

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR : SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES

DEPARTEMENT : ECONOMIE ET GESTION

MASTER : FINANCE ET DEVELOPPEMENT

MENTION : ECONOMIE

Mémoire de Master

Spécialité : Evaluation d'Impact des Politiques de Développement

L'impact du système de riziculture intensive (SRI) sur le rendement des riziculteurs de Matam.

Présenté par

Modou DIONE

Sous la Direction

Dr Blaise W BASSE

Soutenu publiquement le 29 Novembre 2019 à l'Université Assane Seck de Ziguinchor

Jury :

Pr Abdou Aziz NIANG	Maitre de Conférences agrégé à l'UASZ	Président
Dr Souleymane MBAYE	Maitre-Assistant à l'UASZ	Examineur
Dr Blaise Waly BASSE	Maitre-Assistant à l'UASZ	Encadrant

Année universitaire : 2018-2019

DEDICACES

Je dédie ce travail à

Ma mère Seynabou Faye (paix a son âme), mon père Elhadji Abdou Dione ;

Mon épouse Seynabou Dieng ;

Mon fils Cheikhouna Sidy al Moukhtar Dione ;

A cheikh Sidy Mbacké et à tous les membres de la jamahantou Hizboulah.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah le Tout Puissant et le Très Miséricordieux qui nous a prêté vie, force et patience d'accomplir ce modeste travail ;

*Nous remercions très chaleureusement le **Docteur Blaise Waly BASSE** pour sa disponibilité, ses conseils qui nous ont permis de réaliser ce travail ;*

Nos remerciements vont également à l'endroit de tous les enseignants qui ont participé à notre formation ;

Nos remerciements vont aussi à l'endroit du doctorant David DIONE pour ses orientations ;

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants du département d'économie et gestion pour leur disponibilité et la qualité des enseignements ;

Nous ne pouvons terminer sans remercier tous mes condisciples particulièrement ceux du master FINDEV.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristique sociodémographiques des adoptants et des non adoptants	28
Tableau 2 : Caractéristique socioéconomiques des adoptants et des non adoptants	30
Tableau 3 : Caractéristiques socio-économiques	31
Tableau 4 : Estimation des variables qui déterminent le traitement	32
Tableau 5 : estimation des variables qui déterminent l'instrument	33
Tableau 6 : impact du SRI sur le rendement des riziculteurs	34
Tableau 7 : impact du principe repiquage sur le rendement des riziculteurs	35
Tableau 8 : impact du principe désherbage sur le rendement des riziculteurs	36
Tableau 9 : impact de la gestion de l'eau sur le rendement des riziculteurs	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Production annuelle de riz dans le monde de 2007 à 2017	12
Figure 2 : Exportation/Importation de riz blanchi au Sénégal	14
Figure 3 : Evolution des rendements dans la vallée fleuve Sénégal	16
Figure 4 : carte de la région de Matam	19

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

MAES	Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage du Sénégal
ATT	Effet Moyen du Traitement sur les bénéficiaires
AFD	Agence Française du Développement
CNCAS	Caisse nationale du Crédit Agricole au Sénégal
BS	Biais de Sélection
CTA	Centre de Technologie Agronomique
PNAR	Programme Nationale de l'Autosuffisance en Riz
PRODAM	Programme de Développement Agricole de Matam
GOANA.	Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance
SRI	Système de Riziculture Intensive
AFD	Agence Française du Développement
CEDEAO	Communauté Des Etats de l'Afrique de l'Ouest
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture
MDES	Ménages en Difficultés Economiques et Sociales
VI	Variable instrumentale
ATE	Effet Moyen de Traitement
LATE	Effet Moyen de Traitement Local
LARF	Locale Average Response Function
CFA	Communauté Française D'Afrique
SAED	Société Nationale Aménagement et exploitation du fleuve Sénégal, des Vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé
IPAR	Initiative Prospective Agricole et Rurale

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iv
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE ET EMPIRIQUE.....	5
1. Définition des concepts	5
2. Revue de la littérature	6
CHAPITRE 2 : CARACTERISATION DE LA FILIERE RIZICOLE	11
1. Situation de la filière rizicole	11
2. Le système de riziculture intensive	17
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE D’EVALUATION D’IMPACT	19
1. Source des données et techniques d’échantillonnage.....	20
2. Approche d’évaluation d’impact	21
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	27
1. Analyse descriptive des résultats des riziculteurs	27
2. Analyse économétriques des résultats de l’impact.....	31
CONCLUSION GENERALE	38
BIBLIOGRAPHIE	39
RESUME.....	45
ABSTRACT	45

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur agricole, occupant une place prépondérante en Afrique, demeure une préoccupation partagée pour tous les acteurs du développement. Ce secteur joue un rôle à la fois économique et social pour la majeure partie des pays africains. Dans ces pays, classés parmi les plus pauvres, le riz reste un aliment principal dans le panier des ménages et par là, constitue au niveau mondial l'une des céréales les plus consommées (IRRI et al. 2010).

En Afrique, la consommation du riz a fortement progressé plus que dans toutes les autres régions du monde avec un taux moyen d'augmentation annuelle environ de 5,7%¹ de 1980 à 2009 (Diagne et al, 2013). Cette augmentation est le fruit d'une croissance fulgurante de la population corrélée à une préférence de consommation du riz de la part des ménages.

Au Sénégal, le développement de la production rizicole est une préoccupation ancienne des pouvoirs publics et l'objectif poursuivi a toujours été et demeure, la satisfaction des besoins nationaux toujours croissants et dépendants du marché international. En effet, avec une consommation apparente de riz par habitant qui varie entre 60 et 70 kg/tête/an² dont à peine 20 à 30%³ sont couverts par la production nationale, le pays reste l'un des plus gros importateurs de riz en Afrique de l'Ouest. La consommation nationale est estimée à 1 080 000⁴ tonnes de riz blanc par an (MAES, 2001)

Nonobstant les fortes potentialités hydro-agricoles de la vallée du fleuve Sénégal (240 000 ha), devant permettre pourtant de couvrir une grande part (70%) des besoins nationaux (AFD, 2013), le Sénégal reste fortement dépendant de l'extérieur : 80% du riz consommé est importé. C'est dans cette perspective que le développement de l'agriculture, et notamment de l'agriculture irriguée, reste une priorité constante des pouvoirs publics. Au demeurant, la part aménagée et mise en valeur (60 000 ha) ne couvre que partiellement les besoins de consommation, ce qui contraint le Sénégal à dépendre majoritairement des importations du riz asiatique. Dans une région où le seuil de pauvreté dépasse les 40%⁵ de la population, les conditions de marché et les efforts engagés durant la dernière décennie ont permis de rétablir la compétitivité de la

¹ Aminou Arouna et Aliou Diagne (2013) : « Impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles: une étude de cas du Bénin », septembre (2013), p.04

² Ministère de l'agriculture et de l'élevage (Sénégal) (2001), « Intensification de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal : acquis et perspective », 23p.

³ Ministère de l'agriculture et de l'élevage (Sénégal) (2001), « Intensification de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal : acquis et perspective », p.04

⁴ Ministère de l'agriculture et de l'élevage (Sénégal) (2017), « la problématique du riz au Sénégal par devoir de clarification et de vérité pour le peuple ».

⁵ Agence Française de développement (2013) : « Développer l'agriculture irriguée pour lutter contre l'insécurité alimentaire », Avril (2013), p.02

production locale (rendements de 6t/ha) et de créer les conditions favorables à de nouveaux investissements dans l'agriculture irriguée.

Les systèmes de production rizicole au Sénégal sont : la culture du riz irrigué, la culture du riz pluvial et la culture du riz dans les bas-fonds. La riziculture irriguée est essentiellement pratiquée dans la vallée du fleuve Sénégal (culture irriguée) où les surfaces mises en valeur et exploitées tournent autour de 60 000 hectares⁶ sur des potentialités de 240 000 hectares et dans le bassin de l'Anambé avec 4 180 ha aménagés sur un potentiel de 12 000 ha (I-PAR ,2007).

En ce début du XXI^e siècle, les problèmes alimentaires sont très critiques. L'accroissement de la production agricole est moins rapide que l'augmentation des besoins liés à l'accroissement démographique (CEDEAO, 2012). Parmi les aliments de base, le riz correspond aujourd'hui à près de la moitié de la ration en calories de plus de trois milliards de personnes dans le Sud-Est asiatique et à un tiers de cette ration pour un grand nombre de personnes en Afrique et en Amérique latine (FAO, 2009). Selon les prévisions de la FAO (2010), en 2050 la population mondiale devrait atteindre neuf (9) milliards de personnes et les habitudes alimentaires dans les pays émergents, suite à l'urbanisation et à l'amélioration du niveau de vie, risquent de s'orienter fortement vers le riz. Cette prévision de la FAO renvoie à de nombreuses inquiétudes sur les capacités nourricières de la planète en cette céréale.

Le riz est la céréale la plus importée en Afrique de l'Ouest ; ce qui constitue une entrave à la souveraineté alimentaire. L'atteinte de cette souveraineté passerait nécessairement par la définition d'une stratégie efficace d'accroissement de la production de façon durable, c'est-à-dire sans sacrifier les aspects environnementaux.

Le constat est que le système de riziculture sénégalais rencontre de nombreux problèmes. Depuis la mise en œuvre du désengagement de l'Etat (Nouvelle Politique Agricole) et donc de la Société Nationale Aménagement et exploitation du fleuve Sénégal, des Vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED) de toutes les fonctions productions et commerciales (à partir de 1987) subséquente à la dévaluation du franc CFA (Janvier 1994) et la libéralisation de l'économie rizicole avec l'abandon des monopoles et des prix administrés (1995-1996), la filière rizicole locale est fondamentalement bouleversée. En plus des exigences urgentes d'ajustement et d'adaptation des acteurs, il s'est posé et se pose encore des interrogations sur la rentabilité économique et la compétitivité de la production locale désormais en concurrence directe avec les importations. Autrement dit, il s'est dégagé la problématique de la viabilité d'une riziculture irriguée à vocation commerciale dans la Vallée du Fleuve Sénégal. Dès lors,

⁶ FAO (2012). Amélioration de la production du riz en Afrique de l'Ouest., Décembre (2012), p.02

l'utilisation de l'engrais n'est pas sans problèmes quant à la quantité et aux coûts énormes. Notons aussi que le réchauffement climatique, les inondations, la dégradation des sols et la sécheresse font partis des problèmes qui gangrènent la riziculture.

Le système de riziculture intensive (SRI) est une méthode agro-écologique et intelligente face au climat qui permet aux agriculteurs de produire plus de riz en utilisant moins de semences, d'eau et d'intrants.

Au regard de tous ces problèmes qui gangrènent la filière, la question fondamentale est de savoir **quel est l'impact du système de riziculture intensive sur les rendements des riziculteurs dans la région de Matam ?**

Le choix du sujet n'est pas fortuit du fait que l'agriculture regorge aujourd'hui de nombreux potentiels très variés. L'étude de ce sujet permet ainsi de voir la place importante de la riziculture sur l'économie. En plus, elle permet de résoudre les problèmes de l'autosuffisance alimentaire et de sécurité alimentaire par la valorisation de la production locale.

Par ailleurs face à l'augmentation fulgurante de la population mondiale et particulièrement sénégalaise, le secteur agricole est devenu incontournable quant à la sécurité alimentaire et l'autosuffisance alimentaire. En effet, ce secteur agricole est source de création de beaucoup d'emplois permettant ainsi de réduire le chômage. C'est dans cette mouvance que ce nouveau système de production dite de riziculture intensive a été mise en place. La technique du SRI permet d'augmenter les rendements de production tout en réduisant de moitié les besoins en eau de la plante, ainsi que la quantité de semences utilisées.

Objectif général

L'objectif général consiste à évaluer l'impact du SRI sur les rendements des riziculteurs de la région de Matam.

Objectif spécifiques

- ✓ Déterminer l'impact du principe repiquage sur le rendement des riziculteurs
- ✓ Déterminer l'impact du principe de désherbage sur le rendement des riziculteurs
- ✓ Déterminer l'impact du principe de la gestion irriguée de l'eau sur le rendement des riziculteurs

Hypothèses de recherche

- ✓ Le repiquage à jeune des plantes entraîne une augmentation des rendements des riziculteurs

- ✓ Le désherbage permet aux riziculteurs d'augmenter leurs rendements
- ✓ La gestion irriguée de l'eau a un effet positif significatif sur le rendement

Notre travail de recherche s'articule autour de quatre chapitres. Le premier chapitre aborde le cadre théorique et empirique. Le chapitre deux développe les caractérisations de la filière rizicole. Dans le chapitre trois la méthodologie d'évaluation d'impact sera développée et enfin le quatrième chapitre présente les résultats et discussion.

CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE ET EMPIRIQUE

Dans ce chapitre, nous allons d'abord définir certains concepts avant de faire une revue théorique et empirique sur le rôle du SRI sur la productivité.

1. Définition des concepts

Pour rendre plus explicite le travail à mener, il est judicieux de définir les concepts du sujet. Nous nous limiterons à quelques expressions indispensables à la compréhension de ce document et dont l'usage fait souvent sujet de confusion.

1.1. Impact

L'étude d'impact est une évaluation ex-post qui consiste à déterminer l'efficacité ou non d'un projet ou d'un programme. Rubin (1974) définit le problème de l'évaluation de l'impact par l'identification de l'effet causal d'un programme.

Selon le lexique économique (12e édition), l'impact est la conséquence ou effet induit d'une décision ou d'une activité économique sur les agents et les structures économiques. Selon Baker (2000), cité par Adekambi (2005), l'évaluation d'impact est destinée à déterminer de façon plus large si un projet, un programme ou une politique a eu l'impact désiré sur des individus, des ménages ou des institutions et si ces effets sont attribuables à l'intervention du projet ou du programme.

1.2. Système de Riziculture

Le riz est cultivé dans des milieux très variés. Cette plante, d'origine aquatique et assez exigeante en eau par rapport à d'autres céréales, est surtout caractérisée par une grande plasticité vis-à-vis des conditions d'alimentation hydrique. C'est sur ce point que se fonde la plupart des classifications des types de rizicultures. Selon Moormann et Veldkamp (1978, cité par Courtois, 1998), le système de culture est essentiellement lié aux possibilités d'inondation donc à la pluviométrie et à la topographie. Ils identifient ainsi les différents types de riziculture et les classes en trois grandes catégories :

- la riziculture pluviale sans aucune submersion ;
- la riziculture sur les sols hydro-morphes ;
- la riziculture inondée (avec submersion plus ou moins importante).

1.3. Système de riziculture intensive(SRI)

Le Système de Riziculture Intensive (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. Contrairement à d'autres stratégies agricoles, le SRI ne repose pas sur des projets d'infrastructures, de nouvelles variétés ou d'engrais, d'herbicides ou de pesticides pour augmenter les rendements. Le SRI est plutôt une approche de gestion des cultures basée sur la connaissance conduisant à l'amélioration de la croissance et de la productivité des plantes. Ce résultat est obtenu en augmentant l'expression du potentiel génétique du riz pour une meilleure productivité.

1.4. Rendement

En agriculture, on appelle habituellement rendement la quantité de produit récoltée sur une surface cultivée donnée.

Mathématiquement, le calcul du rendement et celui de la productivité sont identiques. La différence entre ces deux concepts se manifeste par la prise en compte ou non de la nature des facteurs d'accroissement de la productivité ou des rendements, d'une part et des effets pour l'homme d'autre part. Une augmentation des rendements n'est pas une augmentation de la productivité si la pénibilité est plus grande. Selon le lexique économique (12e édition), l'augmentation de la productivité est toujours synonyme d'accroissement des rendements.

2. Revue de la littérature

La revue de la littérature est une partie très importante en ce sens qu'elle permet de situer notre recherche par rapport à celles antérieures.

2.1. Les performances du système de riziculture intensive

L'association Malgache « Tefy Saina ⁷ » a été un acteur clé qui a continué les travaux de Launalié, père fondateur du SRI. Leurs travaux ont porté autant sur les performances agronomiques qu'économiques du SRI. L'un des résultats majeurs de leurs travaux a montré que le tallage est nettement meilleur et le rendement plus élevé quand la plante est repiquée très jeune (huit jours après la pépinière). Ils ont ainsi obtenu une augmentation des rendements

⁷ Depuis 1990, l'association TEFY SAINA (ATS) assure la diffusion du SRI auprès des riziculteurs malgaches.

de plus de 100 % et même des rendements record de dix-neuf (19) tonnes à l'hectare. Ainsi, en dehors de Madagascar, Uphoff (2004) montre que la méthode SRI sollicite peu de ressources qui deviennent de plus en plus rares (terre, eau, etc). Pour Uphoff (2008), le SRI reste une alternative intéressante pour les petits paysans qui n'ont pas les ressources suffisantes pour se permettre les intrants chimiques.

Dans le même sillage, des travaux au Kenya réalisés par Mati et al. (2009) portent non seulement sur la performance agronomique, mais également sur la consommation en eau et l'impact des fertilisants sur le rendement. Ces travaux ont mis en exergue les avantages comparatifs de la pratique du SRI, notamment un accroissement des rendements de l'ordre de 84 à 100 %, un faible coût de production, une bonne qualité du grain, une économie d'eau, etc. Selon eux, c'est par manque d'information que les producteurs des périmètres irrigués n'adoptent pas cette innovation. Ils ont signalé qu'il y a quelques défis techniques et institutionnels à relever. Styger (2009) quant à elle, fait des évaluations communautaires dans douze villages de la région de Tombouctou (Mali) entre 2008 et 2009. Les paramètres de rendement, de fertilisation, d'irrigation et de conduite des itinéraires techniques de production comparés du SRI et de la riziculture conventionnelle ont été mesurés. Ses travaux ont montré que les parcelles SRI ont une augmentation du rendement de 66 % de plus que le meilleur des rendements issus de la pratique paysanne. Il en est aussi ressorti que le coût de production à l'hectare sur les parcelles SRI est de 15 à 25 % plus élevé par rapport aux parcelles paysannes mais que les revenus des parcelles SRI sont de 2,1 et de 2,4 fois plus élevés. Ils ont aussi noté une réduction de 85 à 90 % d'utilisation de semences. Ces travaux constituent une bonne source d'inspiration pour beaucoup d'autres pays africains. Haougui et al. (2015) déclarent que sur le périmètre irrigué, il ressort une différence moyenne de 1,9 t/ha, soit une augmentation de rendement de près de 29% générée par la pratique SRI par rapport à la pratique paysanne. En hors aménagement, ce taux a été de 31, 27%. Les résultats montrent que la différence de rendement entre la parcelle SRI et celle paysanne est de 3,14 t/ha soit une augmentation de 64,21% par rapport à la pratique paysanne.

Dans la même perspective, SAED (2001) fait une étude comparative publique/privée. Pour le domaine public, l'intensification des pratiques s'est traduite par une évolution à la hausse de la part des superficies à plus de 5 t/ha qui sont passées de 30 % à 52 % alors que les faibles rendements (3-4 t/ha) ont diminué et ne concernaient en 1999 que 12 % des superficies. Dans la classe 4-5 t/ha, les superficies demeurent encore importantes (23 % en 1999). Tandis que le domaine privé, une bonne évolution a été enregistrée sur ce type de périmètre avec les

rendements supérieurs à 5 t/ha qui sont passées de moins de 20 à 56 % des superficies. Cette progression est le fait de très bons privés du delta qui depuis quelques années maintiennent un bon niveau de productivité par une pratique très intensive sur des périmètres techniquement bien réalisés.

Toutefois, les aspects portant sur la rentabilité espérée à la fin de la saison culturale, la force de travail utilisée dans le SRI et le revenu monétaire tiré de la vente de cette force de travail demeurent des sujets controversés.

En effet, malgré les potentiels décrits et les succès obtenus, certains auteurs déclarent encore des doutes. Doberman (2004) discute de manière critique de l'approche du SRI et revendique son peu de potentiel pour améliorer la production de riz dans les systèmes irrigués intensifs et les sols favorables. Ses critiques sont fondées sur l'hypothèse selon laquelle les publications trop optimistes sur le SRI reposent sur une couverture incomplète de la littérature et un manque de recherche détaillée sur le terrain suivant des normes scientifiques élevées. La souplesse du SRI ne permet pas non plus de comparer d'autres méthodes. Il doute de la plausibilité des rendements déclarés allant de 15 à 23, 4 t/ha, car ils sont proches du potentiel climatique-génétique et sont irréalistes compte tenu de l'efficacité maximale possible de l'utilisation de rayonnement du riz et des conditions environnementales d'où ils ont été signalés.

2.2. Les déterminants de l'adoption du SRI

Des études sur l'évolution des rendements rizicoles sur l'ensemble de la vallée, sur les aménagements publics et sur les aménagements privés indiquent que les producteurs rizicoles ont réagi positivement et sont parvenus à améliorer les rendements rizicoles, et par conséquent le niveau des marchés par hectare (SAED, 2001).

Contrairement aux auteurs louant les performances du SRI, Doberman (2004) pense que le SRI est un système principalement orienté vers la culture du riz pratiquée par les agriculteurs pauvres en ressources dans des conditions ambiantes inconfortables, de sorte que son impact global sur l'approvisionnement mondial en riz puisse rester faible. Cet auteur met l'accent sur le critère de pauvreté pour déterminer l'adoption du SRI.

Moser et al. (2006) rebondissent dans le même sens en précisant que les sources de revenus monétaires des ménages semblent jouer un rôle clé dans l'adoption du SRI. En effet, dans les régions étudiées, la dépendance envers le travail agricole journalier comme principale source de revenu traduit la pauvreté des ménages, car cela signifie que les ménages manquent de riz et de liquidités sitôt après les périodes de récolte et vivent dans cette situation pendant une longue

période de soudure. Pour ces agriculteurs, les chances pour qu'ils adoptent le SRI sont minimes, tandis que pour ceux qui ont une source de revenu substantielle et stable autre que le riz (tel que salaire en tant que fonctionnaire), la probabilité d'adoption est plus forte. Au demeurant, les adoptants possèdent aussi plus de terres rizicoles de bas-fonds que les non adoptants.

L'analyse économétrique indique que quand la surface totale des bas-fonds mise en culture augmente, la probabilité d'adoption du SRI augmente aussi. La superficie totale des terres cultivées quant à elle n'a pas d'effet significatif sur les décisions de consacrer une partie de ces terres à la pratique du SRI, ou d'abandonner la pratique du SRI.

Les études de Jean-Teyer et al. (2007) ont enregistré un fort taux d'adoption suivi d'abandon par certains paysans déjà engagés dans la technologie. Selon ces mêmes auteurs, le principal goulot d'étranglement de ce système est sa demande importante en main d'œuvre. Très souvent c'est la main d'œuvre familiale qui est employée surtout dans les zones les plus vulnérables alors que les intrants de main-d'œuvre intensive sont mentionnés comme un désavantage du SRI.

De plus, Doumbia et Depieu (2013) pensent que le meilleur facteur pour prédire si un agriculteur pourrait continuer à pratiquer le SRI est l'expérience même que l'agriculteur a eue avec le SRI dans le passé. Ils rajoutent que la plupart des riziculteurs estime que le changement climatique a un effet négatif sur la production du riz pluvial avec la baisse des rendements qu'il occasionne.

2.3. Les Déterminants du rendement en riziculture

Plusieurs données ont déjà été publiées sur l'augmentation des rendements du riz dans le SRI. Il en ressort que ces augmentations de rendements sont dues à plusieurs facteurs dont le repiquage de plants trop jeunes favorisant un tallage important des plants de riz (Arokia Raj et al. 2008 cite par Kaly(2016)), la gestion améliorée de l'eau dans la parcelle. En plus, le sarclage favoriserait l'aération du système racinaire, la lutte contre les mauvaises herbes. De même, l'amélioration de la nutrition azotée serait favorisée grâce à l'alternance de la submersion et de l'assèchement de la parcelle. La variabilité dans les pratiques culturales spatiotemporelles, la différence dans les pratiques de gestion de l'eau et de la fertilité, le fort impact de ces facteurs sur les stades du développement du riz conduisent souvent à des rendements extrêmement variables (Husson et al. 2004).

En dehors de ces déterminants, dans les systèmes de riziculture paysanne, il a été démontré que plusieurs facteurs (pratique paysanne, gestion de la fertilité, gestion de l'eau, gestion des

adventices etc.) interagissent pour déterminer le rendement (Husson et al. 2004) cité par Kaly, (2016).

