	16cde	40de
TE	143a	44b	187a
TP	-	-	-
MOY	43,2	21,9	65,1
CV	44,7	41,8	34,1
F	56,0***	34,5***	76,9***

Mono= Monocotylédones ; **Dicot**= Dicotylédones ; Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats de l'analyse de variance de la biomasse sèche des monocotylédones en saison sèche chaude et saison humide 2017 ont montré des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité P<0,001. Toutefois, la biomasse sèche des monocotylédones a permis de ressortir 7 groupes homogènes (Tableau 23) suivants :

Le groupe 1 est composé du traitement B1 où la biomasse est de 1,5 g/m², le second groupe renferme B2 et H5 avec des biomasses qui varient de 9 à 19 g/m².

Dans le troisième groupe, les traitements sont présentés par H4, P4 et P3 avec des biomasses de 24 g/m²; le quatrième groupe où la biomasse est de 26 à 34 g/m² concerne les séries de traitements H3, B3, P2, P1 et H2.

Le groupe 5 comprend B4 avec une production de biomasse de 77 g/m²; le sixième groupe est composé de H1 et B5 dont la biomasse sèche est de 98 à 112 g/m².

Le septième groupe est présenté par le témoin enherbé (TE) dans lequel la biomasse est de 143 g/m².

Un classement dans l'ordre décroissant des traitements est comme suivant : TE, B5, H1, B4, H2, P1, P2, B3, H3, P3, P4, H4, H5, B2, B1 et TP.

Ces observations montrent l'importance de désherber les parcelles de riz au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL pour obtenir les meilleurs rendements.

L'analyse de variance de la biomasse sèche des dicotylédones en saison sèche chaude et saison humide 2017 a indiqué des effets de traitements très hautement significatifs (P<0,001). Les traitements en fonction de la biomasse sèche des dicotylédones ont permis d'obtenir 8 groupes (Tableau 23).

Le premier groupe comprend B1 avec la plus petite biomasse de 0,8 g/m²; le deuxième groupe est présenté par B2 où la biomasse sèche est de 6 g/m².

Le groupe 3 est composé des traitements P3 et H5 dans lesquels la biomasse sèche des dicotylédones est estimé à 12 g/m² alors que dans le quatrième groupe présenté par P4, H4 et P2, la biomasse est de l'ordre de 17 g/m².

Les traitements H3, B3 (groupe 5) et H2, P1 (groupe 6) présentent respectivement des biomasses sèches de 21 g/m² et 24 g/m².

Le septième groupe correspond aux séries de traitements H1, B4 et le témoin enherbé (TE) avec des biomasses qui varient de 35 g/m² à 44 g/m².

Le groupe 8 est composé de B5 avec la plus grande biomasse qui est de 53 g/m².

Un classement décroissant de la biomasse des dicotylédones est proposé comme suivant : B5, TE, B4, H1, P1, H2, B3, H3, P2, H4, P4, H5, P3, B2, B1 et TP.

Ces résultats montrent que la concurrence des dicotylédones est plus accrue à partir du 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL d'où la nécessité de maintenir propre le riz durant cet intervalle pour améliorer les rendements. La moyenne des biomasses de monocotylédones est plus élevée que celle des dicotylédones avec respectivement 43,2 g/m² contre 21,9 g/m².

L'enherbement continu de la parcelle (TE) ne garantit pas forcément la plus grande production de biomasse sèche des dicotylédones. La production de biomasse est plus

importante durant la phase végétative des adventices, c'est le cas de B5 où la parcelle est désherbée à partir du 60^{ème} JAL du riz, on obtient des biomasses plus élevées que le TE.

En saison sèche chaude et saison humide 2017, l'analyse de variance de la biomasse totale des adventices a indiqué des effets de traitements très hautement significatifs dont la probabilité $P < 0,001$ (Tableau 23). Les résultats d'analyse de variance de la biomasse totale des adventices a permis d'avoir 7 groupes homogènes.

Le groupe 1 concerne le traitement B1 dans lequel, la biomasse totale est de 2 g/m² alors que la biomasse la plus élevée (187 g/m²) est obtenue pour le témoin enherbé TE (groupe 7).

Entre ces groupes, il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la biomasse totale est de 16 g/m² en B2 (groupe 2) ; 34 à 40 g/m² en H5, P3, H4 et P4 (groupe 3) ; 45 à 58 g/m² pour les traitements H3, P2, B3, P1 et H2 (groupe 4) ; 121 à 134 g/m² pour B4 et H1 (groupe 5) et 165 g/m² pour B5 (groupe 6).

La biomasse totale des adventices se classe selon l'ordre décroissant suivant : TE, B5, H1, B4, H2, P1, B3, P2, H3, P4, H4, P3, H5, B2, B1 et TP.

Il ressort de ces résultats que pour une bonne maîtrise des adventices dans les parcelles de riz, deux désherbages sont nécessaires, au 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

Conclusion sur la biomasse des adventices

La biomasse des adventices joue un rôle assez important dans la concurrence du riz selon qu'on est en contre-saison ou en hivernage.

La moyenne des biomasses des traitements indique que les monocotylédones sont plus importantes que les dicotylédones dans la compétition du riz.

La maîtrise des adventices contre la concurrence du riz exige de maintenir propre les parcelles en contre-saison, entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

Pour l'hivernage, deux désherbages sont nécessaires à partir du 24^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL du riz.

IV.2.2. Effets des traitements sur la biomasse sèche du riz

IV.2.2.1. Résultats des observations pour l'année 2016 et 2017

IV.2.2.1.1. Effets des traitements par site et par saison sur la biomasse sèche du riz

Tableau 24 : Effets des traitements par site et par saison sur la biomasse sèche du riz en g/m²

Trait	SITES											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSSC16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSSC17	TSSC17	Moy
B1	562 ^{bc}	837 ^b	699^{abc}	889 ^a	667 ^a	778^a	274 ^{ab}	362 ^{abc}	318^{abcd}	339 ^{abc}	218 ^{ab}	279^{ab}
B2	435 ^{cd}	757 ^{bc}	596^{cde}	870 ^{ab}	525 ^a	697^{ab}	246 ^{ab}	326 ^{abc}	286^{abcdef}	301 ^{abc}	172 ^{abc}	236^{abc}
B3	469 ^{bcd}	617 ^{cdef}	543^{efg}	773 ^{ab}	460 ^a	616^{ab}	206 ^{ab}	313 ^{abc}	259^{bcdef}	276 ^{bc}	178 ^{abc}	227^{abc}
B4	386 ^{cd}	549 ^{defg}	467^{ghi}	661 ^{ab}	444 ^a	552^b	127 ^b	307 ^{abc}	217^{def}	283 ^{bc}	139 ^{bc}	211^{bc}
B5	354 ^d	477 ^{fg}	416^{hi}	611 ^{ab}	476 ^a	543^b	111 ^b	304 ^{abc}	208^{ef}	252 ^c	132 ^{bc}	192^c
H1	342 ^d	401 ^g	371ⁱ	611 ^{ab}	477 ^a	544^b	156 ^{ab}	293 ^{bc}	224^{cdef}	243 ^c	111 ^{bc}	177^c
H2	450 ^{bcd}	487 ^{efg}	468^{ghi}	665 ^{ab}	515 ^a	590^{ab}	267 ^{ab}	337 ^{abc}	302^{abcde}	315 ^{abc}	134 ^{bc}	224^{abc}
H3	555 ^{bc}	650 ^{cde}	602^{cde}	727 ^{ab}	634 ^a	681^{ab}	272 ^{ab}	363 ^{abc}	317^{abcd}	411 ^a	158 ^{abc}	285^{ab}
H4	742 ^a	766 ^{bc}	754^a	632 ^{ab}	717 ^a	675^{ab}	265 ^{ab}	361 ^{abc}	313^{abcd}	400 ^{ab}	185 ^{abc}	293^a
H5	572 ^{bc}	765 ^{bc}	668^{abcd}	526 ^b	661 ^a	594^{ab}	260 ^{ab}	403 ^{ab}	332^{ab}	413 ^a	189 ^{abc}	301^a
P1	457 ^{bcd}	516 ^{efg}	487^{gh}	579 ^{ab}	503 ^a	541^b	197 ^{ab}	336 ^{abc}	267^{bcdef}	310 ^{abc}	139 ^{bc}	224^{abc}
P2	495 ^{bcd}	650 ^{cde}	572^{def}	697 ^{ab}	548 ^a	623^{ab}	267 ^{ab}	336 ^{abc}	302^{abcde}	317 ^{abc}	143 ^{bc}	230^{abc}
P3	580 ^{bc}	685 ^{bcd}	633^{bcde}	678 ^{ab}	637 ^a	658^{ab}	253 ^{ab}	363 ^{abc}	308^{abcd}	314 ^{abc}	131 ^{bc}	222^{abc}
P4	634 ^{ab}	824 ^b	729^{ab}	876 ^{ab}	517 ^a	697^{ab}	272 ^{ab}	371 ^{abc}	322^{abc}	356 ^{abc}	211 ^{ab}	283^{ab}
TE	316 ^d	410 ^g	363ⁱ	524 ^b	465 ^a	494^b	133 ^b	265 ^c	199^f	247 ^c	90 ^c	169^c
TP	573 ^{bc}	956 ^a	764^a	925 ^a	651 ^a	788^a	330 ^a	429 ^a	379,8^a	349 ^{abc}	250 ^a	300^a
MOY	495,5	647,2	571,3	703,2	556,7	629,9	227,8	342,4	285,1	320,8	162	241,3
CV	13,8	10,3	11,8	17,2	16,7	17,1	26,7	12,6	18,5	13,9	22,8	17,0
F	8,5***	18,1***	22,9***	3,4**	2,8**	3,8***	3,3**	2,8**	5,6***	4,5***	4,0***	6,8***

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison chèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison chèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison chèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison chèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

L'analyse de variance des résultats obtenus en saison sèche chaude 2016 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Bokhol) a révélé un effet de traitement très hautement significatif ($P < 0,001$). Le riz se comporte différemment selon qu'il se trouve à Fanaye ou à Bokhol (Tableau 24). La comparaison des moyennes des deux sites a révélé que les plus grandes biomasses sont retrouvées à Bokhol avec une moyenne de 647,2 g/m², tandis qu'à Fanaye elle est de 495,5 g/m². Les résultats cumulés des traitements des deux sites ont permis de dégager 12 groupes.

Le premier groupe est constitué de TE et H1 dans lequel, la biomasse varie de 363 à 372 g/m² tandis que la plus élevée (754 à 765 g/m²) est obtenue pour le témoin propre TP et H4 (groupe 12).

Entre ces groupes (1 et 12), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, la biomasse est de l'ordre de 416 g/m² en B5 (groupe 2) ; 467 à 469 g/m² en B4 et H2 (groupe 3) ; 487

g/m² en P1 (groupe 4) ; de 543 g/m² en B3 (groupe 5) ; 572 g/m² en P2 (groupe 6) ; 596 à 603 g/m² en B2 et H3 (groupe 7) ; 633 g/m² en P3 (groupe 8) ; 668 g/m² en H5 (groupe 9) ; 699 g/m² en B1 (groupe 10) et 729 g/m² en P4 (groupe 11).

Ces groupes sont classés dans l'ordre décroissant selon les biomasses sèches dans les traitements de désherbage comme suit : H4, TP, P4, B1, H5, P3, B2, H3, P2, B3, P1, B4, H2, B5, H1 et TE.

Cette disposition des traitements préconise en saison sèche chaude de maintenir propre les parcelles de riz entre le 12^{ème} JAL et le 24^{ème} JAL pour obtenir des biomasses significatives du riz.

Pour le compte de la saison humide 2016, les résultats de l'analyse de variance dans la station de Fanaye et en milieu paysan (Gaé) ont donné des résultats hautement significatifs ($P < 0,01$). Dans l'ensemble, la moyenne des biomasses de la station de Fanaye est plus élevée (703,2 g/m²) que celle de Gaé qui correspond à 556,7 g/m² (Tableau 24). La moyenne des traitements de biomasse des deux sites a permis de mettre en place 3 groupes homogènes.

Le groupe 1 concerne les traitements TE, P1, B5, H1, et B4 avec des biomasses de l'ordre de 494 à 553 g/m².

Dans le second groupe, se succède les séries de traitements H2, H5, B3, P2, P3, H4, H3, P4 et B2 dont la biomasse varie de 590 à 698 g/m².

Le troisième groupe est présenté par B1 et le témoin propre (TE) avec des biomasses respectives de 778 et 788 g/m².

Un classement décroissant des traitements est comme suivant : TP, B1, P4, B2, H3, H4, P3, P2, B3, H5, H2, B4, H1, B5, P1 et TE.

Ces résultats montrent que le riz cultivé en saison humide doit être privé des adventices durant la phase végétative à partir du 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour une bonne production de biomasse.

Les résultats de biomasse de la saison sèche chaude 2017 dans les deux sites (Fanaye et Razel) ont révélés des différences hautement significatives avec une probabilité $P < 0,01$ (Tableau 24). Toutefois, la moyenne des biomasses est plus importante à Razel pour une production de 342,4 g/m² alors que dans la station de Fanaye elle est de 227,8 g/m². L'analyse cumulée des deux sites a permis de ressortir 11 groupes homogènes.

Le premier groupe concerne le témoin enherbé (TE) pour une biomasse de 199 g/m² et le dernier groupe (groupe 11) qui est de l'ordre de 379,8 g/m².

Entre ces deux groupes extrêmes, il existe des groupes intermédiaires pour lesquels la biomasse est de 208 g/m² en B5 (groupe 2) ; 217 g/m² en B4 (groupe 3) ; 224 g/m² en H1

(groupe 4) ; 259 à 268 g/m² en B3 et P1 (groupe 5) ; 286 g/m² en B2 (groupe 6) ; 302 g/m² en P2 et H2 (groupe 7) ; 308 à 318 g/m² en P3, H4, H3 et B1 (groupe 8) ; 322 g/m² en P4 (groupe 9) et 332 g/m² en H5 (groupe 10).

Ces groupes sont classés dans l'ordre décroissant selon les biomasses sèches dans les traitements de désherbage comme suit : TP, H5, P4, B1, H3, H4, P3, P2, H2, B2, P1, B3, H1, B4, B5 et TE.

Ces résultats indiquent qu'au cours de la saison sèche chaude, le riz doit être exempt des adventices dès le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour avoir des biomasses assez importantes.

En saison humide 2017, l'analyse de variance des biomasses sèches dans le site de Fanaye et Thiangaye a révélé des différences très hautement significatives (P<0,001). Comparé aux deux sites, les moyennes sont plus élevées à Fanaye avec 320,8 g/m² tandis qu'elle est de 162 g/m² à Thiangaye (Tableau 24). L'analyse combinée des deux sites a permis de mettre en évidence 5 groupes homogènes.

Le groupe 1 concerne les traitements TE, H1 et B5 pour lesquels la biomasse sèche varie de 169 à 193 g/m².

Le second groupe renferme B4 avec une biomasse de 211 g/m².

Les séries de traitements P3, P1, H2, B3, P2 et B2 concernent le troisième groupe avec des biomasses qui varient de 222 à 236 g/m².

Le quatrième groupe est composé de B1, P4 et H3 dont les biomasses varient de 279 à 285 g/m².

Le cinquième groupe est représenté par H4, TP et H5 avec des biomasses de 293 à 301 g/m².

Un classement décroissant des traitements est proposé comme suivant : H5, TP, H4, H3, P4, B1, B2, P2, B3, P1, H2, P3, B4, B5, H1 et TE.

Il ressort des ces résultats que les plus fortes biomasses du riz sont obtenues dès le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL d'où la nécessité de maintenir propre le riz en saison humide durant cet intervalle pour une bonne production.

IV.2.2.1.2. Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison sèche chaude 2016 et 2017

Tableau 25 : Effets des traitements sur la biomasse du riz (g/m²) en saison sèche chaude 2016 et 2017

Traitements	Biomasse riz (g/m ²)
B1	509abcd
B2	441def
B3	401efg
B4	342gh
B5	312h
H1	298h
H2	385fg
H3	460cde
H4	534ab
H5	500bcd
P1	377fg
P2	437def
P3	470bcd
P4	526abc
TE	281h
TP	572a
MOY	428,2
CV	14,2
F	26,1***

L'analyse de variance de la biomasse sèche du riz en saison sèche chaude 2016 et 2017 a montré des effets traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Les différences de biomasse dans les traitements ont ainsi permis de ressortir 11 groupes homogènes (Tableau 25).

Le groupe 1 comprend les traitements TE, H1 et B5 dans lesquels la biomasse varie de 281 g/m² à 312 g/m².

Dans le deuxième groupe (B4), la biomasse est de 342 g/m².

Les traitements P1 et H2 sont composés du groupe 3 et B3 le quatrième groupe avec des biomasses respectives de 377 g/m² à 385 g/m² et 401 g/m².

Quant au groupe 5, il est constitué de P2 et B2 avec des biomasses qui ne dépassent pas 441 g/m²; le sixième groupe dont la biomasse est de 460 g/m² est composé du traitement H3.

Le groupe 7 concerne P3 et H5 pour des biomasses qui varient de 470 g/m² à 500 g/m².

Le groupe 8 présenté par le traitement B1, le groupe 9 par P4 avoisinent des biomasses consécutives de 509 g/m² à 526 g/m².

Le dixième groupe est composé de H4 dont la biomasse ne dépasse pas 534 g/m² et le dernier groupe est composé par le témoin propre (TP) avec la plus grande biomasse qui s'étend de 572 g/m².

Un classement décroissant des traitements est comme suivant : TP, H4, P4, B1, H5, P3, H3, B2, P2, B3, H2, P1, B4, B5, H1 et TE.

Ces observations montrent que la concurrence des adventices exercée sur le riz intervient en deux étapes : la concurrence précoce qui intervient aux environs du 12^{ème} JAL et la concurrence tardive au 48^{ème} JAL d'où l'importance de maintenir propre le riz à cet intervalle pour éviter les pertes de rendements.

IV.2.2.1.3. Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison humide 2016 et 2017

Tableau 26 : Effets des traitements sur la biomasse du riz (g/m²) en saison humide 2016 et 2017

Traitements	Biomasse riz (g/m ²)
B1	528ab
B2	467abcde
B3	422cdef
B4	382def
B5	368ef
H1	361ef
H2	407cdef
H3	483abcd
H4	484abcd
H5	447abcde
P1	382def
P2	426bcdef
P3	440bcde
P4	490abc
TE	332f
TP	544a
MOY	435,6
CV	18,8
F	6,7***

Les résultats de la saison humide 2016 et 2017 sur la biomasse sèche du riz ont montré des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité P<0,001 (Tableau 26). L'analyse de variance de la biomasse a permis d'obtenir 11 groupes homogènes.

Le premier groupe correspond au témoin enherbé (TE) avec une biomasse de 332 g/m² et le dernier groupe (groupe 11) qui est de l'ordre de 544 g/m² concerne le témoin propre (TP). Entre ces deux groupes, il existe des groupes intermédiaires pour lesquels la biomasse est de 368 g/m² en H1 et B5 (groupe 2) ; 382 g/m² en B4 et P1 (groupe 3) ; 422 g/m² en H2 et B3 (groupe 4) ; 426 g/m² en P2 (groupe 5) ; 440 g/m² en P3 (groupe 6) ; 447 à 467 g/m² en H5 et B2 (groupe 7) ; 484 g/m² en H3 et H4 (groupe 8) ; 490 g/m² en P4 (groupe 9) et 528 g/m² en B1 (groupe 10).

Ces groupes sont classés dans l'ordre décroissant des traitements suivants : TP, B1, P4, H4, H3, B2, H5, P3, P2, B3, H2, P1, B4, B5, H1 et TE.

Ces résultats montrent l'importance de maintenir la culture de riz exempte des adventices en saison humide à partir du 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL pour obtenir une importante biomasse du riz.

IV.2.1.1.4. Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison sèche chaude et saison humide 2016

Tableau 27 : Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison sèche chaude et saison humide 2016

Traitements	Biomasse riz (g/m²)
B1	739ab
B2	647bc
B3	580cde
B4	510def
B5	480ef
H1	458f
H2	529def
H3	641bc
H4	714ab
H5	631bc
P1	514def
P2	598cd
P3	645bc
P4	713ab
TE	429f
TP	776a
MOY	600,6
CV	15,0
F	16,5***

L'analyse de variance de la biomasse sèche du riz en saison sèche chaude et saison humide 2016 a donné des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Les différents traitements ont permis de classer 8 groupes homogènes (Tableau 27).

Le premier groupe est composé des traitements TE et H1 avec une biomasse qui varie de 429 g/m^2 à 458 g/m^2 .

Dans le second groupe présenté par B5, la biomasse est de 480 g/m^2 .

Les traitements B4, P1 et H2 constituent le groupe 3 dans lesquels la biomasse ne dépasse pas 529 g/m^2 .

Quant au quatrième groupe il renferme B3 avec une production de biomasse de 580 g/m^2 .

Le groupe 5 correspond à P2 qui a une biomasse de 598 g/m^2 et le sixième groupe est composé des séries de traitements H5, H3, P3 et B2 dont la biomasse varie de 631 g/m^2 à 647 g/m^2 .

Les traitements P4, H4 et B1 (groupe 7) et TP (groupe 8) ont des biomasses respectives de 713 g/m^2 à 739 g/m^2 et 776 g/m^2 .

Le classement décroissant des biomasses en fonction des traitements est le suivant : TP, B1, H4, P4, B2, P3, H3, H5, P2, B3, H2, P1, B4, B5, H1 et TE.

Ces résultats prouvent que la bonne production de biomasse du riz nécessite sans doute de maintenir propre les parcelles au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

IV.2.1.1.5. Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison sèche chaude et saison humide 2017

Tableau 28 : Effets des traitements sur la biomasse du riz en saison sèche chaude et saison humide 2017

Traitements	Biomasse riz (g/m ²)
B1	298abc
B2	261bcd
B3	243cde
B4	214def
B5	200ef
H1	201ef
H2	263bcd
H3	301abc
H4	303abc
H5	316ab
P1	245cde
P2	266bcd
P3	265bcd
P4	303abc
TE	184f
TP	340a
MOY	263,2
CV	17,9
F	11,3***

Les résultats de l'analyse de variance de la biomasse sèche du riz en saison sèche chaude et saison humide 2017 ont révélés des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 28). Toutefois, la biomasse des traitements a permis de ressortir 8 groupes homogènes.

Le groupe 1 correspond au témoin enherbé (TE) avec la plus faible biomasse de 184 g/m² et le dernier groupe (groupe 8) dont la biomasse est de 340 g/m² composé du témoin propre (TP).

Entre ces deux groupes extrêmes, il existe des groupes intermédiaires pour lesquels la biomasse est de 201 g/m² en H1 et B5 (groupe 2) ; 214 g/m² en B4 (groupe 3) ; 245 g/m² B3 et P1 (groupe 4) ; 266 g/m² en B2, H2, P3 et P2 (groupe 5) ; 303 g/m² en B1, H3, H4 et P4 (groupe 6) ; 316 g/m² en H5 (groupe 7).

Un classement décroissant des traitements est proposé comme suivant : TP, H5, P4, H4, H3, B1, P2, P3, H2, B2, P1, B3, B4, H1, H5 et TE.

Ces observations montrent que le désherbage précoce c'est-à-dire à partir du 12^{ème} JAL et le désherbage semi-tardif à partir du 48^{ème} JAL sont plus recommandés pour la bonne production de biomasse du riz.

Conclusion partielle sur la biomasse du riz

La biomasse du riz évolue différemment en contre-saison et en hivernage.

La production de grandes biomasses de riz indique deux désherbages, un désherbage précoce c'est-à-dire à partir du 12^{ème} JAL et un second désherbage semi-tardif à partir du 48^{ème} JAL sont plus recommandés en contre-saison. En hivernage, les grandes biomasses de riz sont obtenues lorsque la parcelle est désherbée au 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

IV.2.3. Hauteur, composantes de rendements et Rendements

IV.2.3.1. Effets des traitements sur la hauteur des plantes par site et par saison

Tableau 29 : Effets des traitements sur la hauteur des plantes par site et par saison

Trait	SITES											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSH17	TSH17	moy
B1	51,9a	59,4ab	55,6a	60,4a	59,6a	60,0a	64,5a	63,1a	63,8a	62,8ab	60,1abc	61,5ab
B2	47,9b	58,5abc	53,2b	58,8bc	58,7a	58,8b	64,4a	61,8b	63,1ab	61,7cd	59,7bcd	60,7cd
B3	40,8d	57,3abcd	49,0c	57,9c	58,6a	58,2b	63,8a	60,7bcd	62,3c	60,7def	59,8bcd	60,3de
B4	38,3e	54,3cde	46,3d	55,4de	55,3b	55,3cd	61,9cd	59,8def	60,8de	59,7fg	58,7de	59,2f
B5	32,3f	52,4de	42,3e	54,3e	54,9b	54,5de	60,3ef	58,8fgh	59,5g	58,0h	57,9ef	57,9g
H1	28,8g	49,9ef	39,3f	50,5h	51,7c	51,1g	58,2g	57,6i	57,9i	56,3i	56,9fg	56,6h
H2	30,3fg	52,6de	41,5e	49,7h	52,8c	51,2g	59,7f	57,9hi	58,8h	59,5g	57,4fg	58,4g
H3	32,2f	53,2de	42,7e	52,7fg	54,6b	53,7ef	61,0de	58,4ghi	59,7fg	60,4efg	58,7de	59,6f
H4	36,8e	56,0bcd	46,4d	56d	56,4b	56,2c	63,2ab	59,3efg	61,2d	61,2cde	60,7ab	60,9bc
H5	44,9c	60,4ab	52,7b	59,4ab	58,9a	59,2ab	63,9a	61,2bc	62,5bc	62,1bc	61,2a	61,7ab
P1	31,8f	54,5cde	43,1e	52,5g	53,2c	52,8f	61,2de	59,7def	60,4def	60,2efg	58,7de	59,4f
P2	36,9e	56,5bcd	46,7d	54ef	55,4b	54,7de	61,2de	60,2cde	60,7de	60,3efg	59,4cd	59,8ef
P3	36,6e	54,5cde	45,6d	54,1ef	52,8c	53,4f	61,0de	59,1efg	60,0efg	59,4g	58,8de	59,1f
P4	46,7bc	58,8abc	52,7b	58,6bc	58,9a	58,8b	62,5bc	61,7b	62,1c	61,7cd	61,2a	61,4ab
TE	28,6g	48,1f	38,3f	50,6h	52,6c	51,6g	58,2g	57,7hi	57,9i	55,6i	56,7g	56,1h
TP	53,1a	61,3a	57,2a	60,2a	59,7a	60,0a	64,3a	63a	63,6a	63,1a	61,1a	62,1a
MOY	38,6	55,5	47,1	55,3	55,9	55,6	61,8	60	60,9	60,2	59,2	59,7
CV	3,0	3,3	3,3	1,2	1,5	1,3	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
F	146,1***	12,3***	85,1***	81,6***	36,1***	106,9***	40,7***	36,1***	72,6***	62,6***	25,3***	78,1***

Trait= traitement ; FSSC16= Fanaye saison chèche chaude 2016 ; BSSC16= Bokhol saison chèche chaude 2016 ; FSH16= Fanaye saison humide 2016 ; GSH16= Gaé saison humide 2016 ; FSSC17= Fanaye saison chèche chaude 2017 ; RSSC17= Razel saison chèche chaude 2017 ; FSH17= Fanaye saison humide 2017 ; TSH17= Thiangaye saison humide 2017 ; Moy = moyenne
Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats de l'analyse de variance sur la hauteur des plantes en saison sèche chaude 2016 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Bokhol) ont révélé les effets de traitements très hautement significatifs avec $P < 0,001$ (Tableau 29). Toutefois, la moyenne des hauteurs est supérieure à Bokhol (55,5 cm) par rapport à Fanaye où elle est de 38,6 cm. Les résultats combinés des deux sites ont permis de ressortir 6 groupes homogènes.

Le groupe 1 renferme le témoin enherbé (TE) et H1 dont la hauteur des plantes ne dépasse pas 39,3 cm.

Les traitements H2, B5, H3 et P1 concernent le second groupe dans lesquels la hauteur des plantes varie entre 41,5 à 43,1 cm.

Le troisième groupe porte sur les traitements P3, B4, H4 et P2, traitements avec des hauteurs de 46,7 cm.

