

Université Assane Seck de Ziguinchor



UFR Sciences et Technologies

Département d'Agroforesterie

Mémoire de Master

Spécialité : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers

Sujet :

Etude comparative des rendements et de la rentabilité du Système de Riziculture Intensif (SRI) et du Système Traditionnel dans le département de Ziguinchor

Présenté par

Pierre Claver César DIEDHIOU

Sous la direction de **Dr Antoine SAMBOU**, Maître-Assistant, UASZ

Maître de Stage : **M. Seydou Kabanéwagne DIEDHIOU**, Chargé des programmes, Caritas /Ziguinchor

Soutenu publiquement le 23 Janvier 2019 devant le jury composé de :

<u>Président</u> : Pr Tidiane SANE	Maitre de Conférences	UFR-ST/UASZ
<u>Rapporteurs</u> : Dr Antoine SAMBOU	Assistant	UFR-ST/UASZ
M. Seydou DIEDHIOU	Chargé programmes	Caritas/Ziguinchor
<u>Examineurs</u> : Dr Ousmane NDIAYE	Maître-Assistant	UFR-ST/UASZ
Dr Aly DIALLO	Assistant	UFR-ST/UASZ

Année universitaire 2017-2018

DEDICACE

« Et quoi que vous fassiez, en parole ou en œuvre, faites tout au nom du Seigneur Jésus, en rendant par lui des actions de grâces à Dieu le Père ». Colossiens 3 : 17

A

*Mes très chers parents, Charles Edmond DIEDHIOU & Eveline DIEDHIOU.
Je vous porte dans mon cœur.*

Mon tuteur Edouard DIEDHIOU et son épouse Isabelle Ngandoul qui depuis 2013 m'ont accueilli dans leur merveilleuse famille.

Remerciements

A l'issu de ce travail, nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre Directeur de mémoire, Dr Antoine SAMBOU pour non seulement avoir assuré l'encadrement scientifique de ce travail malgré toutes ses charges, mais aussi de nous avoir orienté vers une structure de stage. Merci infiniment !

Nos remerciements également à l'endroit de notre maître de stage M. Seydou DIEDHIOU, chargé des programmes à la Caritas de Ziguinchor qui a bien voulu nous recevoir pour une durée de six (6) mois de stage. Merci pour votre accompagnement sur le terrain, vos conseils et soutien financier. Que la Caritas trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous sommes très reconnaissants au Professeur Tidiane SANE pour l'honneur qu'il nous a fait d'avoir accepté de présider ce jury. Et aussi aux Dr Ousmane NDIAYE et Dr Aly DIALLO, qui malgré leurs charges ont accepté d'examiner ce travail.

Notre reconnaissance à tout le corps professoral du département d'Agroforesterie /UASZ pour avoir fortement contribué à notre formation académique. Nous voudrions nommer ici :

Professeur Daouda NGOM, Dr Mohamed Mahmoud CHARAHABIL, Dr Ngor NDOUR Dr Ismaïla COLY, Dr Djibril SARR, Dr Siré DIEDHIOU. Dr Boubacar CAMARA, Dr Maurice DASYLVA, Arfang Kémo GOUDIABY, Mamadou Ader DIEDHIOU, Seydou NDIAYE pour leur soutien durant notre formation.

Aussi nous voudrions exprimer toutes notre gratitude à :

- ❖ Dr Victor MENDY et Yancouba SANE qui nous ont aidés dans la cartographie
- ❖ Caleb BOLY, Francis DIEDHIOU, Luc Léger MANGA et Boubacar SAGNA pour avoir apporté à ce manuscrit des corrections et suggestions utiles.
- ❖ Samouré SAMBOU pour son accompagnement sur le terrain et surtout pour sa générosité. Vous avez été un soutien à notre égard
- ❖ la 6^{ème} promotion de master d'Agroforesterie pour tout le temps parcouru ensemble.
- ❖ toutes les populations et les producteurs des villages de Badiate, Essyl et Fanda pour avoir satisfait nos attentes. Merci de votre largesse et surtout pour les moments riches d'échange

Nous ne pouvons finir nos propos sans remercier vivement l'Université Assane SECK, pour avoir investi dans notre formation.

Et merci infiniment à tous. Que chacun puisse trouver ici l'expression de notre profonde gratitude !!!

Liste des sigles, acronymes et abréviations

°C : Degré Celsius

ACP : Analyse en composantes principales

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

ANOVA : Analyse de Variance

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

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

B : Bénéfices

C : Coûts

CIRAD : Le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

CT : Coûts Totaux

DAPSA : Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles

DRDR : Direction Régionale du Développement Rural

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

FCFA : Franc de la Communauté Financière Africaine

GPS : Global Positioning Système

GRET : Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques

ha : Hectare

IRRI : International Rice Research Institute

K : potassium

kg : kilogramme

m : mètre

m² : mètre au Carré

max : Maximum

min : minimum

mm : millimètre

MN : Marge Nette

N : Azote

NERICA : New Rice for Africa

NPK : Azote-Phosphore-Potassium

OP : Organisation Paysanne

P : Phosphore

PAPIL : Projet d'Appui à la Petite Irrigation Locale

PAPSEN : Programme d'Appui au Programme National d'Investissement de l'Agriculture du Sénégal

PBV : Produit Brut en Valeur

pH : Potentiel Hydrogène

PHR : Pratiques Habituelles Paysannes

PLD : Plan Local de Développement

PNAR : Programme National d'Autosuffisance en Riz

PNR : Programme National Riz

RGPHAE : Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage :

SC : Système Conventionnel

SDDR : Service Départemental du Développement Rural

SRI : Système de Riziculture Intensive

ST : Système Traditionnel

t : Tonne

UASZ : Université Assane Seck de Ziguinchor

Table des matières

DEDICACE.....	i
Remerciements	ii
Liste des sigles, acronymes et abréviations.....	iii
Table des matières	v
Table des illustrations.....	vii
Résumé	viii
Abstract	ix
Introduction	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	2
1.1. Généralités sur le riz	2
1.1.1. Systématique	2
1.1.2. Les riz cultivés	2
1.2. Morphologie de la plante riz.....	3
1.2.1. Les organes végétatifs	3
1.2.2. Les organes reproductifs	4
1.3. Croissance et développement de la plante riz.....	4
1.3.1. La phase végétative	4
1.3.2. La phase reproductive	5
1.4. Exigences écologiques et fertilisation	6
1.4.1. Exigences écologiques	6
1.4.2. Fertilisation.....	6
1.5. Importance socio-économique du riz au Sénégal	7
1.6. Les systèmes de production rizicole.....	8
1.6.1. Le Système Traditionnel (ST)	8
1.6.2. Le Système de Riziculture Intensive (SRI)	9
Chapitre 2 : Méthodologie.....	12
2.1. Présentation de la zone d'étude	12
2.2. La collecte des données	13
2.2.1. Diagnostic agronomique	13
2.2.2. Enquêtes	15
2.3. Traitement et analyse de données	16
Chapitre 3 : Résultats et Discussion	17
3.1. Résultats.....	17
3.1.1. Caractérisation des systèmes de production de riz.....	17

3.1.1.1.	Caractérisation socio-démographique.....	17
3.1.1.2.	Caractérisation de l'itinéraire technique	17
3.1.2.	Les paramètres de rendements	18
3.1.2.1.	Variation des paramètres de rendement en fonction des systèmes	18
3.1.2.2.	Variation des paramètres de rendement en fonction des systèmes et des sites.	19
3.1.2.3.	Variation des paramètres de rendement des variétés en fonction du système	19
3.1.3.	Les rendements.....	20
3.1.3.1.	Variation des rendements en fonction du système.....	20
3.1.3.2.	Variation des rendements en fonction du système de production et des sites	21
3.1.3.3.	Variation des rendements en fonction des variétés.....	22
3.1.3.4.	Variation des rendements des variétés en fonction du système	22
3.1.4.	Relation entre les paramètres de rendement et le rendement	23
3.1.5.	Perception sur les rendements	24
3.1.5.1.	Les rendements en fonction du système	24
3.1.5.2.	Les rendements des systèmes en fonction de la zone d'étude	25
3.1.6.	Relations entre pratiques culturales et rendements.	26
3.1.7.	La rentabilité économique des systèmes de production	27
3.1.7.1.	Analyse de la main-d'œuvre	27
3.1.7.2.	Coûts de production	27
3.1.8.	Analyse de la rentabilité économique	28
3.2.	Discussion.....	29
3.2.1.	Pratiques rizicoles	29
3.2.2.	Les paramètres de rendement	29
3.2.2.1.	Densités.....	29
3.2.2.2.	Le nombre de talles fertiles.....	30
3.2.2.3.	Le nombre d'épillets remplis et poids des 1000 grains.....	30
3.2.3.	Variation des rendements	30
3.2.4.	Les facteurs corrélés explicatifs du rendement	31
3.2.5.	Coût de production et Rentabilité.....	32
	Conclusion et perspectives	34
	Références Bibliographiques.....	35
	Annexe	41

Table des illustrations

Liste des Figures

Figure 1: Panicules des riz cultivés: <i>Oryza sativa</i> L.(A) et <i>Oryza glaberrima</i> Steud (B)	3
Figure 2: Schéma d'un plant de riz (ADRAO, 2011)	4
Figure 3: Phases de développement du riz (Wopereis et <i>al.</i> , 2008)	5
Figure 4: Carte de localisation de la zone d'étude	13
Figure 5: Schéma de la pose des carrés de rendement sur une parcelle de 50m de côté	14
Figure 6: Mode de repiquage : ST Badiate et Essyl (A), ST Fanda (B) ; SRI (C)	18
Figure 7: Variation des rendements en fonction du système de production	21
Figure 8: Variation des rendements des sites en fonction du système et des sites	21
Figure 9: Variation des rendements en fonction des variétés	22
Figure 10: Variation des rendements des variétés en fonction du système de production	23
Figure 11: Relations entre paramètres de rendement et le rendement	24
Figure 12: Perception des rendements en fonction des systèmes de production	25
Figure 13: La variation des rendements estimés des sites en fonction du système	26

Liste des tableaux

Tableau 1: Superficies, rendements et productions du riz de 2004 à 2014 au Sénégal	8
Tableau 2: Statistiques rizicoles du département de Ziguinchor sur les cinq dernières années ..	9
Tableau 3: Différence entre SRI et pratiques courantes	11
Tableau 4: Profil des producteurs selon le sexe et le système de production	17
Tableau 5: Niveau d'adoption des pratiques culturelles	18
Tableau 6: Paramètres de rendement en fonction du système	19
Tableau 7: Paramètres de rendement des sites en fonction des systèmes et des sites	19
Tableau 8: Paramètres de rendement en fonction des variétés et des systèmes	20
Tableau 9: Matrice de corrélation (Pearson) des paramètres de rendement et du rendement ..	24
Tableau 10: Matrice de corrélation (Pearson) des pratiques culturelles et du rendement	26
Tableau 11: Demande en main-d'œuvre en fonction du système et des sites	27
Tableau 12: Coûts de production en fonction du système en (FCFA)	28
Tableau 13: Rentabilité des systèmes	28

Résumé

Le riz occupe une place importante dans la vie quotidienne des sénégalais. Cependant la riziculture se doit de s'adapter à la variabilité climatique pour satisfaire les besoins en consommation de la population, d'où la proposition de nouvelles pratiques de production durables. L'objectif de cette étude est de comparer les performances du système de riziculture intensive à celles du système traditionnel dans le département de Ziguinchor. Pour se faire, 72 carrés de rendements dont 36 dans chaque système ont été posés dans des parcelles rizicoles de 18 producteurs de riz producteurs des villages de Badiate, Essyl et Fanda afin d'évaluer la productivité de chaque système. La densité de repiquage, le nombre de talles, le nombre d'épillets, le poids des 1000 grains et les rendements de quatre variétés (variété sahel 108, la Nerica 4, NERICA 14 et Niamlissou) ont été étudiés. Un questionnaire a été administré à 55 producteurs de façon aléatoire dont 20 à Badiate et à Essyl et 15 à Fanda avec comme but de recueillir des données sur les superficies, les pratiques culturales de chaque système, les productions et leur coût. L'analyse de la variance des paramètres de rendements dont le nombre de talles, le nombre d'épillets et le poids des 1000 grains et les rendements a montré une différence significative ($p < 0,05$) entre les systèmes. Ces paramètres sont plus élevés dans le Système SRI. La production du riz nécessite plus de charges en SRI. Cependant, les deux systèmes de production sont économiquement rentables. En effet, l'analyse des résultats des coûts moyens de production montre que ceux-ci sont de 176644 FCFA/ha pour le SRI et 145741 FCFA/ha pour le ST avec des marges bénéficiaires respectives de 84399 FCFA/ha et 27885 CFA/ha.

Mots clés : Riz, performances, systèmes de production, paramètres de rendements, coûts de production

Abstract

Rice occupies an important place in the daily life of senegalese people. However, rice cultivation must adapt to climatic variability to meet the consumption needs of the population, hence the proposal of new sustainable production practices. The aim of this study is to compare the performance of the system of rice intensification compared to that of the traditional system in Ziguinchor's department. To achieve this, 72 yield squares of which 36 in each system were placed in rice boxes of 18 rice producers in the villages of Badiate, Essyl and Fanda to evaluate the productivity of each system. The density of the transplants, the number of tillers, the number of spikelets, the weight of the 1000 grains and the yields of four varieties (sahel 108, Nerica 4, Nerica 14 and Niamlissou) have been studied. A sample questionnaire was administered to 55 producers randomly selected including 20 in Badiate and Essyl, and 15 in Fanda to collect data about area land, cropping practices of each system, production and there costs. Variance analysis for these components of which the number of tillers, number of spikelets, weight of the 1000 grains and the yields showed a significant difference between systems ($p < 0.05$). These components are raised more in SRI. Rice production requires more loads in SRI. However, both production systems are economically profitable. Indeed, the analysis of the results of the average production costs shows that they are of 176644 FCFA / ha for the SRI and 145741 FCFA/ha for the ST with margins of profit of 84399 FCFA/ha and 27885 CFA/ha respectively.

Keywords: Rice, performance, production systems, yield parameters, production costs.

Introduction

Le riz est une céréale qui occupe une place importante dans la sécurité alimentaire. Il constitue l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale et reste la céréale la plus cultivée pour l'alimentation humaine (Courtois, 2007 ; CIRAD-GRET, 2002). Ainsi dans des régions comme l'Afrique de l'Ouest qui ne couvrent que 60% de ses besoins en riz, une grande partie du riz consommé provient de l'Asie (Boutsen et Aertsen, 2013). Au Sénégal, malgré les efforts notés en termes d'amélioration des rendements rizicoles, la production reste insuffisante par rapport au besoin d'une population qui ne cesse de croître et qui ne demande qu'à produire plus (Fall et Dieye, 2008). Ces insuffisances notées dans la production sont d'une part liées au manque de moyens matériels, au faible transfert et diffusion de technologies et d'autre part au non-respect des bonnes pratiques rizicoles (Lô, 2010 ; Zingore *et al.*, 2014). Alors que face à leurs besoins croissants, les communautés paysannes à riziculture traditionnelle de subsistance se trouvent de plus en plus dans une nécessité d'augmenter leur production pour subvenir à leurs exigences monétaires et approvisionner les villes en denrées alimentaires (Radanielina, 2010). Cependant, l'extension des superficies cultivables étant de moins en moins possible, l'augmentation de la production passerait par l'adoption de nouvelles pratiques agricoles et technologies, qui non seulement maximiseraient les rendements mais aussi s'adapteraient à la variabilité climatique et particulièrement aux irrégularités pluviométriques. C'est ainsi que diverses pratiques agro-écologiques notamment le système de riziculture intensive ont fait l'objet de vulgarisation par les structures étatiques, mais aussi par certaines ONG auprès des petits producteurs. Ce système de riziculture intensive (SRI) est une combinaison des éléments de la relation sol-eau-plante-lumière de manière harmonieuse permettant à la plante d'exprimer son potentiel de production caché par les pratiques paysannes inappropriées. Ce qui pourrait donc constituer une alternative efficace à l'augmentation des rendements rizicoles en Basse Casamance où les petites exploitations rizicoles peines à avoisiner les deux tonnes à l'hectare (Lô, 2010 ; VECO, 2015). C'est dans cette perspective que ce travail, commandité par la Caritas de Ziguinchor se propose comme objectifs spécifiques d'étudier les rendements et d'évaluer la rentabilité du système de riziculture intensive comparé au système de riziculture traditionnelle pratiqué majoritairement par les exploitants familiaux en Basse Casamance (Sène, 2018). Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre s'articule autour de la synthèse bibliographique dans laquelle nous dégagons la situation globale de la riziculture, le deuxième chapitre traite de la méthodologie prise pour collecter les données et le troisième présente les résultats et la discussion.

