

République du Sénégal
Un Peuple – Un But – Une Foi



Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
Université Assane Seck Ziguinchor



Ufr : Sciences Economiques et Sociales

Filière: Economie Gestion

Master: Finance et Développement

Spécialité: Evaluation d'Impact des Politiques de Développement

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Economiques

Sujet : Impact de l'adoption des Bonnes Pratiques Agricoles sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal

Présenté par **Mouhamadou Lamine NDIAYE**

Sous la Direction du Dr **Blaise Waly BASSE**

Composition du jury

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------|
| Pr Abdou Aziz NIANG | Maître 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 |

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

Année universitaire 2018/2019

Dédicaces

A mes très chers parents, Ouleymatou Ndiaye et El hadji Modou, qui ont toujours été là pour moi. Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier.

A mes sœurs, frères et leurs enfants.

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon Directeur de mémoire Monsieur Blaise Waly BASSE. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Mes remerciements vont également à l'endroit Monsieur Alphonse SAMBOU et à Monsieur Jonas Bertin MALOU, pour la gentillesse, la disponibilité et le soutien qu'ils ont manifestés à mon égard.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie mes parents, mes sœurs et mes frères qui ont toujours été là pour moi et pour leur encouragement. Je tiens à remercier très spécialement mon tuteur, Monsieur Moussa FALL pour sa compréhension et son soutien inconditionnel.

Je remercie, enfin tous mes amis que j'aime tant: Papa Sarr, à qui je dois une sincère amitié et confiance, Gallas, Thier, Mbaye, Aida Ndiaye, Mbaye Diomiss MKM, Badou Touré ... pour la reconnaissance et l'attachement.

Je passe ensuite un salut particulier à tous les étudiants que j'ai eus le plaisir de côtoyer durant ces années au sein de l'Université Assane Seck de Ziguinchor.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Sommaire

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Dédicaces | i |
| Remerciements | ii |
| Sommaire | iii |
| Liste des tableaux | iv |
| Liste des figures | iv |
| Sigles et acronymes | iv |
| INTRODUCTION GENERALE..... | - 6 - |
| Chapitre 1 : CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE..... | - 11 - |
| 1.1. Cadre conceptuel | - 11 - |
| 1.2. Revue de la littérature..... | - 12 - |
| Chapitre 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE ET FAITS SYLISES | - 21 - |
| 2.1. Présentation de la Vallée du Fleuve Sénégal | - 21 - |
| 2.2. Evolution de la production face aux importations de riz au Sénégal | - 25 - |
| Chapitre 3 : METHODOLOGIE D’EVALUATION D’IMPACT..... | - 27 - |
| 3.1. Source de données et technique d’échantillonnage..... | - 27 - |
| 3.2. Le principe d’évaluation d’impact | - 28 - |
| 3.3. Méthode d’Évaluation | - 28 - |
| 3.4. Le principe de la VI..... | - 31 - |
| 3.5. Les limites de la VI | - 34 - |
| 3.6. Description des variables du modèle..... | - 35 - |
| Chapitre 4 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS | - 37 - |
| 4.1. Analyse descriptive des enquêtés | - 37 - |
| 4.2. Facteurs déterminants l’adoption aux BPA dans la Vallée | - 39 - |
| 4.3. Facteurs déterminants la variable d’instrument d’adoption | - 41 - |
| 4.4. Impact des BPA sur le rendement | - 42 - |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS | - 43 - |
| Bibliographie..... | - 45 - |
| Table des matières | - 49 - |
| Résumé..... | - 51 - |
| Abstract | - 51 - |