Le groupe 4 est composé de B3 dont les plantes sont hautes de 49 cm ; quant au cinquième groupe, il comprend les séries de traitements H5, P4 et B2 avec des hauteurs de 53,2 cm.

Le groupe 6 est composé du témoin propre (TP) et B1 dont la hauteur des plantes ne dépassent pas 57,2 cm.

Le classement décroissant des traitements est comme suivant : TP, B1, B2, P4, H5, B3, P2, H4, B4, P3, P1, H3, B5, H2, H1 et TE.

Ces résultats montrent que les meilleures hauteurs du riz en saison sèche chaude sont obtenues dans les traitements maintenus propres tout au début à partir du 12^{ème} JAL jusqu'au 48^{ème} JAL.

En saison humide 2016, les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plantes dans le site de Fanaye et Gaé ont montré des effets de traitements très hautement significatifs dont la probabilité $P < 0,001$ (Tableau 29). La moyenne des hauteurs dans les deux sites (Fanaye et Gaé) est cependant légèrement supérieure à Gaé avec 55,9 cm et à Fanaye, elle est de 55,3 cm. L'analyse cumulée des deux sites a permis d'obtenir 9 groupes homogènes.

Le premier groupe concerne les traitements H1, H2 et le témoin enherbé (TE) dont la hauteur des plantes de 51,6 cm et le dernier groupe (groupe 9) qui est de l'ordre de 60 cm pour les traitements TP et B1.

Entre ces deux groupes extrêmes, il existe des groupes intermédiaires pour lesquels la hauteur est de 53,4 cm en P1 et P3 (groupe 2) ; 53,7 cm en H3 (groupe 3) ; 54,7 cm en B5 et P2 (groupe 4) ; 55,3 cm en B4 (groupe 5) ; 56,2 cm en H4 (groupe 6) ; 58,8 cm en B2, B3 et P4 (groupe 7) et 59,2 cm en H5 (groupe 8).

Le classement décroissant des biomasses en fonction des traitements est le suivant : TP, B1, H5, P4, B2, B3, H4, B4, P2, B5, H3, P3, P1, TE, H2 et H1.

Ces résultats montrent qu'en saison humide, le désherbage du riz est très important pour obtenir les bonnes hauteurs de riz. Anisi ces résultats suggèrent de biner les parcelles au 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

Les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plantes de riz en saison sèche chaude 2017 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Razel) ont montré des effets traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Toutefois, la moyenne des traitements par site est plus importante à Fanaye avec des hauteurs de 61,8 cm et à Razel, la moyenne est de 60 cm (Tableau 29). L'analyse globale des deux sites a permis de lister 12 groupes homogènes.

Le premier groupe présente H1 et TE avec des hauteurs de 57,9 cm ; le deuxième groupe H2 dont la hauteur des plantes est de 58,8 cm.

Le groupe 3 comprend B5 avec une hauteur de 59,5 cm ; le quatrième groupe est présenté par H3 dans lequel la hauteur des plantes est de 59,7 cm.

Les traitements P3 correspondent au cinquième groupe et P1 le sixième groupe dont les hauteurs sont respectivement de 60 cm et 60,4 cm.

Le groupe 7 renferme P2 et B4 avec des plantes hautes de 60,8 cm et le huitième groupe concerne le traitement H4 pour des hauteurs de 61,2 cm.

Le groupe 9 (P4 et B3) et le dixième groupe (H5) ont des hauteurs respectives de 62,3 cm et 62,5 cm.

Quant au groupe 11, il correspond au traitement B2 dont la hauteur est de 61,1 cm et le douzième groupe (TP et B1) ont des hauteurs de 63,8 cm.

Le traitement décroissant des traitements est proposé comme suivant : B1, TP, B2, H5, B3, P4, H4, B4, P2, P1, P3, H3, B5, H2, TE et H1.

Ces résultats indiquent que le désherbage du riz en saison sèche chaude est important dès le début, au 12^{ème} JAL et que les adventices doivent être maîtrisées jusqu'au 48^{ème} JAL.

En saison humide 2017, les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plantes de riz dans la station de Fanaye et à Thiangaye ont révélé des effets de traitements très hautements significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 29). Cependant, la moyenne des hauteurs est plus élevée à Fanaye avec 60,2 cm contrairement à Thiangaye où la moyenne est de 59,2 cm. Les résultats de l'analyse combinée des deux sites ont indiqué 9 groupes homogènes.

Le premier groupe comprend les traitements H1 et TE dont la hauteur des plantes est de 56,6 cm et le dernier groupe (groupe 9) qui est de l'ordre de 62,1 cm pour le témoin propre (TP). Entre ces deux groupes, il existe des groupes intermédiaires pour lesquels la hauteur est de 58,4 cm en B5 et H2 (groupe 2) ; 59,6 cm en P3, B4, P1 et H3 (groupe 3) ; 59,8 cm

en P2 (groupe 4) ; 60,3 cm en B3 (groupe 5) ; 60,7 cm en B2 (groupe 6) ; 60,9 cm en H4 (groupe 7) et 61,7 cm en P4, B1 et H5 (groupe 8).

Un classement décroissant nous a permis d'obtenir la série de traitements suivant : TP, H5, B1, P4, H4, B2, B3, P2, H3, P1, B4, P3, H2, B5, H1 et TE.

Ces observations montrent l'importance de maintenir propre le riz en saison humide à partir du 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

IV.2.3.2. Effets des traitements sur le nombre de panicules par mètre carré

Tableau 30 : Effets des traitements sur le nombre de panicules par mètre carré

Trait	SITES											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSH17	TSH17	moy
B1	562 ^b	576 ^{bc}	569^b	159 ^{abc}	221 ^{cd}	190^{bcd}	545 ^{ab}	457 ^{ab}	501^{ab}	449 ^a	463 ^a	456^a
B2	546 ^b	544 ^{cd}	545^{bc}	147 ^{bcd}	214 ^{cde}	180^{cde}	541 ^{ab}	437 ^{abcd}	489^{ab}	444 ^a	456 ^a	450^a
B3	519 ^{bc}	517 ^{de}	518^{cd}	137 ^{cde}	210 ^{de}	173^{def}	511 ^{bc}	414 ^{bcd}	462^{cd}	388 ^b	442 ^a	415^{abc}
B4	467 ^d	495 ^e	481^e	122 ^{def}	205 ^{de}	164^{ef}	491 ^{cd}	399 ^{de}	445^{de}	366 ^b	434 ^a	400^{bcd}
B5	455 ^d	451 ^f	453^f	113 ^{ef}	197 ^{de}	155^{fg}	467 ^{cde}	391 ^e	429^e	301 ^c	381 ^{ab}	341^{ef}
H1	408 ^e	403 ^h	406^{gh}	105 ^f	190 ^e	147^g	432 ^{ef}	353 ^f	392^f	284 ^c	336 ^b	310^f
H2	451 ^d	413 ^{gh}	432^{fg}	119 ^{def}	212 ^{cde}	166^{ef}	438 ^{ef}	406 ^{cde}	422^e	290 ^c	395 ^{ab}	343^{ef}
H3	460 ^d	544 ^{cd}	502^{de}	137 ^{cde}	226 ^{bcd}	181^{cde}	460 ^{de}	431 ^{abcde}	446^{de}	355 ^b	413 ^a	384^{cd}
H4	481 ^{cd}	566 ^{bc}	523^{cd}	155 ^{abc}	239 ^{abc}	197^{bc}	511 ^{bc}	450 ^{abc}	480^{bc}	425 ^a	421 ^a	423^{ab}
H5	492 ^{cd}	594 ^{ab}	543^{bc}	160 ^{abc}	247 ^{ab}	203^{ab}	554 ^a	460 ^a	507^{ab}	444 ^a	433 ^a	439^{ab}
P1	389 ^e	433 ^{fgh}	411^{gh}	135 ^{cde}	209 ^{de}	172^{def}	480 ^{cd}	356 ^f	418^e	344 ^b	419 ^a	381^{cd}
P2	408 ^e	445 ^{fg}	426^{gh}	134 ^{cde}	219 ^{cde}	176^{de}	511 ^{bc}	408 ^{cde}	460^{cd}	362 ^b	405 ^a	383^{cd}
P3	403 ^e	423 ^{fgh}	413^{gh}	131 ^{cdef}	207 ^{de}	169^{ef}	469 ^{cde}	398 ^{de}	433^e	341 ^b	388 ^{ab}	365^{de}
P4	555 ^b	569 ^{bc}	562^b	175 ^{ab}	253 ^a	214^a	559 ^a	448 ^{abc}	503^{ab}	438 ^a	430 ^a	434^{ab}
TE	398 ^e	401 ^h	400^h	103 ^f	190 ^e	147^g	410 ^f	351 ^f	380^f	279 ^c	333 ^b	306^f
TP	618 ^a	616 ^a	617^a	181 ^a	249 ^{ab}	215^a	550 ^a	473 ^a	512^a	443 ^a	456 ^a	450^a
MOY	476	499	487	138	218	178	495	114	455	372	413	392
CV	4,4	3	3,7	8,4	5	6,4	3,4	4,1	3,8	5,3	6,7	6,1
F	32,6***	72,1***	86,2***	11,8***	10,0***	20,8***	22,8***	15,4***	34,6***	30,1***	5,8***	24,9***

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison sèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison sèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison sèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison sèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats obtenus en saison sèche chaude 2016 dans la station de Fanaye et à Bokhol montrent que les traitements de désherbage sur le nombre de panicules par mètre carré sont très hautement significatifs $P < 0,001$ (Tableau 30). Toutefois, ces variations se sont beaucoup plus exprimées à Bokhol avec une moyenne de 499 panicules/m² par rapport à Fanaye (476 panicules/m²).

La moyenne des traitements des deux sites a ressorti 10 groupes homogènes. Le premier groupe concerne le témoin enherbé (TE) avec des plantes qui présentent le plus petit nombre de panicules (400 panicules/m²).

Le second groupe est constitué des traitements H1, P1, P3 et P2 où les panicules par mètre carré ne dépassent pas 427. Dans ce groupe, la pression des adventices est assez forte dès le début de la levée notamment à partir du 12^{ème} JAL.

Le troisième groupe concerne H2 avec 432 panicules/m² et le quatrième groupe B5 pour une production de 453 panicules/m².

Le cinquième groupe renferme le traitement B4 avec 481 panicules/m²; quant au sixième groupe, il renferme le traitement H3 qui est de l'ordre de 502 panicules/m².

Le septième groupe (B3, H4) et le huitième groupe (H5, B2) comportent respectivement 518 à 523 panicules/m² et 543 à 545 panicules/m².

Dans le groupe 9 sont inclus les traitements P4 et B1 avec le nombre de panicule qui varie de 562 à 569.

Le dixième groupe est caractérisé par le témoin propre (TP) avec 617 panicules/m².

Un classement décroissant des traitements est comme suivant : TP, B1, P4, B2, H5, H4, B3, H3, B4, B5, H2, P2, P3, P1, H1 et TE.

Il ressort des ces résultats que la culture de riz doit être maintenue propre des mauvaises herbes en saison sèche chaude, notamment dès le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL. Cet intervalle permettra au riz d'éviter la compétition précoce et la compétition tardive.

Au cours de la saison humide 2016, l'analyse de variance des résultats dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Gaé) a révélé un effet de traitement très hautement significatif ($P < 0,001$). La moyenne des traitements est plus élevée dans le site de Gaé correspondant à 218 panicules/m², à Fanaye elle est de 138 panicules/m² (Tableau 30). L'analyse combinée des sites de Fanaye et Gaé ont permis d'obtenir 10 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué de TE et H1 dans lequel, le nombre de panicules par mètre carré ne dépasse pas 148 tandis que la plus élevée (216 panicules/m²) est obtenue pour le P4 et le témoin propre TP (groupe 10).

Entre ces groupes (1 et 10), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le nombre de panicule par mètre carré est de 155 en B5 (groupe 2) ; 164 à 169 panicules/m² en B4, H2 et P3 (groupe 3) ; 173 panicules/m² en P1 et B3 (groupe 4) ; 176 panicules/m² en P2 (groupe 5) ; 181 panicules/m² en B2 et H3 (groupe 6) ; 190 panicules/m² en B1 (groupe 7) ; 197 panicules/m² en H4 (groupe 8) et 203 panicules/m² en H5 (groupe 9).

Un classement dans l'ordre décroissant du nombre de panicules par mètre carré des différents traitements de désherbage se présente comme suit : TP, P4, H5, H4, B1, H3, B2, P2, B3, P1, P3, H2, B4, B5, H1 et TE.

Ces observations montrent la nécessité de maintenir propre les parcelles de riz les 24 premiers jours après levée du riz.

Les résultats de la saison sèche chaude 2017 dans les deux sites (Fanaye et Razel ou Ngoro-Fanaye) ont donné des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$) sur le nombre de panicules par mètre carré (Tableau 30). La moyenne des traitements est supérieure à Fanaye avec 495 panicules par mètre carré. Dans le site de Razel, elle n'est de 114 panicules par mètre carré. Les résultats cumulés des deux sites ont donné 7 groupes homogènes.

Le groupe 1 renferme les traitements TE et H1 dans lesquels le nombre de panicules par mètre carré ne dépasse pas 392.

Le second groupe concerne les traitements P1, H2, B5 et P3 où le nombre de panicules par mètre carré tourne autour de 433.

Le groupe 3 comprend les traitements B4 et H3 avec 446 panicules par mètre carré.

Le quatrième groupe est composé de P2 et B3 dont la production de panicules par mètre carré est de 462.

Le cinquième groupe comporte le H4 avec 480 panicules par mètre carré.

Le sixième groupe renferme les traitements (B2, B1, P4, H5) et le septième groupe (TP) compte respectivement 489 à 507 et 512 panicules par mètre carré.

Un classement dans l'ordre décroissant du nombre de panicules par mètre carré des traitements de désherbage est proposé comme suit : TP, H5, P4, B1, B2, H4, B3, P2, H3, B4, P3, B5, H2, P1, H1 et TE.

Ce classement montre que les plus grands nombres de panicules ont été obtenus dans les traitements où le riz est maintenu propre à partir du 12^{ème} JAL, au 48^{ème} JAL.

En saison humide 2017, les résultats de l'analyse de variance des traitements sur le nombre de panicules par mètre carré à Fanaye et Thiangaye ont donné des effets très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 30). La moyenne des traitements est plus importante à Thiangaye avec 413 panicules par mètre carré, par contre à Fanaye elle est de 372 panicules par mètre carré. Les résultats combinés des deux sites ont révélés l'existence de 8 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué du témoin enherbé (TE) et H1 dans lequel, le nombre de panicules par mètre carré ne dépasse pas 310 alors que le plus élevé (456 panicules/m²) est obtenue pour le TP, B1 et B2 (groupe 8).

Entre ces groupes (1 et 8), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le nombre de panicule par mètre carré est de 343 en B5 et H2 (groupe 2) ; 365 panicules/m² en P3 (groupe 3) ; 384 panicules/m² en P1, P2 et H3 (groupe 4) ; 400 panicules/m² en B4 (groupe 5) ; 415 panicules/m² en B3 (groupe 6) et 423 à 439 panicules/m² en H4, P4 et H5 (groupe 7).

Un classement dans l'ordre décroissant des traitements de désherbage en fonction du nombre de panicules par mètre carré est proposé : B1, B2, TP, H5, P4, H4, B3, B4, H3, P2, P1, P3, H2, B5, H1 et TE.

A travers ce classement, il apparait que le plus grand nombre de panicules est obtenu dans les traitements où les adventices ont été maîtrisées dès le début, à partir du 24^{ème} JAL et un peu plus tard c'est-à-dire le 48^{ème} JAL. En outre, il apparait que le maintien de la parcelle propre du semis à la récolte ne donne pas toujours les meilleurs rendements.

Conclusion partielle sur le nombre de panicules par mètre carré

Le nombre de panicules par mètre carré varie selon l'année et les saisons.

Les panicules les plus élevées sont obtenues dans les traitements maintenus propres en saison sèche chaude entre le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL.

Contrairement à la saison sèche chaude, pour la saison humide, les meilleures panicules sont obtenues pour les désherbages effectués entre le 24^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL du riz.

IV.2.3.3. Effets des traitements sur le poids d'une panicule

Tableau 31 : Effets des traitements sur le poids d'une panicule

Trait	ENVIRONNEMENTS									Moy		
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy		FSH17	TSH17
B1	2,3 ^{ab}	2,6 ^{ab}	2,4^b	2,4 ^{ab}	2,4 ^{ab}	2,4^b	2,7 ^{ab}	2,6 ^a	2,6^{ab}	2,3 ^{ab}	2,2 ^{ab}	2,3^b
B2	2,2 ^{abc}	2,3 ^{bc}	2,2^{bc}	2,1 ^{bcd}	2,1 ^{bcd}	2,1^c	2,4 ^{abcd}	2,3 ^a	2,4^b	1,9 ^{bcd}	2 ^{bcd}	2,0^{cde}
B3	2,1 ^{abcde}	1,8 ^{cd}	1,9^{cd}	1,7 ^{de}	1,8 ^{cde}	1,8^d	2,1 ^{bcdef}	1,9 ^b	2^c	1,6 ^{cde}	1,7 ^{de}	1,6^{fg}
B4	1,9 ^{bcdef}	1,4 ^{def}	1,6^{def}	1,4 ^{ef}	1,4 ^{efg}	1,4^{ef}	1,8 ^{cdefg}	1,5 ^c	1,6^{cd}	1,3 ^{ef}	1,3 ^f	1,3^{hi}
B5	1,6 ^{cdefg}	1 ^g	1,3^{fg}	1,1 ^f	1,2 ^{fg}	1,1^f	1,4 ^{fgh}	1,2 ^c	1,3^{ef}	0,8 ^f	0,9 ^g	0,9^{jk}
H1	1,0 ^g	1,1 ^{efg}	1,0^{gh}	1,3 ^{ef}	1,0 ^g	1,1^f	1,3 ^{gh}	1,1 ^c	1,2^f	1,1 ^{ef}	1 ^g	1,0^{ij}
H2	1,3 ^{fg}	1,4 ^{def}	1,4^{fg}	1,6 ^{ef}	1,4 ^{efg}	1,5^e	1,6 ^{efg}	1,5 ^c	1,5^{de}	1,3 ^{ef}	1,3 ^f	1,3^{hi}
H3	1,5 ^{defg}	1,7 ^{cde}	1,6^{def}	1,9 ^{cd}	1,7 ^{de}	1,8^d	1,9 ^{cdefg}	1,8 ^b	1,9^c	1,7 ^{cde}	1,7 ^{cde}	1,7^{efg}
H4	1,8 ^{bcdef}	2,0 ^{bc}	1,9^{cde}	2,3 ^{abc}	2 ^{cd}	2,1^c	2,3 ^{abcde}	2,3 ^a	2,3^b	2,0 ^{bcd}	1,8 ^{cde}	1,9^{def}
H5	1,9 ^{bcdef}	2,2 ^{bc}	2,0^{bc}	2,6 ^a	2,2 ^{bc}	2,4^b	2,5 ^{abc}	2,5 ^a	2,5^{ab}	2,4 ^{ab}	2,0 ^{bc}	2,2^{bc}
P1	1,4 ^{efg}	1,4 ^{def}	1,4^f	1,4 ^{ef}	1,4 ^{efg}	1,4^{ef}	1,8 ^{defg}	1,3 ^c	1,5^{de}	1,2 ^{ef}	1,3 ^f	1,3^{hi}
P2	1,6 ^{bcdefg}	1,4 ^{def}	1,5^{ef}	1,3 ^{ef}	1,5 ^{ef}	1,4^{ef}	1,9 ^{cdef}	1,5 ^c	1,7^{cd}	1,5 ^{de}	1,4 ^{ef}	1,5^{gh}
P3	1,7 ^{bcdef}	1,3 ^{def}	1,5^{def}	1,2 ^f	1,4 ^{efg}	1,3^{ef}	1,6 ^{efg}	1,4 ^c	1,5^{de}	1,3 ^{ef}	1,6 ^{ef}	1,4^{gh}
P4	2,1 ^{abcd}	2,2 ^{bc}	2,2^{bc}	2,2 ^{bc}	2,1 ^{bcd}	2,1^c	2,4 ^{abcd}	2,4 ^a	2,4^b	2,2 ^{abc}	2,0 ^{bcd}	2,1^{bcd}
TE	1,0 ^g	0,6 ^g	0,8^h	1,2 ^f	0,6 ^h	0,9^g	0,9 ^h	0,7 ^d	0,8^g	0,9 ^f	0,5 ^h	0,7^k
TP	2,6 ^a	2,8 ^a	2,7^a	2,7 ^a	2,7 ^a	2,7^a	2,8 ^a	2,7 ^a	2,8^a	2,7 ^a	2,4 ^a	2,5^a
MOY	1,8	1,7	1,8	1,8	1,7	1,8	2	1,8	1,9	1,7	1,6	1,6
CV	14,1	14,2	14,1	10,2	10,2	10,2	13	9,9	11,7	13,5	9	11,6
F	9,3***	18,1***	24,9***	25,9***	29,5***	53,0***	12,5***	35,1***	38,8***	17,5***	36,9***	44,5***

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison chèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison chèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison chèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison chèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats de l'analyse de variance des traitements sur le poids d'une panicule en saison sèche chaude 2016 à Fanaye et à Bokhol ont montré des différences significatives ($P < 0,001$). La moyenne est traitements est cependant légèrement supérieure à Fanaye de 1,8 g et à Bokhol la moyenne est de 1,7 g (Tableau 31). Les analyses cumulées des deux sites (Fanaye et Bokhol) ont donnés 11 groupes homogènes.

Le groupe 1 qui présente le plus faible poids des panicules (0,8 g) est présenté par le témoin enherbé (TE).

Le groupe 2 concerne le traitement H1 où le poids de la panicule est de 1 g.

Les traitements B5 et H2 regroupent le groupe 3 avec des poids de 1,4 g.

Le quatrième groupe (P1) et le cinquième groupe (P2) ont des poids respectifs de 1,4 et 1,5 g.

Le groupe 6 est formé des traitements P3, H3 et B4 et le poids de la panicule est de 1,7 g.

Le septième groupe (H4) et le huitième groupe (B3) ont des poids de panicule égale à 1,9 g.

Les traitements H5, P4 et B2 concernent le groupe 9 et dans ce groupe, le poids de la panicule n'excède pas 2,3 g.

Le dixième groupe est présenté par le traitement B1 avec comme poids 2,5 g.

Le dernier groupe 11 est formé du témoin propre (TP) où le poids de la panicule est de l'ordre de 2,7 g.

Un classement dans l'ordre décroissant du poids d'une panicule dans les traitements est le suivant: TP, B1, B2, P4, H5, B3, H4, B4, H3, P3, P2, P1, H2, B5, H1 et TE.

Les résultats de ce classement montrent que les meilleurs poids des panicules sont obtenus en saison sèche chaude lorsque les parcelles sont maintenues propres à partir du 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL du riz.

En saison humide 2016, les résultats de l'analyse de variance des traitements sur le poids d'une panicule ont révélé des effets traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$), dans les localités de Fanaye et Gaé (Tableau 31). En outre, la moyenne des traitements est légèrement supérieure à Fanaye de 1,8 g, alors qu'elle est de 1,7 gramme à Gaé. Les résultats combinés des sites de Fanaye et Gaé ont permis de répertorier 8 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué du témoin enherbé (TE) dans lequel, le poids de la panicule est de 0,9 g alors que le plus élevé (2,7 g) est obtenu pour le TP (groupe 8).

Entre ces groupes (1 et 8), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le poids de la panicule est de 1,1 g en B5 et H1 (groupe 2) ; 1,4 g en P3, P1, P2 et B4 (groupe 3) ; 1,5 g en H2 (groupe 4) ; 1,8 g en B3 et H3 (groupe 5) ; 2,1 g en B2, H4 et P4 (groupe 6) et 2,4 g en H5 et B1 (groupe 7).

Un classement dans l'ordre décroissant du poids d'une panicule dans les traitements donne la succession suivante: TP, B1, H5, P4, H4, B2, H3, B3, H2, B4, P2, P1, P3, H1, B5 et TE.

Ces observations indiquent que le poids d'une panicule est plus important dans les traitements maintenus propres en début de cycle du riz à partir du 24^{ème} JAL et vers le 48^{ème} JAL.

Les résultats de l'analyse de variance en saison sèche chaude 2017 dans les deux sites (Fanaye et Razel) sur le poids d'une panicule ont indiqué des effets traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 31). Néanmoins, l'analyse des résultats des deux sites a montré que la moyenne des traitements est plus élevée à Fanaye de 2 grammes et 1,8 g à Razel. Les résultats globaux des traitements des sites de Fanaye et Razel ont ressorti 9 groupes homogènes.

Le premier groupe est composé du témoin enherbé (TE) avec le plus petit poids de la panicule de 0,8 g et le deuxième groupe concerne H1 dont le poids de la panicule est de 1,2 g.

Le traitement B5 est le troisième groupe dont le poids est de 1,3 g.

Dans le quatrième groupe, nous avons les traitements P3, P1 et H2 dans lesquels le poids de la panicule ne dépasse pas 1,5 g.

Le cinquième groupe (B4, P2) et le sixième groupe (H3, B3) ont des poids respectifs de 1,8 et 2 g.

Le septième groupe couvre les traitements H4, P4 et B2 dont le poids de la panicule est de 2,4 g, alors que le huitième groupe est composé des traitements H5 et B1 et pèse 2,6 g.

Le neuvième groupe concerne le témoin propre (TP) qui a le plus grand poids de la panicule de l'ordre de 2,8 g.

Un classement décroissant du poids de la panicule en fonction des traitements a donné la succession suivante : TP, B1, H5, B2, P4, H4, B3, H3 P2, B4, H2, P1, P3, B5, H1 et TE.

Ces résultats nous renseignent que pour avoir un bon poids des panicules, les parcelles de riz en saison sèche chaude doivent être maintenues propres en début de cycle, à partir du 12^{ème} JAL et au tallage maximum, vers le 48^{ème} AJL.

L'analyse de variance du poids d'une panicule dans les traitements en saison humide 2017 dans la station de Fanaye et à Thiangaye a révélé des effets très hautement significatifs ($P < 0,001$). La moyenne des traitements est plus élevée à Fanaye avec 1,7 g contre Thiangaye qui est de 1,6 g (Tableau 31). Toutefois, les résultats de l'analyse cumulée des deux sites ont donné 13 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué du témoin enherbé (TE) dans lequel, le poids de la panicule est de 0,7 g alors que le plus élevé (2,5 g) est obtenu pour le TP (groupe 13).

Entre ces groupes (1 et 13), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le poids de la panicule est de 0,9 g en B5 (groupe 2) ; 1 g en H1 (groupe 3) ; 1,3 g en P1, B4 et H2 (groupe 4) ; 1,5 g en P2 et P3 (groupe 5) ; 1,6 g en B3 (groupe 6) ; 1,7 g en H3 (groupe 7) ; 1,9 g en H4 (groupe 8) ; 2 g en B2 (groupe 9) ; 2,1 g en P4 (groupe 10) ; 2,2 g en H5 (groupe 11) et 2,3 g en B1 (groupe 12).

Un classement dans l'ordre décroissant a permis de ressortir les séries de traitements suivants : TP, B1, H5, P4, B2, H4, H3, B3, P2, P3, P1, H2, B4, H1, B5 et TE.

Ces résultats montrent l'importance de désherber les parcelles de riz en saison humide dès le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour obtenir les bons poids des panicules.

Conclusion partielle sur le poids d'une panicule

Pour avoir un bon poids des panicules, les parcelles de riz en saison sèche chaude doivent être maintenues propres en début de cycle, à partir du 12^{ème} JAL et au tallage maximum, vers le 48^{ème} AJL.

En saison humide, les bons poids de la panicule sont déterminés à la même période qu'en contre saison pour les traitements maintenus propres entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL du riz.