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1.1. Généralités sur le riz

1.1.1. Systématique

Le riz est une graminée annuelle, autogame, monocotylédone du groupe des oryzées, cultivé dans les régions tropicales, subtropicales, et tempérées chaudes pour son fruit ou caryopse, riche en amidon. Il appartient au genre *Oryza* classé dans la famille des poacées (Guignard, 2001). Les données taxonomiques les plus récentes considèrent que le genre *Oryza* compte 24 espèces dont les seules cultivées sont : *Oryza sativa* L. et *Oryza glaberrima* Steud à génome $2n=24$ chromosomes (Courtois, 2007). *Oryza sativa* L., possède une ligule longue et bifide et sa panicule est légèrement retombante à maturité. Tandis qu'*Oryza glaberrima*, contient une ligule courte et tronquée et une panicule dressée; ce qui la distingue de l'espèce asiatique (Sié, 1991).

1.1.2. Les riz cultivés

Selon Kambou (2008), *Oryza sativa* L. d'origine asiatique, comporte de nombreux écotypes ou races géographiques. C'est une espèce à grande productivité. Ses écotypes sont répartis en type *indica*, *japonica* et *javanica* suivant des critères morphologiques, tels que le tallage, la longueur et la finesse des grains.

Le type *Indica* originaire de l'Asie tropicale, se caractérise par un fort tallage, des grains longs et fins. Il s'adapte plus à la riziculture aquatique sous climat équatorial et tropical.

Le type *japonica* quant à lui est originaire de la zone tempérée et subtropicale de l'Asie. Son tallage est moyen et ses grains sont courts et ronds. Il s'adapte à la riziculture irriguée.

Pour le type *javanica*, il constitue un groupe intermédiaire entre les types *indica* et *japonica*. Il regroupe essentiellement les variétés originaires de Java et s'adapte bien à la riziculture pluviale.

L'espèce *Oryza glaberrima* L., d'origine africaine, comporte deux écotypes (ADRAO, 1998) : un type précoce et sensible à la photopériode qui est cultivé en zone pluviale strict ou en zone de bas-fond modérément inondé et un type flottant et photosensible qui est cultivé dans les plaines inondables. Cette espèce est de plus en plus utilisée dans la création des variétés hybrides *sativa-glaberrima* combinant les qualités des deux espèces connues sous le nom de « NERICA » (Kambou, 2008). Elle est aussi utilisée par les diola dans la plupart des cérémonies religieuses vu le caractère sacré qui lui est conféré.



Figure 1: Panicules des riz cultivés: *Oryza sativa* L. (A) et *Oryza glaberrima* Steud (B)

Source : (Wopereis et *al.*, 2008)

1.2. Morphologie de la plante riz

Le riz est une plante herbacée annuelle avec une tige ronde recouverte de feuilles sessiles plates en forme de lame et une panicule terminale. Il est constitué de deux organes : les organes végétatifs et les organes de reproduction.

1.2.1. Les organes végétatifs

Les racines, de type fasciculé servent de support à la plante et jouent le rôle d'absorption et de stockage de l'eau et des éléments nutritifs contenus dans le sol. Elles explorent l'horizon de 0 à 40 cm de profondeur (ADRAO, 1995). Les racines sont composées de racines embryonnaires ou séminales et de racines secondaires adventives. Leur densité et leur développement dépendent surtout du type de sol et des techniques agricoles (Angladette, 1966 et Raemaekers, 2001).

La tige du riz est formée par une alternance de nœuds et d'entre nœuds. Chaque nœud porte une feuille et bourgeon qui peut se transformer en talles. L'ensemble des talles produites par un seul plant constitue la touffe de riz. L'importance du tallage est fonction de la variété mais est aussi influencée par les conditions culturales (IRRI, 1984 et ADRAO, 2011)

Les feuilles, alternes, sont le siège de la photosynthèse. Elles prennent naissance au nœud de la tige et sont constituées de deux parties : la gaine foliaire et le limbe foliaire. Chaque nœud donne naissance à une feuille. La gaine foliaire enveloppe la totalité de l'entre-nœud et même dans certains cas le nœud suivant. Le limbe foliaire ou la partie terminale de la feuille est attachée au nœud par la gaine foliaire. La première feuille rudimentaire à la base de la talle est le prophyllum (coléoptile) et la dernière sous la panicule est appelée feuille paniculaire ou feuille drapeau. Le plus important nombre de feuilles est porté par la tige principale ou la talle primaire (Lacharme, 2001)

1.2.2. Les organes reproductifs

La panicule constitue l'inflorescence de la plante. C'est la partie terminale de la plante qui est portée par le dernier entre-nœud. La panicule est composée de ramifications primaires (rachis) et de ramifications secondaires (racémules) portant les épillets, qui sont fonction de l'espèce et de la variété. Une panicule peut porter entre 50 et 500 épillets (ADRAO, 2011).

La fleur de l'épillet comporte un pistil et six étamines. Les étamines sont constituées de deux anthères soudées au bout d'un filament fin. Le pistil est constitué de l'ovaire, du style et du stigmate de structure plumeuse. Le grain ou paddy de riz est constitué de l'ovaire fécondé, des glumes et glumelles et des glumes stériles (Lacharme, 2001).

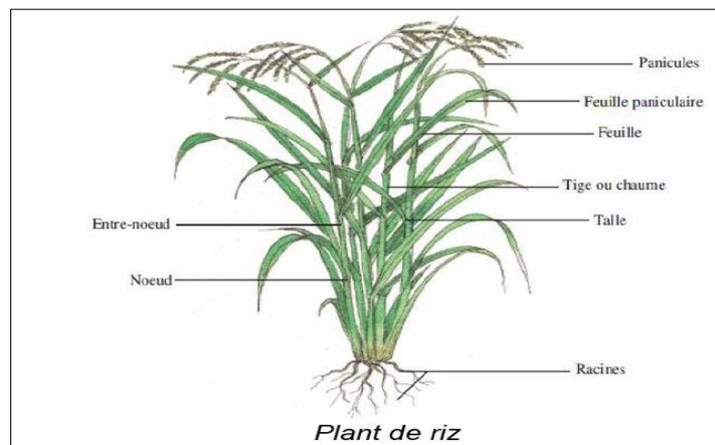


Figure 2: Schéma d'un plant de riz (ADRAO, 2011)

1.3. Croissance et développement de la plante riz

La plante de riz se développe en trois phases : la phase végétative, la phase reproductive et la phase de maturation.

1.3.1. La phase végétative

La durée de la phase végétative est très variable en fonction de la variété, des conditions climatiques et des pratiques culturales. Elle est affectée chez certaines variétés par la longueur du jour (ou photopériode) et par la température (IRRI, 1984 ; ADRAO, 2011). Elle commence de la germination à l'initiation paniculaire. Ainsi, durant cette phase, la plante traverse les stades de germination, levée, tallage et élongation. Selon la température, la phase de germination dure de 5 à 20 jours (5 jours en condition chaude et 20 jours sous de basses températures) et n'est pas influencée par la lumière. Durant cette phase, le plant acquiert progressivement son indépendance vis à vis des réserves alimentaires du grain. Le plant est totalement indépendant au stade 3 feuilles.

Le tallage est un phénomène qui permet aux entrenœuds situés à la base de donner d'autres talles secondaires, qui par la suite vont générer d'autres. Il commence à partir du stade 5 feuilles

et a une durée variable qui dépend des conditions climatiques (température) et de la variété. Il est actif, et atteint entre 50 et 60 jours, puis décroît par suite de dégénérescence de certaines talles (Angladette, 1966). L'optimisation du tallage est un élément important pour l'augmentation des rendements. La lumière, la chaleur, la richesse du sol en éléments fertilisants sont autant de facteurs qui peuvent influencer ce phénomène (Andriankaja, 2001).

1.3.2. La phase reproductive

Elle comprend l'initiation paniculaire, la montaison, l'épiaison et la fécondation. Ces différents stades sont décrits par Andriankaja (2001) comme suit :

- **L'initiation paniculaire** : elle débute avec la formation de l'ébauche de la panicule au niveau du nœud supérieur de la talle.
- **La montaison** : elle est caractérisée par le gonflement de la tige et la suite de la formation et de la migration des organes de réserves. A ce stade, la feuille paniculaire est déjà formée.
- **L'épiaison** : elle se matérialise par l'émergence de la panicule de la gaine de la feuille paniculaire. Elle exige une température moyenne de 22°C.
- **La floraison** : au cours de cette phase, les glumelles s'écartent et permettent la sortie des étamines. Ainsi l'anthere s'ouvre par la suite et la pollinisation s'effectue quelques heures plus tard. Il s'ensuit la fermeture des glumelles laissant les étamines à l'extérieur où elles sèchent et tombent.
- **La maturation** : les grains se remplissent donc et acquièrent leur maturité en passant par le stade laiteux, au stade pâteux et enfin au stade mûr lorsqu'ils sont pleins et résistants. A ce niveau, le poids des grains fait incurver la panicule. C'est un signe utilisé par la plupart des producteurs pour déterminer la récolte du moment où la feuille paniculaire, les glumelles et les épillets jaunissent. Le stade maturité est atteint lorsque 85 à 90% des grains de la panicule sont mûrs (ADRAO, 2011). La maturation peut durer une trentaine (Yoshida, 1981) de jours.

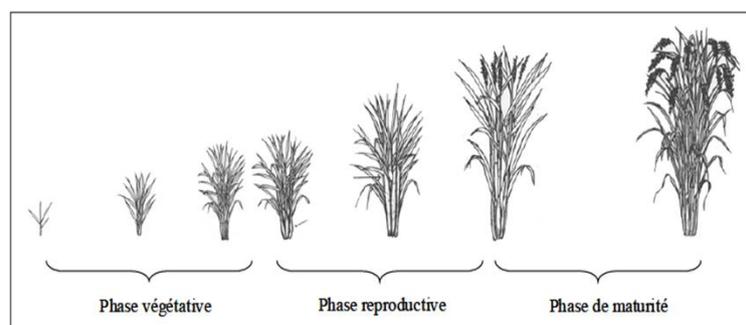


Figure 3: Phases de développement du riz (Wopereis et al., 2008)

1.4. Exigences écologiques et fertilisation

1.4.1. Exigences écologiques

- **Exigences climatiques** : le riz est exigeant en chaleur avec une température optimale de développement comprise entre 28 et 30°C; celle de la germination est comprise entre 30°C et 35°C. Une température minimale de 14 à 16°C favorise sa germination. La floraison exige une température minimum de 22°C et un maximum de 39°C (Angladette, 1966; Raemaekers, 2001). Pour un cycle de 120-130 jours, la somme des radiations solaires nécessaires correspond à 1000 voire 1200 heures d'ensoleillement, le minimum étant de 400 heures. La plupart des variétés traditionnelles de riz sont sensibles à la photopériode contrairement aux nouvelles variétés (Kouakou, 2017).
- **Exigences hydriques** : les besoins en eau du riz pluvial dépendent du cycle de la variété cultivée et du sol. Ils dépendent aussi des caractéristiques physiques du sol, notamment la texture, la porosité, la profondeur de la nappe phréatique et l'épaisseur de la couche à saturer (Kambou, 2008). Une moyenne pluviométrique comprise entre 100 et 200 mm par mois est nécessaire pour son développement (Zingore et al., 2014). Les besoins en eau du riz au cours de son cycle varient selon le stade de développement: faibles au moment des semis, ils augmentent d'abord jusqu'à la montaison et diminuent ensuite pour devenir presque nuls après la phase de maturité pâteuse (Doorenbos et Kassam, 1987).
- **Exigences édaphiques** : le riz peut être cultivé sur une grande variété de sols. Les sols argileux à fortes teneurs en matière organique sont les plus adaptés, tandis que les sols sableux ne sont pas appropriés pour la production du riz (Zingore et al., 2014). C'est une plante peu exigeante du point de vue des propriétés physiques et chimiques des sols de cultures. Il s'adapte à une large gamme de sols, mais préfère des sols lourds dans lesquels les pertes d'eau par percolation sont faibles. La plante possède également une bonne tolérance à l'acidité avec un pH optimal de 5,5 à 6 (Dobelmann, 1976 ; Lacharme, 2001).

1.4.2. Fertilisation

Le riz a besoin de l'azote (N), du phosphore (P) et du potassium (K). Le soufre, le calcium, le magnésium, le fer sont également utilisés, mais en faibles quantités.

L'azote est l'élément essentiel pendant la phase végétative de la plante (Lacharme, 2001 et Raemaekers, 2001) car il favorise le tallage et permet une croissance vigoureuse des plants. Le phosphore favorise la croissance du système racinaire et agit sur le bon développement des

grains, tandis que le potassium permet une bonne économie de l'eau dans les tissus de la plante et favorise une résistance aux maladies et à la verse (Lacharme, 2001 et PNR, 1993).

Il est aussi recommandé d'apporter de la fumure organique pour maintenir la fertilité du sol. Cet apport peut aller jusqu'à dix (10) tonnes à l'hectare tous les deux ans (Nitiéma, 2009). L'amendement organique est un excellent moyen d'entretien de la fertilité du sol (Badiane et *al.*, 2000). L'incorporation du compost avec l'engrais NPK peut aider à améliorer les rendements rizicoles ce qui est une solution pour une production agricole durable (Bekayo, 2003).

1.5. Importance socio-économique du riz au Sénégal

Le riz, principale source de revenus de plusieurs millions de personnes est la première céréale destinée à l'alimentation humaine (IRRI, 2017).

Au Sénégal, il est utilisé dans les trois menus quotidiens. Il représente 34 % du volume de la consommation céréalière nationale et compte pour 54 % des céréales consommées en milieu urbain et 24 % en milieu rural (Fall, 2015). La part de consommation par habitant est estimée à 90kg/an (APRAO, 2012). La production nationale couvre à peine 20 % de la demande intérieure. Cette dernière est satisfaite au prix d'une importation annuelle de l'ordre de 650 000 à 850 000 tonnes évaluées à une sortie de devise de 165 milliards FCFA annuellement (PNAR, 2011). Les statistiques agricoles de 2004 à 2014 montrent une variation en dents de scie des surfaces emblavées et un taux de couverture en riz de 24 % en 2014. Divers progrès aussi ont donc été notés quant à l'augmentation des rendements agricoles en vue d'accroître la production nationale. Cependant, des efforts restent à être faits dans le sud du pays particulièrement en Basse Casamance où la moyenne des rendements en riz reste encore inférieure à la moyenne nationale (VECO, 2015). En effet dans cette zone, la riziculture est dominée par les petits producteurs et le riz est aussi utilisé chez les diolas dans la plupart des cérémonies culturelles et religieuses (initiation, circoncision, etc.). La culture du riz est majoritairement extensive avec un faible niveau d'utilisation d'intrants, de mécanisation et elle est strictement pluviale. Le coût de production de ce type d'exploitation à vocation d'autoconsommation varie entre 50000 et 60000 FCFA/ha soit 50 à 60 FCFA/kg. La marge nette estimée au coût d'opportunité de marché oscillerait entre 65 et 75 F/kg (VECO, 2015). Alors, que l'autosuffisance en riz passera nécessairement par une transition de la riziculture de subsistance vers une riziculture plus productive et durable. Cette autosuffisance réussira par l'aide des petits producteurs et exploitants familiaux afin d'accroître la productivité par de faibles coûts de production. Ce qui

fait que les systèmes rizicoles devront également être plus économes en intrants et plus résilients dans un contexte de changement climatique (Ahmadi et Bouman, 2013).