Liste des tableaux

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tableau 1: Répartition géographique du bassin du fleuve Sénégal | -- 21 - |
| Tableau 2: La population des trois régions drainées par le fleuve Sénégal estimée en 2013..... | - 23 - |
| Tableau 3: Caractéristiques sociodémographiques des riziculteurs l'adoption des BPA .. | - 37 - |
| Tableau 4: Caractéristiques socioéconomiques des riziculteurs selon l'adoption des BPA.. | - 39 - |
| - | |
| Tableau 5: Résultats de la régression Probit de l'adoption aux BPA | - 40 - |
| Tableau 6: Résultats de la régression Probit de l'instrument..... | - 42 - |
| Tableau 7: Résultats d'estimation du modèle d'impact de l'adoption des BPA sur le rendement (LARF) | - 43 - |

Liste des figures

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figure 1: Carte de la rive gauche de la Vallée du Fleuve Sénégal..... | - 22 - |
| Figure 2: Evolution de la production et de la demande de riz (en tonnes) au Sénégal de 2010 à 2017 | - 26 - |

Sigles et acronymes

| | |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ANSD | Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie |
| BPA | Bonnes Pratiques Agricoles |
| ECOWAP | Politique Agricole de la Communauté Economique des États de l’Afrique de l’Ouest |
| F CFA | Franc de la Communauté Financière d’Afrique |
| FAO | Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture |
| GES | Gaz à Effet de Serre |
| IPAR | Initiative Prospective Agricole et Rurale |
| ISRA | Institut Sénégalais de Recherches Agricoles |
| JICA | Agence Japonaise de Coopération Internationale |
| MAE | Ministère de l’Agriculture et de l’Elevage |
| MAER | Ministère de l’Agriculture et de l’Équipement Rural |
| MEDD | Ministère de l’Environnement et du Développement Durable |
| OMVS | Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal |
| ONU | Organisation des Nations Unies |
| OP | Organisation Paysanne |
| PDMAS | Programme de Développement des Marchés Agricoles |
| PIB | Produit Intérieur Brut |
| RGPHAE | Recensement Général de la Population et de l’Habitat, de l’Agriculture et de l’Elevage |
| SAED | Société d’Aménagement et d’Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé |
| SENELEC | Société Nationale d’Electricité du Sénégal |
| VFS | Vallée du Fleuve Sénégal |

INTRODUCTION GENERALE

- Contexte

La demande mondiale des produits alimentaires augmente considérablement sous l'impulsion de la croissance démographique mondiale. La population mondiale qui a presque doublé au cours des cinquante dernières années, devrait atteindre neuf milliards d'individus d'ici à 2050¹. Le Sénégal suit ce rythme d'accroissement démographique avec un taux de 2,5% (RGPHAE, 2013). L'accroissement démographique et l'urbanisation croissante ont augmenté les besoins de consommation. Faisant du Sénégal l'un des plus grands consommateurs de riz en Afrique subsaharienne. Ce produit est très prisé par les Sénégalais. Cette céréale occupe une place importante dans les habitudes culinaires des Sénégalais. Le riz au poisson ou *thièbou-djene* est le plat national du pays. Certes les recettes peuvent varier mais auront presque toutes un dénominateur commun : le riz. En effet cette prédominance de la consommation du riz se traduit par une consommation moyenne annuelle par tête au niveau national de 78,1 kg², amenant ainsi le pays à recourir à des importations massives.

La production nationale est estimée au maximum à 600 000 tonnes par an. Ceci est loin de couvrir la demande intérieure qui est satisfaite au prix d'une importation annuelle de l'ordre de 850 000 à 1 000 000 tonnes (MAE, 2015). Selon l'Ansd, en 2018, le riz, à lui seul, est responsable pour 16% du déficit de la balance commerciale et ce phénomène a tendance à s'amplifier dans le temps car la consommation nationale croît plus vite que la production. Le volume des importations varie selon le niveau production locale. Ainsi une hausse des importations peut être le résultat de l'échec de la campagne rizicole d'une saison.