IV.2.3.4. Effets des traitements sur le poids de 1000 grains

Tableau 32 : Effets des traitements sur le poids de 1000 grains

Trait	ENVIRONNEMENTS											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSH17	TSH17	Moy
B1	22,8 ^{ab}	22,9 ^{ab}	22,8^a	22,8 ^{ab}	22,9 ^a	22,8^{ab}	22,9 ^a	22,9 ^{ab}	22,9^{ab}	22,9 ^a	22,9 ^{ab}	22,9^{ab}
B2	22,8 ^{ab}	22,8 ^{ab}	22,8^a	22,8 ^{ab}	22,7 ^a	22,7^{ab}	22,8 ^a	22,8 ^{ab}	22,8^{abc}	22,8 ^a	22,7 ^{abc}	22,7^{abcd}
B3	22,7 ^{ab}	22,7 ^{ab}	22,7^a	22,7 ^{abc}	22,6 ^a	22,6^{ab}	22,8 ^a	22,7 ^{abc}	22,8^{abc}	22,7 ^a	22,5 ^{abc}	22,6^{abcd}
B4	22,6 ^{ab}	22,6 ^{ab}	22,6^{ab}	22,3 ^{abcd}	22,7 ^a	22,5^b	22,7 ^a	22,5 ^{abcd}	22,7^{bcd}	22,6 ^a	22,2 ^{cd}	22,4^{cde}
B5	22,2 ^{ab}	22,4 ^{abc}	22,3^{ab}	22,1 ^{abcd}	22,6 ^a	22,3^b	22,5 ^{ab}	22,4 ^{cd}	22,4^d	22,4 ^{ab}	22,0 ^d	22,2^e
H1	22,1 ^{ab}	21,9 ^{bc}	22,0^{bc}	21,9 ^{cd}	21,8 ^b	21,9^c	21,8 ^c	21,8 ^e	21,8^e	21,8 ^{bc}	21,4 ^e	21,6^f
H2	22,7 ^{ab}	22,8 ^{ab}	22,8^a	22,6 ^{abc}	22,0 ^b	22,3^b	22,3 ^b	22,5 ^{abcd}	22,4^d	22,7 ^a	22,3 ^{bcd}	22,5^{bcd}
H3	22,8 ^{ab}	22,8 ^{ab}	22,8^a	22,7 ^{abc}	22,8 ^a	22,7^{ab}	22,8 ^a	22,7 ^{abc}	22,8^{abc}	22,8 ^a	22,7 ^{abc}	22,8^{abcd}
H4	22,9 ^{ab}	22,9 ^{ab}	22,9^a	22,8 ^{ab}	22,8 ^a	22,8^{ab}	22,8 ^a	22,9 ^{ab}	22,8^{abc}	23 ^a	22,8 ^{abc}	22,9^{abc}
H5	22,9 ^{ab}	22,9 ^{ab}	22,9^a	22,8 ^{ab}	22,8 ^a	22,8^{ab}	22,9 ^a	22,9 ^a	22,9^{ab}	22,9 ^a	22,9 ^{ab}	22,9^{ab}
P1	22,7 ^{ab}	22,2 ^{abc}	22,4^{ab}	22,7 ^{abc}	22,7 ^a	22,7^{ab}	22,6 ^{ab}	22,3 ^d	22,4^d	22,3 ^{ab}	22,5 ^{bc}	22,3^{de}
P2	22,6 ^{ab}	22,6 ^{ab}	22,6^{ab}	22,5 ^{abc}	22,6 ^a	22,6^{ab}	22,7 ^{ab}	22,5 ^{bcd}	22,6^{cd}	22,7 ^a	22,3 ^{cd}	22,5^{bcd}
P3	22,3 ^{ab}	22,6 ^{ab}	22,5^{ab}	22,2 ^{abcd}	22,6 ^a	22,4^b	22,5 ^{ab}	22,4 ^{cd}	22,5^d	22,3 ^{ab}	22,4 ^{bcd}	22,3^{de}
P4	22,8 ^{ab}	22,9 ^{ab}	22,9^a	22,9 ^{ab}	22,8 ^a	22,8^{ab}	22,9 ^a	22,8 ^{abc}	22,8^{abc}	22,8 ^a	22,8 ^{abc}	22,8^{abcd}
TE	21,9 ^b	21,6 ^c	21,7^c	21,6 ^d	21,9 ^b	21,7^c	21,6 ^c	21,8 ^e	21,7^e	21,4 ^c	21,2 ^e	21,3^g
TP	23,0 ^a	23,03 ^a	23,0^a	23,1 ^a	23,0 ^a	23,0^a	23,0 ^a	22,9 ^a	23^a	23 ^a	23,0 ^a	23,0^a
MOY	22,6	22,6	22,6	22,5	22,6	22,5	22,6	22,5	22,6	22,6	22,4	22,5
CV	1,7	1,6	1,6	1,3	1,1	1,2	0,8	0,7	0,7	1,3	0,9	1,1
F	2,2*	3,5**	5,2***	5,5***	5,6***	9,6***	15,6***	15,5***	30,1***	7,1***	20,7***	21,9***

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison chèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison chèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison chèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison chèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats de l'analyse de variance de la saison sèche chaude 2016 sur le poids de 1000 grains ont indiqué que les traitements sont significatifs ($P < 0,005$) dans la station de Fanaye et hautement significatifs à Bokhol avec $P < 0,01$ (Tableau 32). Les moyennes des traitements

sont aussi égales dans les deux sites d'expérimentation (22,6 g). Les résultats de l'analyse combinée du site de Fanaye et Bkhol ont permis d'obtenir 4 groupes homogènes.

Le groupe 1 comprend le témoin enherbé (TE), dont le poids de 1000 grains est de 21,7 g.

Le second groupe concerne le traitement H1 avec le poids de 1000 grains qui s'élève à 22 g. Les traitements B5, P1, P3, B4 et P2 constituent le groupe 3 dans lesquels le poids de 1000 grains ne dépasse pas 22,6 g.

Le groupe 4 est composé des traitements B3, B2, H2, H3, B1, P4, H4, H5 et le témoin propre (TP) dans lesquels le poids de 1000 grains peut atteindre 23 g.

Le classement décroissant des traitements est comme suivant : TP, P4, H5, H4, H3, H2, B2, B1, B3, P2, B4, P3, P1, B5, H1 et TE.

Il ressort de ces observations que plus les traitements sont maintenus propres en début de cycle du riz plus les grains de riz sont bien remplis. Ainsi ces résultats confirment la nécessité de maintenir propre les parcelles de riz en saison sèche chaude dès le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour le bon remplissage des grains de riz.

En saison humide 2016, les résultats de l'analyse de variance sur le poids de 1000 grains dans les deux sites (Fanaye et Gaé) ont révélés des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 32). Cependant la moyenne des traitements par site est légèrement supérieure à Gaé avec le poids moyen de 1000 grains qui est égale à 22,6 g, alors qu'à Fanaye, ce poids est de 22,5 g. Les moyennes des traitements des deux sites ont permis de distinguer 4 groupes homogènes.

Le premier groupe comprend les traitements TE et H1 dans lesquels le poids de 1000 grains ne dépassent pas 21,9 g.

Le deuxième groupe est constitué des traitements H2, B5, P3 et B4, traitements dans lesquels le poids de 1000 grains avoisine 22,5 g.

Dans le groupe 3 se succèdent les séries de traitements suivants P2, B3, P1, H3, B2, H5, H4, B1 et P4 dont le poids de 1000 grains ne dépassent pas 22,8 g.

Le quatrième groupe est composé du témoin propre (TP) qui dispose le plus grand poids de 1000 grains qui est égale à 23 g.

Un classement dans l'ordre décroissant a permis de ressortir les séries de traitements suivants : TP, P4, H5, H4, B1, P1, H3, B2, P2, B3, B4, P3, H2, B5, H1 et TE.

La succession des traitements dans ce groupe montre l'importance de maintenir propre le riz notamment entre le 24^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL pour un bon remplissage des grains.

L'analyse de variance des résultats de la saison sèche chaude 2017 dans la station de Fanaye et en milieu paysan (Razel) a montré des effets de traitements très hautement significatifs

($P < 0,001$). Toutefois, la moyenne des traitements de Fanaye est de 22,6 g et celle de Razel qui est égale à 22,5 g (Tableau 32). Les résultats cumulés de l'analyse du site de Fanaye et Razel ont permis d'obtenir 7 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué du témoin enherbé (TE) et H1 dans lequel, le poids de 1000 grains est de 21,8 g alors que le plus élevé (23 g) est obtenu pour le TP (groupe 7).

Entre ces groupes (1 et 7), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le poids de 1000 grains est de 22,5 g en H2, P1, B5 et P3 (groupe 2) ; 22,6 g en P2 (groupe 3) ; 22,7 g en B4 (groupe 4) ; 22,8 g en B3, H3, B2, P4 et H4 (groupe 5) et 22,9 g en B1 et H5 (groupe 6).

Le classement décroissant des traitements a donné la série suivante : TP, H5, B1, P4, H4, H3, B3, B2, B4, P2, P3, P1, H2, B5, H1 et TE.

Ces observations montrent l'importance de désherber le riz entre le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL pour avoir les bonnes qualités de grains.

Au cours de la saison humide 2017, les résultats de l'analyse de variance dans les deux sites (Fanaye et Thiangaye) ont été très hautement significatifs pour les traitements avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 32). La moyenne des traitements par site est supérieure à Fanaye avec 22,6 g alors que dans la cuvette de Thiangaye, elle est de 22,4 g. Les résultats globaux de l'analyse des deux sites ont permis de ressortir 10 groupes homogènes.

Le groupe 1 présente le témoin enherbé (TE) dont le poids de 1000 grains est de 21,3 g.

Le second groupe est constitué du traitement H1 avec un poids de 1000 grains de 21,6 g et le troisième groupe B5 dans lequel le poids de 1000 grains est de 22,2 g.

Les traitements P1 et P3 forment le quatrième groupe dont le poids de 1000 grains ne dépasse pas 22,3 g.

Le groupe 5 présente B4 avec un poids de 1000 grains de 22,4 g et le sixième groupe comprend les traitements P2 et H2 dans lesquels le poids de 1000 grains ne dépasse pas 22,5 g.

Les traitements B3, B2, H3 et P4 correspondent au septième groupe avec des poids de 1000 grains de 22,8 g.

Le huitième groupe est composé de H4 avec un poids de 1000 grains de 22,9 g et le neuvième groupe composé des traitements B1 et H5 dont les poids de 1000 grains de l'ordre de 22,9 g. Le témoin propre (TP) correspond au dixième groupe avec un poids de 1000 grains de 23 g.

Le classement décroissant des traitements est comme suivant : TP, H5, H4, B1, P4, H3, B2, B3, P2, H2, B4, P3, P1, B5, H1 et TE.

Ces résultats révèlent que plus la durée de l'enherbement est longue, plus le remplissage des grains de riz est incomplet d'où la nécessité de maintenir propre les parcelles de riz entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

Conclusion partielle sur le poids de 1000 grains

Le poids de 1000 grains varie selon la durée de l'enherbement des parcelles, plus les parcelles sont propres, plus le remplissage des grains de riz est plein.

L'importance est de désherber le riz entre le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL en saison sèche chaude et au 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL en saison humide pour avoir les bonnes qualités de grains.

IV.2.3.5. Effets des traitements sur le rendement

Tableau 33 : Effets des traitements sur le rendement en T/ha

Trait	SITES											
	FSSC16	BSSC16	moy	FSH16	GSH16	moy	FSSC17	RSSC17	moy	FSH17	TSH17	moy
B1	7,3 ^a	9,2 ^{abc}	8,2^a	6,5 ^{ab}	5,8 ^{ab}	6,1^a	10,0 ^a	9,1 ^{ab}	9,6^a	5,8 ^{ab}	5,0 ^a	5,4^a
B2	5,8 ^b	8,1 ^{bcd}	6,9^b	6,3 ^{ab}	5,9 ^{ab}	6,1^a	8,4 ^{ab}	7,8 ^{bc}	8,1^b	5,5 ^{abc}	4,7 ^{abcd}	5,1^a
B3	4,0 ^c	8,1 ^{bcd}	6,1^{cd}	5,6 ^{abc}	4,8 ^{abcd}	5,2^b	8,7 ^{ab}	6,9 ^{cd}	7,8^b	4,0 ^{cde}	3,8 ^{cde}	3,9^{cd}
B4	3,8 ^c	6,7 ^f	5,2^{de}	5,4 ^{bc}	4,0 ^{cde}	4,7^{bc}	7,7 ^b	5,9 ^{def}	6,8^c	3,8 ^{de}	3,6 ^{def}	3,7^{cd}
B5	3,6 ^{cd}	6,5 ^f	5,0^e	4,7 ^{cd}	3,4 ^{de}	4,1^c	6,9 ^b	5 ^{f^g}	5,9^c	2,9 ^e	1,9 ^g	2,4^e
H1	2,8 ^{de}	4 ^g	3,4^f	3,5 ^e	3,2 ^e	3,3^d	4,7 ^c	3,8 ^g	4,3^d	3,6 ^{de}	2,9 ^{ef}	3,2^d
H2	4,3 ^c	6,9 ^{ef}	5,6^{cde}	3,8 ^{de}	4,5 ^{bcd}	4,1^c	5,4 ^c	4,4 ^{f^g}	4,9^d	4,0 ^{cde}	2,6 ^{f^g}	3,3^d
H3	3,9 ^c	7,3 ^{def}	5,6^{cde}	4,8 ^{cd}	5,3 ^{abc}	5,0^b	8,3 ^{ab}	5,2 ^{f^g}	6,7^c	4,7 ^{abcd}	3,7 ^{de}	4,2^{bc}
H4	6,7 ^{ab}	8,9 ^{abc}	7,8^a	6,3 ^{ab}	5,8 ^{ab}	6,0^a	9,5 ^a	8,2 ^{ab}	8,9^a	5,7 ^{ab}	4,9 ^{abc}	5,3^a
H5	6,8 ^{ab}	9,4 ^{ab}	8,1^a	6,5 ^{ab}	6 ^{ab}	6,2^a	9,8 ^a	8,6 ^{ab}	9,2^a	5,6 ^{abc}	4,9 ^{ab}	5,2^a
P1	4,1 ^c	8,4 ^{abcd}	6,2^{bc}	4,4 ^{cde}	4,7 ^{abcd}	4,5^{bc}	7,3 ^b	4,8 ^{f^g}	6,0^c	4,1 ^{cde}	3,6 ^{def}	3,8^{cd}
P2	4,8 ^c	8,8 ^{abc}	6,8^b	4,7 ^{cd}	5,7 ^{ab}	5,2^b	7,3 ^b	5,5 ^{ef}	6,4^c	4,7 ^{abcd}	3,9 ^{bcd}	4,3^{bc}
P3	4,1 ^c	7,7 ^{cdef}	5,9^{cde}	5 ^{cd}	4,6 ^{abcd}	4,8^{bc}	7,3 ^b	4,7 ^{f^g}	6,0^c	4,2 ^{bcd}	3 ^{ef}	3,6^{cd}
P4	6,6 ^{ab}	9,0 ^{abc}	7,85^a	6,4 ^{ab}	5,5 ^{ab}	6^a	8,6 ^{ab}	6,6 ^{de}	7,6^b	5,0 ^{abcd}	4,6 ^{abcd}	4,8^{ab}
TE	2,1 ^e	3,1 ^g	2,6^g	2,1 ^f	1,6 ^f	1,8^e	2,4 ^d	2,1 ^h	2,2^e	1,8 ^f	1 ^h	1,4^f
TP	7,4 ^a	9,7 ^a	8,6^a	6,8 ^a	6,2 ^a	6,5^a	10,2 ^a	9,3 ^a	9,7^a	6,1 ^a	5,1 ^a	5,6^a
MOY	4,9	7,6	6,3	5,2	4,8	5	7,7	6,1	6,9	4,5	3,7	4,1
CV	9,9	7,3	8,3	9,5	11,4	10,4	9,1	10,1	9,6	13,3	12,1	12,9
F	34,7***	33,8***	63,2***	21,3***	15,3***	33,3***	26,6***	33,0***	56,7***	11,2***	21,1***	29,0***

Trait= traitement ; **FSSC16**= Fanaye saison sèche chaude 2016 ; **BSSC16**= Bokhol saison sèche chaude 2016 ; **FSH16**= Fanaye saison humide 2016 ; **GSH16**= Gaé saison humide 2016 ; **FSSC17**= Fanaye saison sèche chaude 2017 ; **RSSC17**= Razel saison sèche chaude 2017 ; **FSH17**= Fanaye saison humide 2017 ; **TSH17**= Thiangaye saison humide 2017 ; **Moy** = moyenne
 Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

L'analyse de variance des résultats obtenus en saison sèche chaude 2016 dans les deux sites d'expérimentation (Fanaye et Bokhol) a révélé un effet de traitement très hautement significatif (P<0,001). Les rendements sont très variables selon que le riz se trouve à Fanaye

ou à Bokhol (tableau 33). La moyenne des rendements est plus élevée à Bokhol (7,6 t/ha), alors qu'à Fanaye, elle est de 4,9 t/ha. Les résultats des analyses combinées des sites de Fanaye et Bokhol ont révélés 9 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué du témoin enherbé (TE) dans lequel, le rendement est de 2,6 tonnes/ha alors que le plus élevé (8,6 t/ha) est obtenu pour les traitements P4, H4, H5, B1 et TP (groupe 9).

Entre ces groupes (1 et 9), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le rendement est de 3,4 t/ha en H1 (groupe 2) ; 5 t/ha en B5 (groupe 3) ; 5,2 t/ha en B4 (groupe 4) ; 5,9 t/ha en H2, H3 et P3 (groupe 5) ; 6,1 t/ha en B3 (groupe 6) ; 6,2 t/ha en P1 (groupe 7) et 6,9 t/ha en P2 et B2 (groupe 8). Ces résultats montrent qu'en contre-saison, il est préférable de maintenir les parcelles de riz propres dès le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL pour avoir les meilleurs rendements.

L'ordre décroissant des traitements est comme le suivant : TP, B1, H5, P4, H4, B2, P2, P1, B3, P3, H3, H2, B4, B5, H1 et TE.

Le fait de maintenir la parcelle propre du début à la récolte ne garantit pas forcément les bons records de rendements, la concurrence précoce et tardive sont plus déterminantes dans la lutte contre les adventices.

Les résultats de l'analyse de variance sur le rendement de la saison humide 2016 dans la station de Fanaye et à Gaé ont été très hautement significatifs ($P < 0,001$). Toutefois, les moyennes de rendements sont plus importantes à Fanaye avec 5,2 t/ha contrairement à Gaé dont la moyenne est de 4,8 t/ha (Tableau 33). L'analyse globale des deux sites a donné 6 groupes homogènes.

Le groupe 1 est constitué du témoin enherbé (TE) avec le plus faible rendement de 1,8 t/ha. Le groupe 2 est présenté par H1 dont le rendement est de 3,3 t/ha et le troisième groupe renferme les traitements B5 et H2 avec des rendements de 4,1 t/ha.

Les traitements P1, B4 et P3 concernent le quatrième groupe avec des rendements qui ne dépassent pas 4,8 t/ha ; quant au groupe 5, il est composé de H3, B3 et P2 dont le rendement est estimé à 5,2 t/ha.

Le groupe 6 est formé des traitements P4, H4, B2, B1, H5 et TP avec des rendements qui tournent autour de 6 à 6,5 t/ha.

Le classement décroissant des traitements a donné la série suivante : TP, H5, B2, B1, P4, H4, P2, B3, H3, P3, B4, P1, H2, B5, H1 et TE.

Ces observations révèlent que les bons rendements sont obtenus dans les traitements qui sont maintenus propres à partir du 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL du riz.

En saison sèche chaude 2017, les résultats de l'analyse de variance des traitements sur le rendement dans les deux sites (Fanaye et Razel ou Ngoro-Fanaye) ont indiqué des effets très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 33). Il en résulte que la moyenne des rendements est plus élevée à Fanaye de 7,7 t/ha, contre 6,1 t/ha à Razel.

Les résultats de l'analyse combinée des deux sites ont permis de ressortir 5 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué du témoin enherbé (TE) dont le rendement est de 2,2 t/ha.

Le deuxième groupe renferme les traitements H1 et H2 avec des rendements qui ne dépassent pas 4,9 t/ha.

Le troisième groupe est composé de B5, P3, P1, P2, H3 et B4 dont les rendements sont de 6 à 6,8 t/ha.

Les traitements P4, B3 et B2 présentent le groupe 4 avec des rendements de 8,1 t/ha.

Le cinquième groupe est concerné par les traitements H4, H5, B1 et TP pour des rendements de 8,9 à 9,8 t/ha.

L'ordre décroissant des traitements est comme le suivant : TP, B1, H5, H4, B2, B3, P4, B4, H3, P2, P3, P1, B5, H2, H1 et TE.

Ces résultats montrent l'importance de maintenir le riz propre des adventices en saison sèche chaude dès le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL, intervalle au cours duquel la présence des mauvaises herbes fait baisser les rendements.

Les résultats de l'analyse de variance en saison humide 2017 à Fanaye et à Thiangaye sur le rendement du riz ont montré des effets traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). La moyenne des rendements est cependant plus importante à Fanaye avec 4,5 t/ha et à Thiangaye il est de 3,7 t/ha (Tableau 33). Les analyses cumulées des deux sites nous ont permis d'obtenir 7 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué du témoin enherbé (TE) dans lequel, le rendement est de 1,4 t/ha alors que le plus élevé (5,6 tonnes/ha) est obtenu pour les traitements B2, H5, H4, B1 et TP (groupe 7).

Entre ces groupes (1 et 7), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le rendement est de 2,4 t/ha en B5 (groupe 2) ; 3,3 t/ha en H1 et H2 (groupe 3) ; 3,9 t/ha en P3, B4, P1 et B3 (groupe 4) ; 4,3 t/ha en H3 et P2 (groupe 5) et 4,8 t/ha en P4 (groupe 6).

Un classement dans l'ordre décroissant a permis de ressortir les séries de traitements suivants : TP, B1, H4, H5, B2, P4, P2, H3, B3, P1, B4, P3, H2, H1, B5 et TE.

Il ressort des ces résultats que les bons rendements ont été obtenus dans les parcelles maintenues propres tout au début c'est-à-dire au 24^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL pour les enherbements tardifs.

Conclusion partielle sur le rendement

Les rendements varient en fonction de l'année et des saisons.

Les bons rendements ont été obtenus dans les parcelles maintenues propres tout au début c'est-à-dire au 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL pour les enherbements tardifs en saison sèche chaude et du 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour la saison humide.

IV.2.3.6. Effets globaux des traitements sur les hauteurs des plantes, les composantes de rendements et le rendement en saison sèche chaude 2016 et 2017

Tableau 34 : Hauteur, composantes de rendement et rendement en saison sèche chaude 2016 et 2017

Trait	HPLANT	NPAN/m²	PPAN	PMG	RDT
B1	59a	535b	2,5b	22,9ab	8,9ab
B2	58b	517b	2,3c	22,8abc	7,5c
B3	55c	490c	1,9d	22,7abcd	6,9d
B4	53d	463d	1,6ef	22,6bcd	6,0ef
B5	50ef	441e	1,3gh	22,4cd	5,5fg
H1	48g	399g	1,1h	21,9e	3,8h
H2	50ef	427ef	1,4fg	22,6bcd	5,2g
H3	51e	474d	1,7e	22,8abc	6,2ef
H4	53d	502c	2,1cd	22,9ab	8,3b
H5	57b	525b	2,3c	22,9ab	8,6ab
P1	51e	415f	1,5efg	22,4cd	6,1ef
P2	53d	443e	1,6ef	22,6bcd	6,6de
P3	52d	423f	1,5efg	22,5cd	5,9ef
P4	57b	533b	2,3c	22,8abc	7,7c
TE	48g	390g	0,8i	21,7e	2,4i
TP	60a	564a	2,7a	23,0a	9,1a
MOY	54	471,6	1,8	22,6	6,6
CV	2,1	3,7	12,9	1,3	9
F	131,5***	111,9***	61,2***	18,4***	113,2***

Trait= traitement ; **HPLANT**= hauteur plantes ; **NPAN/m²**= nombre de panicules par m² ; **PPAN**= poids d'une panicule ; **PMG**= poids mille grains ; **RDT**= tendement ; **Moy** = moyenne. Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

En saison sèche chaude 2016 et 2017, les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plantes ont donnés des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité P<0,001. Ces traitements ont permis de distinguer 7 groupes homogènes (Tableau 34).

Le groupe 1 comprend les traitements H1 et TE avec des hauteurs de 48 cm ; le deuxième groupe est composé de B5 et H2 où la hauteur des plantes de riz est de l'ordre de 50 cm.

Le troisième groupe concerne H3 et P1 dont la hauteur des plantes est de 51 cm, alors que le quatrième groupe renferme les séries de traitements P3, B4, H4 et P2 dans lesquelles la hauteur des plantes de riz est de 53 cm.

Le cinquième groupe (B3) et le sixième groupe (H5, P4, B2) ont respectivement des hauteurs de 55 cm et 58 cm.

Le dernier groupe (groupe 8) est présenté par les traitements B1 et le témoin propre (TP) dont la hauteur des plantes ne dépasse pas 60 cm.

Un classement décroissant des traitements est comme suivant : TP, B1, B2, P4, H5, B3, P2, H4, B4, P3, P1, H3, H2, B5, TE et H1.

Ces résultats prouvent que le fort enherbement des parcelles ralentit la croissance du riz d'où l'importance de maintenir la culture propre en saison sèche chaude à partir du 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL du riz.

L'analyse de variance de la saison sèche chaude 2016-2017 sur le nombre de panicules par mètre carré a révélé des effets traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Les résultats des traitements ont permis de ressortir 8 groupes homogènes (Tableau 34).

Le groupe 1 est constitué de TE et H1 dont le nombre de panicules/m² est de 399 alors que le plus élevé (564 panicules/m²) est obtenu pour TP (groupe 8).

Entre ces groupes (1 et 8), il existe des groupes intermédiaires dans lesquels, le nombre de panicules/m² est de 415 à 423 en P1 et P3 (groupe 2) ; 427 panicules/m² en H2 (groupe 3) ; 443 panicules/m² en B5 et P2 (groupe 4) ; 463 à 474 panicules/m² en B4 et H3 (groupe 5) ; 490 à 502 panicules/m² en B3 et H4 (groupe 6) et 517 à 535 panicules/m² pour les séries de traitements B2, H5, P4 et B1 (groupe 7).

Les différents traitements nous ont permis d'avoir un classement décroissant du nombre de panicules/m² : TP, B1, P4, H5, B2, H4, B3, H3, B4, P2, B5, H2, P3, P1, H1 et TE.

Ce classement ci-dessus nous permet de déduire que pour avoir le maximum de panicules en saison sèche chaude, le désherbage du riz doit être fait au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

Les résultats de l'analyse de variance du poids d'une panicule en saison sèche chaude 2016 et 2017 ont montré des effets de traitements très hautement significatifs dont la probabilité $P < 0,001$. Ces analyses ont permis de distinguer 12 groupes homogènes (Tableau 34).

Le groupe 1 est composé du témoin enherbé (TE) dont le poids de la panicule est de 0,8 g ; le second groupe (H1) et le troisième groupe (B5) ont respectivement des poids de 1,1 g et 1,3 g. Le quatrième groupe concerne H2 dont le poids de la panicule ne dépasse pas 1,4 g,

quant au groupe 5, il renferme les traitements P1 et P3 dans lesquels le poids de la panicule est de 1,5 g ; dans le sixième groupe (B4 et P2), le poids de la panicule augmente légèrement par rapport aux précédent et est de 1,6 g.

Le groupe 7 est composé du traitement H3 dont le poids de la panicule est de 1,7 g et le huitième groupe est caractérisé par B3 dans lequel le poids de la panicule ne dépasse pas 1,9 g.

Quant au groupe 9, il est présenté par H4 avec un poids paniculaire de 2,1 g ; dans le dixième groupe caractérisé par les séries de traitements B2, H5 et P4, dont le poids de la panicule est estimé à 2,3 g.

Dans le onzième groupe (B1) et le douzième groupe composé du témoin propre (TP), le poids de la panicule est respectivement de 2,5 et 2,7 g.

Un classement décroissant du poids de la panicule en fonction des traitements est comme suivant : TP, B1, P4, H5, B2, H4, B3, H3, P2, B4, P3, P1, H2, B5, H1 et TE.

Ce classement montre que les parcelles maintenues propres environ du 12^{ème} JAL jusqu'au 48^{ème} JAL où les poids paniculaires sont plus proches du témoin propre. Ce qui suggère qu'en saison sèche chaude, le riz doit être exempt des adventices entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour avoir un bon poids des panicules.