Tableau 1: Superficies, rendements et productions du riz de 2004 à 2014 au Sénégal

Années	Superficies (ha)	Rendement (Kg/ha)	Production Paddy (T)	Equivalent riz blanc (T)	Demande (T)	Taux de couverture
2004/05	81 486	2 476	201 744	133,151	782219	17%
2005/06	97 779	2 854	279 080	184,193	832974	22%
2006/07	85 037	2 240	190 493	125,725	896123	14%
2007/08	80 312	2 408	193 379	127,630	921538	14%
2008/09	125 329	3 257	408 219	269,425	970972	28%
2009/10	139 388	3 602	502 104	331,389	1010215	33%
2010/11	147 208	4 103	604 043	398,668	1063302	37%
2011/12	109 177	3 717	405 824	267,844	1105543	24%
2012/13	117 729	3 989	469 649	309,968	1161839	27%
2013/14	108 547	4 018	436 153	287,861	1215784	24%

Source : VECO (2015)

1.6. Les systèmes de production rizicole

Un système de production agricole est défini comme « un ensemble structuré de moyens de production (travail, terre, équipement) combinés entre eux pour assurer une production végétale et/ou animale en vue de satisfaire les objectifs et besoins de l'exploitant (ou du chef de l'unité de production) et de sa famille » (Jouve, 1992). Il existe principalement deux systèmes de riziculture : le Système Traditionnel (ST) et le Système de Riziculture Intensive (SRI) (Blanc-Pamard, 1987).

1.6.1. Le Système Traditionnel (ST)

Les systèmes de production rizicole au Sénégal sont en général de deux types : l'irrigué et le pluvial. Le système pluvial a plusieurs variantes dépendantes de la pluie (du pluvial strict de plateau, de bas-fonds et de mangrove). La riziculture pluviale stricte est caractérisée par un système extensif avec une faible utilisation d'intrants et maîtrise de l'eau, et une dominance de variétés traditionnelles et des opérations manuelles. Elle a une productivité faible avec un rendement moyen variant de 0,8 et 1 t/ha (VECO, 2015). Généralement, les variétés cultivées dans le système traditionnel ne disposent pas d'une forte capacité de tallage (6 talles en moyenne) (Bocoum, 1998). Le faible tallage est d'ailleurs une des raisons qui poussent les riziculteurs à privilégier lors du repiquage de fortes densités, en comparaison aux normes conventionnelles. C'est pourquoi il est très exigeant en semences. Le système traditionnel de riziculture en Casamance comprend deux variantes (Haddad, 1969):

- La variante « mandingue » est pratiqué exclusivement par les femmes qui cultivent à plat leurs parcelles rizicoles à l'aide d'une houe, outil destiné au labour superficiel des rizières dont le niveau d'inondation est faible et dont les sols sont légers. Il est dominant dans les zones situées au contact des formations continentales. Les aménagements des parcelles rizicoles sont généralement sommaires.
- La variante « diola » prédomine dans la zone estuarienne, au contact des eaux marines, et est pratiqué par les diolas et les baïnouks. L'intérieur des parcelles rizicoles est labouré en billons ou en planches à l'aide d'un outil dénommé en diola « *kadiandou* », bien adaptée aux terres argileuses. Les hommes et les femmes ont des tâches bien définies. Les hommes s'occupent du labour et les femmes du repiquage, tandis que la récolte est assurée par les deux genres.

Malgré les potentialités existantes en Basse Casamance, la riziculture est affaiblie par des contraintes d'ordre physique, biotique et socioéconomique liées à la mauvaise organisation de la production de semences, au morcellement parcellaire, au manque de matériel adéquat de préparation du sol et aussi à l'absence d'une politique agricole durable indispensable pour une promotion harmonieuse de l'agriculture (Bocoum, 1998). Les données disponibles de 2013 à 2017 du département de Ziguinchor montrent une variation en dent de scie des superficies cultivées et de la production rizicole. Cependant, il y a eu quelques avancées dans l'amélioration des rendements.

Tableau 2: Statistiques rizicoles du département de Ziguinchor sur les cinq dernières années

Années	Superficies (ha)	Rendements (kg/ha)	Production (t)
2013	4309	1582	6818
2014	3500	1600	5600
2015	14500	1862	26999
2016	6000	1973	11835
2017	6000	2692	16253

Source : DAPSA/DAKAR/DRDR/SDDR/Ziguinchor

1.6.2. Le Système de Riziculture Intensive (SRI)

Le Système de Riziculture Intensive ou SRI est une méthode agro-écologique et intelligente face au climat qui permet aux agriculteurs de produire plus de céréales en utilisant moins de semences et d'eau, et moins d'intrants achetés. Il est découvert en 1983 par Henri de Laulanié (Razafimanantsoa, 2009). Il s'agit d'une approche de gestion des cultures basée sur la

connaissance de la plante conduisant à l'amélioration de la croissance et de la productivité des plantes (Styger et Jenkins, 2014). Ce système est différent de l'agriculture productiviste qui utilise un maximum d'intrants chimiques pour accroître les rendements.

Ce nouveau système d'intensification du riz change la pratique traditionnelle de la riziculture en rendant au riz ses possibilités d'augmenter la production (Zotoglo, 2012). Les pratiques du SRI reposent sur quatre principes qui interagissent entre eux pour créer un changement synergique dans la façon dont les plants de riz poussent (Laulanié, 1993 ; Styger et Jenkins 2014):

- Favoriser un établissement rapide et sain des jeunes plants (8 à 15 jours).
- Réduire la concurrence entre les plants
- Créer des sols fertiles riches en matière organique et en biote du sol
- Gérer l'eau avec soin

Et bien que les pratiques du système varient selon les conditions locales, les principes sous-jacent restent les mêmes partout (Akiyoko, 2014 ; Styger et Jenkins, 2014). Par ailleurs, le SRI a fait l'objet d'études et d'évaluations de la part des chercheurs, des institutions internationales, particulièrement l'université de Cornell et des riziculteurs dans un certain nombre de pays (50 pays) (Styger et Jenkins, 2014). En dehors de la réduction des coûts de production, de l'économie en termes des semences, divers producteurs ayant expérimenté le système ont vu augmenter leurs rendements de 35 à 100%, leur générant ainsi des revenus (Zotoglo, 2012 ; Gbenou, 2013). Sa large diffusion est surtout liée à l'augmentation des rendements (Hussain *et al.*, 2009 ; Stoop *et al.*, 2009 ; Zhao *et al.*, 2009). Au Sénégal, particulièrement dans la région de Fatick, les pratiques du SRI ont été initiés aux producteurs grâce au PAPIL dans sept villages pour combattre les effets du changement climatique notamment la sécheresse. Cela a conduit à des résultats satisfaisants avec des rendements variant de 3t/ha à 10 t/ha (soit un rendement moyen de 4,7 /ha) tandis que ceux des parcelles témoins variaient de 1,2 t/ha à 3 t/ha (soit un rendement moyen de 1,9 t/ha) (Baldé, 2013).

Le SRI a par contre suscité beaucoup de controverses autour de sa pertinence, son efficacité et de son adoptabilité avant sa diffusion dans les années 2000 (Serpantié, 2013). En effet le SRI demande un travail minutieux dans la manipulation des jeunes plants et nécessite un travail supplémentaire pour le sarclage ; ce qui représente un obstacle pour son adoption par certains producteurs (Sato et Uphof, 2007 ; Sanou *et al.*, 2016).

Tableau 3: Différence entre SRI et pratiques courantes

	Pratiques SRI	Pratiques traditionnelles
Dose de semis	8-12 kg/ha	50-60 kg/ha
Durée de repiquage	10- 15 jours	20-30 jours
Repiquage	1 plant/ poquets et en lignes	3-4 plants/poquets
Ecartement	25 cm x 25 cm	15 cm x 15 cm ou à la volée
Irrigation	Alternance humidité et sécheresse selon l'âge de la plante	Présence de la lame d'eau en permanence
Sarclage	Régulier (presque chaque 10 jours)	Inexistant

Source : Zotoglo (2012).

Chapitre 2 : Méthodologie

2.1. Présentation de la zone d'étude

La région de Ziguinchor est située entre 12°33' de Latitude Nord et 16°16' de Longitude Ouest et couvre une superficie totale de 7339 km². Sa position entre les isohyètes 1400 et 1600 mm fait d'elle l'une des régions les plus pluvieuses du pays où les quantités de pluies peuvent atteindre 1200 mm/an ; ce qui n'est pas sans conséquences sur le milieu physique, particulièrement la végétation (Prestige, 2009). Le climat de type soudano-guinéen est dominé par deux saisons : une saison sèche qui s'étale de novembre à mi-juin et une saison des pluies de mi-juin à octobre au cours de laquelle sont menées la plupart des activités agricoles. C'est dans le département de Ziguinchor et particulièrement dans les villages de Badiatte, Essyl et Fanda qu'est menée notre étude.

Les villages de Badiatte et Essyl comptent respectivement une population de 318 et 315 habitants (ANSD, 2013). Ils sont administrativement rattachés à la commune d'Enampore. Celle-ci couvre une superficie de 183 km² et est caractérisée par des sols de mangroves, de plateaux, des sols hydromorphes et des sols ferrugineux latéritiques avec un relief relativement plat, entrecoupé de plusieurs bas-fonds, plus ou moins vastes, servant de parcelles pour la riziculture. Les activités génératrices de revenus restent principalement l'agriculture, l'élevage et la pêche. L'agriculture dans ces deux villages, à majorité animiste reste dominée par une riziculture pluviale à caractère traditionnel extensif avec un faible équipement (*kadiandou*) et un faible niveau d'utilisation d'intrants (PLD, 2010).

Les données du dernier RGPHAE révèlent que le village de Fanda compte une population de 2261 individus (ANSD, 2013). Fanda est attaché administrativement à la commune de Niaguis. Celle-ci couvre une superficie de 160 km². La végétation est de type soudano-guinéen. L'agriculture demeure la principale activité génératrice de revenus des populations (Coly, 2012). Malgré les potentialités existantes dans le village comme partout dans la commune, cette agriculture majoritairement constituée de petits exploitants reste confrontée à un manque d'équipement et continue de subir les effets néfastes de la variabilité climatique et ses corollaires (diminution de la durée des précipitations, salinisation des terres, pauvreté des sols, etc.). Ces obstacles sont accompagnés par la réduction des surfaces cultivables à cause du conflit armé qui sévissait ces dernières décennies engendrant l'abandon de certaines vallées (Ndao et al., 2014). Le retour de la population a permis de relancer les activités agricoles du fait de l'accalmie qui prévaut ces dernières années.

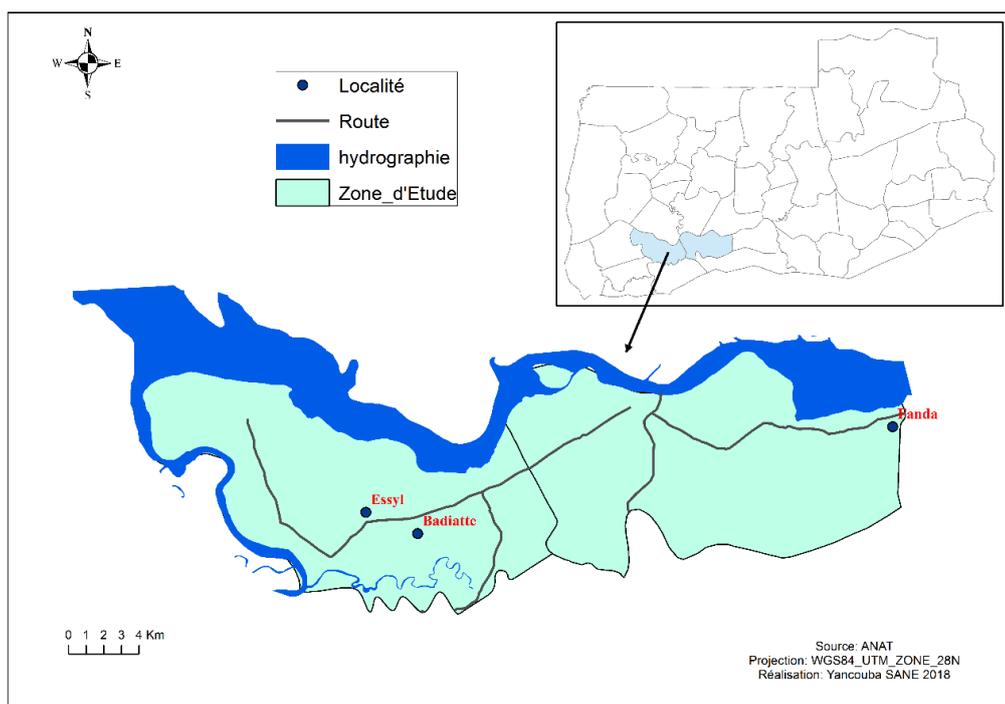


Figure 4: Carte de localisation de la zone d'étude

2.2. La collecte des données

2.2.1. Diagnostic agronomique

Cette étape consiste à collecter les paramètres de rendement pour évaluer les performances agronomiques de chaque système. Pour ce faire, un échantillonnage basé sur des critères de choix du système pratiqué et des variétés cultivées communes aux deux systèmes a été appliqué. Ainsi, 18 producteurs dont trois pour chaque site et par système ont été choisis. Les variétés cultivées ont été identifiées grâce aux animateurs de la Caritas intervenants dans les sites et les responsables de vallées respectives des sites.

Des carrés rendement ont été placés dans les parcelles des producteurs permettant de collecter les paramètres de rendement et les rendements. Dans chaque parcelle, quatre carrés de rendement de 1m de côté ont été installés aléatoirement suivant les diagonales tout en évitant l'effet de bordure, soient douze carrés par système pour chaque site, faisant un total de 72 carrés de rendement pour les trois sites. Quatre barres de fer de 6 mm de diamètre mesurant 1m de long ont été jointes pour former un plan de 1 m² et nous ont servis à faciliter la pose des carrés de rendement (Figure 5). La vérification du plan sur les diagonales avec un ruban mètre par le théorème de Pythagore a montré une distance (d) sensiblement égale à 1,41 cm. Des piquets ont servi à matérialiser les carrés de rendement et un GPS de marque Garming® pour relever les coordonnées géographiques des parcelles des producteurs dans lesquelles sont relevés les paramètres agronomiques (Gbenou, 2013)

Les paramètres suivants ont été relevés dans les carrés :

- **La densité de repiquage** : elle représente le nombre de poquets par m^2 au repiquage. Elle a été obtenue par comptage direct du nombre de poquets se trouvant dans chaque carré de rendement dans chaque site.
- **Le nombre de talles fertiles** : ils ont aussi été obtenus par comptage direct du nombre de talles portant des panicules sur les carrés de rendement.
- **Le nombre d'épillets remplis** : ce nombre a été obtenu après comptage du nombre d'épillets remplis sur une même panicule et pour un échantillon de 10 panicules par carré dans chaque site. Les panicules choisies ne se trouvent pas sur le même poquet.
- **Le poids de 1000 grains** : ce poids a été obtenu en faisant le pesage de la moyenne de trois échantillons de 1000 grains remplis par variété à l'aide d'un humidimètre muni de balance électronique.

Après collecte des paramètres de rendement par comptage direct, les carrés de rendements ont été récoltés séparément à l'aide d'une faucille, puis égrainés, et ensuite mis dans des sachets en plastique après vannage (Rajaonarison, 1999 ; Botsoe, 2001). Ils ont été pesés à l'aide d'un d'humidimètre muni d'une balance électronique et son rendement a été évalué à sec, sans humidité (0% d'humidité).