Par ailleurs, Uphoff et al. (2002) cité par Christine Moser et al. (2005), ont démontré à partir des essais en station de recherche et des expériences des paysans malgaches que le SRI accroît les rendements d'une manière considérable, voire spectaculaire, et cela avec peu ou pas d'achats d'intrants extérieurs. Compte tenu de ces résultats, il était naturellement permis de penser que le SRI pourrait être particulièrement bénéfique aux cultivateurs les plus pauvres.

Ces résultats sont appuyés par Sinha (2007) qui a présenté une étude de cas à Purulia et à Bengal (Inde) et a montré que la pratique des méthodes SRI contribue à une augmentation du rendement de l'ordre de 32 à 67 % et réduit la demande en main-d'œuvre de 8 % en quatrième année. Il relève que l'accroissement de la production est plus perceptible chez les petits paysans que chez les grands producteurs, avec une variation de 51 à 45 %. Il rapporte aussi la perception des producteurs qui soutiennent que, même en mauvaise période climatique, le SRI donne mieux que le système conventionnel. Selon cet auteur la catégorie socio-professionnelle et la taille des parcelles permettent d'apprécier l'effet du SRI.

CHAPITRE 2 : CARACTERISATION DE LA FILIERE RIZICOLE

1. Situation de la filière rizicole

1.1 La production de riz dans le monde

Le riz est la deuxième céréale après le maïs en termes de surface cultivée (153 Mha en 2004) et de quantité produite (608 Mt en 2004), avec un rendement moyen de 4,0 t/ha qui masque de très importantes disparités (World Rice Statistics, 2005).

Le riz est en revanche, la première céréale pour l'alimentation humaine. Elle représente la base de l'alimentation de plus de 2,5 milliards de personnes dans les pays en voie de développement avec des consommations annuelles très importantes dépassant dans certains pays les 100 kg/habitant (Courtois, 2007). L'Asie domine la production du riz avec 90 % des surfaces qui y sont concentrées, l'Amérique Latine et l'Afrique se partageant l'essentiel des 10% restants. Le riz est avant tout une production d'autoconsommation. C'est pourquoi les grands pays producteurs (Inde, Chine, Indonésie, Bangladesh, Thaïlande, Vietnam) sont également les principaux consommateurs. Ils se suffisent désormais à eux-mêmes. De plus, une part assez minime de leur production est échangée sur le marché mondial (6 % de la production) du fait de quelques pays gros exportateurs (Vietnam, Thaïlande, Etats-Unis, Inde, Pakistan).

Par ailleurs, les exportations concernent en particulier les riz aromatiques, basmati et thaïlandais (10 % du total). En outre, il est cultivé dans des milieux très variés couvrant une large gamme d'altitudes et de latitudes. Etant une plante d'origine aquatique, assez exigeante en eau par rapport à d'autres céréales, le riz est surtout caractérisé par une grande plasticité vis-à-vis de ses conditions d'alimentation hydrique. C'est sur ce point que se fonde la plupart des classifications des types de rizicultures (Courtois, 1998).

En Afrique, la consommation de riz est en forte progression, plus que dans toutes les autres régions du monde avec un taux moyen d'augmentation annuelle de 5,7% de 1980 à 2009. Cette croissance s'explique par la forte urbanisation et le changement de préférences dans les habitudes de consommation et continuera à être soutenue jusqu'au-delà de 2050 (Africa Rice, 2011 cité par Aminou Arouna et Aliou Diagne, 2013). En d'autres termes, l'augmentation de la consommation suit celle de la population.

Vu sous cet angle, cette plante devrait être cultivée partout dans le monde pour espérer satisfaire cette demande fulgurante.

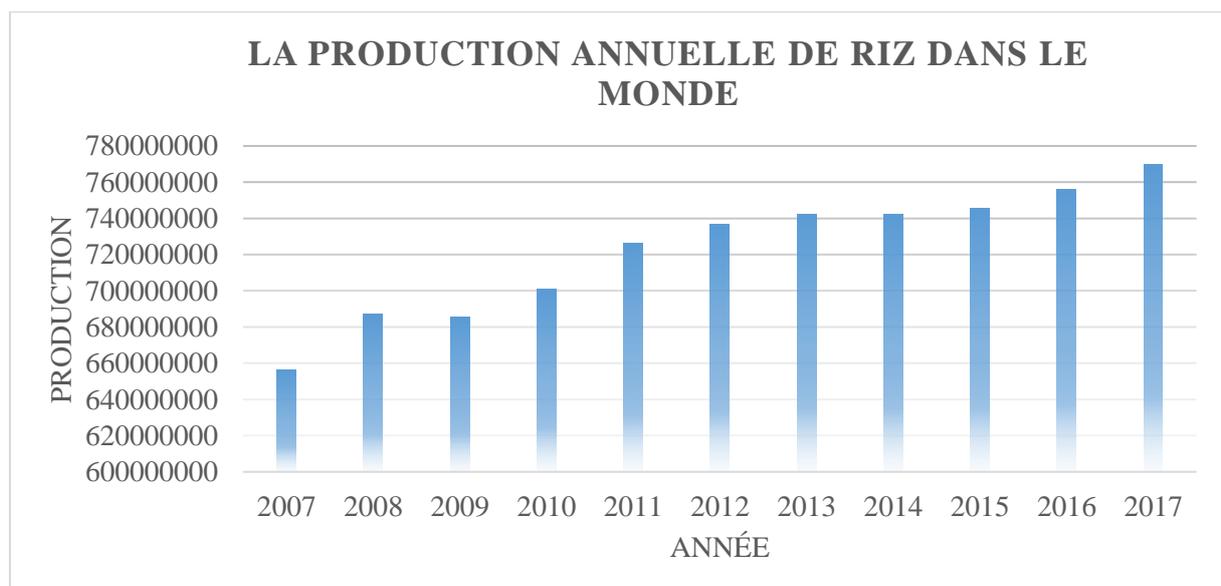
Selon Courtois(1998) la riziculture est variée :

- Riziculture irriguée, endiguée, avec parfaite maîtrise de l'eau (apport comme retrait) qui occupe 53 % des surfaces;
- Riziculture inondée, endiguée, sans maîtrise de l'eau qui peut être subdivisée en plusieurs catégories en fonction des risques plus ou moins élevés de sécheresse et/ou de submersion et de la hauteur d'eau dans la parcelle. Ce type de riziculture représente 25 % des surfaces ;
- Riziculture pluviale dont l'alimentation hydrique dépend uniquement de la pluviométrie (riziculture pluviale stricte) ou de la présence d'une nappe éventuelle (riziculture de nappe). Ce type de riziculture représente 13 % des surfaces en Asie mais respectivement 60 et 75 % en Afrique et en Amérique Latine ;
- Riziculture flottante, qui suit la crue des grands fleuves, occupant 9 % des surfaces.

Ainsi la production varie selon que l'on soit en riziculture irriguée ou pluviale.

. La riziculture irriguée permet une intensification de la culture (double voire triple culture annuelle) et une diminution appréciable des aléas de culture garantissant des rendements élevés (6 t/ha en saison des pluies et jusqu'à 10 t/ha en saison sèche). La culture pluviale, en revanche, ne demande aucun aménagement particulier mais comporte plus de risques, notamment en cas de sécheresse. La production n'est répartie que sur un seul cycle de culture et les rendements sont plus faibles et plus variables (entre 1,5 t/ha et 4,5 t/ha).

Figure 1: Production annuelle de riz dans le monde de 2007 à 2017



Source : auteur à partir des données FAO (2017).

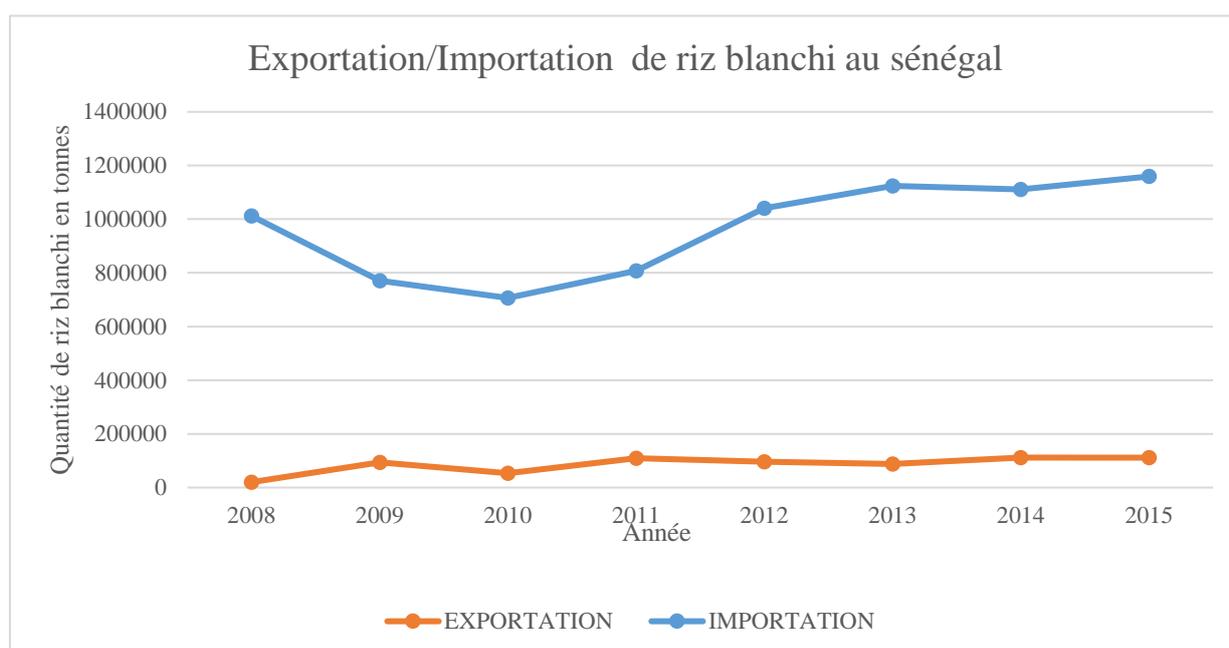
La figure 1 montre l'évolution de la production mondiale de riz de 2007 à 2017.

L'évolution fulgurante observée durant cette décennie peut s'expliquer par le recours aux intrants modernes et l'adoption des nouvelles technologies pour relancer la production agricole.

1.2 La production du riz au Sénégal

Au Sénégal, la production du riz est une réalité manifeste. En zones rurales, elle emploie une importante frange de la population, soit entre 60-70%. Le Sénégal, avec un taux de consommation de riz de 90 kg par habitant, est l'un des plus gros consommateurs de riz de l'Afrique de l'Ouest et sa production en riz permet de couvrir qu'entre 20 et 30% de la demande nationale de riz (Ndiaye et Niang, 2010). La production du riz varie d'une année à une autre sous l'influence de facteurs divers (conditions pluviométriques, disponibilité en intrants, qualité des semences, etc.). Depuis 1996, le gouvernement sénégalais a libéralisé le secteur rizicole et s'est retiré de cette filière surtout au niveau de la production et de la commercialisation. Dans la même perspective, il a aussi libéralisé les importations, ce qui, avec la dévaluation du franc CFA et l'augmentation de la demande, a conduit à une augmentation des importations annuelles. De ce fait, cette dépendance extérieure pour une denrée alimentaire de base demeure depuis le début des années 2000 une préoccupation majeure pour le gouvernement. C'est pourquoi, plusieurs politiques ont été menées pour faire face à la demande croissante en riz. C'est dans ce cadre que le Programme National d'autosuffisance en Riz (PNAR) est mis en place en 2008 à l'horizon 2012. Ce programme entre dans la stratégie nationale de lutte contre la pauvreté définie dans le Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté II (DSRP II) et celui de la Grande Offensive pour la Nourriture et l'Abondance (GOANA) initiée aussi en 2008 (République du Sénégal, 2009).

Figure 2:Exportation/Importation de riz blanchi au Sénégal



Source : Auteur à partir des données de FAO (2017)

La figure 2 illustre l'évolution des importations et exportations de riz au Sénégal de 2008 à 2015. Elle montre que de 2008 à 2015 le Sénégal n'a presque pas exporté de riz mais bien au contraire elle en importe. La tendance à la baisse observée s'explique par le fait qu'à partir de 2008, les importations de riz parfumé connaissent une chute progressive au profit des brisures non parfumées, relativement moins chères. La forte hausse des prix du riz en 2007-2008 et son impact sur le pouvoir d'achat des ménages a sans doute généré ces effets de substitution Initiative Prospective Agricole et Rurale (IPAR, 2015). À partir de 2010 les importations sont toujours vigoureuses malgré les progrès réalisés depuis 2009 dans l'accroissement des productions locales.