En saison sèche chaude 2016-2017, les résultats de l'analyse de variance du poids de 1000 grains ont indiqué des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Ces analyses ont permis de distinguer 7 groupes homogènes dans les traitements (Tableau 34).

Le premier groupe est constitué des traitements TE et H1 dont le poids de 1000 grains est de 21,9 g ; alors que dans le deuxième groupe composé des traitements P1, B5 et P3, le poids de 1000 grains est évalué à 22,5 g.

Le groupe 3 (B4, H2, P2) et le groupe 4 (B3) ont respectivement des poids de 1000 grains de 22,6 et 22,7 g.

Les séries de traitements P4, B2 et H3 concernent le cinquième groupe dont le poids de 1000 grains est de 22,8 g tandis que le groupe 6 comprend B1, H4 et H5 dans lesquels le poids de 1000 grains est de 22,9 g.

Quant au septième groupe composé de (TP) où le poids de 1000 grains est évalué à 23 g.

Un classement décroissant des traitements est sur le poids de 1000 grains est comme suit : TP, H5, H4, B1, H3, B2, P4, B3, P2, H2, B4, P3, B5, P1, H1 et TE.

Ces résultats montrent que deux désherbages sont nécessaires au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL en saison sèche chaude pour le bon remplissage des grains de riz.

Les résultats de l'analyse de variance de la saison sèche chaude 2016 et 2017 sur le rendement du riz ont révélés des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 34). Toutefois, ces résultats ont permis de distinguer 11 groupes homogènes.

Le premier groupe 1 est constitué du témoin enherbé (TE) dont le rendement est de 2,4 t/ha alors que le plus élevé (9,1 t/ha) est obtenu pour TP (groupe 11).

Entre ces groupes extrêmes (1 et 11), il existe des groupes intermédiaires dont le rendement est de 3,8 t/ha en H1 (groupe 2) ; 5,2 T/ha en H2 (groupe 3) ; 5,5 t/ha en B5 (groupe 4) ; 6,2 t/ha pour les traitements P3, B4, P1 et H3 (groupe 5) ; 6,6 t/ha en P2 (groupe 6) ; 6,9 t/ha en B3 (groupe 7) ; 7,7 t/ha pour les traitements B2 et P4 (groupe 8) ; 8,3 t/ha en H4 (groupe 9) et 8,9 t/ha (groupe 10). Un classement décroissant du rendement est comme suit : TP, B1, H5, H4, P4, B2, B3, P2, H3, P1, B4, P3, B5, H2, H1 et TE.

Ces observations montrent que pour avoir de bons rendements en saison sèche chaude, il faudrait maintenir les parcelles propres entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL. Durant cette intervalle, le riz est sensible à la concurrence des mauvaises herbes qui pourrait faire chuter considérablement les rendements tels que B5, H1 et H2 qui ont des rendements proches du témoin enherbé (TE).

IV.2.3.7. Effets globaux des traitements sur les hauteurs, les composantes de rendements et les rendements en saison humide 2016 et 2017

Tableau 35 : Rendement et les composantes de rendement en saison humide 2016 et 2017

Trait	HPLANT	NPAN/m ²	PPAN	PMG	RDT
B1	60a	323ab	2,3b	22,9ab	5,8ab
B2	59cd	315ab	2,0c	22,7abcd	5,6ab
B3	59cd	294c	1,7d	22,6bcde	4,5c
B4	57f	282cd	1,4e	22,4def	4,2cd
B5	56g	248f	1,0f	22,2ef	3,2 ^e
H1	53i	229g	1,1f	21,7g	3,3 ^e
H2	54h	254ef	1,4e	22,4def	3,7d
H3	56g	283cd	1,8d	22,7abcd	4,6c
H4	58e	310b	2,0c	22,8ab	5,6ab
H5	60a	321ab	2,3b	22,8ab	5,7ab
P1	56g	277cd	1,3e	22,5bcdef	4,2cd
P2	57f	280cd	1,4e	22,5bcdef	4,7c
P3	56g	267de	1,4e	22,3ef	4,2cd
P4	60a	324ab	2,1c	22,8ab	5,4b
TE	53i	226g	0,8g	21,5g	1,6f
TP	61a	332a	2,6a	23,0a	6,0a
MOY	57,7	285,6	1,7	22,5	4,6
CV	1,1	6,6	10,9	1,2	11,5
F	172,4***	39,2***	96,0***	28,8***	61,1***

Trait= traitement ; HPLANT= hauteur plantes ; NPAN/m²= nombre de panicules par m² ; PPAN= poids d'une panicule ; PMG= poids mille grains ; RDT= tendement ; Moy = moyenne. Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

En saison humide 2016 et 2017, les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plantes de riz ont indiqué des effets de traitements très hautement significatifs (P<0,001). Ces analyses ont permis d'obtenir 7 groupes homogènes (tableau 35).

Les traitements H1 et TE concernent le premier groupe avec des hauteurs de 53 cm ; le second groupe est composé de H2 dans lequel la hauteur ne dépasse pas 54 cm.

Le troisième groupe correspond aux traitements B5, H3, P1 et P3 dont les plantes sont hautes de 56 cm, alors que dans le groupe 4, les hauteurs des plantes de riz sont de 57 cm, légèrement supérieures au groupe 3.

Les traitements H4 (groupe 5) et B2, B3 (groupe 6) ont consécutivement des plantes hautes de 58 cm et 59 cm.

Le septième groupe est composé de B1, H5, P4 et TP dans lesquels la hauteur des plantes de riz est de 61 cm.

Le classement décroissant des traitements est proposé comme suit : TP, P4, H5, B1, B3, B2, H4, P2, B4, P3, P1, H3, B5, H2, TE et H1.

Il ressort des ces résultats que la concurrence des adventices sur le riz est plus accentuée en hivernage sur les parcelles enherbées au delà du 24^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

Pour avoir les meilleures hauteurs de riz, il est important de maintenir le riz exempt des mauvaises herbes entre le 24^{ème} et le 48^{ème} JAL.

Les résultats de l'analyse de variance sur le nombre de panicule par mètre carré en saison humide 2016 et 2017 ont montré des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$. Ces différents résultats ont permis de classer les traitements en 9 groupes (Tableau 35).

Le groupe 1 correspond aux traitements TE et H1 dont le nombre de panicules est de 229 ; le deuxième groupe (B5) et le troisième groupe (H2) ont respectivement 248 et 254 panicules/m².

Le quatrième groupe comprend P3 avec 267 panicules/m², quant au groupe 5 il renferme les traitements P1, P2, B4 et H3 dans lesquels le nombre de panicules par mètre carré varie de 277 à 283.

Le sixième groupe concerne B3 avec 294 panicules/m², le groupe 7 correspond à H4 avec 310 panicules/m².

Les séries de traitements B2, H5, B1 et P4 sont classés dans le groupe 8 dont le nombre de panicules par mètre carré est compris entre 315 et 324.

Le témoin propre (TP) correspond au neuvième groupe qui avoisine 332 panicules/m².

Un classement décroissant des traitements en fonction du nombre de panicules est présenté comme suit : TP, P4, B1, H5, B2, H4, B3, H3, B4, P2, P1, P3, H2, B5, H1 et TE.

Les meilleures pratiques de desherbage en saison humide sont comprises entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour avoir un bon tallage du riz.

Les résultats de l'analyse de variance en saison humide 2016 et 2017 sur le poids d'une panicule ont donnés des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Ces résultats ont permis d'obtenir 7 groupes homogènes (Tableau 35).

Le groupe 1 est constitué du témoin enherbé (TE) dont le poids de la panicule est de 0,8 g alors que le plus élevé (2,6 g) est obtenu pour TP (groupe 7).

Entre ces groupes (1 et 7), il existe des groupes intermédiaires dont le poids de la panicule est de 1,1 g en B5 et H1 (groupe 2) 1,4 g pour les traitements P1, B4, H2, P2 et P3 (groupe 3) ; 1,8 g en B3 et H3 (groupe 4) ; 2,1 g pour les traitements B2, H4 et P4 (groupe 5) et 2,3 g en B1 et H5 (groupe 6).

Un classement décroissant du poids de la panicule est proposé comme suit : TP, H5, B1, P4, H4, B2, H3, B3, P3, P2, H2, B4, P1, H1, B5 et TE.

Ces observations prouvent que pour avoir un bon poids de la panicule en saison humide, il faudrait maintenir propre les parcelles de riz entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

En saison humide 2016 et 2017, les résultats de l'analyse de variance du poids de 1000 grains ont indiqué des effets de traitements très hautement significatifs dont la probabilité $P < 0,001$ (Tableau 35). Ces résultats ont permis de ressortir 8 groupes homogènes.

Le premier groupe est composé des traitements TE et H1 dont le poids de 1000 grains est de 21,7 g ; dans le deuxième groupe (B5, P3), on observe une légère augmentation du poids de 1000 grains à 22,3 g. Les traitements (B4, H2) du troisième groupe et (P1, P2) du quatrième groupe ont respectivement 22,4 g et 22,5 g.

Le cinquième groupe concerne B3 dans lequel le poids de 1000 grains est évalué à 22,6 g, alors que dans le groupe 6 présenté par les traitements B2 et H3, il est de 22,7 g.

Les séries de traitements H4, H5, P4 et B1 correspondent au groupe 7 dont le poids de 1000 grains ne dépasse pas 22,9 g.

Le huitième groupe comprend le témoin propre (TP) où le poids de 1000 grains est égal à 23 g.

Le classement décroissant des traitements est proposé comme suit : TP, B1, P4, H5, H4, H3, B2, B3, P2, P1, H2, B4, P3, B5, H1 et TE.

Ces résultats montrent que le bon remplissage des grains de riz exige des parcelles propres, exempte de toutes adventices. Pour avoir de bonnes qualités des grains de riz, le maintien de la parcelle propre entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL est indispensable en saison humide.

Les résultats de l'analyse de variance du rendement en saison humide 2016 et 2017 ont montré des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Cette analyse a permis d'identifier 8 groupes homogènes (Tableau 35).

Le premier groupe est composé du témoin enherbé (TE) avec un rendement de 1,6 t/ha alors que le plus élevé (6 t/ha) est obtenu pour TP (groupe 8).

Entre ces groupes extrêmes (1 et 8), il existe des groupes intermédiaires dont le rendement est de 3,3 t/ha en B5 et H1 (groupe 2) 3,7 t/ha en H2 (groupe 3) ; 4,2 t/ha en B4, P1 et P3 (groupe 4) ; 4,7 t/ha pour les traitements B3, H3 et P2 (groupe 5) ; 5,4 t/ha en P4 (groupe 6) ; 5,6 à 5,8 t/ha pour les séries de traitements B2, H4, H5 et B1 (groupe 7) et le huitième groupe présenté par le témoin propre (TP) a des rendements de 6 t/ha.

Un classement décroissant des rendements en fonction des traitements est proposé comme suit : TP, B1, H5, H4, B2, P4, P2, H3, B3, P3, P1, B4, H2, H1, B5 et TE.

Ces observations prouvent que les bons rendements sont obtenus lorsque le riz est maintenu propre entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL en saison humide.

Conclusion partielle

En saison humide, la hauteur des plantes de riz, le nombre de panicules par mètre carré, le poids de la panicule, le poids de 1000 grains et le rendement sont plus importants lorsque les parcelles sont maintenues propres entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL. Durant cet intervalle du cycle végétatif du riz, toute concurrence exercée impacte négativement sur l'ensemble des paramètres mesurés.

IV.2.3.8. Effets globaux des traitements sur les hauteurs, les composantes de rendements et les rendements entre la saison sèche chaude et saison humide 2016

Tableau 36 : Rendement et les composantes de rendement en saison sèche chaude et saison humide 2016

Trait	HPLANT	NPAN/m²	PPAN	PMG	RDT
B1	57a	379b	2,4b	22,8ab	7,2ab
B2	56b	363c	2,2c	22,8ab	6,5c
B3	53c	346d	1,8de	22,7abc	5,6de
B4	50d	322e	1,5f	22,5bc	5,0fg
B5	47f	304f	1,2g	22,3c	4,5g
H1	45h	276g	1,1g	21,9d	3,3h
H2	46g	299f	1,4f	22,5bc	4,8fg
H3	48f	342d	1,7e	22,7abc	5,3ef
H4	51d	360c	2,0cd	22,9ab	6,9bc
H5	55b	373bc	2,2c	22,8ab	7,2ab
P1	48f	292f	1,4f	22,6bc	5,4ef
P2	50d	301f	1,4f	22,6bc	6,0d
P3	49e	291f	1,4f	22,4bc	5,3ef
P4	55b	388b	2,1c	22,9ab	6,9bc
TE	44h	273g	0,8h	21,9d	2,2i
TP	58a	416a	2,7a	23,0a	7,5a
MOY	51,3	333,2	1,8	22,6	5,6
CV	2,3	4,6	12,3	1,4	9,3
F	160,8***	100,1***	67,4***	13,1***	92,3***

Trait= traitement ; **HPLANT**= hauteur plantes ; **NPAN/m²**= nombre de panicules par m² ; **PPAN**= poids d'une panicule ; **PMG**= poids mille grains ; **RDT**= rendement ; **Moy** = moyenne. Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

En saison sèche chaude et saison humide 2016, les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plantes de riz ont révélés des effets de traitements très hautement significatifs dont la probabilité $P < 0,001$ (Tableau 36). Ces résultats ont ainsi permis d'avoir 8 groupes homogènes.

Le groupe 1 est composé de TE et H1 dont la hauteur des plantes de riz est estimée à 45 cm ; le deuxième groupe correspond à H2 dans lequel la hauteur est de 46 cm.

Le troisième groupe est présenté par les traitements B5, H3 et P1 avec des hauteurs qui ne dépassent pas 48 cm, tandis que le quatrième groupe renferme P3 avec une hauteur de 49 cm. Quant au cinquième groupe présenté par B4, P2 et H4, le riz est haut de 51 cm ; dans le groupe 6 (B3), la hauteur des plantes augmente et peut atteindre 53 cm.

Les traitements du groupe 7 (H5, P4, B2) et ceux du groupe 8 (B1, TP) sont respectivement haut de 56 cm et 58 cm.

Le classement des traitements dans l'ordre décroissant est le suivant : TP, B1, B2, P4, H5, B3, H4, P2, B4, P3, P1, H3, B5, H2, H1 et TE.

Ces résultats indiquent que la parcelle de riz doit être maintenu propre entre le 12^{ème} JAL au 60^{ème} JAL pour obtenir une bonne croissance des plantes de riz.

Les résultats de l'analyse de variance du nombre de panicules par mètre carré en saison sèche chaude et saison humide 2016 ont indiqué des effets traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Cette analyse a permis de dégager 8 groupes homogènes (Tableau 36).

Le groupe 1 renferme TE et H1 avec le plus petit nombre de panicules qui ne dépasse pas 276 panicules/m² ; le dernier groupe (groupe 8) correspondant au témoin propre (TP) avec les nombres de panicules les plus élevées, estimés à 416 panicules/m².

Les traitements P3, P1, H2, P2 et B5 concernent le deuxième groupe avec 291 à 304 panicules/m² ; le groupe 3 est composé de B4 dont le nombre de panicules par mètre carré est évalué à 322. Les traitements H3 et B3 (groupe 4) et H4 et B2 (groupe 5) ont respectivement 346 et 363 panicules/m². Le sixième groupe composé de H5 dispose de 373 panicules/m² ; alors que le groupe 7 renfermant les traitements B1 et P4 a 379 à 388 panicules/m².

Un classement décroissant du nombre de panicules par mètre carré des traitements est présenté comme suit : TP, P4, B1, H5, B2, H4, B3, H3, B4, B5, P2, H2, P1, P3, H1 et TE.

Deux désherbages sont nécessaires, au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL pour avoir un nombre élevé de panicules par mètre carré.

L'analyse de variance du poids d'une panicule en saison sèche chaude et saison humide 2016 a révélé des effets de traitements très hautement significatifs dont la probabilité $P < 0,001$ (Tableau 36). Ces résultats ont permis de mettre en évidence 9 groupes homogènes.

Le groupe 1 est composé du témoin enherbé (TE) dont le poids de la panicule est de 0,8 gramme alors que le plus élevé (2,7 grammes) est présenté par TP (groupe 9).

Entre ces groupes (1 et 9), il existe des groupes intermédiaires dont le poids de la panicule est de 1,2 gramme en H1 et B5 (groupe 2) ; 1,5 gramme pour les séries de traitements H2, P1, P2, P3 et B4 (groupe 3) ; 1,7 gramme en H3 (groupe 4) ; 1,8 gramme pour le traitement B3 (groupe 5) ; 2 grammes en H4 (groupe 6) ; 2,2 grammes en P4, B2 et H5 (groupe 7) et 2,4 grammes pour le huitième groupe.

Ces traitements sont classés dans l'ordre décroissant suivant : TP, B1, H5, B2, P4, H4, B3, H3, B4, P3, P2, P1, H2, B5, H1 et TE.

La succession des traitements indique qu'un premier désherbage doit intervenir à partir du 12^{ème} JAL et un second désherbage au 48^{ème} JAL pour obtenir les poids des panicules proches du témoin propre (TP).

Les résultats de l'analyse de variance du poids de 1000 grains en saison sèche chaude et saison humide 2016 ont indiqué des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Toutefois, ces analyses ont pu dégager 6 groupes homogènes (Tableau 36).

Le groupe 1 correspond aux traitements H1 et TE dans lesquels le poids de 1000 grains pèse 21,9 g ; le second groupe est composé de B5 avec 22,3 g.

Dans le troisième groupe, le poids de 1000 grains ne dépasse pas 22,6 g. Ce groupe est présenté par les traitements P3, B4, H2, P1 et P2.

Le quatrième groupe concerne B3 et H3 dont le poids de 1000 grains est de 22,7 g ; quant au groupe 5, il renferme les séries de traitements B1, B2, H5, H4 et P4 avec des poids de 1000 grains de 22,9 g.

Le témoin propre (TP) est composé du groupe 6 avec un poids de 1000 grains de 23 g.

Un classement décroissant des traitements en fonction du poids de 1000 grains est présenté comme suit : TP, P4, H4, H5, B2, B1, H3, B3, P2, P1, H2, B4, P3, B5, TE et H1.

Ces résultats montrent que pour un bon remplissage des grains de riz, les parcelles doivent être maintenues propres entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

En saison sèche chaude et saison humide 2016, les résultats de l'analyse de variance sur le rendement ont révélés des traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 36). Ces résultats ont permis de ressortir 11 groupes de rendements.

Dans le premier groupe composé du témoin enherbé (TE), le rendement est de 2,2 t/ha ; le dernier groupe présenté par le témoin propre (groupe 11), le rendement est de l'ordre de 7,5 t/ha.

Entre ces deux groupes extrêmes, il existe des groupes intermédiaires dont le rendement est de 3,3 t/ha en H1 (groupe 2) ; 4,5 t/ha en B5 (groupe 3) ; 5 t/ha en H2 et B4 (groupe 4) ; 5,4 t/ha pour les traitements H3, P3 et P1 (groupe 5) ; 5,6 t/ha en B3 (groupe 6) ; 6 t/ha en P2 (groupe 7) ; 6,5 t/ha en B2 (groupe 8) ; pour les traitements H4 et P4 (groupe 9) et B1, H5 (groupe 10), les rendements sont respectivement de 6,9 t/ha et 7,2 t/ha.

Ces variations de rendements sont classées selon un ordre décroissant : TP, H5, B1, P4, H4, B2, P2, B3, P1, P3, H3, B4, H2, B5, H1 et TE.

Les bons rendements sont obtenus tout en maintenant propre le riz entre le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL ou au 60^{ème} JAL dans les cas extrêmes.

Conclusion partielle

La hauteur des plantes, les composantes de rendement et le rendement évoluent différemment selon qu'on est en saison sèche chaude ou en saison humide.

En saison sèche chaude, ces paramètres mesurés sont plus intéressants lorsque la parcelle est dépouvue d'adventices entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL, alors qu'en saison humide il faut éviter la concurrence entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour éviter les pertes de rendements.

IV.2.3.9. Effets globaux des traitements sur les hauteurs, les composantes de rendements et les rendements en saison sèche chaude et saison humide 2017

Tableau 37 : Rendement et les composantes de rendement en saison sèche chaude et saison humide 2017

Trait	HPLANT	NPAN/m ²	PPAN	PMG	RDT
B1	62a	478a	2,4b	22,9ab	7,5a
B2	61b	469ab	2,2cd	22,8ab	6,6bc
B3	61b	439cd	1,8e	22,7bc	5,8de
B4	60de	422de	1,5f	22,5cd	5,2efg
B5	58f	385g	1,1g	22,3d	4,2h
H1	57g	351h	1,1g	21,7e	3,7h
H2	58f	382g	1,4f	22,4d	4,1h
H3	59e	415ef	1,8e	22,8ab	5,5ef
H4	61b	452bc	2,1d	22,8ab	7,1ab
H5	62a	473ab	2,3bc	22,9ab	7,2a
P1	60de	400fg	1,4f	22,4d	4,9fg
P2	60de	421de	1,6f	22,5cd	5,3efg
P3	59e	399fg	1,5f	22,4d	4,8g
P4	61b	468ab	2,2cd	22,8ab	6,2cd
TE	57g	343h	0,8h	21,5f	1,8i
TP	62a	481a	2,6a	23,0a	7,7a
MOY	60,3	424,1	1,7	22,6	5,5
CV	0,8	4,9	11,7	0,9	10,9
F	144,4***	54,6***	81,6***	48,0***	82,5***

Trait= traitement ; **HPLANT**= hauteur plantes ; **NPAN/m²**= nombre de panicules par m² ; **PPAN**= poids d'une panicule ; **PMG**= poids mille grains ; **RDT**= rendement ; **Moy** = moyenne. Les moyennes suivies des mêmes lettres font partie des mêmes groupes homogènes du test de Newman Keuls à 5%. Les moyennes ne sont pas significativement différentes lorsqu'elles ont au moins une lettre commune.

Les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plantes en saison sèche chaude et saison humide 2017 ont indiqué des traitements très hautement significatifs $P < 0,001$. Cette analyse a permis de classer 6 groupes homogènes (Tableau 37).

Le premier groupe est composé des traitements H1 et TE dont les plantes de riz sont hautes de 57 cm ; le second groupe renferme B5 et H2 avec des hauteurs de 58 cm.

Dans le troisième groupe (H3, P3), la hauteur du riz est estimée à 59 cm tandis que le quatrième groupe concerne les traitements P2, B4 et P1 dans lesquels la hauteur du riz est de 60 cm.

Les traitements B2, P4, B3 et H4 sont composés du groupe 5 et B1, TP et H5 le sixième groupe dont les hauteurs des plantes de riz sont respectivement longues de 61 cm et 62 cm.

Un classement décroissant des traitements est présenté comme suit : H5, TP, B1, H4, B3, P4, B2, P1, B4, P2, P3, H3, H2, B5, TE et H1.

Ce classement montre que pour avoir les meilleurs hauteurs des plantes de riz, deux désherbages sont nécessaires notamment le 12^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL. Le maintien propre de la parcelle du semis à la récolte ne garantit pas forcément les meilleures hauteurs, c'est le cas du traitement H5 qui a des hauteurs légèrement plus haut que le témoin propre (TP).

En saison sèche chaude et saison humide 2017, l'analyse de variance sur le nombre de panicules par mètre carré a démontré des effets de traitement très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 37). Ces résultats ont permis de ressortir 9 groupes homogènes.

Le premier groupe est constitué de TE et H1 dont le nombre de panicules par mètre carré ne dépasse pas 351 alors que le plus élevé (481 panicules/m²) est obtenu pour TP et B1 (groupe 9).

Entre ces groupes (1 et 9), il existe des groupes intermédiaires dont le nombre de panicules/m² est de 385 en H2 et B5 (groupe 2) ; 400 panicules/m² en P1 et P3 (groupe 3) ; 415 panicules/m² en H3 (groupe 4) ; 422 panicules/m² pour les traitements P2 et B4 (groupe 5) ; 439 panicules/m² en B3 (groupe 6) ; 452 panicules/m² en H4 (groupe 7) et 473 panicules/m² pour les traitements P4, B2 et H5 (groupe 8).

Un classement décroissant du nombre de panicules par mètre carré en fonction des traitements est présenté comme suit : TP, B1, H5, B2, P4, H4, B3, B4, P2, H3, P1, P3, B5, H2, H1 et TE.

Ces résultats indiquent que le maximum de panicules par mètre carré est obtenu lorsque les parcelles de riz sont maintenues propres à partir du 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

Les résultats de l'analyse de variance du poids d'une panicule en saison sèche chaude et saison humide 2017 ont indiqué des traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Cette analyse a permis d'identifier 9 groupes homogènes (Tableau 37).

Le groupe 1 est constitué du témoin enherbé (TE) dont le poids de la panicule est estimé à 0,8 g ; quant au second groupe, il est composé des traitements B5 et H1 dans lesquels le poids de la panicule est évalué à 1,1 g.

Les séries de traitements H2, P1, B4, P3 et P2 constituent le troisième groupe avec un poids paniculaire de 1,6 g.

Le quatrième groupe formé des traitements (B3, H3) et le cinquième groupe (H4) dans lesquels le poids de la panicule est respectivement de 1,8 et 2,1 g.

Le groupe 6 concerne les traitements B2, P4 dont le poids de la panicule pèse 2,2 g ; le septième groupe a un poids paniculaire de 2,3 g et correspond à H5.

Le groupe 8 renferme le traitement B1 où le poids de la panicule est de 2,4 g tandis que le dernier groupe (groupe 9) est formé du témoin propre dont le poids de la panicule ne dépasse pas 2,6 g.

Ces différences de traitements sont classés selon un ordre décroissant suivant : TP, B1, H5, P4, B2, H4, H3, B3, P2, P3, B4, P1, H2, H1, B5 et TE.

Ce classement indique que pour avoir un bon poids de la panicule, deux désherbages sont nécessaires, au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

Les résultats de l'analyse de variance du poids de 1000 grains en saison sèche chaude et saison humide 2017 ont révélés des effets de traitements très hautement significatifs avec une probabilité $P < 0,001$ (Tableau 37). Toutefois, ces résultats ont permis de ressortir 7 groupes homogènes des traitements de desherbage.

Le groupe 1 est constitué du Témoin enherbé (TE) où le poids de 1000 grains est le plus faible avec 21,5 g alors que le témoin enherbé (TP) qui est maintenu propre du semis à la récolte présente le poids de 1000 grains le plus élevé avec 23 g (groupe 7).

Entre ces deux groupes, il existe des groupes intermédiaires allant de 2 à 8. Les groupes 2 et 3 sont respectivement constitués des traitements (H1) et (B5, H2, P1, P3) avec des poids de 1000 grains qui ne dépassent pas 21,7 g en H1 (groupe 2) et 22,4 g pour les traitements B5, H2, P1 et P3 (groupe 3). Le groupe 4 est composé des traitements B4, et P2 dans lesquels, le poids de 1000 grains peut atteindre 22,5 g. Les groupes 5 et 6 sont respectivement constitués des traitements (B3) et (B2, H3, H4, P4, B1 H5) pour lesquels, le poids de 1000 grains peut atteindre 22,7 g en B3 (groupe 5) ; 22,9 g pour les séries de traitements B2, H3, H4, P4, B1 H5 (groupe 6).

Un classement décroissant des poids de 1000 grains est proposé comme suit : TP, H5, B1, P4, H4, H3, B2, B3, P2, B4, P3, P1, H2, B5, H1 et TE.

Ces résultats prouvent que le bon remplissage des grains de riz exige de maintenir les parcelles propres à partir du 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL, intervalle au cours duquel les adventices n'auront plus la possibilité de germer rapidement pour causer des nuisances au riz.

En saison sèche chaude et saison humide 2017, les résultats de l'analyse de variance du rendement ont donné des effets de traitements très hautement significatifs ($P < 0,001$). Ces résultats des traitements ont permis d'obtenir 11 groupes homogènes (Tableau 37).

Le groupe 1 est composé du témon enherbé (TE) dont le rendement est évalué à 1,8 t/ha ; le second groupe concerne les traitements H1, H2 et B5 dans lesquels le rendement ne dépasse pas 4,2 t/ha.

Les traitements P3 (groupe 3) et P1 (groupe 4) ont des rendements respectifs de 4,8 t/ha et 4,9 t/ha.

Le groupe 5 est formé de B4 et P2 avec un rendement de 5,3 t/ha, alors que le sixième groupe concerne le traitement H3 dont le rendement est estimé à 5,5 t/ha.