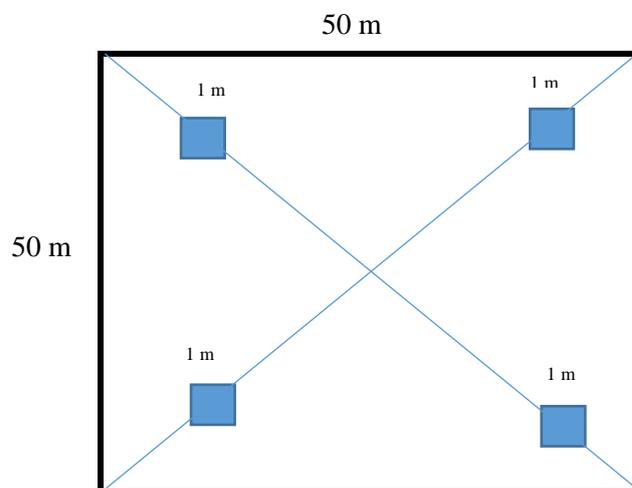


Figure 5: Schéma de la disposition des carrés de rendement sur une parcelle de 50m de côté

Des observations sur le terrain ont été menées pour identifier les différentes pratiques des producteurs selon le système : les acteurs, le matériel et les méthodes de labour, le mode de repiquage, la gestion de l'eau dans les parcelles et les fertilisants utilisés.

2.2.2. Enquêtes

Les enquêtes ont été menées auprès des producteurs intervenant dans les différents sites d'étude. Un échantillonnage aléatoire a été appliqué. Sa taille a été calculée à partir de la formule de Fisher qui suit :

$$nf = n / (1 + n/N)$$

nf = la taille désirée de l'échantillon ;

N = la taille de la population ;

$n = 1 / d^2$, degrés de précision voulue

Le degré de précision mesure les écarts entre les proportions réelles. Plus d est faible plus l'échantillon est représentatif.

La population de riziculteurs est respectivement de 77, 48, 32 pour les villages de Badiate, Essyl et Fanda, soit une population de producteurs N égale à 157. Avec une population N d'une telle taille et pour un d égal à 10%, il y a donc 90% de chance que l'échantillon soit représentatif de la population. Et donc l'échantillon désiré nf sera de 55 producteurs répartis comme suit : 20 producteurs à Badiate et à Essyl et 15 à Fanda.

Un questionnaire individuel (Annexe) a été administré aux producteurs ayant adopté au moins un des systèmes de production (SRI ou ST) afin de mieux cerner la perception des producteurs sur les rendements. Les entretiens ont été faits en langue locale et quelque fois en français. Les éléments suivant ont été pris en compte lors des interviews :

- **La main-d'œuvre** : il a été estimé par rapport à la valorisation de la main-d'œuvre familiale ainsi que la main-d'œuvre salariée employée par les producteurs dans les opérations culturales : labour, repiquage, et récolte. Elle a été estimée en nombre d'hommes/jour/ha.
- **Les coûts de production** : ils concernent les engrais, location du matériel agricole, charges de la main-d'œuvre (Traoré, 2016).

Les semences n'ont pas été tenues en compte dans l'évaluation des charges de production. En effet, les semences ne sont pas achetées par les producteurs. Aussi à cause de la charge des activités de travail, beaucoup de producteurs n'ont pas pu consacrer un temps spécifique dans le sarclage. Il n'a pas cependant été pris en compte dans l'évaluation des coûts.

Indicateurs de la rentabilité : deux indicateurs de rentabilité économique ont été calculés suivant les travaux de Agbohessi et *al.*, (2011), Yabi (2010) et Yabi et *al.*, (2012) :

- **La Marge Nette (MN):** Exprimée en FCFA/ha, la marge nette de production est obtenue en déduisant du produit brut en valeur (PBV) à l'hectare les coûts totaux (CT) à l'hectare. Elle est calculée par la formule suivante :

$$MN = PBV - CT$$

Le prix de riz paddy est estimé à 125 FCFA/kg selon les coûts de vente du marché au Sénégal (VECO, 2015).

- **Ratio Bénéfice/Coût ou B/C :** Il est déterminé selon la formule suivante

$$B/C = \frac{PBV}{CT}$$

Où PBV= produit brut en valeur, CT= Coûts Totaux

En analyse de rentabilité économique, l'interprétation du B/C se fait en le comparant à la valeur 1. Lorsque $B/C > 1$, nous pouvons conclure qu'un franc investi génère plus d'un franc CFA comme bénéfice, et l'activité est dite économiquement rentable. Si par contre $B/C < 1$, alors 1 franc investi génère moins d'un franc CFA comme bénéfice, et l'activité est jugée économiquement non rentable, car le producteur gagne moins qu'il n'investit

2.3.Traitement et analyse de données

Les données collectées ont été répertoriées dans le tableur Excel et ont fait l'objet de traitement à l'aide des logiciels XLSAT 2014 (Version d'évaluation), Sphinx 4.5 et R, version 3.4.1. Ce qui a permis par la suite de faire des analyses de variance (ANOVA) et des analyses en composantes principales (ACP) pour étudier les corrélations des paramètres qui interagissent entre eux. Le test de Fisher au seuil de 0,05 a été utilisé pour déterminer le degré de significativité des paramètres mesurés entre les systèmes.

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Caractérisation des systèmes de production de riz

3.1.1.1. Caractérisation socio-démographique

Les producteurs enquêtés dans les divers sites étaient des responsables de ménages. Leur âge est compris entre 23 et 73 ans et la moyenne est de 49 ans. L'âge moyen des producteurs en fonction du sexe est de 53 ans pour les hommes et 45 ans pour les femmes. Les femmes sont plus représentées (52,7%) que les hommes. Et cela à cause du village de Fanda, village où la riziculture est seulement pratiquée par les femmes.

Trois catégories de producteurs ont été identifiées: ceux qui ont pratiqué uniquement le système SRI ou le ST et ceux qui ont fait les deux à la fois.

Les hommes ayant pratiqué uniquement le SRI sont moins âgés que les femmes par contre dans le ST, les femmes sont plus jeunes (Tableau 4).

Tableau 4: Profil des producteurs selon le sexe et le système de production

Systèmes	Hommes		Femmes	
	Effectifs	Age (ans)	Effectifs	Age (ans)
SRI	3	36	11	43
ST	7	61	3	54
SRI et ST	16	54	15	46
Effectif Total	26		29	
Age moyen		53		45

3.1.1.2. Caractérisation de l'itinéraire technique

La riziculture se pratique différemment selon les zones. Dans les villages de Badiate et Essyl, les hommes s'occupent de la préparation de la pépinière et du labour tandis que les femmes s'occupent repiquage. Par contre à Fanda, ce sont les femmes qui s'occupent intégralement des travaux de culture du riz. Le matériel de labour reste essentiellement le tracteur, le « *kadiandou* » et la houe pour le SRI. Cependant dans le ST, le « *Kadiandou* » est utilisé à Badiate et Essyl et la houe à Fanda. La durée moyenne des plants en pépinière est de 16 jours pour le SRI. Pour le ST, la durée moyenne est de 26 jours. A Badiate et Essyl, le repiquage est fait en ligne sur une surface plane pour le SRI et sur des billons pour le ST de manière éparse. Tandis qu'à Fanda, le repiquage des plants est fait quel que soit le système sur une surface plane. Le nombre de plants repiqués par poquet varient selon le système de production dans les

villages de Badiate et Essyl: 1 plant par poquet pour le SRI et deux (2) à trois (3) pour le ST. Cependant à Fanda, le nombre de plants par poquet est de 1 quel que soit le système.

Le sarclage et la gestion de l'eau sont pratiqués dans les deux systèmes, mais les fréquences allant de 25 à 100% sont plus important en SRI (Tableau 5)

Tableau 5: Niveau d'adoption des pratiques culturales

Villages	Systèmes	Durée pépinière (jours)	Plants /poquet (m ²)	Gestion de l'eau (%)	Sarclage (%)	Fertilisants organiques (%)	Fertilisants chimiques (%)
Badiatte	SRI	14	1	70.59	100	82.35	29.41
	ST	28	2	68.75	25	68.75	25
Essyl	SRI	16	1	61.54	100	84.62	69.23
	ST	24	2	45	50	50	40
Fanda	SRI	17	1	80	80	40	6.67
	ST	27	1	40	60	40	0

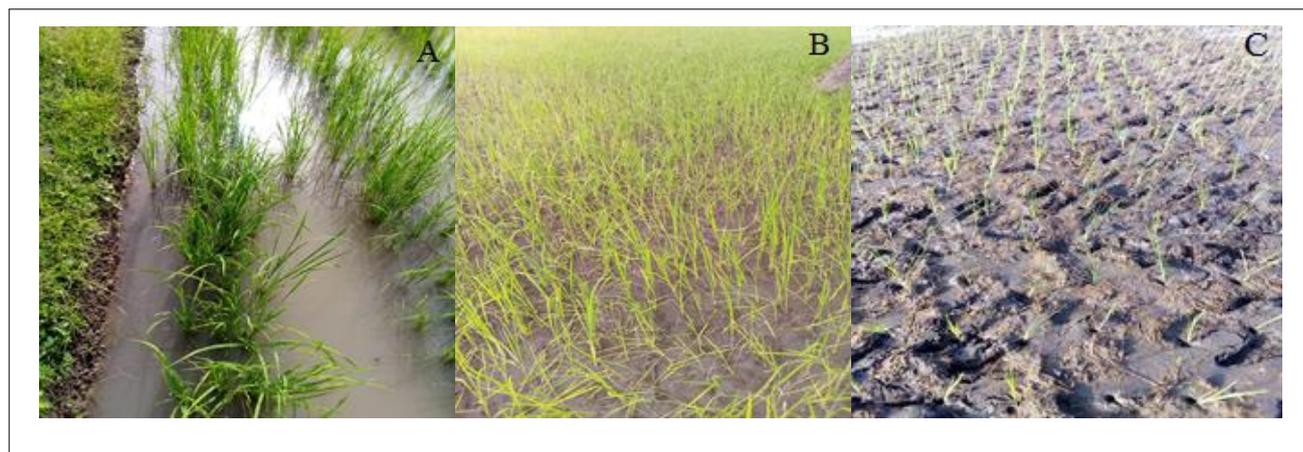


Figure 6: Mode de repiquage : ST Badiate et Essyl (A), ST Fanda (B) ; SRI (C)

3.1.2. Les paramètres de rendements

3.1.2.1. Variation des paramètres de rendement en fonction des systèmes

Le tableau 6 présente la variation des paramètres de rendement en fonction des systèmes pratiqués. L'analyse de la variance (ANOVA) montre qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) des paramètres de rendement entre les systèmes. Le nombre de talles fertiles, le nombre d'épillets remplis et le poids des 1000 grains sont plus élevés dans le SRI. Par contre, la densité de repiquage est plus forte dans le système traditionnel.

Tableau 6: Paramètres de rendement en fonction du système

Paramètres	SRI	ST	Pr<0,05
Densité repiquage/m ²	16 ($\pm 0,4$) ^a	26 \pm (5,6) ^b	5,84 ^{e-16}
Nombre talles/m ²	201 ($\pm 69,4$) ^a	159 ($\pm 49,6$) ^b	0,00501
Nombre épis/m ²	1165 ($\pm 315,9$) ^a	790 ($\pm 159,5$) ^b	1,95 ^{e-08}
Poids 1000grains	24,9 ($\pm 2,4$) ^a	22,7 ($\pm 2,0$) ^b	6,68 ^{e-05}

3.1.2.2. Variation des paramètres de rendement en fonction des systèmes et des sites

Les paramètres de rendement relevés en fonction du système de production et du village sont consignés dans le tableau 7. L'analyse de la variance (ANOVA) montre une différence significative entre le système de riziculture intensive et le système traditionnel pour tous les paramètres à l'exception du nombre de talles pour Fanda. Les paramètres de rendement sont plus élevés dans le système de riziculture intensive dans tous les villages comparé au système traditionnel et sont plus faibles dans le village de Fanda à l'exception de la densité de repiquage (29 poquets/m²).

Tableau 7: Paramètres de rendement des sites en fonction des systèmes et des sites

Village	Systèmes	Densité repiquage /m ²	Nombre talles/ m ²	Nombre d'épis/m ²	Poids 1000 grains
Badiatte	SRI	16 ($\pm 0,3$) ^b	188 ($\pm 53,8$) ^a	1271 ($\pm 293,7$) ^a	26,2 ($\pm 2,2$) ^a
	ST	24 ($\pm 5,3$) ^a	163 ($\pm 48,1$) ^b	739 ($\pm 89,8$) ^b	23,5 ($\pm 1,6$) ^b
Essyl	SRI	16 ($\pm 0,3$) ^b	230 ($\pm 54,6$) ^a	1226 ($\pm 260,9$) ^a	23,3 ($\pm 0,0$) ^a
	ST	25 ($\pm 4,4$) ^a	176 ($\pm 41,0$) ^b	911 ($\pm 165,7$) ^b	21,3 ($\pm 0,0$) ^b
Fanda	SRI	16 ($\pm 0,6$) ^b	184 ($\pm 89,9$) ^a	997 ($\pm 340,5$) ^a	25,4 ($\pm 3,1$) ^a
	ST	29 ($\pm 6,0$) ^a	140 ($\pm 54,0$) ^a	722 ($\pm 141,8$) ^b	23,2 ($\pm 2,7$) ^b

3.1.2.3. Variation des paramètres de rendement des variétés en fonction du système

Les paramètres de rendement de 4 variétés en fonction du système sont consignés dans le tableau 8. L'analyse de la variance montre une différence significative ($p < 0,05$) de la densité de repiquage, du nombre de talles, du nombre d'épis et du poids des 1000 grains pour la

variété Sahel 108. Et pour la Nerica 14, la différence n'est significative que pour les paramètres densité de repiquage et poids des 1000 grains. Le nombre d'épillets et le poids des 1000 grains de la variété Nerica 4 des deux systèmes sont significativement différents ($p < 0,05$) tandis que la différence n'est pas significative pour les paramètres densité de repiquage ($p = 0,124$) et nombre de talles. La variété locale, Niamlissou présente une différence significative ($p < 0,05$) pour la densité de repiquage, le nombre d'épillets et le poids des 1000 grains respectivement. Les paramètres de rendement sont tous plus élevés dans le SRI comparé au ST. Le nombre de talles et d'épillets respectivement plus élevés pour la variété Sahel 108 (224 et 1251) suivi de la Nerica 4 (176,8 et 1244) dans le SRI. Dans le ST, le nombre de talles (179,5) pour la variété Sahel 108 qui est le plus élevé a presque doublé le nombre de talles de la variété Nerica 14 (90,5 talles). Par contre le nombre d'épillets de la variété Nerica 14 est plus élevé que celui de la Sahel 108 dans le même système.

Tableau 8: Paramètres de rendement en fonction des variétés et des systèmes

Systèmes	Variétés	Densité repiquage	Nombre talles	Nombre épillets	Poids 1000 grains
SRI	Sahel 108	16,12 ($\pm 0,5$) ^b	224 ($\pm 58,5$) ^a	1251 ($\pm 286,6$) ^a	23,33 ($\pm 0,0$) ^a
	Nerica 14	16,25 ($\pm 0,5$) ^b	144,25 ($\pm 119,0$) ^a	7507 ($\pm 383,0$) ^a	29,67 ($\pm 0,0$) ^a
	Nerica 4	16,25 ($\pm 0,5$) ^a	176,8 ($\pm 29,3$) ^a	1244 ($\pm 205,5$) ^a	28,67 ($\pm 0,0$) ^a
	Niamlissou	16 ($\pm 0,0$) ^b	139,5 ($\pm 25,7$) ^a	971,8 ($\pm 77,2$) ^a	26,67 ($\pm 0,0$) ^a
ST	Sahel 108	27,96 ($\pm 5,3$) ^a	179,5 ($\pm 44,1$) ^b	802,8 ($\pm 183,5$) ^b	21,33 ($\pm 0,0$) ^b
	Nerica 14	22,5 ($\pm 3,1$) ^a	90,5 ($\pm 38,5$) ^a	823,5 ($\pm 105,4$) ^a	27 ($\pm 0,0$) ^b
	Nerica 4	18,75 ($\pm 2,7$) ^a	140,2 ($\pm 8,3$) ^a	701 ($\pm 71,5$) ^b	25 ($\pm 0,0$) ^b
	Niamlissou	24,5 ($\pm 2,8$) ^a	127 ($\pm 12,1$) ^a	773 ($\pm 92,6$) ^b	24,33 ($\pm 0,0$) ^b

3.1.3. Les rendements

3.1.3.1. Variation des rendements en fonction du système

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative ($p = 5,61 \times 10^{-07}$) des rendements entre les systèmes de production. Le SRI est plus productif que le ST. En effet, les rendements moyens sont de 394,47 g/m² pour le SRI et 227,47 g/m² pour le ST, soit 1,7 t/ha de différence. Les rendements moyens sont très variables au sein des systèmes et entre eux. Ils sont plus variables en SRI où des écarts de plus de 600 g/m² sont notés entre les producteurs (rendement min= 67 g/m² et rendement max= 786 g/m²). La variation des rendements peut être expliquée par la diversité dans des pratiques culturales entre les producteurs (Figure 7).