1.3 Les contraintes de la riziculture au Sénégal

La riziculture au Sénégal rencontre d'énormes difficultés tant au plan production que commercial. Les déséquilibres commerciaux peuvent nuire aux économies locales, et causer des problèmes aux gouvernements nationaux. En réponse, les pays de la région sont à la recherche de moyens d'accroître la production nationale de riz (Styger et Jenkins, 2014). En effet, la croissance soutenue et durable de l'agriculture Sénégalaise repose essentiellement sur les filières performantes surtout dans les zones où il y a maîtrise de l'eau (MAES, 2008). Ceci a conduit l'État à promouvoir et sécuriser la production du riz dans la vallée du fleuve Sénégal par de lourds investissements en infrastructures hydro-agricoles. Depuis la crise alimentaire

mondiale de 2008, l'Etat a davantage focalisé ses appuis aussi dans la riziculture pluviale (PNAR, 2011).

Au Sénégal, la plupart des périmètres irrigués du Delta du Fleuve Sénégal sont orientés vers la production de riz. En plus, avec la construction des barrages de Diama et de Manantali, ayant donné un nouvel essor à la culture irriguée, de vastes domaines sont conquis Gning (2015) cité par Kaly (2016).

Malgré une superficie estimée à 240 000 ha aménagée (SAED, 2012), l'abondance de la ressource en eau et des sols argileux qui s'accrochent à la riziculture, les rendements restent toujours faibles dans le Delta du Fleuve Sénégal. Les rendements moyens annuels y sont de 5,5 à 6 t/ha (Ndiaye et al. 2008), loin des rendements irrigués potentiels estimés entre 8 à 10 t/ha Poussin et al. (2005) cité par Kaly (2016).

Toutefois, la demande en riz sur le marché mondial ne cesse de progresser. Cette riziculture repose pratiquement sur une inondation permanente des rizières, qui est source énorme de production de méthane. Le repiquage est tardif et avec de densité trop importante de plants. En raison de la pression démographique et souvent du manque de terre et d'eau ; d'autres méthodes culturales doivent être utilisées pour améliorer le rendement rizicoles (CTA ,2011).

Ainsi Oladele et al (2004) montrent que d'importantes variables qui stimulent l'augmentation des rendements pourraient entraîner un écart de rendement. Il est donc important que la question de transfert de technologie⁸ ne soit pas négligée.

1.4 Les systèmes de production au Sénégal

Les systèmes de production rizicole au Sénégal sont largement dominés par les exploitations de petites tailles de type familial. Il existe deux types de riziculture au Sénégal : la riziculture pluviale et la riziculture irriguée.

Dans les bas-fonds, la riziculture se pratique de manière encore traditionnelle, à une petite échelle le long des vallées inondables. Dans ces contrées la riziculture constitue une activité d'autosuffisance pratiquée en général par les femmes depuis toujours. Dans ce système, le travail est encore manuel sur de petites surfaces, sans engrais ni matériels ; et les rendements restent encore très faibles. Toutes les opérations de récolte et post récoltes sont manuelles, du

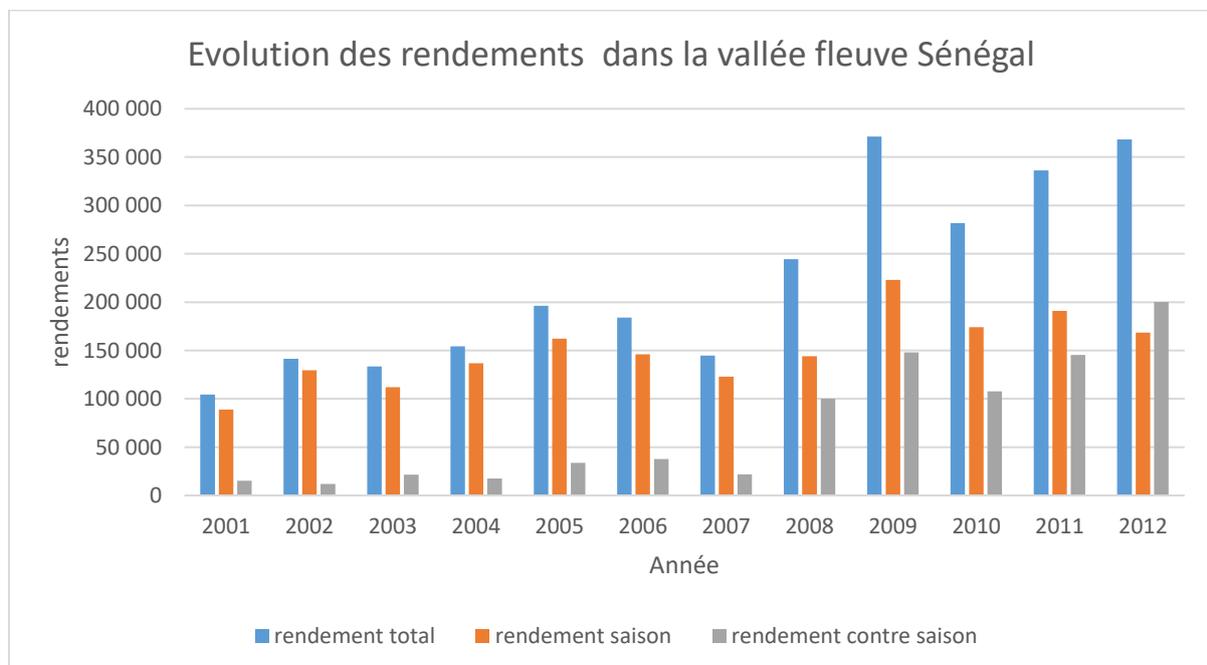
⁸ Le transfert de technologie est le processus désignant le transfert formel à l'industrie de découvertes résultant de la recherche universitaire ou privée dans le but de les commercialiser sous la forme de nouveaux produits et/ou services.

fauchage de la panicule, au décorticage au mortier, mais le produit est de bonne qualité et est apprécié par les populations. (PAPSEN, 2013)

Dans le Sud, la région de Kolda dispose d'un potentiel de 50000 hectares de terres riz cultivables en pluvial dont 16000 ha réparties dans différentes vallées. Dans la même perspective, la région de Sédhiou dispose d'un potentiel de 56 000 ha de terres riz cultivables en culture pluviale dont 36 000 ha dans différentes vallées, et 20 000 ha sur le plateau. Enfin, dans la région de Ziguinchor, le potentiel rizicole est de 116 000 ha. La riziculture se pratique généralement à une petite échelle le long des vallées inondables et de manière encore essentiellement traditionnelle.

La culture du riz en irrigué pose moins de problèmes parce qu'elle s'effectue dans des endroits aménagés avec une maîtrise plus ou moins de l'eau. Dans la vallée, les producteurs ont maîtrisé les techniques de production grâce à la SAED (Société Nationale Aménagement et exploitation du fleuve Sénégal, des Vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé) qui a mené une vulgarisation à outrance. Les surfaces mises en valeur et exploitées tournent autour de 60 000 hectares sur des potentialités de 240 000 hectares et dans le Bassin de l'Anambé avec 4180 ha aménagés sur un potentiel de 12 000 ha (FAO ,2010).

Figure 3: Evolution des rendements dans la vallée fleuve Sénégal



Source : auteur données SAED (2014)

La figure 3 renseigne sur la situation de la production de riz dans la vallée du fleuve Sénégal en saison et contre saison. Nous constatons que les rendements en saison des pluies sont plus importants qu'en contre saison. Cela peut être dû à la facilitation d'irrigation en saison des pluies. L'augmentation importante de rendement notée pour la période 2008-2009 peut s'expliquer par la mise en place de la GOANA.

2. Le système de riziculture intensive

2.1 Présentation du système de riziculture intensive (SRI)

Le SRI est une méthode qui a été développée à Madagascar dans les années 1980, et a été vulgarisée et étroitement suivie durant presque quinze années. Le SRI est un ensemble de règles qui recommandent aux utilisateurs de recourir à plusieurs techniques non conventionnelles y compris le semis à sec, la transplantation de jeunes plants de riz de moins de 20 jours à raison d'un plant par trou, un espacement de 25 x 25cm, désherbage fréquent et contrôle du niveau de l'eau afin d'aérer les racines pendant la période de croissance du plant.

La méthode de la riziculture connue sous le nom de système de l'intensification du riz (SRI) est une innovation qui est évaluée continuellement. Ses concepts et pratiques consistent à augmenter la productivité du riz et les revenus des agriculteurs tout en réduisant leur besoin d'eau et d'autres intrants.

La méthode SRI met l'accent sur l'amélioration de l'environnement croissant des plants de riz, et sous terre, en améliorant la gestion des végétaux, des sols, de l'eau et les nutriments, pour stimuler la croissance de plus en plus des systèmes racinaires et le nombre et l'activité des organismes du sol bénéfiques.

2.2 Les principes du SRI

L'efficacité des pratiques de culture SRI a été montrée dans plus de 50 pays, dont les principaux producteurs de riz de l'Inde, de la Chine, du Vietnam, du Cambodge et des Philippines (Katambara et al. 2013), ainsi qu'en Indonésie. Certains principes de base de la méthode SRI peuvent être identifiés :

- Transplantation de jeunes plants, de préférence 8-15 jours et en règle générale, moins de 15 jours. Ces petites plantes devraient être cultivées dans une pépinière non inondée, puis

enlevé doucement, avec un traumatisme minimum à leurs racines, étant replanté dans le champ principal soigneusement, rapidement et peu profond (1-2 cm) ;

- Le repiquage se faisant avec une seule plante par poquet ; espacement plus large entre les plantes, avec des semis plantés séparément, un par colline au lieu de 3-6, et dans un motif carré, habituellement 25 x 25 cm. Cela donne aux plantes des racines et plus de place pour se développer et se répandre, acquérir plus de nutriments et de lumière du soleil ;
- Le sol dans le champ est maintenu humide mais pas continuellement inondé, humidifié par intermittence et séché, de sorte que le sol est principalement aérobie⁹, jamais hypoxique¹⁰. Bon drainage du sol peut être presque aussi important que la fourniture d'eau d'irrigation. Un manque de de l'oxygène dans le sol étouffera les racines des plantes et aussi le sol aérobie organismes qui peuvent fournir de nombreux services bénéfiques aux plantes ;
- Améliorer autant que possible la matière organique du sol, en ajoutant du compost ou d'autre biomasse au sol. Cela améliorera la structure et le fonctionnement du sol ainsi comme fournir aux plantes une nutrition plus complète et équilibrée ;
- Contrôlez les mauvaises herbes avec une utilisation répétée d'un désherbage mécanique. Cela permettra d'aérer le sol mieux que possible avec le désherbage manuel ou l'utilisation d'herbicides. L'aération active du sol peut améliorer les rendements en Paddy de 1-2 tonnes par hectare.

La méthode SRI peut être appliquée à l'aide d'engrais inorganiques ou d'une combinaison d'engrais organiques et inorganiques qui vise à augmenter les nutriments (lin et al. 2011).

Les pratiques SRI diffèrent avec la méthode conventionnelle qui implique généralement des Semis (25 jours ou plus), plantation de semis par colline, un espacement plus étroit (20 cm 20 cm ou moins), ce qui maintient l'état du sol principalement inondés, et la fertilisation principalement en utilisant des engrais inorganiques (Kediyal & Dimri 2009 cité par Moser

Les avantages de l'application de la méthode SRI par rapport à la méthode conventionnelle sont le besoin moins de semences, économies d'eau jusqu'à 50%, réduction de l'utilisation des engrais inorganiques de 50% si couplé avec 50% d'engrais organique, ou une combinaison d'engrais organique et d'engrais biologiques, les coûts de production réduits de 20%, et augmentation du rendement (Hutabarat, 2011).