Ainsi, la promotion de la riziculture locale pour satisfaire la demande nationale relève d'une option stratégique de l'Etat, soutenue par les potentialités exceptionnelles dont dispose le Sénégal en ressources naturelles (eau abondante, terres aptes à la riziculture, climat favorable autorisant deux cultures par an). Les politiques visant l'autosuffisance mises en œuvre par les différents gouvernements se sont toutes montrées jusque-là inefficaces même si leurs efforts restent salutaires.

¹ C'est ce que révèle le Rapport intitulé *Perspectives de la population mondiale : la révision de 2017*, publié par le Département des affaires économiques et sociales de l'ONU le 21 Juin 2017.

² Selon les résultats de l'étude sur la consommation des céréales de base au Sénégal, réalisé par l'IPAR et publié le 6 juillet 2017.

D'après Miller et al. (2010), la plupart des pays en développement dépendent de leur secteur agricole pour booster leur croissance économique, assurer la sécurité alimentaire et ainsi réduire la pauvreté. D'ailleurs la croissance du PIB provenant de l'agriculture est deux fois plus efficace pour réduire la pauvreté que la croissance du PIB associée aux secteurs non agricoles. L'agriculture dans les pays en développement génère en moyenne 29% du PIB et emploie 65% de la main-d'œuvre (Banque mondiale, 2008) d'où son importance au sein de ces pays. Le secteur joue un rôle primordial dans l'organisation socio-économique des Sénégalais. Ainsi deux types de riziculture sont observés au Sénégal : une riziculture traditionnelle ou pluviale de bas-fonds ou de plateau et une riziculture irriguée « qui pose moins de problème » dans la Vallée du Fleuve Sénégal.

Cette structuration de l'agriculture notamment celle du riz avec tous les problèmes qu'elle connaît, en rapport avec l'immensité des besoins des producteurs, est fortement questionnée et mérite des réflexions. Ceci suscite des débats dans l'atteinte de l'autosuffisance en riz qui constitue un grand pas vers l'autonomie alimentaire du Sénégal en céréales. La vallée du fleuve Sénégal est au centre de la production de riz, elle assure presque 70% de la production de riz local du fait qu'elle est mieux équipée en infrastructures que les autres zones (SAED, 2014). C'est dans ce contexte qu'il est nécessaire aujourd'hui d'améliorer la production et la productivité de cette céréale qui présente des qualités nutritionnelles et d'importants avantages agronomiques (Vodouhe et al, 2003 ; Dako, 2003 ; Vall, 2011 cités par Gueye, 2016).

- **Problématique**

Le Sénégal compte 3,8 millions d'hectares de terres cultivables (20% de la surface du pays), dont 2,5 millions d'hectares mis en culture³. La riziculture irriguée, au Sénégal, est principalement pratiquée dans la Vallée du Fleuve Sénégal, qui est une zone agro-écologique⁴ regorgeant d'énormes potentialités notamment en ressources humaines et naturelles (eau, terre, climat, etc.). La péjoration du climat et les modifications de l'écologie par le contrôle des crues,

³ CSAO-CILSS, 2008. Profil sécurité alimentaire au Sénégal, CSAO, 32 p.

⁴ Une zone agro-écologique est une portion d'espace, spécifiée et délimitée par son contenu, c'est-à-dire sur la base de caractéristiques physiques (nature du sol, climat, relief) et humaines (population dominante) plus ou moins spécifiques qui les distinguent les uns par rapport aux autres. Au Sénégal on a généralement sept zones agro-écologiques à savoir : la vallée fleuve du Sénégal ; les Niayes ; le Nord Bassin arachidier ; le Sud Bassin arachidier ; la Zone sylvopastorale ; le Sénégal Oriental et la Haute Casamance ; et la Basse et Moyenne Casamance.

les types de sols argileux et salés pour la majorité de la zone ont réduit progressivement les cultures pluviales et de décrue. Ceci a induit le recentrage des activités principa

lement sur la riziculture irriguée. Le Barrage de *Diama* et ses ouvrages connexes (digues) ont transformé le fonctionnement de l'irrigation dans la VFS, en éliminant les voies d'écoulement transversal et en créant une réserve d'eau permanente. L'eau du fleuve permet l'irrigation mais également de sécuriser les cultures vivrières. Ainsi, l'agriculture se revêt d'une nouvelle donne pour essayer de pallier aux différents phénomènes désastreux qui guettent le monde en vue de réduire la famine et d'améliorer les conditions de vie des populations.