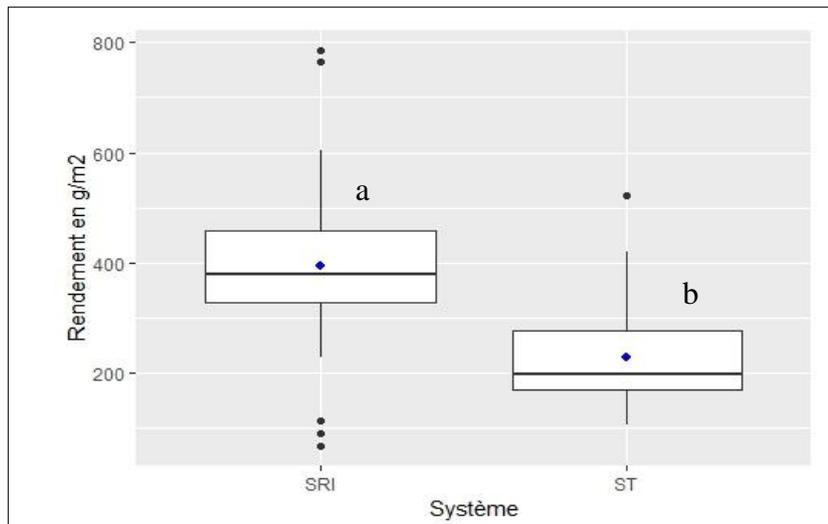


Figure 7: Variation des rendements en fonction du système de production

3.1.3.2. Variation des rendements en fonction du système de production et des sites

La figure 8 présente les rendements de production en fonction du système de production et du site. L'analyse des variances a montré une différence significative ($p= 5.61 \times 10^{-7}$) entre les rendements en fonction du système de riziculture. Cependant il n'existe pas de différence significative des rendements entre les villages pour le même système.

Les rendements sont plus élevés dans le système de riziculture intensive. Badiatte présente les meilleurs rendements ($459,6 \text{ g/m}^2$) suivi du village d'Essyl (392 g/m^2) et enfin Fanda (330 g/m^2) dans le SRI. Par contre, les rendements dans le ST sont plus élevés à Essyl qu'à Badiatte. Ainsi, quel que soit le système, le village de Fanda présente les plus faibles rendements avec des valeurs moyennes de 330 g/m^2 pour le SRI et 203 g/m^2 pour le système traditionnel.

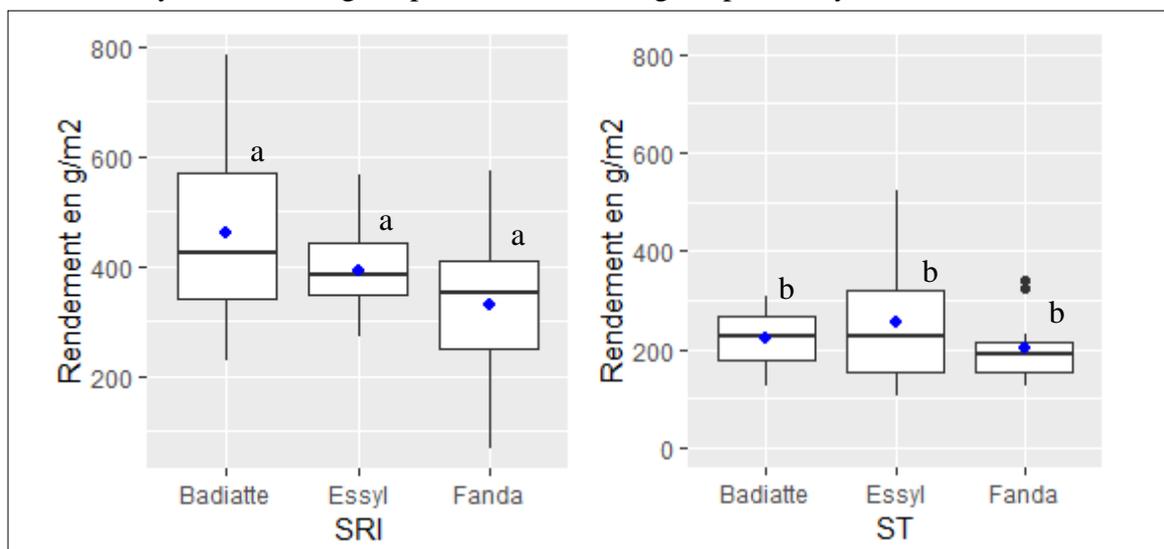


Figure 8: Variation des rendements des sites en fonction du système et des sites

3.1.3.3. Variation des rendements en fonction des variétés

La figure 9 présente la variation des rendements en fonction de la variété. L'analyse de la variance des rendements n'a pas présenté de différence significative entre les rendements ($p=0,01$). La Sahel 108 est la plus productive suivi de la Nerica 4, Nerica 14 et Niamlissou avec des rendements respectifs de $333,8 \text{ g/m}^2$; $323,2 \text{ g/m}^2$; $237,5 \text{ g/m}^2$ et $235,4 \text{ g/m}^2$. L'écart des rendements intra-variétaux peut être expliqué par la différence de pratiques culturales dans les systèmes et même parmi les producteurs de riz. 50% des rendements sont supérieurs à 300 g/m^2 pour la Sahel 108 et la Nerica 4. Les rendements sont très variables à l'intérieur d'une même variété. La plus grande variation des rendements est cependant observée également dans la Sahel 108 avec un minimum de 106 g/m^2 et un maximum de 786 g/m^2 .

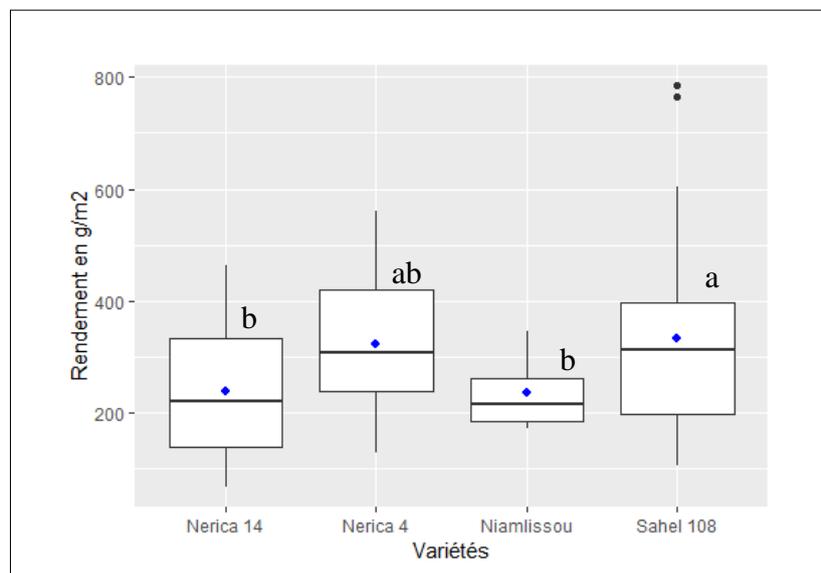


Figure 9: Variation des rendements en fonction des variétés

3.1.3.4. Variation des rendements des variétés en fonction du système

L'analyse de la variance une différence entre les rendements du Sahel 108 ($p=6,82 \times 10^{-6}$), Niamlissou ($p=0,016$) et la NERICA 4 ($p=0,0058$). Il n'y a pas de différence significative entre les rendements de la Nerica 14. Les rendements varient d'une variété à l'autre au sein d'un système et entre les systèmes de riziculture. Ils sont plus élevés en SRI. En effet 50 % des rendements des variétés Nerica 14, Nerica 4, Niamlissou et Sahel 108 sont respectivement compris entre 80 g/m^2 et 400 g/m^2 ; 370 g/m^2 et 500 g/m^2 ; 240 g/m^2 et 350 g/m^2 ; 350 g/m^2 et 520 g/m^2 avec des rendements moyens représentés en bleu respectifs de 245 g/m^2 , 440 g/m^2 , 286 g/m^2 et 429 g/m^2 dans le système SRI. Alors que pour le système traditionnel, 50% des rendements sont compris entre 180 g/m^2 et 280 g/m^2 ; 150 g/m^2 et 260 g/m^2 ; 170 g/m^2 et 180 g/m^2 , 150 g/m^2 et 290 g/m^2 pour les mêmes variétés, soient des rendements moyens de 230 g/m^2 ; $203,2 \text{ g/m}^2$; $184,5 \text{ g/m}^2$ et 237 g/m^2 respectivement. Il existe un écart considérable

sur les rendements des variétés entre les systèmes. La variété Sahel 108 a vu son rendement augmenter 2/3 de plus et la Nerica 4 deux fois de plus (200 g/m²) ainsi que la variété Niamlissou de 100 g/m² de plus dans le SRI comparé au ST pour une même unité de production de riz (hectare). Il convient aussi de noter que certaines variétés à l'image de la NERICA 4 et de Niamlissou dans le système traditionnel sont moins productives que la Nerica 14 (Figure 10).

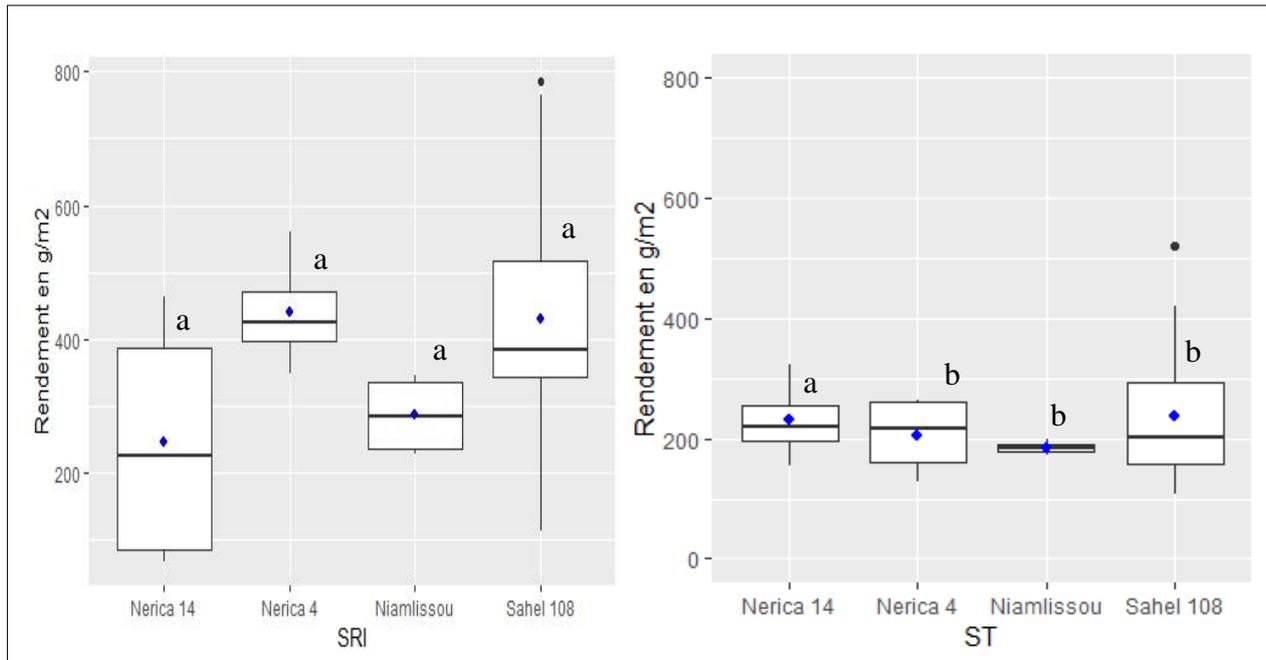


Figure 10: Variation des rendements des variétés en fonction du système de production

3.1.4. Relation entre les paramètres de rendement et le rendement

Le tableau 9 présente les corrélations qui existent entre les composantes du rendement (densité de repiquage, nombre de talles fertiles, nombre d'épillets, le poids des 1000 grains) et le rendement. Les valeurs en gras montrent l'existence de relation entre les variables. Cette relation peut être positive ou négative. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) montre qu'il existe une dépendance forte et positive entre le nombre de talles fertiles et le rendement ($r=0,65$) et le nombre d'épillets et le rendement ($r=0,90$). Autrement dit, plus le nombre de talles fertiles est élevé, plus le nombre d'épillets devient important et par conséquent le rendement devient élevé. Par contre la densité de repiquage exerce un effet négatif sur le nombre d'épillets, le poids des 1000 grains et du coup sur le rendement du riz. De ce fait, plus la densité de repiquage est forte, le rendement tend vers la baisse (Tableau 9 et Figure 11).

Tableau 9: Matrice de corrélation (Pearson) des paramètres de rendement et du rendement

Variabiles	Densité de repiquage	Nombre de talles	Nombre d'épillets	Poids des 1000 grains	Rendement (g/m ²)
Densité de repiquage	1				
Nombre de talles fertiles	-0,2647	1			
Nombre d'épillets	-0,6303	0,6663	1		
Poids des 100 grains	-0,5679	-0,3928	0,0708	1	
Rendement (g/m ²)	-0,5979	0,6568	0,9072	0,0869	1

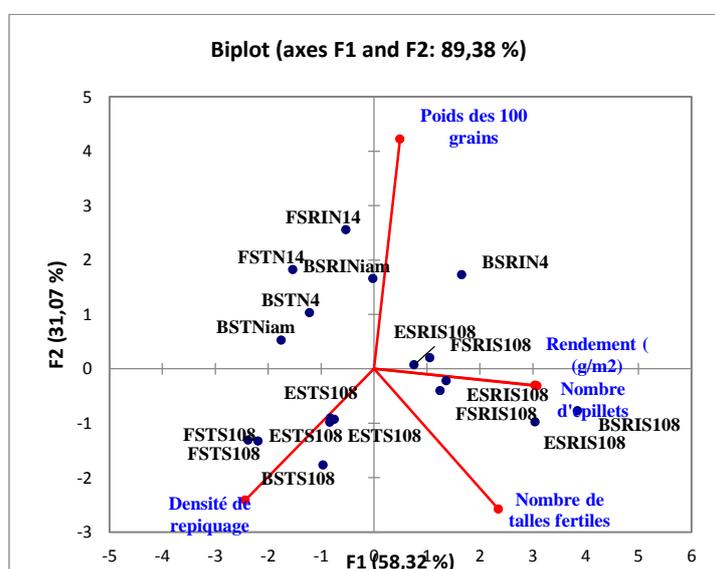


Figure 11: Relations entre paramètres de rendement et le rendement

Abréviations :

BSRIS108: Badiate SRI variété Sahel 108; BSRIN4: Badiate SRI variété Nerica 4; BSRINiam: Badiate SRI variété Niamlissou; ESRIS108: Essyl SRI variété 108; FSRIS108: Fanda SRI variété Sahel 108; FSRIN14: Fanda SRI variété Nerica 14; BSTS108: Badiate ST variété Sahel 108; BSTNiam: Badiate ST variété Niamlissou; BSTN4: Badiate ST variété Nerica 4 ; ESTS108: Essyl ST variété Sahel 108; FSTS10: Fanda ST variété Sahel 108; FSRIN14 : Fanda ST variété Nerica 14.