⁹ Aérobie : qui ne peut se développer qu'en présence d'air ou d'oxygène

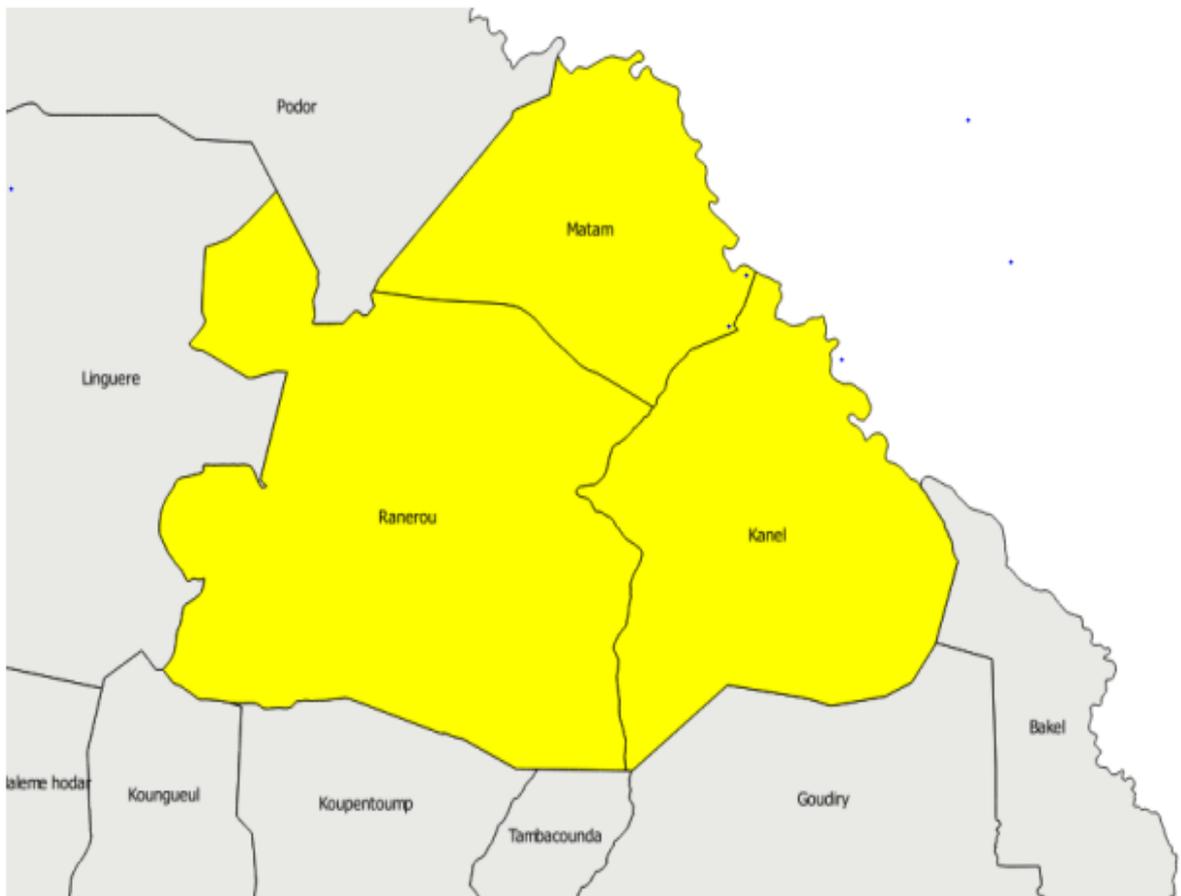
¹⁰ Hypoxique : pas suffisamment d'oxygène

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE D'EVALUATION D'IMPACT

Notre méthodologie de recherche sera divisée en deux points essentiels : la source des données suivies de la technique d'échantillonnage et de la méthodologie d'évaluation d'impact.

Présentation de la zone d'étude

Figure 4:carte de la région de Matam



Source: ANDS, 2015

La figure 4 montre la situation géographique de la région de Matam.

Située au nord-est du territoire sénégalais, la région de Matam couvre une superficie de 29 616 km², soit un septième du territoire national. Elle est, après Tambacounda, la seconde région du Sénégal la plus vaste. Elle est limitée au nord par la région de Saint Louis et la République Islamique de Mauritanie, à l'est par la République Islamique de Mauritanie, à l'ouest par la région de Louga et au sud, par les régions de Kaffrine et de Tambacounda, (ANDS 2015).

Du fait de sa grande superficie, on note une variété climatique entre le sud (départements de Kanel et de Ranérou Ferlo) plus arrosé et le nord (département de Matam) chaud et sec. La région dispose d'importantes ressources hydriques notamment d'eaux de surface, avec le fleuve Sénégal qui la traverse au nord et à l'est sur 200 kilomètres (Km). Cette région est caractérisée par une agriculture intensive utilisant l'irrigation à partir du fleuve Sénégal qui s'étend sur plus de 200 Km. Son climat de la région est caractérisé par une période de hautes températures qui dure cinq mois (de février à juin) avec des maxima qui atteignent plus de 45° C (47,5°C enregistrée le 5 mai 2015) et une période de basse température de sept mois (de juillet à janvier) avec un adoucissement du climat dû aux précipitations et à l'installation de la saison froide. La température moyenne régionale est estimée à 30,2°C en 2015 contre 31,0°C en 2014, ce qui fait de cette année un peu plus fraîche en comparaison avec l'année dernière. Il faut aussi noter que cette moyenne cache de fortes disparités dans la mesure où que la région enregistre plusieurs fois des températures qui sont généralement supérieures à 45°C ANDS, (2015).

En 2013, la région de Matam compte environ un peu plus de 58 462 ménages dont 45,2% de ces ménages vivent dans la pauvreté ; en dépit du fait que la région regorge de potentialités économiques importantes dans les domaines agrico-sylvo pastoral, minier et d'un important flux financier résultant de transferts de capitaux des émigrés. Dans le secteur agricole, la région dispose d'une superficie irrigable estimée à 55 000 hectares (ha) dont les 9 148 sont aménagés par la SAED, le PRODAM et les privés avec un système de cultures irriguées sur trois campagnes avec des spéculations différentes. Matam est naturellement l'une des régions les mieux placées pour accueillir les investissements en direction de l'Agriculture.

1. Source des données et techniques d'échantillonnage

Les données sont collectées à l'aide d'échantillons tirés des trois populations ciblées par PRODAM et qui sont définies par les trois zones agro-écologiques qui sont: le Walo, le Dièri et le Ferlo. Le plan de sondage utilise un échantillonnage avec stratification à plusieurs degrés avec le choix des villages comme grappes au premier degré. L'échantillon est tiré séparément pour chaque zone agro-écologique pour s'assurer que la taille de l'échantillon est adéquate pour détecter avec une puissance statistique suffisante l'impact des interventions spécifiques à la zone.

En tout pour les 3 zones agro-écologiques, la taille de l'échantillon est de 1034 ménages avec la moitié d'entre eux (517) venant de 47 villages appuyés par PRODAM et l'autre moitié venant

d'un nombre égal de ménages non-appuyés par PRODAM. Après le nettoyage de la base de données l'échantillon obtenu est de 336 ménages.

Dans le Walo, 18 villages appuyés par PRODAM et 18 autres non-appuyés par PRODAM sont choisis au hasard avec une taille des grappes de 10 ménages. Ces choix conduisent à une taille de l'échantillon totale de 396 ménages (198 provenant de chacun des groupes de traités et de non-traités). Avec une puissance statistique de 80% et un niveau de signifiante de 5%, cet échantillon va mener à un minimum détectable effet relative (MDES) de 10% pour le revenu total agricole (44 144 F CFA), 5% pour le revenu total du ménage (71792 F CFA), 11 % pour le revenu tiré des cultures vivrières (71 792 F CFA) et 29% pour le revenu tiré de l'élevage (21 113 F CFA).

Pour le Dièri, tous les 13 villages appuyés par le PRODAM seront sélectionnés avec une taille des grappes de 10 ménages menant à une taille de l'échantillon de 286 ménages (143 dans chaque groupe de traités et de non-traités). Avec cette taille de l'échantillon et avec les valeurs conventionnelles de puissance statistique de 80% et de niveau de signifiante de 5%, le MDES relative sera de 18% pour le revenu agricole (64 034 CFA), 7% pour le revenu total du ménage (86601 FCFA), 19% pour le revenu tiré des cultures vivrières (64 413 F CFA) et 39% pour le revenu de l'élevage (30 728 F CFA).

Pour le Ferlo, 8 des 16 Unités Pastorales (UP) appuyés par le PRODAM seront sélectionnés aléatoirement avec 2 villages sélectionnées (aléatoirement aussi) dans chacune d'elles. De ces 16 villages appuyés par PRODAM, seront ajoutés 16 autres villages choisis au hasard en dehors des UP. Ensuite, 10 ménages seront choisis au hasard dans chaque village sélectionné, conduisant à un total de 352 ménages pour constituer l'échantillon du Ferlo (176 ménages de chaque groupe de traités et de non-traités). Les MDES relatives découlant de ces choix relatifs à la taille de l'échantillon seront de 10% pour le revenu tiré de l'élevage (22 807 CFA), 14% pour le revenu agricole et le revenu tiré de cultures vivrières (44 706 F CFA) et 7% pour le revenu total du ménage (64 726 F CFA).

2. Approche d'évaluation d'impact

Aujourd'hui les méthodes d'évaluation sont très fréquemment utilisées pour estimer les effets des interventions publiques en matière de santé, d'éducation ou d'emploi. Sur ce point, de nombreux avancés ont été faites ces dernières années sur les méthodes d'évaluation. Toutefois,

il existe plusieurs techniques d'évaluation mais l'importance est de savoir que la particularité et les hypothèses conditionnent parfaitement les résultats.

La plupart de ces méthodes reposent essentiellement sur la comparaison d'individus bénéficiant de l'intervention, soit le groupe traité ou expérimental, avec des individus n'en bénéficiant pas, soit le groupe témoin ou de contrôle.

Cadre de Rubin et le Problème fondamental de l'évaluation

Dans toute la suite, nous allons nous placer dans le cadre dit "de Rubin", du nom du statisticien qui l'a popularisé au cours des années 1970 (Givord, 2014). Cependant, on parle souvent de "traitement" pour indiquer la variable dont on cherche à mesurer l'effet. En pratique, on s'intéresse donc à l'évaluation de l'adoption du SRI par les producteurs rizicoles de la région de Matam. Dans la version la plus simple, on distingue les riziculteurs qui adoptent ce système ($T = 1$) de celles qui n'adoptent pas ($T = 0$). On s'intéresse alors à l'effet de cette mesure sur une grandeur d'intérêt, qu'on appellera souvent dans la suite le rendement (Y). L'originalité ici est de considérer que chacun a "virtuellement" deux rendements potentiels, selon qu'il adopte ou non le système. On note donc Y_0 le revenu associé à $T = 0$ (non adoption) et Y_1 le rendement associé à $T = 1$ (adoption). Le problème est que l'on n'observe pas simultanément Y_{i0} et Y_{i1} : pour un adoptant du SRI, on observe Y_{i1} mais pas Y_{i0} ; pour un non-adoptant on observe Y_{i0} mais pas Y_{i1} . Il s'agit entre autre de l'impossibilité d'observer le contrefactuel qui est le problème fondamental de l'évaluation

Principe de base du modèle

Le cadre qui sert de guide pour comprendre l'analyse empirique de ce problème est l'approche de résultats potentiels connu également sous le nom de Roy (1951) ou Rubin (1974). Le succès de ce modèle provient du fait qu'il définit clairement à la fois l'effet causal du programme que l'on souhaite évaluer et la nature du biais de sélection (Fougère 2010). L'effet de cette pratique est défini par Y le rendement à l'issue de l'adoption. Ainsi l'adoption du SRI est donc une variable aléatoire binaire qui prend la valeur 1 ($T=1$) si le riziculteur adopte ou 0 s'il n'adopte pas ($T=0$). Soient Y_{i1} , le rendement d'un individu ayant adopté la méthode du SRI Y_{i0} , celle ne l'ayant pas adopté. L'effet causal pour cet individu sur l'adoption est donné par l'équation suivante

$$\Delta_i = Y_i^1 - Y_i^0 \quad (1)$$

Le modèle de Rubin est considéré comme le modèle canonique des évaluations d'impact. Dans ce modèle, les unités peuvent être les individus représentés par l'indice i . Cet effet causal Δ_i sur l'adoption du SRI est la différence de résultats potentiels pour un individu ayant adopté ou non. Ce paramètre indique l'effet moyen de l'adoption sur toute la population totale

$$\Delta_i = Y_{i1} - Y_{i0} \quad (2)$$

Le problème fondamental de toute évaluation d'impact est l'impossibilité d'observer simultanément et à la même date ces deux résultats potentiels (Roy 1951, Hollan 1986). En d'autres termes lors de l'adoption du SRI, on ne peut plus observer ce que seraient les rendements à l'absence de l'adoption. De même, si l'individu n'avait pas adopté le SRI l'effet causal Δ_i est hétérogène et inobservable (Pariente, 2008 ; Fougère, 2010) et dans ce cas de figure nous sommes confrontés à un problème de données manquantes connu sous le nom de problème fondamental de l'inférence causale (Holland 1986).