Toutefois, le développement de la riziculture dans la Vallée implique des innovations en matière d'irrigation que ce soit en termes d'aménagements des infrastructures qui sont coûteux, nécessitant des entretiens de manière régulière (réseaux de canaux, de vannes, de pompes, de diguettes) et en termes d'utilisation d'intrants de bonnes qualités, eux aussi coûteux au moment opportun (semences sélectionnées, engrais, herbicide, produits phytosanitaires, paiement des façons culturales motorisées et la redevance hydraulique car l'eau à la parcelle a un prix du fait des dépenses de gasoil ou d'électricité). Cela implique le passage d'une agriculture extensive (dépendante des conditions climatiques), à une agriculture intensive (grande consommatrice de travail et surtout de capital). Ainsi, afin de pouvoir réaliser cette intensification de la production rizicole, il convient de promouvoir une agriculture respectueuse visant à préserver l'eau, le sol, la biodiversité... qui va permettre aux producteurs de maximiser leurs rendements.

La dégradation des ressources en eau se manifeste notamment par l'intrusion marine. A cela s'ajoute la pollution des eaux douces souterraines par l'infiltration des eaux de ruissellement drainant des pesticides, des germes pathogènes provenant de mauvais systèmes d'assainissement. Les sols convenant à l'agriculture sont limités et sont estimés à 19% de la surface totale. Ils se dégradent sous l'effet conjugué de la sécheresse, de la diminution de la couverture forestière et de l'utilisation insuffisante ou inappropriée de fertilisants, ce qui engendre une forte réduction des rendements agricoles.

Les exigences de la Politique Agricole de la Communauté Economique des États de l'Afrique de l'Ouest de 2002 ont profondément modifié le soutien à l'agriculture (ECOWAP, 2008)⁵. Les

⁵ ECOWAP est le sigle utilisé dans toutes les langues officielles de la CEDEAO pour désigner la politique agricole de la Communauté Economique des États de l'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Cap-Vert, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Liberia, Mali, Niger, Nigeria, Sierra Leone, Sénégal et le Togo)

agriculteurs sont désormais tenus de respecter certaines normes environnementales de base pour pouvoir bénéficier des aides publiques. Il est évident que des mesures soient prises par les gouvernements compte tenu de la préoccupation générale que suscitent les aspects biologiques, écologiques, économiques et sociaux de la durabilité des systèmes actuels de production agricole. La technologie, l'innovation et la mécanisation ont permis d'obtenir d'énormes gains de productivité et d'efficacité mais à un coût certain pour l'environnement. Par ailleurs, la lutte pour la sécurité alimentaire avec des intrants et des technologies inadéquates dans les pays en développement épuise la base de ressources naturelles sans pour autant répondre aux besoins. En outre, la sécurité sanitaire des produits de l'agriculture et de l'élevage suscite des préoccupations grandissantes dans le monde entier (FAO, juin 2002). En adoptant ces techniques à côté d'un gouvernement qui doit assumer sa responsabilité dans la recherche agricole, les riziculteurs intègrent des systèmes de production agricole durables qui seront viables sur le plan social, rentables sur le plan économique et productifs tout en protégeant la santé et le bien-être des humains et des animaux et l'environnement.

La problématique de notre recherche est de savoir quel est l'effet causal de l'adoption des Bonnes Pratiques Agricoles sur les rendements rizicoles.

- **Objectif**

L'objectif de notre travail est de mesurer l'impact de l'adoption aux BPA sur les rendements des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal.