3.1.5. Perception sur les rendements

3.1.5.1. Les rendements en fonction du système

L'analyse de la variance montre une différence significative ($p=0.0207$) entre les rendements.

Les rendements moyens en SRI sont plus élevés que ceux du système traditionnel avec des

valeurs respectives de 2093,02kg/ha et 1523,02kg, soit plus de 570kg d'écart (Figure 12). Cela peut être lié à la différence des pratiques culturales entre les systèmes.

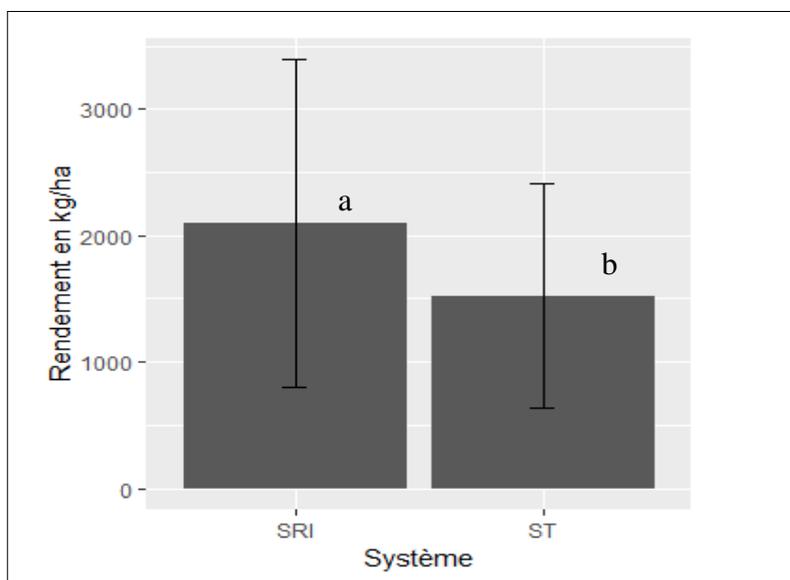


Figure 12: Perception des rendements en fonction des systèmes de production

3.1.5.2. Les rendements des systèmes en fonction de la zone d'étude

La figure 13 présente les rendements moyens en riz paddy des zones d'étude en fonction du système. L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative ($p=0.0207$) entre les rendements moyens des systèmes. Les villages de Badiate et Essyl présentent respectivement une différence significative ($p<0,05$) des rendements entre les systèmes. Mais il n'y a pas de différence significative ($p=0.846$) dans le village de Fanda. De manière générale, les rendements de riz sont plus élevés dans le système SRI à l'exception du village de Fanda où ils sont moins élevés que ceux du ST. Pour le SRI, le village de Badiate a obtenu les rendements les plus élevés suivi du village d'Essyl et Fanda avec des rendements en paddy respectifs de 2694 kg/ha, 2589 kg/ha et 982.5kg/ha. Par contre pour le système traditionnel, Essyl a obtenu les meilleurs rendements suivi de Badiate et Fanda qui obtient toujours les faibles rendements. Les rendements moyens sont respectivement de 1890 kg/ha, 1206kg/ha et 1072kg/ha. Les rendements comparés des villages selon le système de production de riz montrent que le SRI est deux fois plus productif dans le village de Badiate.

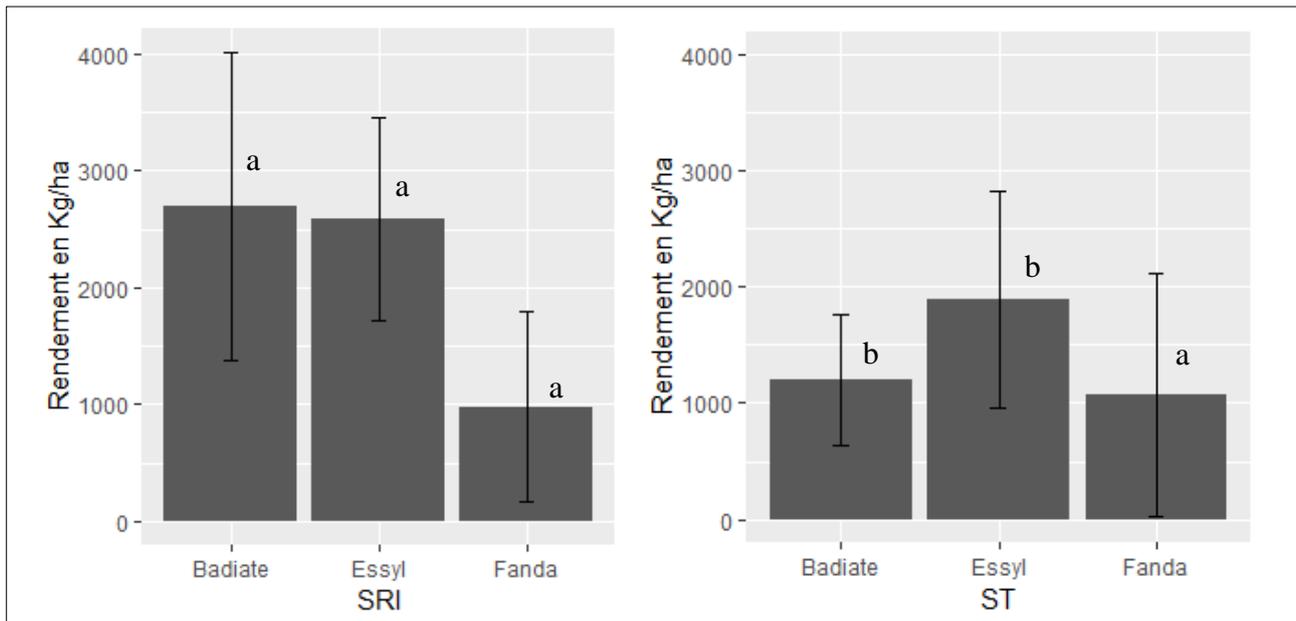


Figure 13: La variation des rendements estimés des sites en fonction du système

3.1.6. Relations entre pratiques culturales et rendements.

Le tableau 10 présente les résultats de l'analyse de corrélation des pratiques culturales et le rendement paddy. Il montre le degré d'interactions positives et négatives entre les pratiques culturales et le rendement de riz. Les valeurs en gras montrent l'existence d'une corrélation entre les variables. L'analyse de la matrice montre qu'il existe une relation positive entre le nombre de poquets et la durée des plants en pépinière (Pearson $n=0,47$), entre le sarclage et la gestion de l'eau (0,59) et les fertilisants organiques et le rendement (Pearson $n=0,57$). La durée des plants en pépinière est négativement corrélée au rendement (Pearson $n=-0,7$) et au sarclage. Alors plus les plants durent en pépinière, le rendement a tendance à baisser et plus il y'a des fertilisants organiques, les rendements augmentent.

Tableau 10: Matrice de corrélation (Pearson) des pratiques culturales et du rendement

Variables	Durée Pépinière	Plants/Poquets	Sarclage	Gestion eau	Fertilisant organique	Fertilisant chimique	Rendements
Durée Pépinière	1						
Plants/Poquets	0.4718	1					
Sarclage	-0.6291	-0.4743	1				
Gestion	-0.4256	-0.3536	0.5963	1			
Fertilisants organique	-0.3999	-0.1351	0.3344	0.2243	1		
Fertilisant chimique	-0.0037	0.1206	-0.1214	0.1949	0.0918	1	
Rendements	-0.7004	-0.2004	0.3857	0.0849	0.5797	-0.0661	1

3.1.7. La rentabilité économique des systèmes de production

3.1.7.1. Analyse de la main-d'œuvre

Pour un hectare, la main-d'œuvre totale varie légèrement selon le système de production. La main-d'œuvre est plus élevée à Badiate ensuite Fanda et Essyl avec des valeurs moyennes respectives de 121, 116 et 107 à l'hectare. Le repiquage utilise le plus de main-d'œuvre dans tous les sites. Et le village de Fanda est celui qui en emploie le plus avec 52 personnes/ha pour chaque système. La plus faible main-d'œuvre de repiquage est observée à Badiate. La main-d'œuvre de labour pour le système traditionnel est plus élevée dans les villages de Badiate et Essyl avec des valeurs respectives de 47 et 41, lesquelles valeurs sont supérieures à celles du système SRI dans ces mêmes villages. La plus faible main-d'œuvre est notée dans le système traditionnel à Fanda tandis que la plus grande pour le système SRI y est obtenue (42 personnes). Pour la récolte, le système traditionnel utilise plus de main-d'œuvre que le SRI à l'exception du village de Badiate où celle-ci surpasse celle des autres villages et pour tous les systèmes (Tableau 11).

Tableau 11: Demande en main-d'œuvre en fonction du système et des sites

Villages	Systèmes	Labour	Repiquage	Récolte	Totale	Moyenne
Badiate	SRI	41	50	41	132	121
	ST	47	35	29	111	
Essyl	SRI	38	40	24	103	107
	ST	41	41	29	111	
Fanda	SRI	42	52	15	109	116
	ST	32	52	38	122	
Moyenne	SRI	40	47	27	114	115
	ST	40	43	32	115	

3.1.7.2. Coûts de production

Les coûts totaux de production du riz concernent essentiellement le labour, le repiquage, la récolte, les intrants et autres dépenses tels que et quels que besoins de consommation des producteurs. Le tableau 12 synthétise ces résultats. Les coûts totaux de production du système SRI sont plus élevés que ceux du système traditionnel avec des valeurs moyennes totales de 176644 et 145741 FCFA pour SRI et ST respectivement. Les plus grandes charges sont rencontrées à Badiate dans le système SRI. Les opérations de labour et de repiquage sont celles qui exigent plus charges quel que soit le village à l'exception de celui de Fanda. Les charges de labour sont plus élevées dans le système SRI dans tous les villages

Tableau 12: Coûts totaux de production en fonction du système en (FCFA)

Villages	Système	Labour	Repiquage	Récolte	Autres dépenses	Fertilisants organiques	Fertilisants chimiques	Coûts totaux
Badiate	SRI	89176	49882	41412	17647	5965	3313	207395
	ST	50375	34500	27500	17688	4000	5498	139560
Essyl	SRI	88462	40308	23692	15077	4938	9255	181732
	ST	65800	41000	29400	11800	2990	2752	153742
Fanda	SRI	71600	52000	15200	0	980	1024	140804
	ST	52000	52000	37600	400	1920	0	143920
Coûts moyens	SRI	83079	47397	26768	10908	3961	4531	176644
	ST	56058	42500	31500	9963	2970	2750	145741

3.1.8. Analyse de la rentabilité économique

Le tableau 13 présente les productions, les coûts totaux de production, les prix de vente selon le prix de kg (125 FCFA) de riz paddy au Sénégal ainsi que les bénéfices obtenus et le ratio B/C pour chaque système. Les coûts totaux de production du système SRI sont les plus élevés. Plus les coûts de production sont élevés, plus les rendements sont élevés et les bénéfices tendent à croître excepté à Fanda. La production de riz est plus rentable à Essyl (141893 F CFA) comparativement au village de Badiate (129355 FCFA), qui malgré les meilleur rendements en SRI voit régresser ses bénéfices. C'est d'ailleurs à Essyl où la riziculture profite le mieux à la population quel que soit le système de production de production bien qu'un producteur en SRI gagne plus de 59385F CFA de plus que celui qui pratique le ST. Cela est expliqué par l'importance de la main-d'œuvre dans les autres villages. Entre les systèmes, le SRI est onze fois plus bénéfique que le ST à Badiate. Dans le village de Fanda, la riziculture n'est pas rentable. Car les coûts de production sont plus élevés que le PBV et le ratio B/C est inférieur à 1.

Tableau 13: Rentabilité des systèmes

Villages	Système	CT (FCFA/ha)	Rendement (kg/ha)	PBV (FCFA/ha)	M N (FCFA/ha)	B/C
Badiate	SRI	207395	2694	336750	129355	1.6
	ST	139560	1206	150750	11190	1.1
Essyl	SRI	181732	2589	323625	141893	1.8
	ST	153742	1890	236250	82508	1.5
Fanda	SRI	140804	982.5	122812.5	-17991.5	0.9
	ST	143920	1072	134000	-9920	0.9
Moyenne	SRI	176644	2088.5	261062.5	84418.5	1.5
	ST	145741	1389.3	173662.5	27921.5	1.2

3.2. Discussion

3.2.1. Pratiques rizicoles

Les pratiques culturelles du ST diffèrent selon les localités. En effet dans les villages de Badiate et Essyl dominés par les diolas, les travaux de labour et de repiquage sont faits respectivement par les hommes et les femmes. A la moisson tous confondus sans distinction de genre s'activent autour des récoltes. Cette répartition n'est pas la même dans le village de Fanda (zone à culture mandingue) où les femmes (100%) sont essentiellement les seules à s'activer autour de la production de riz. Cette distinction des pratiques est expliquée par la différence des communautés qui peuplent ces zones. En effet dans les zones à culture mandingue, la division du travail est organisée selon la toposéquence : les hommes occupent les zones de plateaux et les femmes celles de bas-fonds, en se dédiant spécifiquement et presque uniquement à la riziculture inondée et submergée (Prestige, 2009 ; PAPSEN, 2013). La tendance à la mécanisation de la riziculture peut être due à la lourdeur du travail du sol mais aussi à l'exode rural qui draine une majorité des jeunes vers les zones urbaines laissant ainsi le travail à la presque totalité des personnes âgées.

La gestion intermittente de l'eau et le sarclage constituent une des bases du SRI, bien qu'étant appliquée faiblement dans le ST. Ils ont été cependant une contrainte dans la mise en œuvre complète des principes du SRI pour une majorité des producteurs. Beaucoup de producteurs manquent de temps pour le sarclage. Et la gestion intermittente de l'eau est devenue difficile à cause du manque de réseau de drainage. Les données des enquêtes ont aussi révélé qu'il y a une faible utilisation des intrants chimiques par les producteurs. Ceci pourrait être dû à leur non disponibilité mais aussi à la prise de conscience des producteurs par rapport aux inconvénients de leur utilisation. En effet, nombre de producteurs ont révélé lors des entretiens que les engrais chimiques ont des impacts négatifs à long terme sur le sol. Les fertilisants organiques quant à eux présentent quelques contraintes relatives à leur obtention.

3.2.2. Les paramètres de rendement

3.2.2.1. Densités

Les plants de riz dans le système traditionnel sont repiqués de manière éparse contrairement au SRI où le repiquage se fait en suivant une densité respectée (16 plants/m²) (Krupnik et *al.*, 2012). Une très haute différence significative des densités de repiquage est observée dans les deux systèmes. Les carrés de rendement ont montré que les parcelles des producteurs du système traditionnel ont des densités de repiquage plus élevées de 23, 29% que celles du SRI. Ces résultats sont similaires à ceux de Sanou et *al.*, (2016) qui montrent qu'au Burkina Faso, compte tenu des écartements interlignes/interpoquets et du nombre de plants par poquet, les

parcelles SRI avaient une densité au m² inférieur de 20 à 26% par rapport aux parcelles des Pratiques Habituelles des Riziculteurs (PHR). A l'exception du village de Fanda, le nombre moyen de plants par poquet pour le ST est de 2. Et bien que ceci soit noté, le nombre de talles reste supérieur dans le SRI.