Dans le septième groupe (B3), le rendement est de 5,8 t/ha, tandis que le groupe 8 est composé de P4 pour un rendement de 6,2 t/ha.

Les groupes 9 et 10 sont respectivement constitués des traitements (B2) et (H4) avec des rendements de 6,6 t/ha en B2 (groupe 9) et 7,1 t/ha pour le traitement H4 (groupe 10).

Le dernier groupe (groupe 11) renferme les séries de traitements H5, B1 et TP dont les rendements varient de 7,2 T/ha à 7,7 t/ha.

Ces traitements sont classés selon un ordre décroissant : TP, B1, H5, H4, B2, P4, B3, H3, P2, B4, P1, P3, B5, H2, H1 et TE.

Ces observations montrent que les meilleurs rendements sont obtenus en maintenant les parcelles propres du 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

Conclusion partielle

Le fort enherbement des parcelles relenti la croissance du riz d'où l'importance de maintenir la culture propre en saison sèche chaude à partir du 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL du riz.

Pour avoir le maximum de panicules en saison sèche chaude, le désherbage du riz doit être fait au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

En saison sèche chaude, le riz doit être exempt des adventices entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL pour avoir un bon poids des panicules.

Les désherbages sont nécessaires au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL en saison sèche chaude pour le bon remplissage des grains de riz.

Pour avoir de bons rendements en saison sèche chaude, il faudrait maintenir les parcelles propres entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

Les bons rendements sont obtenus lorsque le riz est maintenu propre entre le 24^{ème} JAL au 48^{ème} JAL en saison humide.

IV.2.4. Corrélation entre la biomasse des adventices et du rendement et composantes du rendement

IV.2.4.1. Corrélations en saison sèche chaude

Les coefficients de corrélations traduisent l'intensité de liaison entre les composantes de rendement. Ils varient en valeur absolue de 0,81 à 0,99 (Tableau 38). Le test des coefficients de corrélation de Pearson montre une relation statistique significative entre les différentes composantes (Pearson's correlation test, $p\text{-value} \leq 0,0002$). Les liaisons sont inverses (coefficients négatifs) entre la biomasse totale des adventices (BTOL) et les composantes de rendement à savoir, la hauteur des plantes, nombre de panicules par mètre carré, poids d'une panicule et le poids de 1000 grains (HPLANT, NPAN, PPAN, PMG) ; elles sont positives entre la BTOL et les composantes biomasses sèches des monocotylédones et la biomasse sèche des dicotylédones (BSMV et BSDV). Pour le rendement, les liaisons sont inverses par rapport aux composantes BSMV et BSDV et positives par rapport aux composantes HPLANT, NPAN, PPAN, PMG.

Tableau 38 : Matrice de corrélation entre les composantes de rendement en saison sèche chaude

	BSMV	BSDV	BTOL	HPLANT	NPAN	PPAN	PMG
BSDV	0.90						
BTOL	0.99	0.95					
HPLANT	-0.80	-0.87	-0.84				
NPAN	-0.81	-0.91	-0.86	0.93			
PPAN	-0.89	-0.93	-0.92	0.96	0.97		
PMG	-0.91	-0.82	-0.90	0.81	0.87	0.89	
RDT	-0.90	-0.85	-0.90	0.91	0.91	0.95	0.93

HPLANT= hauteur plantes ; **NPAN**= nombre de panicules par m² ; **PPAN**= poids d'une panicule ; **PMG**= poids mille grains ; **RDT**= rendement ; **BSMV**= biomasse sèche monocotylédones végétatifs ; **BSDV**= biomasse sèche dicotylédones végétatifs ; **BTOL**= biomasse totale (monocotylédones + dicotylédones)

Régression

La relation entre le rendement et la biomasse totale des mauvaises herbes est décrite sous la forme représentée par le modèle de régression linéaire :

$$RDT = a \text{ BTOL} + b + \epsilon.$$

a= quantité dont varie le rendement lorsque la biomasse totale varie d'une unité

b= quantité du rendement lorsque la biomasse totale est nulle

ϵ = erreur d'estimation du rendement en fonction de la biomasse totale

Une relation significative inverse est observée entre le rendement (RDT) et la biomasse totale des adventices (BTOL) (Tableau 39). L'augmentation de la biomasse totale des adventices se traduit par une diminution de 0,03 fois le rendement. La Figure 14 représente graphiquement la liaison entre le rendement et la biomasse totale des adventices.

Tableau 39 : Régression linéaire entre rendement et la biomasse des adventices en saison sèche chaude

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Significativité
(Intercept)	8.707358	0.336855	25.849	3.24e-13	***
BTOL	-0.027239	0.003485	-7.815	1.80e-06	***

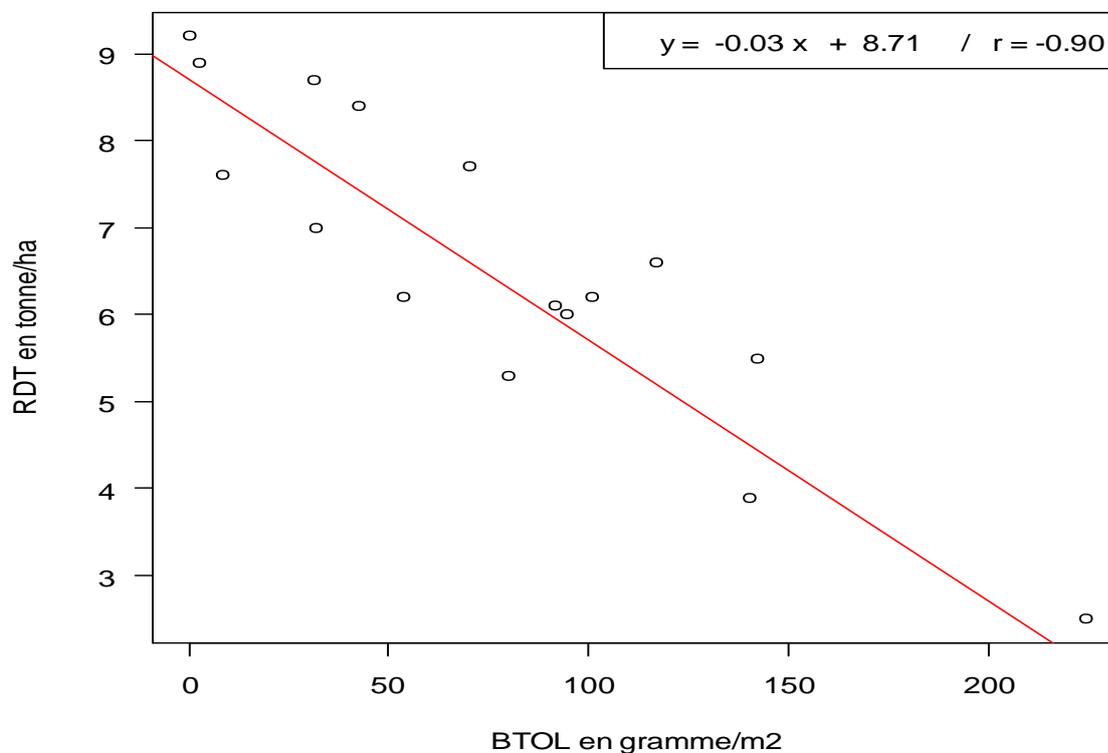


Figure 14: Relation entre la biomasse sèche des adventices et le rendement en saison sèche chaude

Conclusion partielle sur les corrélations en saison sèche chaude

La biomasse totale des adventices (BTOL) est corrélée négativement avec la hauteur des plantes, le nombre de panicules par mètre carré, poids d'une panicule et le poids de 1000 grains et positives entre la BTOL et les composantes biomasses sèches des monocotylédones et la biomasse sèche des dicotylédones (BSMV et BSDV). Pour le rendement, c'est l'inverse avec des corrélations négatives pour le rendement et les composantes de rendement et positives pour BSMV et BSDV. Plus la biomasse des adventices augmentent, plus le rendement diminue.

IV.2.4.2. Corrélations en saison humide

Les résultats des corrélations varient en valeur absolue de 0,82 à 0,99 (Tableau 40). Le test des coefficients de corrélation de Pearson montre une relation statistique significative entre les différentes composantes (Pearson's correlation test, pvalue \leq 0,0002). Les liaisons sont inverses (coefficients négatifs) entre la BTOL et les composantes HPLANT, NPAN, PPAN, PMG ; elles sont positives entre la BTOL et les composantes BSMV et BSDV. Quant au rendement, les liaisons sont inverses par rapport aux composantes BSMV et BSDV et positives par rapport aux composantes HPLANT, NPAN, PPAN, PMG.

Tableau 40 : Matrice de corrélation entre les composantes de rendement en saison humide

	BSMV	BSDV	BTOL	HPLANT	NPAN	PPAN	PMG
BSDV	0.97						
BTOL	0.99	0.99					
HPLANT	-0.87	-0.85	-0.87				
NPAN	-0.90	-0.88	-0.90	0.97			
PPAN	-0.93	-0.94	-0.94	0.93	0.96		
PMG	-0.89	-0.82	-0.87	0.87	0.93	0.88	
RDT	-0.93	-0.90	-0.92	0.90	0.95	0.95	0.94

HPLANT= hauteur plantes ; **NPAN/m²**= nombre de panicules par m² ; **PPAN**= poids d'une panicule ; **PMG**= poids mille grains ; **RDT**= rendement ; **BSMV**= biomasse sèche monocotylédones végétatifs ; **BSDV**= biomasse sèche dicotylédones végétatifs ; **BTOL**= biomasse totale (monocotylédones + dicotylédones)

Régression

La relation entre le rendement et la biomasse totale des adventices est décrite sous la forme d'une équation représentée par le modèle de régression linéaire :

$$\text{RDT} = a \text{ BTOL} + b + \epsilon.$$

a= quantité dont varie le rendement lorsque la biomasse totale varie d'une unité

b= quantité du rendement lorsque la biomasse totale est nulle

ϵ = erreur d'estimation du rendement en fonction de la biomasse totale

Une relation significative inverse est observée entre le rendement et la biomasse totale des adventices (Tableau 41). L'augmentation de la biomasse totale des adventices se traduit par une diminution de 0,02 fois le rendement. La Figure 15 représente graphiquement la liaison entre le rendement et la biomasse totale des adventices.

Tableau 41 : Régression linéaire entre le rendement et la biomasse des adventices en saison humide

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Significativité
(Intercept)	6.237244	0.216991	28.744	7.52e-14	***
BTOL	-0.017012	0.001874	-9.079	3.05e-07	***

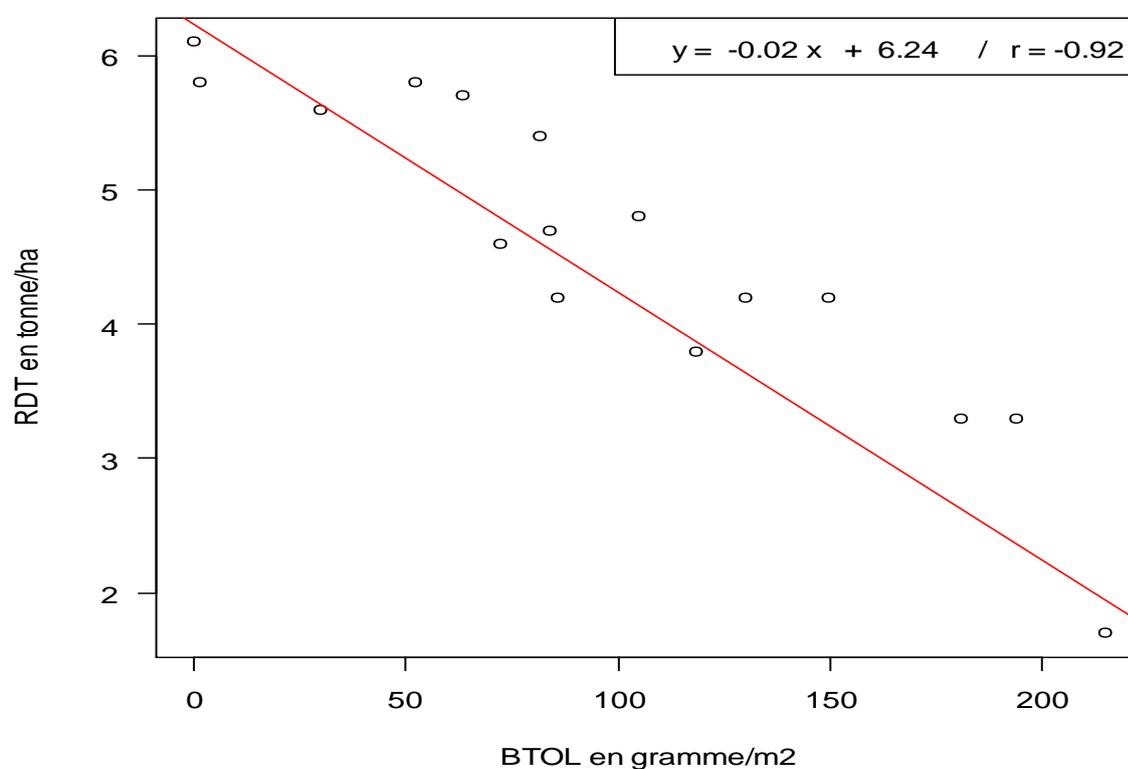


Figure 15: Relation entre la biomasse sèche des adventices et le rendement en saison humide

Conclusion partielle sur les corrélations en saison humide

Les mêmes tendances observées en saison sèche chaude sont pareilles pour la saison humide sauf que les valeurs sont quantitativement plus élevées en saison sèche chaude.

IV.2.4.3. Relation entre le rendement et la biomasse totale des adventices suivant les saisons

Analyse de covariance

L'augmentation de la biomasse des adventices entraîne une diminution du rendement aussi bien en saison sèche chaude que pendant la saison humide. Cependant l'action des adventices est plus accentuée en saison sèche chaude car le coefficient de régression est plus important en saison sèche chaude comparé à la saison humide (Figure 16).

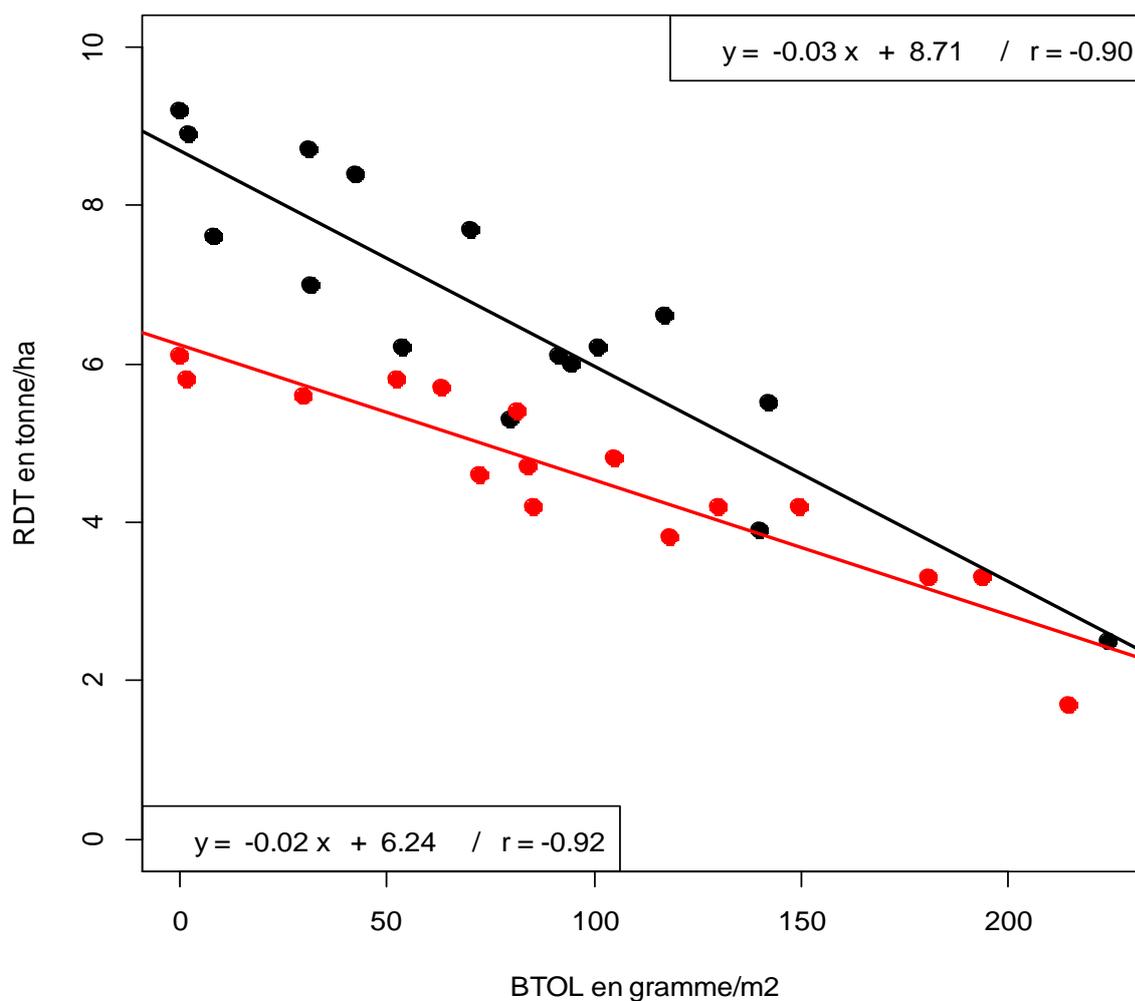


Figure 16: Relation de covariance entre la biomasse sèche des adventices et le rendement en saison sèche chaude et en saison humide

Conclusion partielle sur les corrélations

Que l'on soit en saison sèche chaude ou en saison humide :

Les corrélations sont plus fortes (valeurs négatives) entre la biomasse totale des adventices et les composantes de rendement ;

Elles sont positives entre la biomasse totale des adventices et les composantes BSMV et BSDV. Pour le rendement, elles sont inverses par rapport aux composantes BSMV et BSDV et positives par rapport aux composantes de rendement.

L'augmentation de la biomasse totale des adventices se traduit par une diminution du rendement.

L'action des adventices est plus accentuée en saison sèche chaude car le coefficient de régression est plus important en saison sèche chaude comparé à la saison humide.

IV.2.5. Détermination de la période critique de concurrence des adventices vis-à-vis du riz

- **Période critique en saison sèche chaude**

La détermination de la période critique de concurrence des adventices du riz est différente selon qu'on est en saison sèche chaude ou en saison humide et est présentée dans la Figure 17.

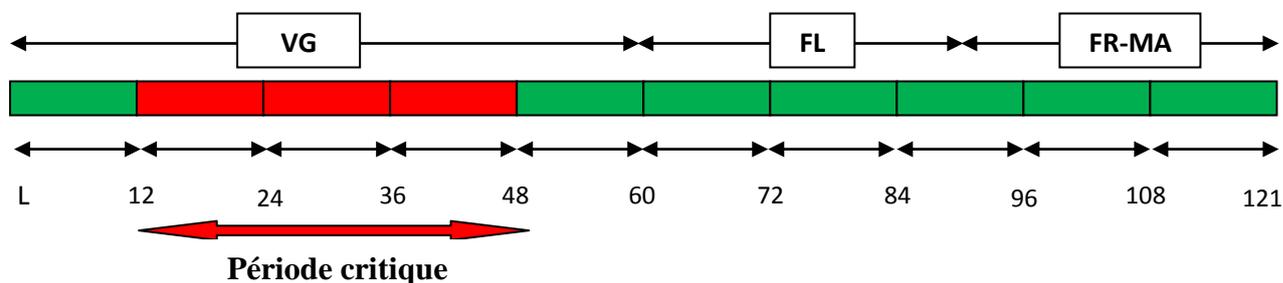


Figure 17 : Cycle du riz en saison sèche chaude

L = levée

VG = végétative

FL = floraison

FR-MA = fructification et maturation

Les résultats obtenus en saison sèche chaude 2016 et 2017 ont montré un seuil précoce qui se situe au 12^{ème} JAL et un seuil tardif qui correspond au 48^{ème} JAL du riz (Figure 17) et (Figure 18). Ces deux dates correspondent respectivement pour la croissance du riz, le stade 3 feuilles pour le 12^{ème} JAL et 90% du tallage maximum atteint pour le 48^{ème} JAL. Ainsi pour des pertes de rendements de 10%, la période critique de concurrence des mauvaises herbes se situe entre le 12^{ème} jour après levée et le 48^{ème} jour après levée du riz. Durant cette intervalle, le riz doit

être maintenu propre des adventices pour éviter la concurrence liée aux éléments minéraux du sol, la lumière, l'eau etc., éléments indispensables pour la bonne croissance et les bons rendements.

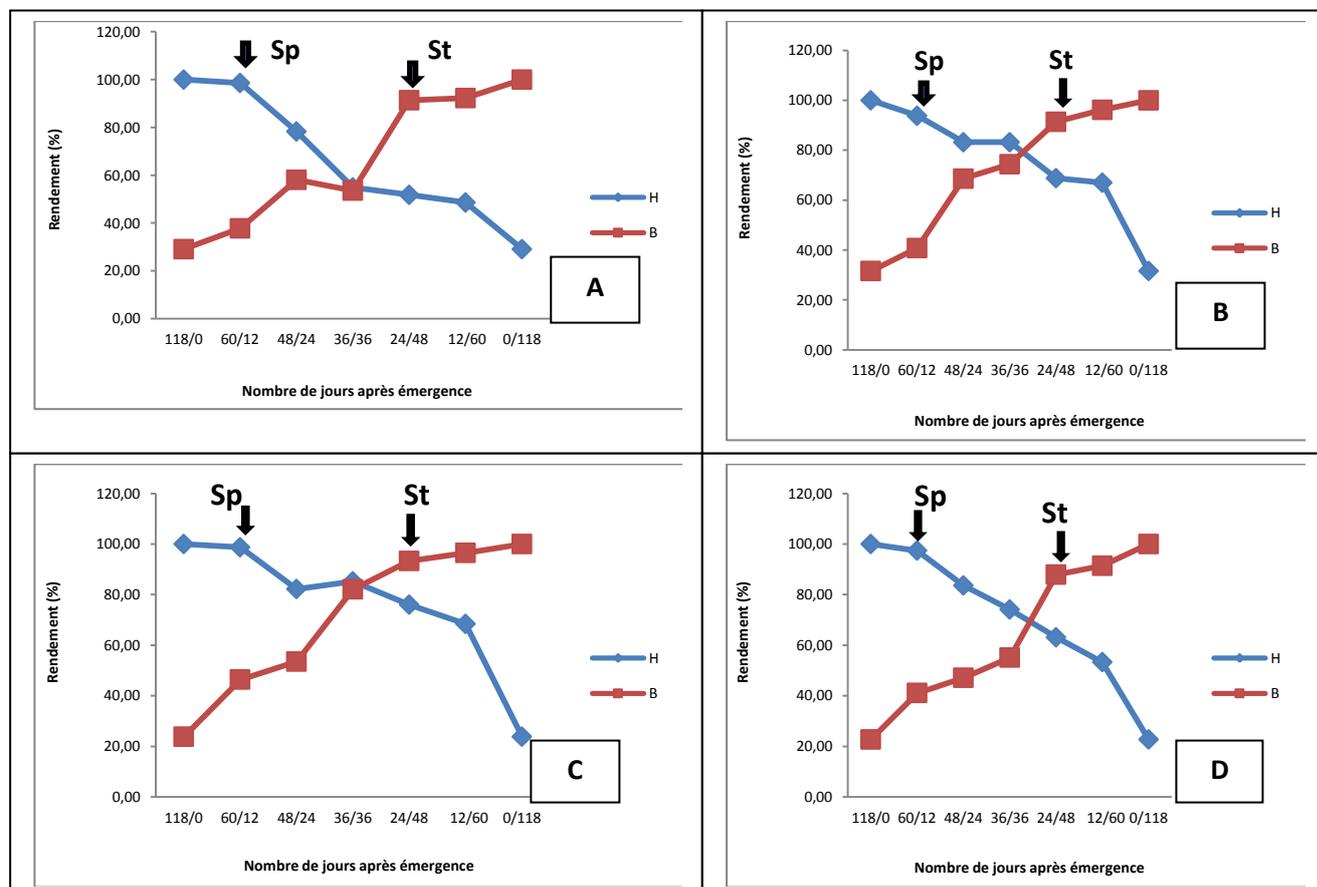


Figure 18 : Période critique de concurrence en saison sèche chaude

A : Fanaye 2016 ; B : Bokhol 2016 ; C : Fanaye 2017 ; D : Razel 2017 ; Sp : seuil précoce ; st : seuil tardive ; B : désherbage ; H : enherbement

- **Période critique en saison des pluies**

Contrairement à la saison sèche chaude, les résultats obtenus en saison humide 2016 et 2017 ont indiqué un seuil de concurrence précoce situé au 24^{ème} JAL qui correspond au riz en début tallage et un seuil de concurrence tardive qui se situe au 48^{ème} JAL (90% de tallage du riz). Pour des pertes de rendements de 10%, la période critique de concurrence des mauvaises herbes se situe entre le 24^{ème} et le 48^{ème} jour après la levée du riz (Figure 19) et (Figure 20). Ces différences de dates pourraient s'expliquer par rapport à la saison sèche chaude, aux variations de températures au cours des saisons. En saison humide, les températures sont plus élevées qu'en saison sèche chaude et ces fortes élévations de températures accélèrent le

développement de la phase végétative du riz. C'est ce qui explique que pour une même variété de riz semée en saison humide et en saison sèche chaude, le cycle devient plus court en saison humide et plus long en saison sèche chaude dû à la température.