- **Hypothèse**

L'hypothèse à vérifier est : l'adoption aux BPA par les riziculteurs de la Vallée du Fleuve Sénégal, a un effet significatif et positif sur leur niveau de rendement.

- **Intérêt de la recherche**

Ce sujet nous intéresse dans le sens qu'il cadre avec notre formation acquise en sciences économique. Mais le thème peut présenter un bilan de l'adoption de ces systèmes de production biologiques et technologiques par certains agriculteurs en fournissant en même temps aux décideurs des informations précieuses sur l'incidence que ces systèmes peuvent avoir sur la riziculture. Le sujet présente également un intérêt particulier dans la mesure où il va permettre de connaître l'importance du poids du riz sur l'ensemble de l'économie du pays. Du fait de son importance, il peut servir d'outil d'aide à la prise de décision pour les décideurs dans l'orientation de leurs futures interventions.

- Organisation du document

En plus de l'introduction générale et de la conclusion qui comprend les implications politiques découlant de notre analyse, ce travail est subdivisé en quatre chapitres.

Le premier chapitre, après les définitions essentielles, aborde la revue de la littérature. Dans le chapitre 2, il est question de faire la présentation de la vallée du fleuve Sénégal et aussi voir l'état de la production et de la demande de riz dans le pays. Le troisième chapitre développe la méthodologie d'analyse d'impact et de modélisation. Cette partie comprend une discussion sur le choix des méthodes et outils. Elle présente également l'approche d'échantillonnage. Le chapitre 4 se propose d'identifier d'abord, les résultats des différentes statistiques descriptives des unités enquêtées ensuite d'estimer l'influence des variables sur le traitement et l'instrument et enfin d'évaluer l'impact des BPA sur le rendement rizicole.

Chapitre 1 : CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE

1.1. Cadre conceptuel

Dans le souci de mieux cerner notre thème, cette partie est consacrée aux définitions des notions-clés du sujet.

1.1.1. Riziculture irriguée

Le riz est une plante appartenant à la famille des Graminées et au genre *Oryzae*. La plante de riz se développe en trois phases (végétation, reproduction et maturation) avec différents stades de développement : phase végétative (germination, plantule, tallage) ; phase reproductive (initiation, paniculaire, montaison épiaison, floraison, laiteux) et phase de maturation (pâteux, maturité). Un système d'irrigation est composé d'un ensemble d'ouvrages hydrauliques qui jouent chacun un rôle déterminant dans la maîtrise de l'eau. L'irrigation est pratiquée lorsque les précipitations ne fournissent pas suffisamment d'humidité au sol, « l'irrigation se définit comme un apport d'eau artificiel réalisé sur un terrain cultivé pour entretenir la croissance des végétaux » FAO⁶.

1.1.2. Etude d'impact

Le mot impact a été utilisé par extension dans la langue anglaise pour désigner les retentissements (indirects ou non) d'un événement, d'un processus, d'une activité, d'une infrastructure sur l'environnement, la santé, l'économie, etc. D'une manière générale l'impact d'un projet, d'un programme ou d'une politique est l'ensemble des changements significatifs, durables, positifs ou négatifs, prévus ou imprévus sur les personnes, les groupes et leur environnement ayant un lien de causalité avec l'intervention.

1.1.3. Adoption

Rogers (2003) stipule que « l'adoption est une décision « d'utiliser de façon complète une innovation reconnue comme étant la meilleure voie d'actions disponible » et le rejet est la décision « de ne pas l'adopter ». Cette adoption n'est pas un événement ponctuel, elle est le fruit d'un long processus. L'adoption, selon Diagne et al. (2012) est un processus dont la proportion de la population qui a connaissance, accès aux technologies et qui l'adoptent. Ainsi, adopter une technologie agricole signifie qu'elle apporte quelque chose de plus que la pratique actuelle ; ce qui fait référence à la première caractéristique d'une innovation selon Rogers

⁶ FAO (1987) : Gestion des eaux d'irrigation : Manuels de formation N°1 : Introduction à l'irrigation 81p.