3.2.2.2. Le nombre de talles fertiles.

Le nombre de talles est une composante du rendement. C'est un paramètre important sur lequel se base les promoteurs du SRI pour sa diffusion. Les résultats de notre étude ont montré que le nombre de talles est toujours élevé dans les parcelles des producteurs ayant pratiqué le SRI. Diverses études comparatives entre SRI et pratiques paysannes ont montré des cas similaires dans la différence de la production de talles (Gani *et al.*, 2002 ; Krishna *et al.*, 2008 ; Bouet, 2016 ; Bagayoko *et al.*, 2017). Bien que la densité de repiquage et le nombre de plants par poquet soient plus élevés au niveau du ST, il est noté par contre un contraste dans la production des talles. La forte densité et le nombre de plants par poquet pourraient provoquer une compétition entre les plants à la lumière mais aussi aux nutriments. Cette hypothèse est confirmée par Thakur *et al.*, (2010) qui stipulent le repiquage d'un plant par poquet ainsi que l'espacement entre plants contribuent à la réduction de la compétition. De plus, Pigeaire (1980) affirme que la vitesse de croissance d'un groupe de talles est elle-même affectée par le niveau de compétition auquel est soumis le peuplement. Ce qui nous amènerait à conclure que la densité de repiquage influence négativement la production des talles.

3.2.2.3. Le nombre d'épillets remplis et poids des 1000 grains

Le nombre d'épillets est prélevé sur un échantillon de 10 panicules/carré de rendement dans chaque système dans les parcelles des producteurs. Ceci permet de comparer la performance du SRI en terme de production d'épillets. Les plants de riz dans les parcelles SRI sont beaucoup plus productifs en épillets de plus de 19% (Tableau 6). Une différence hautement significative ($p= 1,95 \times 10^{-8}$) au seuil de 5% du nombre d'épillets remplis entre les deux systèmes a été notée. Ces résultats corroborent les travaux de Sanou *et al.*, (2016) qui ont trouvé une différence du nombre moyen de grains remplis par panicule dans les parcelles de producteurs ayant adopté le SRI et les PHR au Burkina Faso. En Indonésie Hidayati *et al.*, (2016) ont aussi montré que tous les paramètres de rendement dont le nombre de grains par poquet dans les SRI est supérieur aux résultats obtenus dans les parcelles à système conventionnel.

3.2.3. Variation des rendements

Les résultats de l'étude ont montré une distinction des paramètres de rendement et le rendement des variétés selon le système. La variété sahel 108 a une capacité de tallage et un nombre

d'épillets plus important suivi de la Nerica 4. Niamlissou, variété locale est celle qui a les paramètres les plus faibles à l'exception du poids des 1000 grains, car celui-ci est plus important que celui de la Sahel 108. Ce qui pourrait expliquer que les faibles productions observées dans le monde rural sont liées l'utilisation de variétés à faible rendement. La Nerica 14 a le tallage moyen le plus faible, cependant elle a le poids en grains le plus élevé. Par ailleurs, la Sahel 108 possède un tallage et un nombre d'épillets importants. Et malgré son faible poids en grains, elle a le rendement moyen le plus élevés (333.4 g/m²). Cela pourrait nous amener à avoir la même conclusion que Kouakou (2017) qui affirment dans ses études que le nombre de talles est un des paramètres qui discriminent les variétés. Les rendements du SRI sont plus élevés que ceux du ST (Ndiiri et al., 2013). Ces résultats sont également en phase avec ceux Styger (2009) qui a trouvé une augmentation du rendement du SRI à plus de 66 % par rapport aux rendements des pratiques paysannes au Mali.

3.2.4. Les facteurs corrélés explicatifs du rendement

Une grande variabilité des rendements selon le système de production rizicole est notée. Cette variabilité peut être expliquée par un certain nombre de facteurs. L'un des premiers facteurs de la variation des rendements dans les villages et entre les systèmes est relatif à l'hétérogénéité des variétés. Ce qui pourrait montrer une différence des potentiels génétiques des variétés cultivées. Il existe aussi une différence hautement significative entre les densités de repiquage de deux systèmes. Aussi, plus la densité de repiquage est élevée, le nombre de talles baisse et cela influence l'augmentation du nombre d'épillets et le rendement. Ceci pourrait expliquer l'influence de ces composantes sur le rendement. Les fortes densités ne permettent pas l'épanouissement des plants et pourraient étouffer leur potentiel (Taffouo et al., 2008 ; Belem et Oscar, 2013, Rakotoarison et al., 2015). L'analyse de variance a révélée des différences significatives des paramètres de rendements et les rendements des variétés entre les systèmes dans les sites. Les résultats des rendements corroborent ceux trouvés par Gbenou (2013) au Bénin et Baldé (2013) dans la région de Fatick au Sénégal lors d'une étude menée grâce au PAPIL pour aider les producteurs à lutter contre les effets du changement climatique.

Le niveau d'adoption des principes du SRI n'a pas été effectif à 100% (Tableau 5). Les pratiques rizicoles varient d'un système à l'autre et influencent fortement les rendements (Bagayoko et al., 2017). En effet, il existe une corrélation négative entre la durée des plants en pépinière et le rendement, et une corrélation positive entre les fertilisants organiques et le rendement (Tableau 10). Ainsi plus les plants durent en pépinière cela diminue la capacité de production des plants et influence négativement le rendement. La gestion de l'eau induit aussi

l'augmentation du sarclage. L'analyse de ces facteurs a permis à la FAO (2004) de dire que les écarts entre le rendement potentiel et le rendement réel sont liés à des facteurs biophysiques, aux pratiques culturales et aux conditions socio-économiques, ou au transfert et à la diffusion des technologies. Husson et *al.*, (2004) abondent dans le même sens et signalent que les pratiques rizicoles (gestion de la fertilité, de l'eau, des adventices etc.) interagissent pour déterminer le rendement. L'insuffisance des rendements dans le système ST a permis à Dobelmann (1976) de confirmer aussi dans le même sillage qu'une des principales causes d'échec ou de rendements médiocres en riziculture pluviale provient très souvent de semis effectués tardivement. Il a aussi confirmé que pour une même variété, les semis tardifs donnent des rendements plus bas, même si les pluies sont suffisantes pour assurer une maturité normale. Par ailleurs, Lô (2010), affirme que les faibles rendements sont relatifs au non-respect des itinéraires techniques et calendriers culturaux préconisés par la vulgarisation. Les rendements moyens du SRI à Fanda selon les données des enquêtes sont très faibles (982.5kg/ha) ce qui montre clairement que le système ne satisfait pas favorablement l'attente de certains producteurs. Selon les producteurs, la vallée n'a pas été cultivée de 1992 à 2017 à cause du conflit qui sévissait dans la zone. Ce qui pourrait expliquer la présence de toxicité ferreuse dans les parcelles des producteurs, entraînant ainsi des pertes de rendement (Gnago et *al.*, 2017). L'un des facteurs principaux explicatifs de la différence des rendements serait lié au repiquage des jeunes plants et à l'espacement entre eux. En effet, Hidayati et *al.*, (2016) ont souligné dans le cas d'une étude sur la physiologie des plants de SRI en comparaison aux plants du système conventionnel que le repiquage des jeunes plants en SRI minimise l'effet du choc de transplantation et la concurrence pour les nutriments, l'eau et la lumière. Ils ont démontré de même que le taux de photosynthèse total des plants de la phase végétative à la floraison et au remplissage, ainsi que la teneur en chlorophylle de leurs feuilles au cours de la floraison, au remplissage des grains étaient significativement différents comparés à ceux du système conventionnel. En outre l'absorption par les feuilles des plants SRI de l'azote et du phosphore, éléments indispensables pour la croissance des plants était supérieure à ceux du système conventionnel.

Alors nous retiendrons que le rendement final résulte de l'interaction entre les caractères propres des variétés, les facteurs et conditions du milieu ainsi que les pratiques culturales (IRRI, 1984, Hassani et Persoons, 1995).

3.2.5. Coût de production et Rentabilité

La production du riz nécessite beaucoup de main-d'œuvre et cela de plus sur le repiquage. Le village de Badiate utilise plus de main-d'œuvre que les autres villages. Cependant il n'y a pas

un grand écart dans la différence de main-d'œuvre moyenne entre les systèmes. Cette diminution de la main-d'œuvre en SRI serait due à l'expérience des producteurs dans le repiquage des jeunes plants. En effet, bon nombre de producteurs dans le village de Essyl ont confirmé que plus l'on pratique le SRI dans le temps, plus le temps requis pour le repiquage diminue. Cela soutient les propos de Dabat et *al.*, (2008) stipulant que l'assimilation de la technique de repiquage en SRI réduit la charge de travail. En outre, les travaux de Uphoff (2007) ont démontré à Madagascar, qu'au fur et à mesure que les paysans acquièrent de l'expérience, ils réduisent le besoin en main-d'œuvre. La rentabilité de la riziculture est conditionnée par les coûts totaux de production et les rendements obtenus en fin de récolte. La baisse des coûts de production et l'augmentation des rendements procurent un gain aux producteurs par rapport à l'investissement. Parmi les opérations de production de riz, le labour est celle qui consomme le plus de main-d'œuvre dans toutes les zones et engendrant donc des coûts prépondérants. Au regard des coûts totaux de production et des rendements, les résultats des enquêtes montrent que le coût moyen par producteur est plus important au niveau du SRI qu'en ST. Bien que le SRI engendre un surplus de charges, il génère néanmoins un bénéfice plus important que le ST (Gbenou, 2013).

Conclusion et perspectives

La culture du riz dans les villages de Badiate, Essyl et Fanda revêt une importance capitale dans l'amélioration des conditions de vie des populations. Malgré son rôle dans la sécurité alimentaire, la production locale reste faible en raison des faibles rendements enregistrés, liés d'une part à la variabilité pluviométrique et d'autre part au manque de moyens matériels et surtout aux pratiques agricoles peu adaptées. L'étude menée a permis de montrer que le SRI est plus productif et économiquement plus rentable que le ST. Et donc sa proposition aux producteurs comme alternative durable à l'amélioration des rendements et à l'augmentation des revenus des ménages dans un contexte de changement climatique pourrait être une solution à l'augmentation de la production rizicole nationale à l'image des pays asiatiques. Car l'amélioration des performances des exploitations familiales étant l'une des voies les plus certaines pour atteindre l'autosuffisance en riz au Sénégal.

Ainsi, il serait important pour la suite de conduire l'étude en station afin d'étudier pertinemment les exigences du SRI en terme d'intrants et de temps de travail, d'adapter le système aux conditions locales pour une production durable et d'étudier les facteurs limitants (biotiques et abiotiques) relatifs aux faibles rendements dans la vallée de Fanda.

Références Bibliographiques

ADRAO, 1995. Formation en production rizicole: Manuel du formateur. Sayce publishing, Royaume Uni, 305 p.

ADRAO, 1998. De nouveaux riz pour l'Afrique. Rapport d'activités, Bouaké, Côte d'Ivoire, 20p.

ADRAO., 2011 : Manuel pratique de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal. Février, 17p.

Agbohessi P., Imoroutoko I, Yabi J. A Dassoundo-Assogba J F. Kestemont P., 2011. Caractérisation des pesticides chimiques utilisés en production cotonnière et impact sur les indicateurs économiques dans la Commune de Banikoara au nord du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(5): 1828-1841.

Ahmadi N., Bouman B., 2013. Riz et rizicultures, enjeux économiques, écologiques et scientifiques. *Cah Agric* 22 : 333-335. doi : 10.1684/agr.2013.0665.

Akiyoko, 2014. Les principes et pratiques fondamentaux du SRI et le model SRI élaboré pour adaptation aux conditions locales de le commune de Banikoara, 13p.

Andriankaja Andry 2001. Mise en évidence des opportunités de développement de la riziculture par adoption du SRI, et évaluation de la fixation biologique de l'azote : cas des hautes terres. Mémoire de fin d'études. Université d'Antananarivo, 124p.

Angladette A., 1996. Le riz collections : techniques agricoles et productions tropicales. Editions G.P. Maisonneuve et Larose, Paris (France), 930p.

ANSD, 2013. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD), Situation Economique et Sociale (SES), publications annuelles de 2005-2013.

APRAO, 2012. Projet Amélioration de la Production du Riz en Afrique de l'Ouest en Réponse à la Flambée des Prix des Denrées Alimentaires (GCP/RAF/453/SPA)/ Composante Sénégal. Mai, 49p.

Badiane, A. N., Kouma, M., et Sène, M., 2000. Gestion et transformation de la matière organique : synthèse des travaux de recherches menés au Sénégal depuis 1945, ISRA/CILLS/CTA, Dakar, 131p.

Bagayoko M., Traore G., Samake O., 2017. Variabilité spatiale des rendements du riz en système de riziculture intensive (SRI) en zone office du Niger au mali, *Agronomie Africaine Sp.* 29 (2) : 137 – 147.

Bekayo, D. N., 2003. L'utilisation du compost est-elle une solution pour une production agricole durable des savanes africaines? *In Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, Garoua, Cameroun (pp. 3-p).* Cirad-Prasac.

Baldé, 2013. Le système de riziculture Intensif. AGRIDAPE revue sur l'agriculture durable à faibles apports externes, volume 29 N°1, Burkina Faso, 36 pages. ISSN : 0851-7932.

BELEM P. et OSCAR A., 2013. Burkina Faso: La formation aux méthodes SRI améliore le quotidien des paysans de Bama. *Agridape*, 29 (1): 6-9.

Blanc-Pamard, C. (1987). Systeme de production paysans et modèle rizicole intensif: deux systèmes en décalage. *Cahiers des sciences humaines*, 23, 507-531.

Bocoum M. L., 1998. Atelier de présentation des résultats de recherche collaborative sur le thème riziculture dans les régions de Basse et Moyenne Casamance, du Sénégal oriental et de haute Casamance à Tambacounda. Mars, 226p.

Bouet A., 2016. Vulgarisation du système de riziculture intensive (SRI) en côte d'ivoire, mars, 85 p.

Boutsen S. et Aertsen J., 2013. Peut-on nourrir l'Afrique de l'Ouest avec du riz ? MO papers n°74-février 2013- www.mo.be/papers.

Botsoe Koffi, 2001. Economie de la culture du riz : cas du périmètre irrigué de Kovié (Lomé/Togo). Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, option économie. Université de Lomé 82p.

CIRAD-GRET, 2002. Mémento de l'Agronome. Paris: Ministère des Affaires Etrangères-GRETCIRAD, 1, 691p.

Coly. P.N., 2012. La problématique du développement local en zone de conflit armé : cas de la communauté rurale de Niaguis (région de Ziguinchor). Mémoire de master 2 Aménagement du Territoire Décentralisation Développement Local (ATDDL), Université Cheick Anta Diop de Dakar, 111p.

Courtois B., 2007. Une brève histoire du riz et de son amélioration génétique. CIRAD, France, 13 p.

Dabat, M. H., Jean-Treyer O., Grandjean P., Vallois P., Portal D., & Chalvin A., 2008. Innovation technique et réduction de la pauvreté à Madagascar: débat revisité sur la pertinence du système de riziculture intensive: document de travail BV Lac n° 6.

Dobelmann, J. P., 1976. Riziculture pratique 1: riz irrigué. Presses universitaires de France, 223p.

Doorenbos J. et Kassam A. H., 1987. Réponse des rendements à l'eau. Bulletin d'irrigation et de drainage N°33. FAO, Rome, Italie. 154-164.

Fall Amadou Abdoulaye, 2015. Evaluation de la relation qualité-prix du riz produit dans la vallée du fleuve Sénégal. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB. Juin 2015, 16p.

Fall A. A. et Dieye P. N., 2008. Impact des cours mondiaux du riz sur la sécurité alimentaire au Sénégal. *ISRA - REFLEXIONS ET PERSPECTIVES - Volume 6, n° 6*.

FAO, 2004. Riz et limitation de l'écart de rendement. Rome. www.fao.org/rice2004.

Gani A., Rahman A., Rustam D., Hengsdijk H., 2002. Water management experiments in Indonesia. Paper presented in international symposium on water wise rice production, IARI, New Delhi, November 2 - 3, pp 29 - 37.

Gbenou P., 2013. Evaluation participative du Système de Riziculture Intensive dans la basse vallée de l'Ouémé au Bénin. Thèse de doctorat en Géographie et Gestion de l'environnement, Université d'Abomey-Calavi, 213p.

Gnago. A.J., Kouadio.K.T., Kodro V.E, Goulivas. A.V., 2017. Evaluation de deux variétés de riz (CK73 et ck90) à la toxicité ferreuse et à quelques contraintes biotiques à Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences 112 :11035-11044.*

Guignard J. L., 2001. Botanique, systématique moléculaire. Collections abrégées de pharmacie, 12^e édition. Editions Masson, Paris, 132p.