Par conséquent le résultat observé pour un individu i en supposant que les résultats Y_0 et Y_1 sont définis par toute la population est donnée par l'équation suivante :

$$Y_i = T_i Y_{i1} + (1 - T_i)Y_{i0} \quad (3)$$

Dans cette équation nous observons Y_{i1} pour les adoptants et Y_{i0} sinon. Ainsi la composante non observée est le contre factuel (équation (1)) Rubin (1977) ce qui conduit à un problème de biais de sélection. Pour surmonter ce problème, Moffit (1991, cité par Bassole, 2004), Rosenbaum et Rubin (1983), Heckman (2010) ont eu à démontrer qu'on pourrait déterminer un effet causal moyen du changement technologique au sein d'une population. L'idée consiste à faire la différence entre le niveau de l'indicateur des adoptants et celui des non adoptants :

$$\Delta ATE = (Y_1 - Y_0) \quad (4)$$

Dans la population des bénéficiaires, l'effet moyen du traitement est donné par :

$$\Delta ATT = (Y_1 - Y_0 | T = 1) \quad (5)$$

Lorsque les variables Y_{i1} et Y_{i0} sont indépendantes des variables d'accès au traitement alors sous certaines restrictives il y a égalité de paramètres. Le résultat de l'individu non traité est différent de celui de l'individu non traité s'il était traité.

$$\begin{aligned} (Y_i | T_i = 1) - (Y_i | T_i = 0) &= (Y_{i1} | T_i = 1) - (Y_{i0} | T_i = 0) \\ &= (Y_1 | T = 1) - (Y_0 | T = 1) \text{ inobservé } (Y_0 | T = 1) \end{aligned} \quad (6)$$

Cette composante inobservée est le résultat (rendement moyen) des adoptants s'ils n'avaient pas adoptés le SRI. Ajoutons et retranchons le contre factuel c'est-à-dire ($Y_0|T=1$) dans l'équation (6).

$$(Y_1|T_i = 1) - E(Y_1|T_i = 0) = E(Y_1|T = 1) - E(Y_0|T = 1) - E(Y_0|T = 0) + E(Y_0|T = 1) \quad (7)$$

Δ ATT BS représente alors le biais de sélection.

Ce biais de sélection peut provenir de caractéristiques observables (âge, sexe ...) et de caractéristiques inobservables (motivation, accès à l'information...) des individus et avoir un impact sur le rendement des riziculteurs Bassole (2004). Ainsi, pour éliminer ou réduire au minimum les biais de selection, la méthode de variables instrumentales (VI) est souvent utilisée (Heckman et Vytlacii, 2005 ; (Abadie 2003)).

La variable instrumentale

Aussi simple qu'elle soit, la définition de la variable instrumentale peut laisser fort démuni un économètre averti. Elle est considérée comme une méthode accessible pour mesurer l'effet de traitement sur une variable d'intérêt par le biais d'un instrument. L'utilisation de variables instrumentales pour traiter des problèmes d'endogénéité est très ancienne et plus générale que leur utilisation pour des questions d'évaluation des politiques publiques (Givord, 2014). Cette méthode permet d'éliminer le biais de sélection induit par les observables et les non observables. La vertu de cette méthode repose sur l'hypothèse de sélection sous les non observables. C'est-à-dire que l'adoption dépend d'eux et d'autres éléments tels que le rendement escomptés, les pratiques socioculturelles qui sont susceptible d'influencer le riziculteur à adopter le SRI.

Partant de cette définition nous avons jugé nécessaire d'utiliser un instrument qui permet de faire face au problème d'endogénéité. Un instrument valide est une variable qui est liée au fait de bénéficier d'un programme, pour une raison que l'économètre peut expliciter et expliquer, mais qui n'a par ailleurs pas d'impact direct sur les autres déterminants de la variable d'intérêt. La validité de ces instruments est souvent sujette à caution. C'est pourquoi l'attention s'est déplacée ces dernières années sur des instruments dont l'exogénéité est plus transparente. (Givord, 2014).

Un bon instrument doit respecter trois conditions pour être considéré comme un instrument « valide ». Dans le cadre de cette étude, nous avons considéré comme instrument l'accès à la formation

- Condition 1 : l'accès à la formation est fortement lié au fait d'adopter le SRI ;
- Condition 2 : IL n'a pas d'effet sur le critère de jugement excepté à travers l'adoption du SRI

(Condition d'exclusion) 2 ;

- Condition 3 : l'accès à la formation au SRI n'est pas lié aux caractéristiques de la population.

Les individus adaptent (ou non) leur comportement à la valeur de l'instrument. Plus exactement, on a une fonction de réaction "potentielle" $T(Z)$. Évidemment, on est confronté au même problème observationnel que pour les revenus potentiels : on observe le choix d'un individu pour une valeur particulière de l'instrument, mais pas pour l'autre. On suppose dans notre démarche que l'individu adopte le SRI si toute fois il a accès à la formation. Dans le cas où l'instrument et le traitement sont binaires, on a la partition de la population selon la valeur prise par l'instrument Z . Si l'individu est adoptant Z prend la valeur 1 (Z_1) et si l'individu est non adoptant Z prend la valeur 0 (Z_0).

Plus précisément, on désigne par compliers les individus pour lesquels l'instrument a un effet (au sens où ils se comportent conformément à ce qui est attendu).

Angrist et al (1996) montrent que l'estimateur des doubles moindres carrés permet d'estimer l'effet du traitement uniquement pour la sous-population des compliers, c'est-à-dire pour ceux pour qui l'instrument a un impact sur le traitement final. Dans notre étude, il s'agit de la valeur attribuée à l'instrument : l'accès à la formation. L'effet estimé est donc dit local : Angrist et al (1996) l'appellent le LATE, soit Local Average Treatment Effect.

L'estimateur

L'approche non expérimentale est employée pour résoudre le problème de ces biais de sélection lié aux caractéristiques observables et inobservables. Cette approche est basée sur l'examen et la vérification des variables qui causent le phénomène de sélection par des méthodes de régression (Heckman, 1997 ; Awotide *et al.* 2012 ; Arouna et Diagne, 2013 ; An et Wang, 2016). L'accès à la formation est utilisé comme instrument et a un caractère non aléatoire. Selon que la personne bénéficie du programme ou pas est défini soit par l'appartenance à une organisation paysanne, soit à un groupement ou soit par une invitation. A l'aide la fonction Local Average Response Function (LARF), la méthode permet d'estimer le « Local Average Treatment Effect (LATE) qui représente l'impact moyen de l'adoption du SRI sur le rendement du riz pour la sous-population des adoptants potentiels. L'estimation du LATE se fait à travers

des modèles de régression (paramétriques et non paramétriques). Selon Abadie (2003), la fonction LARF a pour équation :

$$E[g(Y, T, x) | T = 1] = \frac{1}{P(T=1)} E[k \cdot g(Y, T, x)] \quad (8)$$

Où $k = 1 - \frac{z}{p(z = 1|x)} (1 - T)$ représente le poids des compliers qui prend la valeur 1 pour les adoptants du SRI et des valeurs négatives si non. La probabilité conditionnelle se trouvant dans la formule du poids k sera estimée à partir d'un modèle Probit.

L'équation (8), nommée « Local Average Response Function (LARF) » par Abadie (2003), peut être estimée à partir de la spécification suivante :

$$E(y|x, T=1) = a_0 + a_1T + bX + gTX \quad (\text{Arouna et Diagne, 2013}) \quad (9)$$

Avec a , b et g sont les vecteurs des paramètres à estimer. Finalement, le Local Average Treatment Effect (LATE) se réduit à la formule suivante :

$$LATE = a_1 + gX \quad (\text{Arouna et Diagne, 2013}) \quad (10)$$

- x : variable indépendante, p : probabilité, k : poids des compliers
- L'estimation de k se fait à travers la formule suivante : $k = 1 - z (1 - T)$
- T est la variable traitement qui prend un si l'individu est adoptant ou si non
- Y est la variable d'intérêt représentant le rendement
- $P(z = 1/x)$ où z : instrument et k prend la valeur 1 pour les adoptants potentiels et des valeurs négatives sinon.

La probabilité conditionnelle $P(z = 1|x)$ sera estimée à partir d'un modèle Probit.

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour déterminer l'impact du système de riziculture intensive (SRI) sur les rendements des riziculteurs dans la région de Matam, nous procéderons d'abord par une analyse descriptive des variables caractérisant les riziculteurs. Ensuite, nous passerons à l'étude de l'impact proprement dite.

1. Analyse descriptive des résultats des riziculteurs

Cette section fait l'objet d'une analyse descriptive des caractéristiques sociodémographiques et socioéconomiques. L'objectif visé est de faire une analyse des différentes variables qui pourraient affecter le traitement. Il s'agit surtout de voir s'il existe une différence significative ou non des variables ciblées dans le cadre de l'étude d'impact entre le groupe adoptant le SRI et celui non adoptant. Autrement, il est question à ce niveau de voir si l'ensemble des variables retenues ont un effet significatif ou non sur le rendement.

1.1 Caractéristiques sociodémographiques des riziculteurs

L'analyse des caractéristiques sociodémographiques, nous permet d'élucider une idée de significativités des variables qui peuvent influencer le comportement des riziculteurs à adopter le SRI. Cette analyse, bien que descriptive présente une idée sur la différence du groupe adoptant et non adoptant. Les résultats du tableau n° 1 montre que parmi les 336 riziculteurs enquêtés seuls 89 ont respecté les trois principes du SRI.

En outre, le tableau n° 1 montre que la majorité des adoptants sont en moyenne presque à 100% peuls. La proportion de femme ayant adopté le SRI est de 97,3% contre 2,8 chez les non adoptants au moment où celle des hommes adoptant reste 2,8% contre 3,2% de non adoptant.

Le fait que les femmes adoptent plus que les hommes le SRI se justifie du fait que le PRODAM cible les femmes. Pour la situation matrimoniale la proportion de mariés obéissants est en moyenne 92%, celle des célibataire 97%. En ce qui concerne les veufs la proportion des adoptants est de 1,4% veuf/veuves. Concernant la taille, le résultat est significatif au seuil de 1%. En moyenne le nombre de personnes chez les adoptants est de 10 contre 7 chez les non adoptants. L'âge chez les adoptants est en moyenne de 43,36 et de 42,57 pour les non adoptants.

Tableau 1:Caractéristique sociodémographiques des adoptants et des non adoptants

Nombres d'Observations	Adoptant	Non adoptant	Différence	Probabilité
336		89	247	
Proportion selon le genre				
Hommes en %	2,8 (0,020)	3,2 (0,014)	0,4 (0,025)	0,857
Femmes en %	97,2 (0,020)	96,8 (0,014)	-0,4 (0,025)	0,857
Ethnies				
Pulaar en %	100 (0,000)	99,4 (0,006)	-0,6 (0,009)	0,497
Soninké en %	0 (0,000)	0,6 (0,006)	0,6 (0,010)	0,497
Situation matrimoniale				
Mariés en %	91,7 (0,033)	96,8 (0,014)	5,1 (0,031)	0,097*
Célibataires en %	1,4 (0,013)	2,6 (0,013)	1,2 (0,021)	0,571
Veufs ou Veuves en %	5,6 (0,027)	0,6 (0,006)	-0,5 (0,021)	0,019 **
Proportion selon l'âge				
Taille	10,437 (0,450)	7,082 (0,189)	-3,354 (0,440)	0,000 ***
Age	43,361 (1,485)	42,574 (0,958)	-0,787 (1,731)	0,650

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : donnée issue de l'enquête PRODAM, 2016.