(1983) qui facilite son adoption : son avantage relatif. Ce principe d'avantage relatif stipule que la perception de l'adoptant est le facteur clé dans le processus d'adoption. Celui-ci devrait trouver que la technologie en question est « mieux » que la technique qu'il utilise. C'est cette perception qui le poussera à adopter.

1.1.4. Rendement

C'est le rapport entre la quantité de produits obtenus et une quantité donnée de facteurs de productions (Larousse, 2014). Autrement dit la production à l'hectare. Mais 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. Selon le lexique économique (12^e édition), l'augmentation de la productivité est toujours synonyme d'accroissement des rendements.

1.1.5. Bonnes Pratiques Agricoles

Le rendement agricole dépend de plusieurs paramètres parmi lesquels les bonnes pratiques culturales. Pour obtenir un bon rendement, il est important de mieux préparer le sol, repiquer des plants jeunes, réaliser une fertilisation équilibrée et efficace et une irrigation adaptée au besoin de la plante, etc. Les bonnes pratiques sont à la fois des pratiques techniques, économiques et sociales qui doivent couvrir toutes les étapes de la production et de la commercialisation. Elles doivent contribuer, non seulement à réaliser des bénéfices environnementaux pour la collectivité en termes de réduction de la pollution et d'améliorer la santé publique, mais aussi à réaliser des bénéfices économiques et financiers pour les agriculteurs afin d'augmenter leurs revenus et améliorer leurs conditions de vie et de travail. Nacro et al. (2010) les définissent quant à eux comme étant des pratiques permettant de satisfaire les besoins actuels, d'améliorer les moyens d'existence, tout en préservant l'environnement de façon durable.

1.2. Revue de la littérature

1.2.1. Impact des BPA sur les rendements agricoles

L'étude d'Audebert et Blavet (1992), dans une station expérimentale agronomique au Togo, révèle que les rendements totaux de cotonniers varient selon la répartition des paramètres édaphiques et que les caractéristiques physico-chimiques des sols, qui diffèrent fortement entre le haut et le bas de la parcelle, pourraient être une cause directe de ces variations de rendement. Les résultats de Nacro et al. (2010), également, montrent que les bonnes pratiques agricoles

permettent d'améliorer les teneurs des sols en matières organiques, en azote et en phosphore assimilable, qui constituent les facteurs les plus limitants pour la production agricole au Sahel, par rapport à la pratique paysanne. Nacro et al. (2010) trouvent aussi dans cette étude que le précédent cultural a un effet sur la santé des sols qui influence fortement sur les niveaux de rendements. La SAED (2009) recommande aux riziculteurs de la VFS les sols les plus imperméables possibles. C'est-à-dire les sols *Hollaldé* (très argileux) et *Faux Hollaldé* (argileux). Les sols *Fondé*, avec une bonne capacité de rétention en eau, peuvent également être utilisés.

Un système de drainage est nécessaire pour évacuer les excès d'eau à partir des parcelles irriguées. Cet excès d'eau peut avoir comme origine par exemple l'eau gaspillée lors de l'irrigation ou des eaux de ruissellement superficiel après une pluie (Gillet et al., 2010). Il peut aussi provenir des pertes par fuite ou infiltration du système de distribution. Gillet et al. (2010) obtiennent comme résultat, par comparaison, qu'en parcelle drainée, le rendement du blé est plus souvent compris entre 70 q et 85 q/ha contre 40 q à 70 q/ha en parcelle non drainée. Et sur 17 campagnes, le rendement moyen de blé est augmenté de 14 q/ha. Smedema et al (2000) explorent le rôle du drainage en tant qu'instrument de développement agricole. Ces auteurs ont distingué cinq avantages du drainage que sont : la production alimentaire, l'intensification et la diversification agricole, l'utilisation durable des sols irrigués, le développement rural et la protection de l'environnement. Selon eux le drainage est généralement motivé par le développement actuel de l'agriculture qui risquerait de stagner lorsque celui-ci n'est pas amélioré. Dans les pays en développement, terminent-ils le drainage y est souvent limité, tout ça à cause d'une insuffisance de politiques publiques de soutien, de cadres institutionnels et de cadres professionnels. Les conseils de la SAED aux riziculteurs de la VFS sont d'effectuer un drainage 24h avant l'application des désherbants chimiques, et 15 jours après floraison des plantes, effectuer un drainage définitif de la parcelle.