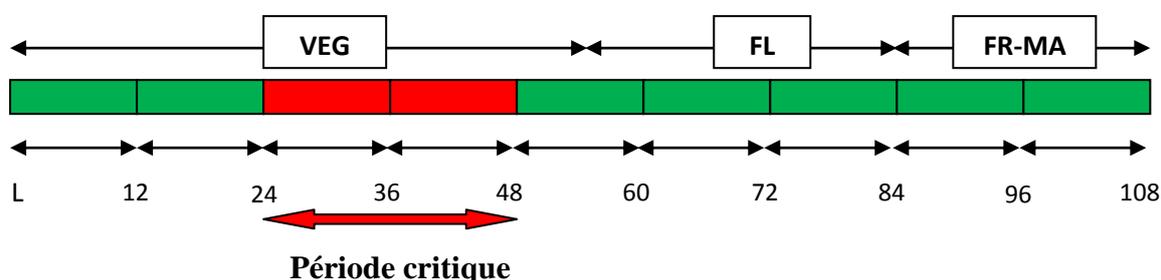


Figure 19 : Cycle du riz en saison des pluies

L = levée
VG = végétative
FL = floraison
FR-MA = fructification et maturation

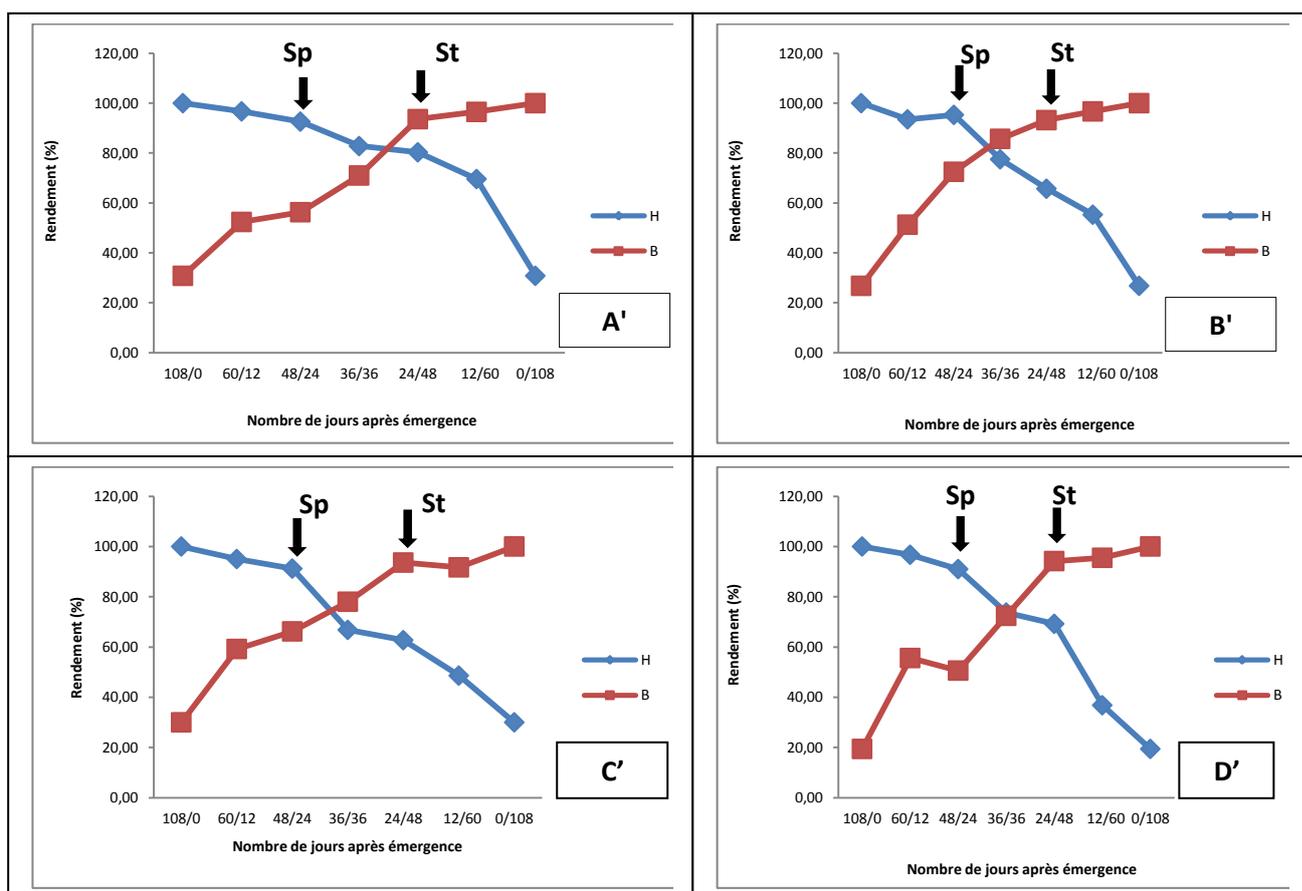


Figure 20 : Période critique de concurrence en saison humide

A' : Fanaye 2016 ; **B'** : Gaé 2016 ; **C'** : Fanaye 2017 ; **D'** : Thiangaye 2017 ; **Sp** : seuil précoce ; **st** : seuil tardive ; **B** : désherbage ; **H** : enherbement

Conclusion partielle sur la période critique de concurrence

Les résultats montrent que la période critique de concurrence des mauvaises herbes en saison sèche chaude se situe au stade 3 feuilles et 90% de tallage ce qui correspondrait respectivement au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

En saison humide, cette période critique se situe en début tallage qui correspond au 24^{ème} JAL et en fin tallage qui équivaut au 48^{ème} JAL du riz.

Le riz est plus sensible à la concurrence des mauvaises herbes durant la phase végétative.

En effet, les conditions d'humidité sont généralement suffisantes à cette période. Les nutriments sont aussi en quantités abondantes à ce stade puisque des fertilisants ont été appliqués peu de temps avant le début de la période critique. De plus, les mauvaises herbes à ses premiers stades de développement ne sont pas ombragées par le riz. Ce qui favorise une concurrence accrue des adventices contrairement à la concurrence tardive où le tallage du riz inhibe le bon développement des adventices.

IV.3. DISCUSSIONS

Il ressort de ces résultats que la concurrence des mauvaises herbes est d'autant plus important que la durée de l'enherbement est plus longue dans les parcelles, ce qui se traduit par une production importante de biomasse sèche. Les adventices ont des effets négatifs sur la biomasse du riz indépendamment du traitement ou de la date (Johnson *et al.*, 2004). L'enherbement prolongé joue un impact négatif sur le rendement et les composantes de rendement du riz surtout au niveau du témoin enherbé et les traitements proches de ce témoin enherbé. Ces résultats sont en adéquation avec les travaux de (Noba, 2002 ; Mbaye, 2013), qui stipulent que l'enherbement entrave les cultures puisque les composantes de rendement telles que le nombre de panicules, le nombre d'épis et le poids de 1000 grains sont moins importantes dans les témoins enherbés et plus importantes dans les traitements d'enherbement progressif (H) et dans les témoins propres.

Autrement dit, le poids sec des mauvaises herbes, le plus faible, a été enregistré dans les parcelles exemptes de mauvaises herbes pendant plus de 45 jours au cours de la saison (Micheal *et al.*, 2013). Nos résultats corroborent aussi avec ceux d'Uprety (2005) qui indiquent que les meilleures talles, les grandes panicules et les rendements élevés du riz sont obtenus dans le cas d'un désherbage précoce. Le désherbage précoce favorise un bon développement de la phase végétative du riz notamment au niveau du tallage. Sylla *et al.*, (2017) ont indiqué que le plus grand nombre de talles est obtenu avec le témoin propre. Par ailleurs les résultats de Bouet *et al.*, (2016) ont permis de constater que les modes de culture

de riz influencent la production de panicules. Il s'y ajoute que l'effet des traitements sur la hauteur des plantes de riz est significatif dans les traitements et que les plus grandes hauteurs ont été observées dans les témoins propres (TP) et les traitements maintenus propres de plus en plus longs (H5, H4, H3). Ces résultats sont conformes aux travaux de Bouet *et al.*, (2016) avec une différence significative entre la hauteur du riz mesurée sous le mode de système de riziculture intensive et celle notée sous la parcelle paysanne. En effet, il existe des périodes pendant lesquelles, les adventices doivent être éliminées puisque délétères et d'autres pendant lesquelles elles peuvent être autorisées à se développer parce que leurs effets sur la culture sont moindres (King, 1951 ; Nieto, 1960, 1968 ; Mbaye 2013) voir même bénéfiques.

Les rendements sont plus élevés dans les parcelles maintenues de plus en plus propre selon qu'on se situe en saison sèche chaude ou en saison des pluies, tandis que le rendement est beaucoup plus faible dans les parcelles fortement enherbées. Ces résultats sont comparables à ceux de Anwar *et al.*, (2012). Le rendement en grain a été augmenté avec la durée croissante de la période sans plantes nuisibles jusqu'à 6 semaines après semis du riz. Les mêmes tendances ont été observées lorsque les plantes de riz étaient envahies pendant plus de 60 jours durant la croissance, la réduction du rendement était d'environ 66 à 83%. En revanche, les parcelles sans mauvaises herbes pendant plus de 45 jours au cours de leur cycle de vie ont produit de manière significative des rendements de grain plus élevés (Micheal *et al.*, 2013).

Les résultats des expérimentations montrent que les pertes de rendement augmentent avec la durée d'enherbement selon que l'on soit en saison sèche chaude ou en humide. Pour toute plante cultivée, il existe une période critique de compétition des adventices au-delà de laquelle, la culture reste sensible (Akobundu & Poku, 1987 ; Bassène, 2014). Durant les premières semaines après l'émergence du riz, les ressources sont généralement suffisantes pour permettre la croissance aussi bien de la plante cultivée que des adventices (Norsworthy *et al.*, 2004 ; Mbaye, 2013). Ainsi, il est important de noter qu'aucune période critique de désherbage n'est déterminée et adaptée à tous les environnements pour une culture, mais elle aide les agriculteurs à choisir la méthode pour contrôler les adventices (Noba, 2002 ; Bassène, 2014). La période critique en saison sèche chaude dans nos conditions se situe entre le 12^{ème} JAL (stade 3 feuilles) et le 48^{ème} JAL (90% du tallage). Alors qu'en saison humide, cette période critique est comprise entre le 24^{ème} JAL (début tallage) et le 48^{ème} JAL (90% du tallage). Ces résultats corroborent avec ceux de Touré *et al.*, (2013) qui ont situé la période critique de concurrence des mauvaises herbes du riz entre le 14 et 42^{ème} jour après semis pour les variétés NERICA et WAB 56-104 et de 28 à 42 jours après semis pour la variété CG 14.

IV.4. CONCLUSIONS

La biomasse des adventices joue un rôle assez important dans la concurrence du riz selon qu'on est en saison sèche chaude ou en saison des pluies.

La moyenne des biomasses des traitements indique que les monocotylédones sont plus importantes que les dicotylédones dans la compétition du riz.

La maîtrise des adventices contre la concurrence du riz exige de maintenir propre les parcelles en saison sèche chaude, entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL.

Pour la saison des pluies, deux désherbages sont nécessaires à partir du 24^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL du riz.

La biomasse du riz évolue différemment en saison sèche chaude et en saison des pluies.

La production de grandes biomasses de riz indique deux désherbages :

- en saison sèche chaude, un désherbage précoce c'est-à-dire à partir du 12^{ème} JAL et un second désherbage semi-tardif à partir du 48^{ème} JAL ;*
- en saison des pluies, un désherbage à partir du 24^{ème} JAL et un second au 48^{ème} JAL.*

Le rendement et les composantes de rendement à savoir, la hauteur des plantes, le nombre de panicules par mètre carré, le poids d'une panicule, et le poids de 1000 grains varient selon l'année et les saisons.

Les résultats montrent que la période critique de concurrence des mauvaises herbes en saison sèche chaude se situe au stade 3 feuilles et 90% de tallage (stades importants critiques dans l'élaboration du rendement), ce qui correspondrait respectivement au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

En saison des pluies, cette période critique se situe en début tallage qui correspond au 24^{ème} JAL et en fin tallage qui équivaut au 48^{ème} JAL du riz.

Le riz est plus sensible à la concurrence des mauvaises herbes durant la phase végétative.

En effet, les conditions d'humidité sont généralement suffisantes à cette période. Les nutriments sont aussi en quantités abondantes à ce stade puisque des fertilisants ont été appliqués peu de temps avant le début de la période critique. De plus, les mauvaises herbes à ses premiers stades de développement ne sont pas ombragées par le riz. Ce qui favorise une concurrence accrue des adventices contrairement à la concurrence tardive où le tallage du riz inhibe le bon développement des adventices.

CHAPITRE V DISCUSSIONS GENERALES

Au Sénégal, l'agriculture représente l'une des principales activités de production (Mbaye, 2013). Elle repose à la fois sur des cultures de rente, des cultures vivrières de subsistance et la culture du riz (Anonyme, 2008, Bassène, 2014). La riziculture a suscité, dès le départ, un intérêt chez les agriculteurs de la vallée. Cette adhésion n'a cessé de se confirmer quelque soit le statut et les motivations du producteur, les écosystèmes rizicoles et les systèmes de culture, et malgré les difficultés conjoncturelles actuelles (SAED, 2001).

Il existe d'innombrables effets négatifs des mauvaises herbes sur les plantes cultivées (Javaid *et al.*, 2007), entraînant très souvent des pertes considérables de rendement (Rathore *et al.*, 2014). Les plantes de riz dépendent en grande partie de la température, du rayonnement solaire, de l'humidité et de la fertilité du sol pour leurs besoins de croissance et de nutrition (Eshaghi *et al.*, 2013). La gestion des mauvaises herbes du riz en début de culture est difficile en raison de l'émergence simultanée des mauvaises herbes avec le riz (Chauhan, 2012; Rao *et al.*, 2007; Singh *et al.*, 2007).

Le désherbage manuel prend du temps et dépend de la disponibilité de la main-d'œuvre (Ruthenberg, 1980). Les herbicides nécessitent un bon calendrier d'application et de bonnes méthodes pour être efficace et de prévenir les effets secondaires nocifs pour la culture (Gitsopoulos *et al.*, 2004 ; Johnson *et al.*, 2004). Par conséquent, les mauvaises herbes sont capables de réduire le rendement et de nuire considérablement à la qualité des cultures (Juraimi *et al.*, 2011). Les pertes de rendements dues aux mauvaises herbes dans le semis direct est supérieur à celui du repiquage (Rao *et al.*, 2007). Ramzan en 2003 a signalé une réduction du rendement allant jusqu'à 48,53% pour le riz de repiquage et 74% dans le semis direct. Au Sénégal, la gestion de l'enherbement est donc une préoccupation majeure des agriculteurs (Fonanel, 1987a; Wade *et al.*, 1999; Bâ, 1983 ; Samb *et al.*, 1992 ; Noba, 2002 ; Mbaye, 2013). Pour palier cela, il est important de connaître la flore adventice, la biologie, les degrés d'infestations et la nuisibilité des espèces (Noba, 2004 ; Mbaye, 2013 ; Bassène 2014).

Les recherches envisagées dans cette optique servent à mettre à la disposition des producteurs, l'ensemble des informations utiles pour la bonne maîtrise de l'enherbement. Les résultats de ces recherches ont permis de 1- connaître la flore adventice du riz irrigué de la vallée du fleuve Sénégal, 2- de connaître l'étendu de distribution des espèces, 3- de cibler les degrés d'infestation des mauvaises herbes de la région, 4- de quantifier les espèces les plus nuisibles,

5- de connaître les dates propices de désherbage des mauvaises herbes et -6 de proposer un calendrier de désherbage du riz.

V.1. La flore adventice du riz

Les connaissances acquises à travers cette étude nous ont permis de connaître la diversité de la flore dans cette zone, l'étendue de la distribution des espèces, ainsi que leurs types biologiques et chorologiques, éléments indispensables pour une gestion raisonnée de ces adventices.

Les résultats de cette étude montrent que la flore est composée de 179 espèces réparties dans 117 genres et 46 familles. Comparée à la flore adventice du riz de la cuvette de Nianga dans moyenne vallée du fleuve Sénégal (Diagne, 1993), la flore adventice du riz irrigué présente une différence spécifique avec respectivement 90 espèces réparties en 27 familles contre 179 espèces réunies dans 46 familles. Cette différence spécifique pourrait s'expliquer par le fait que la liste des adventices de notre travail a été effectuée de façon plus large dans le delta et la moyenne vallée. Par rapport à l'étude de Halidou, (2003) sur la flore adventice associée à la culture du riz irrigué au Niger, notre flore est plus diversifiée avec respectivement 45 espèces et 19 familles contre 179 espèces et 46 familles, ce qui peut s'expliquer par les positions géographiques des deux pays et aussi les conditions climatiques différentes. Par ailleurs, Sylla *et al.*, en 2017 ont évalué des pratiques de gestion des adventices en riziculture irriguée dans la localité de Daloa, au centre-ouest de la Côte-d'Ivoire et a dénombré 148 espèces appartenant à 102 genres réparties dans 40 familles.

Il ressort aussi de ces résultats que les Dicotylédones (58,10%) sont relativement plus importantes que les Monocotylédones (39,66%). Ces résultats sont similaires à ceux de Diagne (1993) qui montrent que les Dicotylédones représentent 53,9% contre 46,4% de Monocotylédones. Cette similarité pourrait s'expliquer par le fait que ces études ont été effectuées dans la même zone sur la culture du riz irrigué.

Concernant l'importance des familles, les *Poaceae* et les *Cyperaceae* représentent les familles les plus diversifiées en cumulant 33,52% des adventices inventoriées. Ces résultats sont comparables à ceux de Diagne (1993) avec 45% des espèces listées, Halidou (2002) avec 40% des espèces listées et Boraud *et al.* (2015) avec 45,75% des espèces listées. Les travaux de Sylla *et al.*, 2017 ont montré que les *Poaceae*, les *Cyperaceae* et *Asteraceae* sont plus dominantes dans la flore de Daloa, au centre-ouest de la Côte d'Ivoire.

Au niveau des 4 sites d'essai, 9 espèces communes ont été répertoriées. Ces espèces sont par ordre d'importance par rapport à la fréquence relative moyenne : *Echinochloa colona*,

Sphenoclea zeylanica, *Cyperus iria*, *Aeschynomene indica*, *Heteranthera califolia*, *Eclipta alba*, *Cyperus rotundus*, *Cyperus esculentus* et *Ammannia auriculata*. Ces observations rejoignent celles de Halidou (2002) qui a recensé *Echinochloa colona*, *Eclipta alba*, *Ammannia auriculata*, *Heteranthera califolia*, *Sphenoclea zeylanica*, *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus* comme adventices associées du riz irrigué au Niger.

Les résultats sur les types biologiques indiquent que les thérophytes dominent cette flore (62,57%) suivies des chaméphytes (10,61%) cumulant 73,18% des espèces. Ces résultats rejoignent ceux de Johnson *et al.*, (2004) qui indiquent que les principales adventices listées dans la cuvette de Ndiaye au Sénégal sont des thérophytes. Cette dominance des espèces pourrait être expliquée par le fait que ces dernières sont plus adaptées aux pratiques culturales (Grime, 1974 ; Noba *et al.*, 2004 ; Bassène, 2014). Parmi ces pratiques culturales, nous pouvons noter le désherbage qui consiste à éliminer ces adventices avant la production des graines et aussi les autres organes de multiplication végétative favorisant le développement des thérophytes au détriment des géophytes (Maillet, 1981, Traoré, 1991, Bassène, 2012). Ces résultats rejoignent aussi ceux réalisés dans le Parc National de Djoudj par Noba *et al.*, (2010) qui montrent que les thérophytes sont plus importantes (50%) suivies des chaméphytes (19,70%). Cela peut s'expliquer par le fait que dans le parc de Djoudj, situé dans la même zone géographique, est une aire protégée où il n'existe pas d'activités agricoles.

Sur le plan des affinités biogéographiques, les espèces d'affinités pantropicales (35,20%) dominent cette flore suivie des espèces africaines (27,93%) avec un cumul de plus de la moitié (63,13%). Ces résultats sont comparables à ceux réalisés dans le bassin arachidier sur le mil et l'arachide (Noba, 2004) et sur le maïs (Bassène, 2012). Ceci s'expliquerait par le fait que ces adventices sont adaptés aux perturbations culturales et aux conditions climatiques de la zone (Noba, 2004). La dominance des espèces africaines s'expliquerait par l'adaptation de ces espèces d'origine africaines aux conditions bioclimatiques du continent.

L'importance accrue des espèces pantropicales semble liée à la position géographique du Sénégal qui est plus occidentale et océanique (Traore & Maillet, 1992 ; Noba, 2002, Bassène, 2012). Les faibles proportions des autres affinités biogéographiques peuvent s'expliquer d'une part par leur élimination progressive due aux techniques culturales et aux désherbages et d'autre part par leur inadaptation aux conditions de la zone (Noba, 2004 ; Bassène *et al.*, 2012).

La phénologie des adventices communes par rapport au cycle du riz nous a permis d'observer des adventices qui bouclent leur cycle de vie durant le cycle de développement du riz. Par contre les autres arrivent en maturité à la même période que le riz. Parmi ceux qui entrent en

sénescence pendant le développement du riz, nous notons que *Echinochloa colona* et *Cyperus iria* bouclent leur cycle entre le 60^{ème} et 72^{ème} JAL. Cette période est pratiquement la même que celle observée par Johnson *et al.* (2004) sur la sénescence d'*Echinochloa colona* comprise entre 53 et 69^{ème} JAL, étude menée dans le delta du fleuve Sénégal durant la campagne hivernale de 1999 et la contre-saison de 2000.

Les adventices qui arrivent en maturité à la même période que le riz c'est-à-dire entre le 96 et 108^{ème} JAL sont : *Aeschynomene indica*, *Cyperus esculentus*, *Cyperus rotundus*, *Eclipta alba*, *Sphenoclea zeylanica*, *Ammannia auriculata* et *Heteranthera califolia*. Ces observations rejoignent celles de N'diaye *et al.* (2012) qui indiquent que tant que les conditions sont favorables, *Cyperus esculentus* et *Cyperus rotundus* continuent à se développer et à produire des bulbes et entrent en sénescence quand les conditions deviennent défavorables. Ces mêmes auteurs montrent que ces bulbes, organes de reproduction végétative, peuvent se conserver dans le sol pendant longtemps et germent dès que les conditions redeviennent favorables.

Il ressort de cette étude que 22 espèces sont les plus nuisibles de la région dont les trois premières sont constituées par *Echinochloa colona*, *Oryza longistaminata* et *Bolbochoenus maritimus*. La distribution des espèces sur les parcelles est hétérogène. Cela peut s'expliquer par la trop grande diversité des parcelles cultivées (cultures annuelles, pérennes ou jachères). La plupart des espèces sont fréquentes, mais en faible abondance. Certaines ont un potentiel de nuisibilité important, se traduisant par une note d'abondance-dominance élevée (A/Dmoy > 1,5) et une fréquence relative élevée (Fr > 50). C'est le cas de *Echinochloa colona*, *Oryza longistaminata* et *Bolbochoenus maritimus*, espèces les plus abondantes de la région. Elles sont considérées aujourd'hui comme les adventices les plus préoccupantes en agriculture dans la vallée du fleuve Sénégal. D'ailleurs, Johnson *et al.*, en 2004 soutiennent que les principales espèces de mauvaises herbes rencontrées dans le Delta du fleuve Sénégal étaient *Bolboschoenus maritimus*, *Oryza longistaminata*, *Cyperus difformis* et *Echinochloa colona*. Les deux premières espèces ont la capacité, non seulement de se régénérer à partir de leurs racines, mais également elles possèdent un potentiel important de production de semences (Touré *et al.*, 2008).

V.2. La concurrence

Les résultats sur la biomasse du riz, des adventices, le rendement et les composantes de rendement ont montré des différences significatives entre les traitements, les saisons et les années.

V.2.1. Effets de la concurrence sur la biomasse, le rendement et les composantes de rendement

La biomasse totale sèche des adventices est plus élevée dans les parcelles désherbées plus tardivement à partir du 24, 36, 48 et 60^{ème} jour après levée ainsi que dans les parcelles enherbées précocement c'est-à-dire au 12^{ème}, 24^{ème} et 36^{ème} jour après levée du riz. Les fortes productions de biomasses ont été obtenues durant ces dates sensibles au riz. Johnson *et al.*, 2004 a signalé que *Oryza longistaminata* avait un effet négatif sur la biomasse du riz indépendamment du traitement ou de la date. Nos résultats rejoignent ceux de Micheal *et al.* (2013) qui indiquent que le poids sec des mauvaises herbes le plus faible a été enregistré dans les parcelles exemptes de mauvaises herbes pendant plus de 45 jours au cours de la saison.

Ce travail a montré que l'enherbement gêne la culture de riz puisque le nombre de panicules et d'épis ainsi que le poids de 1000 grains sont moins importants dans les témoins enherbés et plus importants dans les traitements d'enherbement progressif (H) et dans les témoins propres (Noba, 2002 ; Mbaye, 2013). L'enherbement progressif des parcelles de riz induit une diminution des composantes de rendement, notamment sur le tallage, le nombre de panicules, le poids des panicules et sur le remplissage des grains de riz. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de l'étude d'Uprety (2005) menée au Népal, qui indiquent que le désherbage précoce améliore la production de talles primaires, qui finalement produisent de grandes panicules ayant plus de grains et un rendement plus élevé.

Par ailleurs, les différents modes de gestion de l'enherbement ont influencé le tallage en stimulant l'apparition et le développement des talles. Le plus grand nombre de talles est obtenu avec le témoin propre (Sylla *et al.*, 2017). Le désherbage précoce pourrait expliquer le nombre élevé de talles. Selon Johnson (1997), le contrôle précoce des adventices est important dans la formation de couvert végétal dense chez le riz. Nos résultats rejoignent ainsi ceux de Mamun (1990) qui a constaté une réduction similaire du nombre de panicules par poquet au Bangladesh en raison de la concurrence menée par les adventices. Than Than (2003), qui constatait que le nombre de panicules par poquet était plus important dans les parcelles élémentaires désherbées et plus petit dans les parcelles non désherbées. Les résultats de Bouet *et al.*, (2016), conduites dans sept localités de la Côte d'Ivoire, ont révélés que les modes de culture de riz influencent la production de panicules.

L'effet des traitements sur la hauteur des plantes de riz ont été significatives dans le cadre de notre étude. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Bouet *et al.*, (2016) avec une différence significative entre la hauteur du riz mesurée sous le mode de système de riziculture intensive et celle notée sous la parcelle paysanne. Cependant nos résultats diffèrent avec ceux

de Islam *et al.*, (2001) qui affirment que la hauteur des plantes de riz ne diffère pas significativement lorsqu'elles sont soumises à différents traitements de désherbage.

Les résultats du rendement sont plus élevés dans les parcelles maintenues de plus en plus propre selon qu'on se situe en saison sèche chaude ou en saison des pluies, tandis que le rendement est beaucoup plus faible dans les parcelles fortement enherbées. Ces rendements varient de 8,6 t/ha à 9,7 t/ha pour le témoin propre (TP) contre 1,8 t/ha à 2,6 t/ha pour le témoin enherbé (TE). Ces résultats s'expliquent par la forte concurrence exercée par les adventices sur le riz. Plus l'infestation est longue, plus le rendement en paddy diminue considérablement. Les résultats de cette étude confirment ceux de Rekha *et al.*, (2002) en Inde. Selon ces derniers, le rendement paddy du riz augmente en raison de l'application d'herbicide suivi du désherbage manuel. Par ailleurs, Boraud *et al.*, (2015), en riziculture au centre de la Côte d'Ivoire, ont obtenu le meilleur rendement avec uniquement les désherbants chimiques. Singh *et al.*, (2008) ont, quant à eux affirmé que les meilleurs rendements paddy sont obtenus lorsque l'utilisation des herbicides est complétée par deux sarclages manuels.

V.2.2. La période critique de concurrence

Les résultats obtenus en saison sèche chaude 2016 et 2017 ont montré un seuil précoce qui se situe au 12^{ème} JAL et un seuil tardif qui correspond au 48^{ème} JAL du riz. Ces deux dates correspondent respectivement pour la croissance du riz, au stade 3 feuilles pour le 12^{ème} JAL et au stade tallage à 90% maximum pour le 48^{ème} JAL. Contrairement à la saison sèche chaude, les résultats obtenus en saison des pluies 2016 et 2017 ont indiqué un seuil de concurrence précoce situé au 24^{ème} JAL qui correspond au riz en début tallage et un seuil de concurrence tardive qui se situe au 48^{ème} JAL (90% de tallage du riz).

Cette période critique n'est pas adaptée à tous les environnements pour une culture. Selon Ahmadvand *et al.* (2009) une période critique de concurrence varie en fonction des conditions du milieu. Nos résultats sont similaires à ceux de Rahman *et al.*, (2014) qui ont déterminé la période critique de concurrence des mauvaises herbes du riz repiqué dans les agrosystèmes non salés. Sur la base de ses résultats, il a été observé que la période critique de la concurrence des adventices s'étendait jusqu'à 30 jours après le repiquage du riz (aus var. BRRI dhan27). Par ailleurs les résultats de Touré *et al.*, (2013) ont indiqué que la période critique d'infestation par les mauvaises herbes, déterminée à partir de l'expérience sur le terrain, était similaire pour les trois nouvelles variétés de riz pour l'Afrique (NERICA) et le parent *Oryza sativa* (WAB 56-104), et se situe entre le 14 et 42 jours après semis. Pour le parent *Oryza glaberrima* (CG 14), la période critique était située entre le 28 et 42 DAS.

Dans le delta du fleuve Sénégal, Johnson *et al.*, (2004) ont indiqué que la période critique pour le contrôle des mauvaises herbes, pour des pertes de rendement de 5% est de 4 à 83 jours après semis en saison sèche chaude et de 29 à 32 jours après semis en saison humide pour les mêmes pertes de rendements de 5%. Ces différences entre nos résultats sont dues aux différences de pertes de rendements qui sont de 5% pour Johnson et de 10% pour nos résultats. La différence des périodes critiques des mauvaises herbes pour la même variété de riz (Sahel 134) en contre-saison qu'en hivernage est probablement due aux températures plus basses au début de la saison sèche chaude qui ont entraîné une croissance plus lente du riz et des mauvaises herbes, retardant ainsi les effets de la concurrence. La concurrence des mauvaises herbes avant ou après ces périodes critiques a eu des effets négligeables sur le rendement des cultures (Johnson *et al.*, 2004). Anwar *et al.*, (2012) ont indiqué que la période critique de concurrence du riz en condition aérobie a été déterminée comme étant de 7 à 49 jours après semis en saison sèche chaude et de 7 à 53 jours pendant la saison humide pour des pertes de rendements de 5% et de 23 à 40 jours en saison sèche chaude et 21 à 43 jours en saison normale pour des pertes de rendements de 10%.