1.2 Analyse des caractéristiques socioéconomiques des riziculteurs

La description des caractéristiques socioéconomiques des riziculteurs du Dièri du Ferlo et Walo renseigne sur les différentes activités économiques ainsi que leur dynamisme social.

De prime abord le tableau n° 2 décrit la présentation de quelques caractéristiques socioéconomiques des producteurs rizicoles en mettant l'accent sur le niveau d'éducation, les activités principales, la catégorie sociale, les activités secondaires et le contact avec une organisation paysanne. Il ressort en moyenne que 82% des producteurs adoptants et 72% des non adoptants sont analphabètes. Autrement dit qu'ils ne savent ni lire ni écrire. De même ce test montre une différence statistique significative au seuil de 1%. Au niveau primaire le taux est estimé à 2% et 0% pour le collège et le lycée pour les adoptants et 15% et 1,9% des non adoptants. Ce qui permet de dire donc plus ils sont alphabétisés en français moins ils adoptent comme la confirme Fall (2005) : la variable éducation réduit le sens d'adopter ces technologies, que les jeunes producteurs de la vallée du fleuve Sénégal, d'un niveau d'instruction plus élevé, sont ouverts aux innovations technologiques mais restent très critiques. Pour la situation sociale des ménages seuls 8% des riches adopte le SRI contre 12% de non adoptants. En moyenne 4,2% d'adoptant et 0,6% de non adoptant sont alphabétisés en langue peul et le résultat montre une significativité au seuil de 10%. Pour les activités principales, les résultats nous montrent que 43% des ménages pratiquant l'agriculture comme activité principale ont adopté le SRI contre 51% non adoptant. S'agissant des ménages sans activité secondaire 46% ont en moyenne pratiqué le SRI contre 34% non pratiquants. Selon que le ménage pratique une activité secondaire à une significativité au seuil de 5%, ainsi 4% des ménages qui ont comme activité secondaire élevage adopte le SRI contre 0,6% de non adoptant. L'origine de l'activité secondaire n'a de significativité que s'il provient de Yajende et révèle que 2,8% pratique le SRI. L'analyse révèle aussi avec une significativité globale qu'en moyenne 78% des adoptants appartiennent à une organisation paysanne et que 55% des non adoptants ne sont pas adhérents à une organisation paysanne.

Tableau 2:Caractéristique socioéconomiques des adoptants et des non adoptants

Caractéristiques	Adoptants	Non Adoptants	Différences de Test	Probabilité
Nombres d'Observations	89	247		
Riche(en %)	8 (0,029)	12 (0,024)	4 (0,040)	0,319
Activités principales				
Agriculture(en %)	43 (0,059)	51 (0,040)	7,9 (0,071)	0,269
Ménagère(en %)	30,5 (0,055)	21,3 (0,033)	-9,3 (0,061)	0,131
Activités secondaires				
Agriculture(en %)	12,5 (0,039)	21,3 (0,033)	8,8 (0,055)	0,113
Aucune activité(en %)	45,9 (0,058)	33,8 (0,032)	-12,1 (0,065)	0,062*
Elevage (en %)	4,2 (0,024)	0,6 (0,006)	-3,5 (0,019)	0,061 *
Origine de l'activité				
PRODAM (en %)	2,8 (0,019)	1,3 (0,009)	-1,5 (0,019)	0,430
Yajende (en %)	2,8 (0,019)	0 (0,000)	-2,8 (0,013)	0,037 **
Proportion en contact avec une institution				
Organisation Paysanne (en %)	77,9 (0,045)	55,2 (0,037)	-22,7 (0,062)	0,000 ***

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : donnée issue de l'enquête PRODAM, 2016

Tableau 3: Caractéristiques socio-économique

Caractéristiques	Adoptants	Non Adoptants	Différences de Test	Probabilité
Niveau d'éducation				
Aucun niveau	81,9 (0,046)	71,6 (0,036)	10,3 (0,062)	0,096 *
Primaire	0,028 (0,019)	0,097 (0,024)	0,069 (0,037)	0,066 *
Lycée	0 (0 ,000)	1,9 (0,011)	1,9 (0,016)	0,237
Alphabétisé en pulaar	4,2 (0,024)	0,6 (0,006)	-3,5 (0,019)	0,061*

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : donnée issue de l'enquête PRODAM, 2016.

2. Analyse économétriques des résultats de l'impact

2.1 Estimation des déterminants du traitement

Le tableau n° 4 montre les facteurs qui expliquent le traitement. Les résultats indiquent que le modèle est globalement significatif au seuil de 1% et les variables retenus peuvent expliquer le choix d'adopter le SRI. Les variables tels que la taille du ménage, la main d'œuvre le niveau d'instruction, le fait d'appartenir à une organisation paysanne sont globalement significatives au seuil de 1%. Les coefficients taille du ménage et main-d'œuvre sont positifs Selon Ouédraogo et Dakouo ((2017), les grandes familles disposent plus de main-d'œuvre pour la conduite de l'agriculture qui favorise généralement l'adoption des nouvelles technologies. Le fait d'appartenir à une organisation paysanne facilite l'accès aux matériels et aux subventions. Le fait que de le ménages ait connaissance du SRI peut favoriser son adoption d'où la significativité de la variable information. Les variables homme et riche bien que prise dans le modèle n'ont aucune significativité. Le PRODAM cible les femmes, ce qui peut expliquer la non significativité des hommes.

Tableau 4: Estimation des variables qui déterminent le traitement

Probit regression						Number
						of obs = 280
						LR chi2(8) = 59.83
						Prob > chi2 = 0.0000
Log likelihood = -129.69915						Pseudo R2 = 0.1874
Traitement	Coef.	Std.Err.	Z	P>z	[95%Conf.	Interval]
Homme	0,091	0,571	0,160	0,874	-1,029	1,211
Taille	0,131	0,028	4,590	0,000***	0,075	0,186
Riche	-0,289	0,290	-1,000	0,318	-0,857	0,278
analphabète	0,435	0,240	1,810	0,070*	-0,035	0,906
Main d'oeuvre	0,856	0,198	4,320	0,000***	0,467	1,244
Experiance	0,123	0,342	0,360	0,719	-0,548	0,794
Information	-0,565	0,268	-2,110	0,035**	-1,090	-0,040
Organization paysanne	0,408	0,212	1,930	0,054*	-0,007	0,824
_cons	-2,723	0,493	-5,520	0,000***	-3,689	-1,757

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : donnée issue de l'enquête PRODAM, 2016

1.3 Estimation des déterminants de l'instrument

Le tableau n°5 nous renseigne sur les résultats de l'estimation du modèle d'exposition et la probabilité d'avoir accès à la formation sur le SRI. L'estimation économétrique montre que le modèle est bien spécifié et globalement significatif au seuil de 1%.

Le fait d'appartenir à une OP, la taille du ménage favorisent l'accès à la formation. Les variables appartenir à une organisation paysanne, taille, aucun niveau sont positives et significatives au seuil de 1%. Cela montre qu'elles expliquent l'accès à la formation. En effet le fait d'appartenir à une organisation paysanne augmente la probabilité de bénéficier d'une formation car le

PRODAM cible les OP. La taille du ménage aussi augmente la probabilité qu'au moins un membre du ménage ait accès à la formation.

Tableau 5: estimation des variables qui déterminent l'instrument

Probit regression					nombre d'observation=284
Prob > chi2 = 0.0000					LR chi2(4) = 57.67
					Pseudo R2 = 0.2459
					Log likelihood = -88.404912
z	Coef.	Std.Err.	Z	P>z	[95%Conf. Interval]
Appartenir à un OP	0,579	0,227	2,550	0.011**	0,134 1,024
Taille	0,131	0,047	2,790	0.005**	0,039 0,222
Main d'oeuvre	0,544	0,275	1,980	0.048**	0,005 1,084
Analphabète	0,991	0,224	4,420	0.000***	0,551 1,430
_cons	-1,009	0,366	-2,760	0.006**	-1,726 -0,293

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : donnée issue de l'enquête PRODAM, 2016

1.4 Impact de l'adoption du SRI sur le rendement

Le tableau n° 6 présente les résultats de l'impact de l'adoption du SRI sur le rendement. Il montre un impact positif et globalement significatif au seuil de 1% entre adoptants et non adoptants. Les estimations du LATE dans la sous-population des obéissants donnent un rendement moyen de 3,440 tonnes par hectare. Ce résultat est supérieur à celui Haougui A. et al. (2015) qui déclarent que sur le périmètre irrigué, il ressort une différence moyenne de 1,9 t/ha mais proche de celui trouvé par BAGAYOKO. Il affirme que les rendements varient de 2,3 à 8 t/ha avec l'adoption du SRI. Ce résultat s'explique par le fait que chacune des composantes du SRI participe à une amélioration du rendement.

Tableau 6:impact du SRI sur le rendement des riziculteurs

LATE parametric (nl) estimation of population parameters					
				Number of obs:	N = 281
				Number of treated:	N1 = 73
				Number obs with inst=1:	Nz1 = 240
rendement	Paramet er	Std.Err.	Z	P>z	[95%Conf. Interval]
LARF / late	3439,564	228,940	15,020	0,000***	2990,850 3888,277
Diffmo	1818,332	240,111	7,570	0,000***	1347,723 2288,942
mo_N1	3373,824	203,465	16,580	0,000***	2975,039 3772,609
mo_N0	1555,491	127,496	12,200	0,000***	1305,604 1805,379

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : donnée issue de l'enquête PRODAM, 2016.

Bien que globalement significatif avec au seuil de 1% l'impact partiel de chacune des trois composantes du SRI comme indique dans les tableaux ci-dessous révèle un résultat significatif positif.

La hausse du rendement illustre par le tableau n°7 est due par le fait que l'écartement donne aux plantes des racines et plus de place pour se développer et se répandre, acquérir plus de nutriments et de lumière du soleil. Il permet en outre à la plante de se développer car n'étant pas en concurrence avec les autres comme dans le cas conventionnel ou les plantes sont serrées (Chateau R. ,1957).

Le résultat positif et significatif du tableau n°9 d'un rendement de 2,564 tonnes par hectare illustre l'intérêt et l'apport que le désherbage a sur le rendement. Les mauvaises herbes que l'on enlève permettent à la plante de se développer très vite .en plus avec le SRI l'herbe que l'on enlève reste sur le sol et devient de l'engrais organique participant ainsi à une bonne expression du potentiel génétique du riz.

Le tableau n°9 présente les résultats de l'impact de l'adoption de la composante gestion de l'eau du SRI sur le rendement. Il montre un impact positif et globalement significatif au seuil

de 1% entre adoptants et non adoptants. Les estimations du LATE dans la sous population des compliers donnent un rendement moyen de 2,490 tonnes par hectare.

En SRI, l'alternance assèchement / irrigation peut favoriser la croissance du riz puisque la plante aura accès aux deux sources d'azote contenu dans l'eau et dans le sol pour son alimentation (Scheiders et Scherer, 1998). Ceci expliquera probablement les accroissements de rendements observés dans le tableau. Selon Schneiders et Scherer (1998) et Kronzucker *et al.* (1999), près de 40 à 60 % de N apporté au riz inondé peut être perdu, soit par volatilisation, soit par lixiviation ou par dénitrification.

M. BAGAYOKO et al. Montrent que dans le kourouma au Niger des rendements aussi faibles ont été enregistrés car les sols étant inondés tout le temps (2 - 3 t /ha). Cela renvoie à une mauvaise gestion de l'eau et montre l'inhibition que cela fait du riz et en ce sens justifie l'impact favorable de l'intermittence. Alors le riz inondé tout temps ne peut exprimer son potentiel génétique.