Haddad G., 1969. Proposition d'une classification des rizières aquatiques de la Casamance. *Agronomie Tropicale 24:393-402.*

Hassani T. A., Persoons E., 1995. Agronomie moderne : bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. Paris : Hatier « Universités francophones, ISSN 0993-3948 », ISBN/EAN 978-2-218-06815-7, 544 p.

Hidayati Nurul, Triadiati, Iswandi Anas, 2016. Photosynthesis and Transpiration Rates of Rice Cultivated Under the System of Rice Intensification and the Effects on Growth and Yield. *HAYATI Journal of Biosciences 23 : 67-72.*

Hussain A., Bhat M.A., Manzoor A.G., Hussain T., 2009. Comparative performance of system of rice intensification (SRI) and conventional methods of rice cultivation under Kashmir valley conditions. *Indian J. Crop Science 4 (1 - 2) : 159 - 161.*

Husson O., Castella J. C., Tuan H. D., Krishna N., 2004. Diagnostic agronomique des facteurs limitant le rendement du riz pluvial de montagne dans le nord du Vietnam. *Cahiers Agricultures 13(5) : 421 - 428.*

IRRI, 1984. Manuel de riziculture. Los baixos, Laguna, Philippines, ISBN 971-104-090-5. 221p.

IRRI, 2017. New article : IRRI and FAO step up joint effort to globally bolster sustainable rice production.

Jouve P., 1992. Le diagnostic du milieu rural, de la région à la parcelle : approche systémique des modes d'exploitation agricole du milieu. Montpellier, France. Cnearc, Etudes et travaux du Cnearc n. 6, 39 p.

Kambou Koumbou Kouassi Armel, 2008. Evaluation du stress hydrique en riziculture de bas-fond en fonction des variétés et des dates de semis. Mémoire de diplôme d'études approfondies en gestion intégrée des ressources naturelles, institut de développement rural. Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 67p.

Kouakou K. P. M., 2017. Evaluation des possibilités de culture du riz pluvial et risques climatiques associés au Sénégal. Thèse unique de doctorat En Biologie, Physiologie et Pathologies végétales, spécialité : Production et Protection des végétaux, UCAD, 101p.

Krishna A, Biradarpatil N.K., Channappagoudar B.B. 2008. Influence of system of rice intensification (SRI) cultivation on seed yield and quality. *Karnataka J. Agric. Sci. 21 (3) : 369-372.*

- Krupnik, J. T., Shennan, C., Settle, H. W., Demont, M., Ndiaye, A. B., & Rodenburg, J., 2012.** Améliorer la production du riz irrigué dans la Vallée du Fleuve Sénégal à travers l'innovation et l'apprentissage par l'expérience. *Agricultural systems*, 109, 101-112.
- Lacharme C., 2001.-** Mémento de l'agronome(ou technique de riziculture): le plant de riz données morphologiques et cycle de la plante. Fascicule 2, 22p.
- Laulanié H., 1993.** Le système de riziculture intensive malgache. *Tropicultura*, 11 (3) :110-114.
- Lô El Hadji Mbarougou, 2010** Diagnostic agronomique de la culture du riz en Haute-Casamance et au Sénégal Oriental. Mémoire d'Ingénieur agronome de conception. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Thiès (Sénégal), 42 p+ annexes.
- Ndao M. L., Diop O., Ndiaye P., 2014.** L'importance socio-économique de la cueillette des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) dans la communauté rurale de Niaguis. *Revue de géographie du laboratoire Leïdi*, n°12 :128-145.
- Ndiiri J.A., Mati B.M., Home P.G., Odongo B., N. Uphoff, 2013.** Adoption, constraints and economic returns of paddy rice under the system of rice intensification in Mwea, Kenya Volume (129) : 44-55.
- Nitiéma 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, 53p.
- PAPSEN, 2013.** Diagnostic de la riziculture de bas-fonds dans la région de Sédhiou. Septembre 2013, 50p.
- Pigeaire Alix, 1980.** Contribution à l'analyse de l'élaboration du rendement du riz pluvial : Eléments de description de l'histoire d'un peuplement de talles (variété IRAT 13) et modélisation du nombre potentiel d'épillets d'un peuplement de panicules. 99p.
- PLD, 2010.** Plan Local de Développement de la communauté rural d'Enampore, 47p.
- PNR, 1993.** Fiche technique : Riz pluvial ; projet pnud/fao/zai/92/001. ; Kinshasa
- Prestige, 2009.** Etude diagnostique dans les cinq régions d'intervention des projets éligibles au Millénium Challenge Account (MCA) : Région de Ziguinchor. Février, 46p.
- Radanielina T., 2010.** Diversité génétique du riz (*Oryza sativa* L.) dans la région de Vakinankaratra, Madagascar. Structuration, distribution éco-géographique & gestion in situ. Génétique et amélioration des plantes, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, ENSIA (Agro Paris Tech), Paris.
- Raemaekers H. R., 2001.** Agriculture en Afrique tropicale. Direction Générale de la Coopération internationale (DGCI) Rue des petits carnes, 15- Karmelietenstraat 15, 3- 1000 Bruxelles, Belgique. 136p.

- Rajaonarison Jean de Dieu, 1999.** Contribution à l'amélioration des rendements de 2ème saison de la double riziculture par sri sous expérimentations multifactorielles (cas des sols sableux de morondava). Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo, 83p.
- Rakotoarison, H., Cailly, P., Deleuze, C., Richter, C., & Berthelot, A., 2015.** Plantations résineuses en conditions forestières: analyse économique des itinéraires dédiés et semi-dédiés pour augmenter la production de bois. Activités, produits et marchés.
- Razafimanantsoa Rijaharilala, 2009** Analyse de l'échec et de la diffusion du système de riziculture intensive à madagascar. Mémoire en vue de l'obtention de Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées DESS, Développement Local et Gestion des Projets 55p
- Sanou A. G., Dembele K. D., Ouedraogo I., Dakouo D., 2016.** Problématique de mise en œuvre du système de riziculture intensif dans les périmètres rizicoles irrigués de Karfiguèla et de la vallée du Kou au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(6): 2693-2709.
- Sato S., Uphoff N., 2007.** A review of on-farm evaluations of system of rice intensification methods in Eastern Indonesia. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2(054), 1-12.
- Sène M., 2018.** Dégradation des rizières des bas-fonds dans un contexte de changement climatique en Basse Casamance (Sénégal). *Revue Espace Géographie et Société Marocaine* n°20/21 Janvier 2018, 15p.
- Serpantié G., (2013).** Genèse malgache d'un modèle agro-écologique: le système de riziculture intensive (SRI). *Cahiers Agricultures*, 22(5), 393-400.
- Sié M., 1991.** Prospection et évaluation génétique des variétés traditionnelles de riz (*Oryza sativa* L et *O. glaberrima* Steud) du Burkina Faso. Thèse de Docteur Ingénieur, spécialité: génétique et amélioration des espèces végétales, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, 118p.
- Stoop W. A., Adam A., Kassam A. 2009.** Comparing rice production systems : a challenge for agronomic research and for the dissemination of knowledge-intensive farming systems. *Agric Water Manag* 96 :1491-1501.
- Styger E., 2009.** SRI – Evaluation communautaire à Tombouctou 2008/2009; Africare, Bamako, Mali. Mars 2009, 42p.
- Styger E., Jenkins D., 2014.** Manuel Technique sur le SRI en Afrique de l'Ouest. Version 2 – Août 2014 SRIGRice / CNSGRIZ / PPAAO, 60p.
- Taffouo V., Etamé J., Din N. Nguелеmeni M., Eyambé Y., Tayou R. et Akoa A, 2008.** Effets de la densité de semis sur la croissance, le rendement et les teneurs en composés organiques chez cinq variétés de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Applied Biosciences* 12: 623 - 632.

Thakur A. K., Rath S., Roychowdhury S., & Uphoff N., 2010. Comparative performance of rice with system of rice intensification (SRI) and conventional management using different plant spacings. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(2), 146-159.

Traoré, 2016. Analyse comparative des performances économiques des systèmes de production de coton biologique, conventionnel et culture génétiquement modifiée dans la commune de dano, burkina faso. Mémoire de fin de cycle, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). 49 pages +Annexes.

Uphoff N., 2007. Reducing the vulnerability of rural households through agroecological practice: Considering the System of Rice Intensification (SRI). *Mondes en développement*, (4), 85-100.

VECO, 2015. Synthèse des études sur l'état des lieux chaîne de valeur riz au Sénégal, Janvier 53p.

Wopereis M. C. S., Defoer T., Idinoba P., Diack S., 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), 128 p.

Yabi A. J., 2010. Analyse des déterminants de la rentabilité économique des activités des femmes rurales dans la Commune de Gogounou au Nord-Bénin. *An. Scie. Agro. FSA-UAC*, 14(2) : 221-239.

Yabi A. J., Paraiso A., Ayena R. L. & Yegbemey R., 2012. Rentabilité économique de production agricole sous pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols dans la commune de ouaké au nord-ouest du Bénin. *Annales des sciences agronomiques* 16 (2) : 229-242.

Yoshida S, 1981. Fundamental of rice crop science. IRRI, Los banos, Laguna, Philippines, 251p.

Zingore S., Wairegi L., Ndiaye M. K., 2014. Guide pour la gestion des systèmes des cultures de riz. Consortium Africain pour la santé des sols, Nairobi, 55p.

Zotoglo K., 2012. Rapport de formation des formateurs en SRI au Sénégal. Bethesda, MD: projet ATP, Abt Associates Inc. Juin, 27p

Zhao L., Wu L., Li Y., Xinghua L., Zhu D. et Uphoff, N. 2009. Influence of the system of rice intensification on rice yield and nitrogen and water use efficiency with different N application rates. *Experimental Agriculture*, 45 : 275-286.

Annexe

Questionnaire d'enquête

UASZ

Cette enquête est destinée aux producteurs de riz dans le but d'évaluer la rentabilité de chaque système

A. Identification de l'enquêté

1. Nom

2. Prénom

3. Age

4. Sexe

1. Masculin 2. Féminin

cocher une seule case

5. Village

1. Fanda 2. Essyl 3. Badiate

6. Situation matrimoniale

1. Marié(e) 2. Célibataire 3. Veuf ou veuve

cocher une seule case

7. Profession

8. Numéro téléphone

B. Pratiques dans les deux systèmes de production de riz

9. Quel est le système de riziculture pratiqué?

1. SRI 2. ST

vous pouvez cocher les deux cases

10. Quel est le nom des variétés utilisées?

11. Quel est le type de semis?

1. Repiquage 2. Semis direct

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

12. Quelle est la durée des plants en pépinière avant repiquage pour le SRI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

13. Quelle est la durée des plants en pépinière avant repiquage pour le ST?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

14. Quel est le nombre de plants par poquet dans le SRI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

15. Quel est le nombre de plants par poquet dans le ST?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

16. Quel est l'intervalle de semis ou repiquage entre les plants dans le SRI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

17. Quel est l'intervalle de semis ou de repiquage entre les lignes pour le SRI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

18. Combien de fois le sarclage est fait dans vos parcelles SRI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

19. Combien de fois faites-vous le sarclage dans le ST?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

20. Comment se fait la gestion de l'eau dans vos parcelles SRI?

1. Drainage après inondation 2. Maintien de l'eau
 3. Autres

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

21. Comment se fait la gestion de l'eau dans vos parcelles ST?

1. Drainage après inondation 2. Maintien de l'eau
 3. Autres

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

22. Quel(s) type(s) de fertilisant avez-vous utilisé dans le SRI?

1. Fumier (organique) 2. Chimique 3. Pas de fertilisant

Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

23. Quel(s) type(s) de fertilisant(s) avez-vous utilisé dans le ST?

1. Fumier (organique) 2. Chimique 3. Pas de fertilisant

Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

24. Quel est le matériel de labour utilisé dans le SRI?

1. Machine (tracteur) 2. Kadiadou 3. Fanting
 4. Autres (à préciser)

Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au maximum).

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

25. Quel est le matériel de labour dans le S T

1. M achine(tracteur) 2. Kadiandou 3. Fanting
 4. Autres(à préciser)

Vous pouvez cocher plusieurs cases (3 au m axim um).

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

26. Quel est nombre de personnes nécessaire pour labourer une parcelle d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

27. Quel est le nombre de personnes nécessaire pour repiquer une parcelle d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

28. Quel est le nombre de personnes nécessaire pour récolter le riz dans une parcelle d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

29. Quel est le nombre de personnes nécessaire pour labourer une parcelle d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

30. Quel est le nombre de personnes nécessaire pour repiquer une parcelle d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

31. Quel est le nombre de personnes nécessaire pour récolter une parcelle d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

32. Quel est le temps qu'il faudrait pour labourer un parcelle d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

33. Quel est le temps qu'il faudrait pour repiquer une parcelle d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

34. Quel est le temps qu'il faut pour récolter une parcelle d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

35. Quel est le temps pour labourer une parcelle d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

36. Quel est le temps qu'il faut pour repiquer une parcelle d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

37. Quel est le temps qu'il faut pour récolter une parcelle de riz d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

C. Estimation des rendements et des dépenses

38. Quel est la quantité de fertilisant organique utilisé en S RI pour un hectare?

La question n'est pertinente que si Fertilisant SRI = "Fumier (organique)" et Système = "SRI"

39. Quelle est la quantité de fertilisant chimique utilisé en S RI pour un hectare?

La question n'est pertinente que si Fertilisant SRI = "Chimique" et Système = "SRI"

40. Quelle est la quantité de fertilisant organique utilisé pour un Hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Fertilisant ST = "Fumier (organique)" et Système = "ST"

41. Quelle est la quantité de fertilisant chimique utilisé en S T pour un hectare?

La question n'est pertinente que si Fertilisant ST = "Chimique" et Système = "ST"

42. Quel est le prix d'un sac de 50kg de fertilisant organique?

La question n'est pertinente que si Fertilisant SRI = "Fumier(organique)"

43. quel est le prix d'un sac de 50kg de fertilisants chimique?

La question n'est pertinente que si Fertilisant SRI = "Chimique"

44. Quel est le prix de la main d'oeuvre pour le labour en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

45. quel est le prix de la main d'oeuvre pour le repiquage d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

46. Quel est le prix de la main d'oeuvre pour la récolte d'un hectare en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

47. Quel est le prix de la main d'oeuvre pour le labour d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

48. Quel est le prix de la main d'oeuvre pour le repiquage en d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

49. quel est prix de la main d'oeuvre pour la récolte d'un hectare en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

50. y'a-t-il d'autres dépenses introduites dans leS RI

1. Oui 2. Non

51. Quelles sont les autres dépenses introduites dans le S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI" et Possibilité de dépenses SRI = "Oui"

52. A combien évaluez-vous ces dépenses?

La question n'est pertinente que si Possibilité de dépenses SRI = "Oui"

53. Y'a-t-il d'autres dépenses introduites dans le S T

1. Oui 2. Non

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

54. Quelles sont les autres dépenses introduites dans le S T?

La question n'est pertinente que si Possibilité de dépenses ST = "Oui"

55. A Combien évaluez-vous ces dépenses?

La question n'est pertinente que si Possibilité de dépenses ST = "Oui"

56. Quel est le rendement par hectare de riz paddy en S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

57. Quel est le rendement par hectare de riz paddy en S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

D. Difficultés de mise en oeuvre et adoption des deux systèmes?

58. Quelles sont les difficultés que vous rencontrez dans la mise en oeuvre du S RI?

La question n'est pertinente que si Système = "SRI"

59. Quelles sont les difficultés que vous rencontrez dans la mise en oeuvre du S T?

La question n'est pertinente que si Système = "ST"

60. Quel est le système qui vous convient le plus dans la production du riz?

1. SRI 2. ST

61. Quel est le système le plus productif?

1. SRI 2. ST

62. Etes-vous prêts à l'adoption et/ou à la pérennisation du S RI? et pour pourquoi?

1. Oui 2. Non