V.2.3. Corrélation entre la biomasse, le rendement et les composantes de rendement

Les corrélations sont négatives entre la biomasse totale des adventices et les composantes de rendement à savoir la hauteur des plantes (HPLANT), le nombre de panicules par mètre carré (NPAN), le poids d'une panicule (PPAN) et le poids de 1000 grains (PMG). Cependant, elles sont positives pour la biomasse sèche de monocotylédones (BSMV) et celle des dicotylédones (BSDV). Ces corrélations ont les mêmes tendances en saison sèche chaude qu'en saison des pluies. Pour le rendement, les liaisons sont inverses par rapport aux composantes BSMV et BSDV et positives par rapport aux composantes HPLANT, NPAN, PPAN, PMG. En revanche, (Dingkuhn *et al.*, 1999 ; Jannink *et al.*, 2000 ; Zhao *et al.*, 2006) ont observé que la biomasse des mauvaises herbes et le rendement sont positivement corrélés. Nos résultats sont aussi en adéquation avec ceux de Mahajan *et al.*, (2014) qui indiquent que la concurrence des mauvaises herbes a entraîné une réduction significative du rendement grain de tous les génotypes testés et la réduction a été en corrélation positive avec la biomasse des mauvaises herbes ($r = 0,65$; $P = 0,40$). Il s'ajoute aussi que la biomasse de mauvaises herbes était significativement et positivement en corrélation avec celle de la hauteur de la plante, le nombre de talles par mètre carré, à 40 jours après semis donc aussi avec le rendement en grains de riz (Dwibedi *et al.*, 2016).

Les rendements sont fortement corrélés avec la biomasse des mauvaises herbes. Les traitements étant maintenus propres de plus en plus ont des rendements plus importants que les traitements laissés enherbés. Ces résultats sont similaires aux travaux de Mahajan *et al.*, (2014) qui ont indiqué que lorsque la biomasse des mauvaises herbes est importante dans les parcelles de riz, le rendement diminue considérablement.

V.3.. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Ce travail dont le but était de chercher des informations utiles pour la maîtrise de l'enherbement du riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal a permis d'obtenir des résultats intéressants.

Du point de vue de la diversité de la communauté adventice, la flore adventice du riz irrigué de la vallée du fleuve Sénégal est composée de 179 espèces appartenant à 117 genres réparties dans 46 familles. La classe des Dicotylédones présente un nombre d'espèces le plus élevé avec 58,10% d'espèces contre 39,66% d'espèces pour les Monocotylédones. Les familles les plus importantes sont les Poaceae et les Cyperaceae avec respectivement (20,67% et 12,85% des espèces).

Les thérophytes sont dominantes (62,57%) suivies des chaméphytes avec 10,61%. Les espèces pantropicales sont plus importantes (35,20%) suivies des espèces africaines (27,93%). Le diagramme d'infestation réalisé à partir des relevés a mis en évidence 9 groupes d'adventices dont les plus infestantes sont présentées par les mauvaises herbes majeures générales. Les résultats ont révélé que 22 espèces sont potentiellement nuisibles vis-à-vis du riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal. Parmi ces espèces, seules 3 ont un I.P.N. supérieur à 2000 et ces espèces sont constituées de *Oryza longistaminata*, *Echinochloa colona* et *Bolboschoenus maritimus*. Ces espèces sont considérées comme étant les adventices les plus nuisibles de la vallée du fleuve Sénégal.

Les monocotylédones sont plus nuisibles que les dicotylédones dans la concurrence du riz avec de fortes biomasses sèches.

La maîtrise des adventices contre la concurrence du riz exige de maintenir propre les parcelles en saison sèche chaude, entre le 12^{ème} JAL au 48^{ème} JAL. Pour la saison des pluies, deux désherbages sont nécessaires, le 24^{ème} JAL et le 48^{ème} JAL du riz. Les parcelles de riz, une fois maintenues propres durant ces intervalles, permettent une bonne production de la biomasse du riz, un bon rendement, le bon remplissage des grains de riz ainsi que les meilleurs poids des panicules. Le rendement et les composantes de rendements (hauteur des plantes, nombre de panicules par mètre carré, poids d'une panicule et le poids de 1000 grains)

varient selon l'année et les saisons et les meilleurs rendements ont été obtenus en saison sèche chaude qu'en saison des pluies.

Que l'on soit en saison sèche chaude ou en saison des pluies:

- Les corrélations sont plus fortes (valeurs négatives) entre la biomasse totale des adventices et les composantes de rendement ;
- Elles sont positives entre la biomasse totale des adventices et les composantes BSMV et BSDV. Pour le rendement, elles sont inverses par rapport aux composantes BSMV et BSDV et positives par rapport aux composantes de rendement.
- L'augmentation de la biomasse totale des adventices se traduit par une diminution du rendement.

L'action des adventices est plus accentuée en saison sèche chaude car le coefficient de régression est plus important en saison sèche chaude comparé à la saison des pluies.

La période critique de concurrence des mauvaises herbes en saison sèche chaude se situe au stade 3 feuilles et 90% de tallage ; ce qui correspondrait respectivement au 12^{ème} JAL et au 48^{ème} JAL.

En saison des pluies, cette période critique se situe en début tallage qui correspond au 24^{ème} JAL et en fin tallage qui équivaut au 48^{ème} JAL du riz.

Le riz est plus sensible à la concurrence des mauvaises herbes durant la phase végétative.

En effet, les conditions d'humidité sont généralement suffisantes à cette période. Les nutriments sont aussi en quantités abondantes à ce stade puisque des fertilisants ont été appliqués peu de temps avant le début de la période critique. De plus, les mauvaises herbes à ses premiers stades de développement ne sont pas ombragées par le riz. Ce qui favorise une concurrence accrue des adventices contrairement à la concurrence tardive où le tallage du riz réduit le développement des adventices.

Le programme de mesures et actions de désherbage suivant est proposé pour améliorer l'itinéraire technique de gestion des adventices :

- Un labour d'une profondeur de 20 à 30 cm pour réduire la levée des adventices en enfouissant leurs semences et pour permettre un bon développement des plantes de riz ; à défaut du labour, effectuer 2 offsettages de 5-10 cm de profondeur ;
- Un bon planage de la parcelle exécuté en présence d'une faible lame d'eau de 5 cm pour mieux rectifier le dénivellement, est nécessaire pour une bonne levée de la culture et une émergence homogène des adventices avant le traitement herbicide ;
- Le semis doit être exécuté correctement pour obtenir une densité de peuplement optimale et homogène de la culture : dose de semences de 80-120 kg/ha, respect de

temps de trempage (24h) et d'incubation (24h), semis homogène sous une faible lame d'eau ;

- Respecter les recommandations techniques pour la fertilisation minérale en termes de doses, de dates et de conditions d'application, cela pour permettre un bon développement de la culture tout en limitant la concurrence des adventices ;
- Effectuer un premier désherbage précoce à environ 7 à 10 jours après semis ou repiquage ; la parcelle doit être traitée avec un herbicide de post-levée, à base de Bensulfuron-méthyl à la dose de 60 grammes de substance active par hectare ;
- Un second désherbage à base de propanil + 2,4-D diméthyle amine doit être appliqué environ 20 à 30 jours après semis ou repiquage, à la dose respective de 2160-2880g+720g-1080g de matière active par hectare.
- Un désherbage manuel complémentaire est souvent nécessaire pour contrôler les espèces résistantes aux herbicides comme les riz sauvages (*Oryza longistaminata* et *Oryza barthii*) et éliminer les adventices à levée tardive avant fructification afin de prévenir un accroissement du potentiel d'infestation.

En guise de perspectives, les résultats de la présente étude devraient être complétés par d'autres travaux qui porteraient sur les axes de recherche suivants :

- La caractérisation des pratiques paysannes et l'évaluation des écarts par rapport aux bonnes pratiques définies en matière de gestion intégrée des adventices;
- L'étude du stock de semences des adventices dans le sol et de l'évolution du potentiel d'infestation des espèces les plus nuisibles afin de mieux ajuster les méthodes d'intervention en termes de traitements herbicides ou de méthodes non chimiques;
- L'étude du comportement des nouvelles variétés à haut rendements par rapport à la gestion des adventices : évaluer, par exemple, leur degré de sensibilité à la concurrence des adventices ou leur compétitivité ; évaluer leur niveau de tolérances aux herbicides préconisés ; faire une étude comparative de leur réaction aux bonnes pratiques rizicoles en matière de gestion des adventices.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADRAO, 1995.** – Formation en production rizicole: manuel du formateur. Edition sayce ,publishing. Royaume Uni. 305p.
- ADRAO., 1992.** – Manuel illustré de riziculture pluviale; IRRIIRAST-CIRAD. Montpellier, France, 284p.
- ADRAO, 2000.** – Développement de modèles informatiques pour la compétition riz-adventices au Sahel, Rapport annuel 2000, Points saillants des activités, 43 p.
- ADRAO/SAED, 1995.** – Manuel Pratique de Riziculture dans la Vallée du Fleuve Sénégal version 1, 121p.
- ADRAO/SAED, 2011.** – Manuel Pratique de Riziculture dans la Vallée du Fleuve Sénégal version 2, 17p.
- Agence Française de Développement, 2014** - Etude La dimension locale de la dialectique Migration et développement le cas France-Sénégal, Monographie Vallée du Fleuve Sénégal – version finale, 75 p.
- Ahmadvand G., Mondani F., Golzardi F., 2009-** Effect of crop plant density on critical period of weed competition in potato. *Scientia Horticulturae* **121**: 249–254.
- Akobundu I.O., Fagade, S.O., 1978** – Weed problems of African rice lands, In: Buddenhagen, I.W., Persley, G.J. (Eds.). Academic Press, London, pp. 181-192.
- Akobundu I. O. et Poku J. A., 1987** – Weed control in soybean in the tropics: research, production and utilisation. John Wiley and Sons Ltd, Chishester. pp: 69-77.
- Akobundu I. O., 1987** – Weed science in the tropics. Principles and practices. John Wiley and Sons, Chishester. 552 p.
- Akobundu I.O., 1991** – Weeds in human affairs in sub-saharian Africa : implications for sustainable food production. *Weed Technology* **5**: 680-690.
- Akobundu I.O., 1996.** – Principles and prospects for integrated weed management in developing countries, Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Danemark. **2**: 591-600.
- Anwar M. P., Juraimi A. S., Samedani B., Puteh A., and Man A., 2012** - Critical period of weed control in aerobic rice. *The ScientificWorld Journal* , ID 603043, 10 p.
- APG III, 2009.** - An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105–121.
- APRAO, 2012** – Rapport semestriel, Juillet-Décembre 2011, 30 p.

- APRAO, 2011** - Bulletin Aout 2011 Volume 1, (1). 10 p.
- APRAO/GIPD, 2011.** – Guide pratique pour la gestion intégrée de la production du riz irrigué, 10 p.
- Angladette A., 1966.** – Le riz, G-P. Maisonneuve et Larose, Paris. 930 p.
- Anonyme., 2008-** État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : Contribution du Sénégal au second rapport. 57 p.
- Anonyme., 2002. b.** – Mémento de l'agronome. Ministère de la coopération française ; Paris. 1136 p.
- Arraudeau M., 1998.** – Le riz irrigué. Tome 1 et Tome II, édition Maisonneuve et Larose, Paris, France, 659 p.
- Ba A.T., Noba K. (2001)** – Flore et Biodiversité végétale au Sénégal. *Sécheresse* 12 (3): 149 – 155.
- Bâ A.T., 1983** - Biologie du parasitisme chez deux Scrophulariaceae *Striga hermonthica* (Del.) Benth. et *Striga gesnerioides* (Wild.) Vatke. Thèse de Doctorat d'Etat, Dakar, 139p.
- Bâ H.S., 2005** - Itinéraire technique du désherbage du maïs (*Zea mays* L.) en zone sahélo-soudanienne : alternative à l'atrazine. Mémoire de fin d'études. ENSA, Thiès (Sénégal). 76 p.
- Bassène C. 2014.** - La flore adventice dans les cultures de maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin Arachidier : structure, nuisibilité et mise au point d'un itinéraire de désherbage. Thèse de Doctorat Unique. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 184 p.
- Bassène C., Mbaye M.S., Kane A., Diangar S., Noba K., 2012.** - Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal) : structure et nuisibilité des espèces. *Journal of Applied Biosciences* 59 : 4307-4320.
- Berhaut J, 1967.** - Flore du Sénégal. 2^{ème} Ed. Dakar, Clairafrique. 485p.
- Berhaut J, 1971, 1975 et 1979.** - Flore illustrée du Sénégal. Tome I, II, III, IV, V et VI. Gouvernement du Sénégal, Dakar.
- Boivin P., Favre F., Maeght J. L., 1998** – Les sols de la moyenne vallée du fleuve Sénégal : caractéristiques et évolution sous irrigation, *Etude et Gestion des Sols*, 5(4), 235-246.
- Bonnefond, P., Caneill, J., Auriol, O., N'Diaye, M., Menvielle, J., Clément, A., 1981** - Etude des unités de production de paysans pratiquant la culture irriguée dans le cadre de la SAED. ISRA-ORSTOM-IRAT-INA-PG, St-Louis, 294 p.
- Boraud N.K.M., Kouame Kra F et Kla D. 2015.** - Impact des pratiques de gestion des adventices sur le rendement du riz au centre de la Côte d'Ivoire, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(3): 1220-1228.

- Bouet A., Bahan F., Boka A., Esmel M. and Keli J., 2016** – Performance agronomique du Système de Riziculture Intensive (SRI) en Côte d’Ivoire. *Asian Journal of Science and Technology*, 7 (8) : 3447-3451.
- Bouet, A., Amancho, A. N., Tahouo, O. 2012.** – Comment lutter contre la pyriculariose du riz, Direction des innovations et des systèmes d’information, Abidjan, Côte d’Ivoire, 2 p.
- Bouman, B.A.M., Lampayan, R.M. et Tuong, T.P. 2007.** – Water management in irrigated rice: coping with water scarcity. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines. 54 p.
- Braun-Blanquet J., 1952-** Phytosociologie appliquée. *SIGMAT* **116** : 157-161.
- Casagrande M., 2008** – Evaluation précoce des performances du blé biologique (rendement et teneur en protéines) : une approche combinée de diagnostic agronomique, de modélisation à l'aide d'indicateurs de nuisibilité et d'études des pratiques dans les exploitations agricoles. Thèse de Doctorat de l’Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l’Environnement (Agro Paris Tech). 223p.
- Caussanel J.P & Kafiz B., 1986-** Une méthode de détermination des seuils de nuisibilité d’une espèce adventice dans une céréale (*Avena sp* x Ble de printemps).*Proc. Ewrs symposium, Economic weed contro.* pp. 83-90.
- Chang T. T., 1976.** – The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rices .*Euphytica*, : pp. 425 - 441.
- Chateau R., 1957 -** La lutte contre les plantes adventices en riziculture. *6 7 IIAgr-OTrop. Vol. HI, NO6 Nogent sur Marne.* . pp. 657 - 724.
- Chauhan, B.S., 2012 -** Weed management in Direct-seeded Rice Systems. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 20 p.
- Chauvel B., Guillemin J.P., Colbach N., Gasquez J., 2001a.** – Evaluation of cropping systems for management of herbicide resistant populations of blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). *Crop Prot*, **20** : 127-137.
- Christou, P., 1994.** – *Biotechnology of food crops – Rice biotechnology and genetic engineering.* Technomic Publishing Company, Lancaster, USA, 201 p.
- Colen, L., Demont M., et Swinnen J., 2013.** - *Participation des petits exploitants aux chaînes de valeurs agricoles: Le cas de la production locale de riz au Sénégal*, Dans : *Reconstruire le potentiel alimentaire de l’Afrique de l’Ouest*, A. Elbehri (ed.), FAO/FIDA 451p.

- Connor, D., Comas, J., Macpherson, H.-G. & Mateos, L., 2008.** – Impact of small-holder irrigation on the agricultural production, food supply and economic prosperity of a representative village beside the Senegal River, Mauritania. *Agricultural Systems*, **96**, 1–15.
- CORAF/WECARD., 2011.** – Manuel de formation sur l'amélioration des technologies de post récolte du riz, 47 p.
- Courtois B., 2007.** – Une brève histoire du riz et de son amélioration génétique. Cirad, France, 13 p.
- Cramer H. H., 1967.** – La protection des plantes et les récoltes dans le monde. Bayer Leverkusen. 523 p.
- DAPS, 2014.** - Etude bibliographique sur la filière riz au Sénégal, rapport final, 71 p.
- Davies E.L.P., 1983.** - Weed Science Report. *OMVS/DAKAR*.
- De Candolle A., 1883.** – Origine des plantes cultivées ; Librairie Germer Baillière et Cie ; Paris, 380 p.
- De Datta S K., 1986.** - Technology development and the spread of direct seeded flooded rice in Southeast Asia Exp. Agric. **22**:417-426.
- Defoer T., Wopereis MCS., Kadisha TKL., Idinoba P., Diack S., et Gaye M., 2004.** - Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée du riz (GIR) en Afrique subsaharienne : Manuel du facilitateur. ADRAO, Bouaké, Côte d'Ivoire, et IFDC, Muscle Shoals, États-Unis.
- Dembele Y., 1995.** – Modélisation de la gestion hydraulique d'une retenue d'irrigation: application au périmètre rizicole de Mogtédou. Thèse de doctorat option génie rural et procédés, Burkina Faso, ENSA de Rennes (France). 156 p.
- Dembele Y., 2005.** – Cours de génie rural/hydraulique agricole. Cours tronc commun IDR 2^{ème} année, UPB, Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 31 p.
- Deuse J.P.L. & Hernandez S., 1978a.** – Essais de désherbage chimique du sorgho au Sénégal. *Agron. Trop.* **35 (1)**: 64-68.
- Diagne M., 1991.** – L'enherbement des rizières irriguées de la moyenne vallée du fleuve Sénégal : situation actuelle et perspectives de recherche, pp. 189-204.
- Diagne M., 1993.** - Situation de la lutte contre les mauvaises herbes dans les rizières irriguées de la Région du Fleuve Sénégal. *Mémoire de confirmation ISRA (Saint-Louis)*
- Diallo S., 1981.** – Les mauvaises herbes des cultures pluviales dans le secteur Centre-Nord du Sénégal: aspects taxonomique, agronomique et écologique. Mémoire CNEARC-ESAT. 95p.
- Diallo S., 1999.** – Problème posé par le riz rouge en riziculture au Sénégal., Global workshop on red rice control, Varadero, Cuba ed. FAO, Rome, pp. 45-49.

Diallo S., Johnson D.E., 1997. – Les adventices du riz irrigué au Sahel et leur contrôle, in: Miézan, K.M., Wopereis, M.C.S., Dingkuhn, M., Deckers, J., Randolph, T.F. (Eds.), *Irrigated rice in the Sahel: prospects for sustainable development*. WARDA, Dakar, pp. 311-323.

Diao K., 2014. – Caractérisation moléculaire des lignées en disjonction issues de croisement de dix variétés de riz de fort potentiel de rendement pour leurs composantes de rendement, mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master en Production Végétale, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, 58 p.

Dicko M., 2005. - Analyse du fonctionnement d'une parcelle de riz irriguée sur sol alcalin. Application à la gestion intégrée de la fertilisation azotée et du calendrier cultural dans le delta intérieur du fleuve Niger (Mali). Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier - AGRO M, 153 p.

Dingkuhn, M., Johnson D.E., Sow A., and Audebert A.Y., 1999. - Relationships between upland rice canopy characteristics and weed competitiveness. *Field Crops Res.* **61**:79–95.

Dingkuhn M., 1993. – Yield constraints in a Sahelian irrigation scheme in WARDA Annual Report 1992. Bouaké, Côte d'Ivoire. pp; 36-37

Diop A. M., 1989. – Weed control in the Sénégal River Valley. Paper presented at the 5th. House Review meeting, WARDA. St. Louis, Sénégal. 9 p.

Diop A.M., 1980. - Rapport du Service de Malherbologie, *ADRAO, Saint-Louis du Sénégal* 8-10.

Diop O., Fofana M. B., & FALL A. A., 2008. - Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal, Tome 1 Vallée du fleuve Sénégal. 38 p.

Direction de l'Analyse de la Prévision et des Statistiques (DAPS), 2009. - Rapport de l'étude sur l'évolution du secteur agricole, des conditions de vie des ménages et de la vie chère au Sénégal. Ministère De l'Agriculture, 116 p.

Dobelman J. P., 1976. – Riziculture Pratique 2. Riz pluvial. Presses universitaires de France, 123 p.

Doorenbos, J. et Kassam A. H., 1987. – Réponse des rendements à l'eau. Bulletin d'irrigation et drainage n033, FAO, Rome (Italie), 235p.

Dwibedi S.K., De G.C., and Dhua S.R., 2016. - Correlation between Vegetative Parameters and Yield with Weed Biomass of *Kharif* Rice Genotypes at Varying Dates of Sowing and Systems of Cultivation in Coastal Odisha, *Environment & Ecology* 35 (1) : 35—39.

Erguiza A., Duff B., Khan C., 1990. – Choice of rice crop establishment technique: transplanting vs wet seeding *IRRI Res. Pap. Ser.* **139**. 10p.

- Eshaghi M., Mobaser H, Mousavi A A., & Mahmudi J., 2013.** - Effect of planting density on controlling weeds in two cultivars of rice. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. pp. 375-379.
- Fagade, S.O., 2000.** - Yield gaps and productivity decline in rice production in Nigeria. In : FAO (Ed.), *Proceedings of the Expert Consultation on Yield Gap and Productivity Decline in Rice*, Rome, Italy, pp. 15-37.
- Fall A. A., 2015.** – Synthèse des études sur l'état des lieux chaîne de valeur riz au Sénégal, Rapport final. 55 p.
- Fall A. A., et Dieye P. N. 2008.** - Tendances rizicoles en Afrique 2007 (5ème édition), **ADRAO**. <http://www.wadra.org>, (consulté le 09/03/2017).
- FAO, 2013.** - Amélioration de la production de riz en Afrique de l'Ouest. 4p.
- FAO, 2012.** – GUIDE DE PRODUCTION DE SEMENCES DE RIZ, Rome. 17 p.
- FAO., 2007** – Caractérisation des systèmes de production agricole au Sénégal, document de synthèse. 39 p.
- FAOSTAT, 2012.** – FAO Statistical Service, United Nations Food and Agriculture Organization. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx> (accessed 12 January 2018), 24 p.
- FAOSTAT. 2012.** - Annuaire statistique. <http://faostat.fao.org/Site/567/DesktopDefault.aspx?Page1>, (consulté 21/03/2017).
- Faouzi M., Larabi A., 2001.** - Problématique de la remontée, de la salinité et de la pollution par les nitrates des eaux de la nappe phréatique des Beni-Amir (Tadla, Maroc). *Ingénieries - E A T, IRSTEA édition*, 23 - 36.
- Fontanel P., 1987a.** - Effets sur la végétation adventice du Sud-Saloum (Sénégal) des fumures minérales, du travail du sol et des précédents culturels. Rapport CIRAD/IRAT, DSP/87/no3, Montpellier, Multigraphié. 43p.
- Fontanel P., 1987b.** - Groupements adventices et facteurs écologiques et culturels, comportement des espèces dans le cycle, efficacité des désherbages paysans et voies d'amélioration du Sine Saloum, Sénégal. Rapport CIRAD/IRAT, DSP/87/no7, Montpellier, Montpellier. 60p.
- Fujimoto, H., Itoh, K., Yamamoto, M., Kyojuka, J. & Shimamoto, K., 1993.** – Insect-resistant rice generated by introduction of a modified delta-endotoxin gene of *Bacillus thuringiensis*. *Biol. Technology*, **11**: 1151-1155.
- Gitsopoulos, T.K., Froud-Williams, R.J., 2004.** - Effects of oxadiargyl on direct-seeded rice and *Echinochloa crus-galli* under aerobic and anaerobic conditions. *Weed Res.* **44**, 329–334.
- GOANA, 2008.** – Cahier d'opportunités filières, Ministère de l'Agriculture du Sénégal. 8 p.

- Godderis X., 1990.** – La riziculture en Afrique de l'ouest. L'amélioration d'*Oryza sativa* L. et la flore adventice des rizières dans la vallée du Fleuve Sénégal. *Thèse de Doctorat*. pp. 185-222.
- Godron M., 1968.** - Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale. Recouvrement, information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques, échantillonnage. *Decol, Plant.* **3**, 185-212.
- Gounot M., 1969.** – Méthodes d'étude quantitative de la Végétation. *Masson Editeur*, Paris. 314 p.
- Gourmel C., 2014.** - Catalogue illustré des principaux insectes ravageurs et auxiliaires des cultures de Guyane. Coopérative BIO SAVANE, 77 p.
- Guilloux P., 1973.** - Principales adventices du riz irrigué. *ISRA, Saint-Louis du Sénégal* in Nianga, Laboratoire de L'Agriculture Irriguée en moyenne vallée du Sénégal, 562 p.
- Haefele, S.M., Johnson, D.E., Diallo, S., Wopereis, M.C.S., Janin, I., 2000.** – Improved soil fertility and weed management is profitable for irrigated rice farmers in Sahelian West Africa. *Field Crop. Res.* **66**, 101-113.
- Haefele, S.M., Johnson, D.E., M' Bodj, D., Wopereis, M.C.S., Miézan, K.M., 2004.** – Field screening of diverse rice genotypes for weed competitiveness in irrigated lowland ecosystems. *Field Crop. Res.* **88**, 39-56.
- Halford C., Hamill A.S., Zhang J., & Doucet C., 2001.** - Critical period of weed control in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Weed Technology* **15**:737-744.
- Halidou A., 2003.** - Etude de la nuisibilité des mauvaises herbes sur le riz irrigué au Niger in ADRAO Compte rendu de la seconde revue régionale de la recherche rizicole (4Rs 2002). Bouaké, Côte d'Ivoire. ii + 161 p.
- Hall, M.R., Swanton C.J., et Anderson G.W., 1992.** - The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). *Weed Science* **40**:441-447.
- Heer O., 1885.** – Ueber die nivale Flora der Schweiz. *Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften* **9**:3–113.
- Hernandez S., 1978.** - Les mauvaises herbes et le désherbage des cultures au Sénégal. *Publication présentée à la Conférence Internationale de Malherbologie. IITA. IBADAN. Nigeria. 3-7 juillet 1978 – ISRA.* 15p.
- Hutchinson J., Daziel J. M., & Hepper F.N, 1954, 1958, 1972.** Flora of West Tropical Africa 2nd Ed. Revised by F.N. Hepper. C.A.O.G.A. The whitefriars Press L.T.D. London and Trombrige.

- International Rice Research Institute, 2005.** – Wild rice taxonomy. <http://www.knowledgebank.irri.org/wildRiceTaxonomy> (Consulté le 18/08/2018).
- Islam M.J., and Molla H.R., 2001.** - Economic weeding method for irrigated rice production in Bangladesh. *Agricultural water management*, **46**: 267-276.
- Itzstein-Davey, F., Taylor, D., Dodson, J., Atahan, P., Zheng, H., 2007.** – Wild and domesticated forms of rice (*Oryza sp.*) in early agriculture at Qingpu, lower Yangtze, China: evidence from phytoliths. *Journal of Archaeological Science* **34**, 2101-2108.
- Jamin J.Y., Caneill J., 1983.** - *Diagnostic sur les systèmes de culture pratiqués dans le cadre de la SAED sur la rive gauche du fleuve Sénégal. T.3 : Etude des systèmes de culture irriguée.* St Louis, ISRA-CIRAD-INA-PG. 285 p.
- Jannink, J.-L., Orf J.H., Jordan N.R., and Shaw R.G., 2000.** - Index selection for weed-suppressive ability in soybean. *Crop Sci.* **40**: 1087–1094.
- Javid A., Bajwa R., Rabbani N., Anjum T., 2007.** - Comparative tolerance of six rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to allelopathy of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). *Allelopathy Journal* **20**, 157-166.
- Johnson, D. E., and Kent, R. J., 2002.** - The impact of cropping on weed species composition in rice after fallow across a hydrological gradient in west Africa. *Weed Res.* **42**(2), 89–99.
- Johnson D.E., Wopereis M.C.S., Mbodj D., Diallo S., Powers S., Haefele S.M., 2004.** – Timing of weed management and yield losses due to weeds in integrated rice in the Sahel. *Field Crop Research* **85**: 31-42.
- Johnson, D.E., Riches, C.R., Kayeke, J., Sarra, S. & Tuor, F.A., 1999.** – *Wild rice in sub Saharan Africa: its incidence and scope for improved management.* Report of the global workshop on red rice control, 30 August–3 September, Varadero, Cuba. pp. 87-93.
- Johnson D.E., 1997.** – Les adventices en riziculture en Afrique de l’Ouest. Ed. ADRAO/WARDA. 312 p.
- Juraimi AS., Muhammad Saiful AH., Uddin MK., Rahim AA., Azmi M., 2011.** - Diversity of weeds under different water regimes in irrigated direct seeded rice. *Aust J Crop Sci.* **5**:595-604.
- Kadir, J., Charudattan, R., 2000.** – *Dactylaria higginsii*, a fungal bioherbicide agent for purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Biological Control* **17**, 113-124.
- Karamage F. X., 2001.** – Etude de l’influence de la fertilisation phosphatée sur les attaques de cécidomyie africaine, ses parasitoïdes et les foreurs de tige en riziculture irrigué. Mémoire

de fin d'études de l'Institut de Développement rural Université polytechnique de Bobo Dioulasso.80p.