Tableau 7: impact du principe repiquage sur le rendement des riziculteurs

LATE parametric (nl) estimation of population parameters					
				Number of obs:	N = 281
				Number of treated:	N1 = 92
				Number obs with inst=1:	Nz1 = 240
rendement	Paramet er	Std.Err.	Z	P>z	[95%Conf. Interval]
LARF / late	2959,795	230,809	12,820	0,000	2507,418 3412,171
Diffmo	1346,926	246,392	5,470	0,000	864,006 1829,845
mo_N1	2946,228	208,590	14,120	0,000	2537,400 3355,057
mo_N0	1599,303	131,146	12,190	0,000	1342,260 1856,345

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : données issues de l'enquête PRODAM, 2016

Tableau 8: impact du principe désherbage sur le rendement des riziculteurs

LATE parametric (nl) estimation of population parameters					
				Number of obs:	N = 281
				Number of treated:	N1 = 199
				Number obs with inst=1:	Nz1 = 240
rendement	coefficients	Ecart- type	Z	P>z	[95%Conf. Interval]
LARF / LATE	2564,296	150,691	17,020	0,000***	2268,948 2859,645
Diffmo	1570,636	225,198	6,970	0,000***	1129,256 2012,016
mo_N1	2482,157	136,298	18,210	0,000***	2215,017 2749,297
mo_N0	911,521	179,268	5,080	0,000***	560,163 1262,880

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : données issues de l'enquête PRODAM, 2016

Tableau 9: impact de la gestion de l'eau sur le rendement des riziculteurs

LATE parametric (nl) estimation of population parameters					
		Number of obs:		N = 281	
		Number of treated:		N1 = 188	
		Number obs with inst=1:		Nz1 = 240	
Rendement	Coefficient s	Ecart type	Z	P>z	[95%Conf. Interval]
LARF / LATE	2490,378	154,475	16,120	0,000***	2187,614 2793,142
Diffmo	1200,639	232,651	5,160	0,000***	744,652 1656,626
mo_N1	2431,645	141,167	1,230	0,000***	215,963 2708,326
mo_N0	1231,006	184,928	6,660	0,000***	868,554 1593,458

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%.

Source : données issues de l'enquête PRODAM, 2016

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION

Le but de ce travail était de montrer l'impact du SRI sur les rendements des riziculteurs de la région de Matam. Pour atteindre l'objectif visé nous nous sommes appuyés sur la base de l'enquête réalisée par PRODAM II. Dans la présente étude, l'impact a été mesuré par variable instrumentale afin de régler le problème d'endogénéité dû aux caractéristiques inobservables.

Les résultats montrent d'une manière globale que l'adoption du SRI augmente le rendement des riziculteurs de 3,440t/ha. Ceci vient confirmer nos hypothèses. Ce résultat est en phase avec plusieurs études comme celle de BAGAYOKO qui affirme que les rendements varient de 2,3 à 8 t/ha avec l'adoption du SRI.

Même si le Système de Riziculture Intensive fait encore l'objet d'après discussions entre experts, il a montré une réelle efficacité concrète, confirmée par de nombreux praticiens de terrains. Il se diffuse d'ailleurs actuellement dans de nombreux pays de tradition rizicole (Chine, Sri-Lanka, Bangladesh, Inde, Thaïlande, Cambodge...), et paraît rencontrer une adhésion importante de la part des riziculteurs.

Ainsi, pour atteindre les performances escomptées avec le SRI à savoir l'autosuffisance en riz et voire même exporter il faut :

- Promouvoir une diffusion plus large du SRI
- Relever les barrières qui gangrènent l'adoption surtout au niveau de la gestion de l'eau
- Faciliter l'accès à la formation en un sens où les principes du SRI sont très complexe

BIBLIOGRAPHIE

Aminou, A. et Diagne, A. (2013). Impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles: une étude de cas du Bénin, 17p.

ANSD (2013). Politique Agricole, Productivité et Croissance à Long Terme au Sénégal. Direction de la prévision et des études économiques. Rapport, 67p.

as affected by redox potential. European Journal of Agronomy (8) 181 – 189p.

Bagayoko M. et Traore G. (sd). Variabilité spatiale des rendements du riz en système de riziculture intensive en zone office du Niger au Mali, 11 p.

Bagayoko M. et Traore G. (sd). *Photosynthesis and transpiration rates of rice cultivated under the system of rice intensification and the effects on growth and yield*, 11p.

Baker, J. L. (2000). Evaluation de l'impact des projets de développement sur la pauvreté : Manuel à l'attention des praticiens ; Washinton, 208p.

Basse, B.W. (2016). Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz SAHEL sur le rendement et le revenu global des riziculteurs au Sénégal : approche de l'effet marginal de traitement. *Science et technique, Sciences naturelles et agronomie*. Spécial hors-série (2), décembre, 41p.

Bauer, J. M. et Mendez Del Villar, P. (2013). Le riz en Afrique de l'Ouest : dynamiques, politiques et perspectives. *Cah Agric*, vol. 22, (5). Septembre-Octobre, 336-344p.

Biksham, G. et Thiyagarajan, T. M. (2009). Variabilité spatiale des rendements du riz en système de riziculture intensive en zone office du Niger au mali, 24p.

Bruno, C. (sd). *Impacts of natural resource management technologies on agricultural yield and household income: the system of rice intensification in Timor leste*, 49p.

Chantal, B.P. (1987). Systèmes de production paysans et modèle rizicole intensif : deux systèmes en décalage l'exemple des riziculteurs de la SOMALAC sur les hautes terres centrales de Madagascar, 25p.

Chantal, B.P. (2013). *The system of rice intensification: new hope for Indian food security?* , 25p.

Château, R. (1957). Le désherbage en riziculture. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, 490-526, novembre, 38p.

Christine, M. et Barrett, B. (2005). Le système de riziculture intensif : Situation actuelle et perspectives d'avenir, 6p.

Diagne, A. (2011). Quelles perspectives pour un marché régional du riz ? Vers une politique commerciale régionale conforme aux objectifs de développement et de sécurité alimentaire, 31p.

Dieye P. N. et Fall A. A. (2005). Impact des cours mondiaux du riz sur la sécurité alimentaire au Sénégal, *ISRA*, ISSN 0850-0711, vol 6, 26p.

Dobermann, A. (2004). *A critical assessment of the system of rice intensification. Agricultural systems* (79), 261–281p.

Doumbia, J. et Depieu, J. A. B. (2013). Perception paysanne du changement climatique et Fougère, D. (2010). Les méthodes économétriques d'évaluation, 29p.

Hidayati, T. et al. (2016). *Impact of technology innovation on rice yield gap in Asia and West Africa: technology transfer issues*, 6 p.

Husson, O., Castella J. C et al. (2004). Diagnostic agronomique des facteurs limitant le rendement du riz pluvial de montagne dans le nord du Vietnam. *Cahiers Agricultures* (13) : 421 – 428p.

IPAR, (2007). Implications structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural au Sénégal, 224p.

Jean-Treyer, O. et al. (2007). Une deuxième chance pour le système de riziculture intensive à Madagascar, dans : Colloque Scientifique Dynamiques rurales à Madagascar : perspectives sociales, économiques et démographiques, Antananarivo, 23 - 24 avril.

Kaly, E. (2016). Évaluation du modèle AquaCrop de la FAO en riziculture irriguée dans le Delta du Fleuve Sénégal, 16p.

Ly, P. et al. (2012). *The system of rice intensification: adapted practices, reported outcomes and their relevance in Cambodia. Agricultural systems assessment of system of rice intensification and conventional practices under organic and inorganic management in japan*, (113) 16-27p.

Martin, N. (2013). *Perceptions of farmers about adoption of system of rice intensification*, 6p.

Naiyar, A. et Tajwar, I. (2006). *Intensive rice farming in Madagascar h. de laulanié*, 5p.

Nakano, Y., Tanaka, Y. et Otsuka, K. (2014). *To What Extent Do Improved Practices Increase Productivity of Small-Scale Rice Cultivation in A Rain-fed Area? : Evidence from Tanzania.* National Graduate Institute for Policy Studies, 14-21p.

Ndiaye, A. (2013). *L'agriculture Sénégalaise de 1958 à 2012 : analyse et prospective.* Harmattan, Décembre, 226p.

Oladele, O.I et Sakagami J-I. (sd). *Impact of Technology Innovation on Rice Yield Gap in Asia and West Africa: Technology Transfer Issues.* Humboldt-Universitat zu, Berlin, Octobre, 5-7p.

Oladele, O.I et Sakagami, J-I. (sd). *Performance of SRI Principles on growth, yield and profitability of rice oryza sativa l,* 7p.

ONRS, (2004). Étude bibliographique sur la filière riz au Sénégal, 71p.

Ouédraogo, M. et Dakouo, D. (2017). Evaluation de l'adoption des variétés de riz NERICA dans l'Ouest du Burkina Faso. *African Journal of Agriculture and Resource Economics.* Vol 12 (1), March, 1-16p.

Reboul, C. (1977). Economie marchande et systèmes de culture dans les campagnes sénégalaises, *Revue Tiers Monde.* (72), 779-796p.

Rosenbaum, P. R. et Rubin, D. B. (1983). *the central role of the propensity score in observational studies for causal effects.* *Biometrika,* 70 (1), 41-55p.

Rubin, D. B. (1977). *Assignment to treatment on the basis of a covariate.* *Journal of Educational Statistics,* 1-26p.

SAED, (2001). Intensification de la Riziculture Irriguée dans la Vallée du Fleuve Sénégal : acquis et perspectives, 23p.

SAED, (2014). Productivité du riz dans les aménagements hydro-agricole de la vallée du fleuve, rapport final Mars, 128p.

Schneiders, M. et Scherer, H.W. (1998). *Fixation and release of ammonium in flooded rice soils*

Siddiq, E.A, Rao, K.V.et Prasad, A.S.R. (2001). *Yield and factor productivity trends in intensive rice production systems in India: a case study.* Directorate of Rice Research, Rajendranagar, Hyderabad, India.17-35p.

Stratégies d'adaptation en riziculture pluviale, 10p.

WARDA, (1986). *An overview of rice related policies and developments in Nigeria. Occasional paper (10). November* WARDA (2002), *West Africa Rice Development Association. Annual Report. Bouake Cote d' Ivoire, 84p.*

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	iv
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE ET EMPIRIQUE.....	5
1. Définition des concepts	5
1.1. Impact.....	5
1.2. Système de Riziculture	5
1.3. Système de riziculture intensive(SRI)	6
1.4. Rendement.....	6
2. Revue de la littérature	6
2.1. Les performances du système de riziculture intensive	6
2.2. Les déterminants de l'adoption du SRI.....	8
2.3. Les Déterminants du rendement en riziculture	9
CHAPITRE 2 : CARACTERISATION DE LA FILIERE RIZICOLE	11
1. Situation de la filière rizicole	11
1.1 La production de riz dans le monde	11
1.2 La production du riz au Sénégal.....	13
1.3 Les contraintes de la riziculture au Sénégal	14
1.4 Les systèmes de production au Sénégal.....	15
2. Le système de riziculture intensive	17
2.1 Présentation du système de riziculture intensive (SRI).....	17
2.2 Les principes du SRI	17
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE D'EVALUATION D'IMPACT	19
1. Source des données et techniques d'échantillonnage.....	20
2. Approche d'évaluation d'impact	21

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	27
1. Analyse descriptive des résultats des riziculteurs	27
1.1 Caractéristiques sociodémographiques des riziculteurs.....	27
1.2 Analyse des caractéristiques socioéconomiques des riziculteurs.....	29
2. Analyse économétriques des résultats de l'impact.....	31
2.1 Estimation des déterminants du traitement.....	31
2.2 Estimation des déterminants de l'instrument.....	32
2.3 Impact de l'adoption du SRI sur le rendement.....	33
CONCLUSION GENERALE	38
BIBLIOGRAPHIE	39
RESUME.....	45
ABSTRACT	45

RESUME

L'objectif de cette recherche est de montrer l'impact du SRI sur le rendement des riziculteurs de la région de Matam. Les données issues de l'enquête PRODAM II ont été utilisées. L'impact a été mesuré par variable instrumentale afin de régler le problème d'endogénéité dû aux caractéristiques inobservables.

Les résultats de l'étude montrent un impact globalement significatif de 3,440t/ha au seuil de 1%. Il en résulte aussi un impact partiel au seuil de 1% de 2,496t/ha pour le principe de gestion de l'eau, de 1,353t/ha pour le repiquage et 2,260t/ha pour le désherbage.

Mots clés : impact, rendement, SRI, Variable Instrumentale.

ABSTRACT

The aims of this study is to reveal the impact of the SRI on the farmer yield in the region of Matam. To do this the PRODAM II data were used in to measure this impact and the instrumental variable methodology were also use for obtain and to resolve the problem of endogenous but also the non-observable characteristics.

The result show that the SRI has an impact significant and positive of 3.44t/hctr in the yield the rice farmer in Matam.

It result also a partial impact of 2.49t/hctr for the water, an impact of 2.960 for the transplantation and an impact of 2.564t/hctr for weeding.

Key words: impact, yield, SRI, instrumental variable.