Kavaliauskaite, D., Bobinas, C., 2006. - Determination of weed competition critical period in red beet. 16 Agron. Res. **4**: 217-220.

King F.C., 1951. – The weed problem. A new approach. Faber and Faber Ltd., Latimer Trend and Co. Ltd., Plymouth.

Knezevic, S.Z., Evans S.P., Blankenship E.E., Van Acker R.C., et Lindquist J.L., 2002. - Critical period for weed control : the concept and data analysis. Weed Science **50**:773-786.

Lacharme M., 2001. – Le plant de riz : données morphologiques et cycle de la plante.136 p.

Lacharme M., 2001. – Le désherbage des rizières, « Fascicule ». 35 p.

Lavieren L. P. van., Wetten J.C.J. van., 1988. - Profil de l'environnement de la vallée du Fleuve Sénégal. R.I.N. contributions to research on management of natural resources. 159 p.

Le Bourgeois T., Grard P., Marnotte P. et Rodenburg J. 2014. - Amélioration de la gestion de l'enherbement des rizières en Afrique par le partage de l'information et l'aide à l'identification des adventices : le potentiel de la plateforme collaborative AFROWeeds. <http://www.africarice.org>, (consulté le 12/12/2016).

Le Bourgeois T., Merlier H. 1995. – *Adventrop : les adventices d'Afrique soudanosahélienne*. Montpellier :CIRAD – CA 637 p.

Le Bourgeois T., 1993. – Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord Cameroun (Afrique) - Amplitude d'habitat et degré d'infestation - Cycle de développement. Thèse de Doctorat, USTL, Montpellier, France. 241 p.

Linscombe, S.D., Jodary, F., Christou, P., Braverman, M.P., Oard, J.H. & Sanders, D.E., 1996. – Potential for the use of transgenic rice for the control of *Oryza sativa* and other rice weeds. *Proc. 2nd Int. Weed Control Congress, Copenhagen*.pp. 435-439.

Mahajan G., Ramesha M.S., and Chauhan B.S., 2014. - Response of rice genotypes to weed competition in dry direct-seeded rice in India, the Scientific World Journal Volume 2014, 8 p.

Maillet J, 1981. - Evolution de la flore adventice dans le Montpelliérais sous la pression des techniques culturales. Thèse de Docteur Ingénieur. USTL. Montpellier. 200 p.

Mamun A.A., 1990. - Weeds and their control : A review of weed research in Bangladesh. Agricultural and Rural Development in Bangladesh. Japan Intl. Cooperation Agency, Dhaka, Bangladesh. *JSARD*, **19**: 45-72.

- Marnotte P., 2000.** – La gestion de l'enherbement et l'emploi des herbicides dans les systèmes de culture en zone soudano - sahélienne en Afrique de l'Ouest et du Centre Formation du CIRAD-CA - G.E.C. - AMATROP. pp 11-16.
- Masangkay, R.F., Mabbayad, M.O., Paulitz, T.C., Watson, A.K., 1999.** – Host range of *Alternaria alternata* f.sp *sphenocleae* causing leaf blight of *Sphenoclea zeylanica*. Canadian Journal of Botany **77**, 103-112.
- Maydell H.J. von., 1986.** – Trees and Shrubs of the Sahel. Their characteristics and use Eschborn. 525 p.
- Mbaye M., S. 2013.** - Association mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br] et niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] : Arrangement spatiotemporel des cultures, structures, dynamique et concurrence de la flore adventice et proposition d'un itinéraire technique. Thèse de Doctorat d'état. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 236 p.
- Mbaye M.S. 2002.** – Contribution à l'étude biosystématique du genre *Corchorus* L. au Sénégal. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle ; Option Systématique et Biodiversité. Université Cheikh Anta Diop. 117p.
- Mbaye M.S., Noba K., Sarr R.S., Kane A., Sambou J.M. & Ba A.T., 2001a.** – Caractères spécifiques d'identification au stade jeune plant d'adventices Sénégalaises du genre *Corchorus* L. (*Tiliaceae*). *Ann. Bot. Afr. O.* **00 (0)**: 35-42
- Mbaye M.S., Noba K., Sarr R.S., Kane A., Sambou J.M. & Ba A.T., 2001b.** – Eléments de précision sur la systématique d'espèces adventices du genre *Corchorus* L. (*Tiliaceae*) au Sénégal. *Afric. Journ. Sci. Tech., Sci. and Eng.* **2 (1)** : 51-64
- Merlier H. & Montegut J, 1982.** - Adventices tropicales. ORSTOM-GERDAT-ENSH. 490p.
- Merlier H., 1972a.** – Etude phénologique des espèces de jachère du Centre Sénégal (Synthèse). *Agro. Trop.* **27 (12)** : 1229-1252.
- Merlier H., 1972b.** – Etudes phytosociologiques menées au Centre National de Recherche Agronomique de Bambey (Sénégal), Synthèse. *Agro. Trop.* **27 (12)** : 1253-1265.
- Mey Y. de, Demont M. et Diagne M. 2012.** – Estimating bird damage to rice in Africa: Evidence from the Senegal River Valley. *Journal of Agricultural Economics* . **63** : 175-200.
- Micheal JSAS., Juraimi AS., Selamat A., Man A., Anwar Mp., & Uddin MK., 2013.** – Critical period of weed control in aerobic rice system. *AJCS.* **7(5)**: 665-673.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 2015.** – Les politiques agricoles à travers le monde : quelques exemples. 8p.

- Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural, 2014.** - programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise (PRACAS) volet agricole du plan sénégal émergent (PSE), 108 p.
- Ministère de l'Agriculture, 2009.** – Programme National D'autosuffisance En Riz, Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture. 26 p.
- Nacro S., 1994.** – Analyse d'un système tritrophique: la cécidomyie du riz et ses parasitoïdes au Burkina Faso. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes. pp 4 - 90.
- Nadie G., 2008.** – Evaluation multilocale de nouvelles variétés de riz en condition de bas-fond et irriguées de l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin de cycle, Institut du Développement Rural, Université polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 65p.
- Navasero, N.C., Khan, A.U., 1970.** – Use of mechanical power for rotary weeding. *Pans* **16**, 87-92.
- Ndiaye M., 1989.** – Effets de la densité de peuplement et de l'enherbement sur l'élaboration du rendement du riz en milieu paysan (Delta du Fleuve Sénégal). 2^{ème} symposium RESPEAD ACCRA. 19 p.
- N'diaye M., Traore N., & Dembele D., 2012.** - Etude de l'effet du piochage répété des parcelles, de la culture de patate douce et de l'utilisation du roundup dans la lutte contre *Cyperus rotundus* en parcelles de maraîchage. FAO. 10p.
- Niéto J.H., Brondon M. A. & Gonzales J.T., 1968.** - Critical periods of the crop growth cycle for competition from weeds. *Pans* **14**, 159-166.
- Nieto J., 1960.** – Elimine las hierbas a tiempo. *Agricultura técnica en México*. Invierno 1959-1960 (9) 16-19.
- Nitiema W. J. D., 2009.** – Contribution de " l'opération d'urgence de facilitation de l'accès des producteurs à des semences améliorées" à l'accroissement des rendements de maïs dans la commune rurale de Tiéfora. Mémoire d'ingénieur, Institut du développement rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 53 p.
- Noba K., Mbaye M.S., Coundoul M., Kane A., Hane P.D., Ba N., Mbaye N., Guissé A., Faye M.N., Ba A.T., 2010.** - La flore du Parc national des oiseaux de Djoudj-une zone humide du Sénégal. *Sécheresse vol.* **21**, (1) : 71-78.
- Noba K., Ba A.T., Caussanel J-P., Mbaye M.S. & Barralis G., 2003.** – Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal). *Webbia.* **59** (2) : 293-308.
- Noba K., 2002.** – La flore adventice dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal): structure, dynamique et impact sur la production du mil et de l'arachide. Thèse de Doctorat d'Etat de Biologie Végétale. Option Malherbologie, FST, UCAD, Dakar. 158 p.

- Noba K. & Ba A.T., 1998.** – La végétation adventice du mil (*Pennisetum typhoides* Stapf. Et Hubbard) dans le Centre Ouest du Sénégal: étude floristique et phytosociologique. *AAU Reports*. **39** : 113-125
- Noba K., Samb P.I. & Ba A.T., 1994.** – Sur quelques caractères macro et micromorphologiques du jeune plant dans la systématique de trois espèces du genre *Boerhavia* L. (*Nyctaginaceae*). *Bull. IFAN, Dakar, sér.A*. **47**: 51-62
- Noba K. & Ba A.T., 1992.** – Réexamen de la systématique de 3 espèces du genre *Boerhavia* L. (*Nyctaginaceae*). *Webbia*. **46 (2)** : 327-339
- Normile D., 1997.** – Archaeology: Yangtze Seen as Earliest Rice Site. *Science*. **275**, 5298-5309.
- Normile D., 2004.** – Yangtze seen as earliest rice site. *Science*, **275**, 309.
- Norsworthy J.K. & Oliveira M.J., 2004.** – Comparison of the critical period for weed control in wide- and narrow-row corn. *Weed Science*. **52**: 802–807.
- OECD, 1999.** – Consensus document on the biology of *Oryza sativa* (rice). Report No. ENV/JM/MONO (99)26, OECD Environmental health and safety publications, Paris, 52 p.
- Ouattara, L. A., 2014.** – Effet des rotations et des fumures à base du Burkina Phosphate sur la croissance et le rendement du riz pluvial strict dans la zone soudanienne du Burkina Faso, Master en Production Végétale, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 49 p.
- Parker C. & Fryer J.D., 1975.** – Weed control problems causing major reductions in world food supplies. *FAO plant protection Bull*. **23**: 83-93.
- Poilecot P., 1995.** - Les Poaceae de Côte d’Ivoire. Edition des Conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève, Boissiera. Volume. **50** : 734 p.
- Poilecot P., 1999.** - Les Poaceae du Niger. Edition des conservatoires et jardin botaniques de la ville de Genève, Boissiera. Volume. **56** : 766 p.
- Poitevin de F., 1993.** - Etude de l’impact des techniques culturales sur les sols des aménagements hydro-agricoles de la région de Podor. Mém. ESAP, Toulouse, France. 53 p.
- Poussin J.C., 2008.** - Du diagnostic à l’action en agriculture. Activités, espaces et modèles Géographie. Université de Reims - Champagne Ardenne 112 p.
- Poussin, J. C., & Boivin, P. 2002.** – Performances des systèmes rizicoles irrigués sahéliens. *Cahiers Agricultures*, **11(1)**, 65-73.
- Rahman M. T., Ahmed S., Lipi N. J., Rashid M. H. and Hoque M. I., 2014.** - Critical period of weed competition in transplant Aus Rice cv. BRR1 dhan27 under non-saline agro-ecosystem. *Bangladesh Agron. J.* **17(1)**: 95-102.

- Ramzan M., 2003.** - Evaluation of various planting methods in rice-wheat cropping systems, Punjab, Pakistan. Rice Crop Report 2003-2004, pp. 4-5.
- Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K., Mortimer, A.M., 2007.** - Weed management in direct-seeded rice. *Adv. Agron.* **93**, 153-255.
- Rathore M., Singh R., Choudhary PP., Kumar B., 2014.** - Weed Stress in Plants. In: Approaches to Plant Stress and their Management. Springer India. India, pp. 255-265.
- Rathore, K.S., Chowdhury, V.K. & Hodges, T.K., 1993.** – Use of bar as a selective marker gene and for the production of herbicide-resistant rice plants from protoplasts. *Plant Molecular Biology*. **21**: 871-884.
- Razia S., 2000.** - Competitive ability of three grass weeds grown in upland direct seeded rice in Bangladesh. *Pak. J. Agric. Res.*, **16** : 24-26.
- Rekha K.B., Raju M.S., and Reddy M.D., 2002.** - Effect of herbicides in transplanted rice. *Indian J. Weed Sci.* **34 (1-2)**: 123-125.
- Riches C.R., Mbwaga A.M., Mwapila J., Ahmed G.J.U., 2005.** – Improved weed management delivers increased productivity and farm incomes from rice in Bangladesh and Tanzania. *Aspects of Applied Biology*. **75**: 127-138.
- Rijn P.J., 2001.** – Weed management in the humid and sub-humid tropics. Koninklijk Instituut voor de Tropen (KIT), Amsterdam, The Netherlands **75**: 127-138.
- Rodenburg, J., Saito, K., Kakai, R.G., Toure, A., Mariko, M., Kiepe, P., 2009.** – Weed competitiveness of the lowland rice varieties of NERICA in the southern Guinea Savanna. *Field Crop. Res.* **114**, 411-418.
- Rodenburg J., Johnson D.E., 2009.** – Gestion des adventices dans les systèmes à base-riz en Afrique/Weed management in rice-based cropping systems in Africa. *Advances in Agronomy*, **103**, 149-218.
- Rodenburg, J., Riches, C.R., Kayeke, J.M., 2010.** – Addressing current and future problems of parasitic weeds in rice. *Crop Prot.* **29**, 210-221.
- Rodenburg, J., Zossou-Kouderin, N., Gbèhounou, G., Ahanchede, A., Touré, A., Kyalo, G., Kiepe, P., 2011.** – *Rhamphicarpa fistulosa*, a parasitic weed threatening rain-fed lowland rice production in sub-Saharan Africa - A case study from Benin. *Crop Prot.* **30**, 1306-1314.
- Ruthenberg, H., 1980.** - In: Farming Systems in the Tropics. 3rd edition. Clarendon Press, Oxford, England 314 p.
- SAED. 2007.** – *Superficies et productions de riz dans la VFS entre 1990 et 2006*. Saint Louis, Sénégal: SAED/DDAR/CSE 10 p.

- SAED, 2001** - Intensification de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal : acquis et perspectives. 23 p.
- SAED/JICA., 2014.** – Guide de Vulgarisation de la Riziculture Irriguée, 12.5 p.
- Samb P.I. & Chanel A., 1992.** – Foliar absorption and translocation of ¹⁴C-dicamba into host (pearl millet and cowpea) and parasite plants of the genus *Striga*. *Weed Research*. **32** : 129-136.
- Sambou J.M., 2000.** – Contribution à l'étude biosystématique de quatre espèces du genre *Eragrostis* Wolf au Sénégal. Mémoire de DEA, Université C. A. DIOP, Dakar. 74p.
- Sarr R.S., Noba K., Mbaye M. S., Kane A. & A.T. Ba, 2006.** – Réexamen de la systématique du genre *Amaranthus* L. (*Amaranthaceae*) au Sénégal. *Webbia*. **61 (2)** : 227-243.
- Sarr R.S., Noba K., Mbaye M.S., Kane A., Sambou J.M. et Ba A.T. 2002.** – *Caractères spécifiques d'identification au stade jeune plant d'adventices Sénégalaises du genre Amaranthus L. (AMARANTHACEAE)*. *Ann. Bot. Afr. O.* **02**: 79-87
- Second G., 1985.** – Relations évolutives chez le genre *Oryza* et processus de domestication des riz. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Orsay. 189 p.
- Segda Z., 2002.** – Agronomie et technique culturale du riz. Formation participative en gestion intégrée de la production et déprédateur du riz en technique culturale. INERA Institut l'Environnement et de Recherches Agricoles. 67 p.
- Séré Y., Onasanya A., Verdier V., Akator K., Ouedrago I.S., Segda Z., Coulibaly M.M., Sido A.Y., Basso A., 2005.** – Rice Bacterial Leaf Blight in West Africa: Preliminary studies on disease in Farmers Field and Screening released Varieties for Resistance to the bacteria. *Asian Journal of Plant Sciences* **4**: 577-579.
- Sie M., Dogbe & Diatta M., 2009.** – Sélection variétale participative du riz : manuel du technicien. 118 p.
- Singh K. P., and Angiras N. N., 2008.** - Studies on the threshold level of *Echinochloa crus-galli* L. in transplanted rice under mid hill conditions of Himachal Pradesh. *Advances In : Plant Sciences*, **21** : 505- 508.
- Singh, S., Ladha, J.K., Gupta, R.K., Bhushan, L., Rao, A.N., Sivaprasad, B., Singh, P.P., 2007.** - Evaluation of mulching, intercropping with *Sesbania* and herbicide use for weed management in dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Prot.* **26**, 518-524.
- Styger, E., 2009.** - SRI – Evaluation communautaire a Tombouctou 2008/2009; Africare, Bamako, Mali. 42 p.

- Sylla M., Traore K., Soro D., & Yode T. E. G., 2017.** - Evaluation des pratiques de gestion des adventices en riziculture irriguée dans la localité de Daloa, centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* **29** (1) : 49 – 64.
- Than Than S., 2003.** - Weed-nitrogen fertilizer interaction on two cultivars in west-seeded rice. M.Agr.Sc. Thesis, Yezin Agricultural University, Yezin, Pyinman. 175 p.
- Tapsoba M., 1997.** – Contribution à l'étude des besoins nutritifs du riz pluvial dans la zone Ouest du Burkina Faso; Mémoire de fin d'études de l'Institut développement rural Université polytechnique de Bobo Dioulasso. pp. 1- 70.
- Terry, P.J. 1994.** – *Imperata cylindrica* (L.) Raueschel. In Labrada, R., Caseley, J. C. & Parker, C., eds. *Weed management for developing countries*. FAO, Rome. pp. 63-70.
- Terry, P.J., Adjers, G., Akobundu, I.O., Anoka, A.U., Drilling, M.E., Tjitrosemito, S. & Utomo, M. 1997.** – Herbicides and mechanical control of *Imperata cylindrica* as a first step in grassland rehabilitation. *Agroforestry Systems* **36**: 151-179.
- Thiombiano A.; Schmidt M.; Dressler S.; Ouédraogo A.; Hahn K & Zizka G., 2012.** - Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. Mémoires de botanique systématique, volume 65, Genève. 391 p.
- Totin E., van Mierlo B., Saïdou A., Mongbo R., Agbossou E., Stroosnijder L., Leeuwis C., 2012.** - Barriers and opportunities for innovation in rice production in the inland valleys of Bénin. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, **60** (63) : 57-66.
- Traoré H. & Maillet J., 1992.** – *Flore adventice des cultures céréalières annuelles de Burkina-Fasso*. *Weed research*. **32** : 279-293.
- Traoré H., 1991.** - Influences des facteurs agro-écologiques sur la constitution des communautés adventices des principales cultures céréalières (Sorgho, Mil, Mais) du Burkina-Faso. Thèse de Doctorat, USTL, Montpellier II. 180 p.
- Traore S., 2000.** – Mise au point d'un paquet technologie de protection intégrée contre les insectes foreurs de tige, la pyriculariose et les nématodes associés au riz irrigué. Mémoire de fin d'études. Option agronomie. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 88 p.
- Traore S. A., 2009.** – Etude du polymorphisme variétal de résistance à la sécheresse du riz pluvial en milieu semi-contrôlé : cas des stress précoce et final. Mémoire de DEA. Option biotechnologie végétale. Ecole Doctorale Régionale du RA-BIOTECH. Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 76p.
- Traore L. P., 2014.** – L'hémiparasitisme facultatif *Rhamphicarpa fistulosa* (Hochst.) Benth. : état des lieux dans des sites rizicoles de l'Ouest de Burkina Faso et comportement de quatre

(04) variétés de riz, Master en Production Végétale, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 63 p.

Tréca B., 1975. - Les oiseaux d'eau et la riziculture dans le delta du Sénégal. L'Oiseau et R.F. O., **45** : 259-265.

Tripet P., 2015. – Les rizières, zones humides artificielles et habitats des oiseaux d'eau, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage (O N C F S). 16 p.

Triplet P., Diop I., Sylla S. I. et Schricke V., 2014. – Les oiseaux d'eau dans le delta du fleuve Sénégal (rive gauche). Bilan de 25 années de dénombrements hivernaux (mi-janvier 1989-2014). OMPO, ONCFS, DPN, SMBS. 125 p.

Touré A., Sogbedji J. M., and Gumedzoé Y. M. D., 2013. - The critical period of weed interference in upland rice in northern Guinea savanna: Field measurement and model prediction. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. **8(17)**, 1748-1759.

Toure A., Ipou Ipou J., Adou Yao C. Y., Boraud M. K. N., & N'guessan E. K., 2008. - Diversité floristique et degré d'infestation par les mauvaises herbes des agroecosystemes environnant la foret classée de Sanaimbo, dans le centre-est de la Côte d'Ivoire *Agronomie Africaine* **20 (1)** : 13 – 22.

Uprety R., 2005. - System of Rice Intensification (SRI) Performance in Morang district during 2005 main season. Disponible : (<http://www.ciifad.cornell.edu/sri/countries/Nepal/neppardy05.pdf>), (Consulté le 16 janvier 2015).

USAID, 2014. – Adaptation de L'agriculture au changement climatique au sahel : profils agronomiques de quinze cultures dominantes au sahel, U.S. Agency for International Development, Washington. 118 p.

USDA, 2012. – note de conjoncture, Analyse économique de la Filière riz de FranceAgriMer, numéro **42**, 4 p.

Vanden Berghen C. 1988 et 1991. - Flore Illustrée du Sénégal, Tome IX et X. Gouvernement du Sénégal, Dakar.

Wade M., Dieye I. & Mbodji A.S., 1999. – Noms en langues nationales des principales plantes spontanées et subsponanées rencontrées dans le Bassin Arachidier du Sénégal. MW/AD, République du Sénégal, Ministère de l'Agriculture, ISRA, CNRA. 57p.

WARDA, 1982. – Warda Annual Report 1981, Monrovia, Liberia. 139 p.

Wheeler, C.C., Baldwin, F.L., Gealy, D., & Gravois, K., 1997. – *Weed control in Libertytolerant rice*. Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station. pp. 64-66

Wheeler, C.C., Baldwin, F.L., Talbert, R.E. & Webster, E.P., 1998. – *Efficacy of Liberty (glufosinate) in Liberty-tolerant rice.* Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station. pp. 330-335.

Wonni I., Ouedraogo I., Verdier V., 2011. - First report of Bacterial Leaf streak caused by *Xanthomonas Oryzae* pv. *Oryzicola* on Rice in Burkina Faso. *Plant Disease Notes* volume 95. Number 1. 72.

Wopereis-Pura M.M., Defoer T., 2003. – Participatory Variety Selection: Facilitators' guide, (draft version). WARDA, BP 2551, Bouaké, Côte d'Ivoire.

Wopereis M.C.S., Defoer T., Idinoba P., Diack S. et Dugué M-J., 2008. – Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne : Manuel technique. Cotonou, Bénin: le Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO), vi + 128 pp.

www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa Base de données des plantes d'Afrique (version 3.4.0). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria, "accès [Consulté septembre, 2017] "

Zhao D. L., Atlin G. N., Bastiaans L., and Spiertz J. H. J., 2006. - Cultivar weed competitiveness in aerobic rice: heritability, correlated traits, and the potential for indirect selection in weed-free environments, published in *Crop Sci.* **46**:372–380

Annexes

Fiche de Relevé floristique

REFERENCES DU RELEVÉ

Coord. GPS			X :	Y :	N° RLV :
Cuvette :			Localité :	Product. :	Alt :
Type Am.	Sup. Rizière :	Sup. Relevé :	Date :		

RELEVÉ DE LA FLORE

N°	Nom d'espèce	A-D	Phén.
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Liste de quelques variétés de riz homologuées au Sénégal de 1994 à 2017

Fiche technique de quelques variétés de riz au Sénégal (Faye, 2018)

Ecologie	Nom de la Variété	Institut d'origine	Date D'homologation	Cycle semis-maturité
Irrigué	Sahel 108	IRRI	1994	108
Irrigué	Sahel 201	SRI LANKA	1994	120
Irrigué	Sahel 202	ITA	1994	117
Irrigué	I Kong Pao	Taiwan	1994	110
Irrigué	IR 1529-68O-3	IRRI	1994	120
Irrigué	IR 8 (-288 3)	IRRI	1994	120
Irrigué	JAYA	INDIA	1994	120
Irrigué	KH 998	INDIA	1994	120
Irrigué	Kwang She Shung (KSS)	CHINA	1994	105
Irrigué	IR 442	IRRI	1994	120
Bas Fond	Dj 684 D	ISRA	1994	120
Bas Fond	DJ 11-509	ISRA	1994	100
Bas Fond	DJ 12 - 519	ISRA	1994	105
Plateau	IRAT 10	IRAT (FRENCH)	1994	100
Plateau	DJ 8-341	ISRA	1994	100
Irrigué	Sahel 317	AFRICARICE	1995	122
Irrigué	Sahel 222	AFRICARICE	1997	103
Irrigué	Sahel 328	AFRICARICE	1997	116
Irrigué	Sahel 329	AFRICARICE	1997	110
Irrigué	NERICA-S-19	AFRICARICE	1997	120
Irrigué	NERICA-S-21	AFRICARICE	1997	115
Bas Fond	TOX 728-1	IITA	1997	105
Bas Fond	WAR 1 (Rok 22)	AFRICARICE	1997	120
Bas Fond	WAR 77-3-2-2	AFRICARICE	1997	120
Bas Fond	WAR 81-2-1-3-2	AFRICARICE	1997	120
Bas Fond	ROK 5	Sierra Leone	1997	120
Bas Fond	BR 51-46-5	Bengladesh	1997	120
Bas Fond	BG 90-2	Sri Lanka	1997	120
Bas Fond	BW 248-1	Sri Lanka	1997	125
Bas Fond	ITA 123 (FKR 28)	IITA	1997	120
Irrigué	Sahel 177	AFRICARICE	1998	122
Irrigué	NERICA-S-36	AFRICARICE	1998	122
Irrigué	NERICA-S-44	AFRICARICE	1998	122
Irrigué	Sahel 210	Amérique Latine	2007	120
Irrigué	Sahel 208	ITA	2007	125
Irrigué	Sahel 134	IRRI	2007	110
Irrigué	Sahel 159	IRRI	2007	109
Irrigué	Sahel 209	IITA	2007	120
Irrigué	Sahel 217	AFRICARICE	2009	120
Irrigué	Sahel 305	AFRICARICE	2009	124
Plateau	ITA 150	IITA	2009	110
Plateau	WAB 56-50	AFRICARICE	2009	100
Plateau	NERICA 1	AFRICARICE	2009	95
Plateau	NERICA 5	AFRICARICE	2009	90
Plateau	NERICA 6	AFRICARICE	2009	95

Irrigué	ISRIZ 01	ISRA	2017	90
Irrigué	ISRIZ 02	ISRA	2017	90
Irrigué	ISRIZ 03	ISRA	2017	90
Irrigué	ISRIZ 04	RDA South Korea	2017	92
Irrigué	ISRIZ 05	RDA South Korea	2017	104
Irrigué	ISRIZ 06	RDA South Korea	2017	110
Irrigué	ISRIZ 07	RDA South Korea	2017	110
Irrigué	ISRIZ 08	Pakistan	2017	100
Irrigué	ISRIZ 09 H	AfricaRice St Louis	2017	110
Irrigué	ISRIZ 10	AfricaRice St Louis	2017	122
Irrigué	ISRIZ 11	IRRI Phillipines	2017	110
Irrigué	ISRIZ 12	CAAS GSR Chine	2017	110
Irrigué	ISRIZ 13	AfricaRice Bénin	2017	115
Irrigué	ISRIZ 14	AfricaRice	2017	115
Irrigué	ISRIZ 15	Embrapa/Brazilia	2017	112