En riziculture, la date de semis et les variétés de semences sont des éléments très importants car elles restent très déterminantes sur les niveaux de rendements. Ningaraju et al. (2015) ont mené une expérience sur le terrain pendant les saisons des pluies de 2011, 2012 et 2013 en Inde, afin d'étudier l'effet des variétés et leurs différentes dates d'ensemencement sur la croissance et le rendement du riz. Les observations sur les paramètres de croissance, les rendements et les attributs de rendement ont été enregistrés et analysés statistiquement à un niveau de significativité de 5%. En effet le plus haut rendement en grains a été enregistré avec le riz semé

au 20 juillet par rapport au riz semé au 30 Juillet. Ningaraju et al. (2015) stipulent, en somme, que les rendements en riz différaient considérablement en raison des variétés et des dates différentes de semis. Dans le même sens, Ferrari et al. (2018) ont cherché à déterminer la date optimale de semis et les génotypes les plus productifs pour la production de riz. Les traitements comprenaient quatre génotypes de riz de montagne (ANA 5011, AN-Cambará, Moti-Amarelo et Moti-Branco) et quatre dates de semis (octobre, novembre, décembre et janvier) en 2011 et 2012. La signification des différences entre les variables mesurées ($P \leq 0,10$) a été déterminée par séparation moyenne à l'aide du test de moindre différence de Fisher (LSD). Les résultats de l'étude ont montré que le génotype ANA 5011 avait la maturité la plus précoce, tandis que les génotypes Moti avaient la maturité la plus tardive pour toutes les dates de semis. L'étude a révélé aussi que les semis de novembre et de décembre se sont avérés être les dates les plus appropriées pour la culture du riz pour tous les génotypes. Les auteurs retiennent au final que le génotype AN-Cambará présente le potentiel de rendement le plus élevé de la région parmi tous les génotypes étudiés dans la vallée de Ribeira, dans l'État de São Paulo, au Brésil. En Chine, Yi et al. (2010) ont constaté qu'avec le retard de la date de semis, les rendements en paddy des trois rizières ont toutes considérablement diminué, même si les diminutions ont varié. Ce qui est frappant après diagnostic de ces recherches c'est que la bonne date de semis et la bonne variété de riz peuvent changer en fonction de la zone de culture, d'Asie jusqu'en Afrique subsaharienne. C'est pourquoi au niveau de la vallée du fleuve Sénégal, la SAED après des expériences menées dans la zone, recommande le semis de l'hivernage entre le 01 Juillet et le 15 Août et les semis de la contre saison, entre le 15 Février et le 15 Mars. Quant aux variétés de riz adoptées par les riziculteurs, la société nationale cite le Sahel 108 (cycle court cultivable en 110 jours en hivernage et en 125 jours contre saison), le Jaya, le Sahel 201, le Sahel 202, le IR 1529 (cycle long cultivable entre 120 et 125 jours).

Selon Elisabeth Groulx-Tellier (2012), le semis direct est le mode de semis le plus économique car elle permet au producteur d'économiser du carburant en utilisant moins sa machinerie en plus de lui permettre d'effectuer des gains de temps importants. Les producteurs de grandes cultures sont ainsi séduits par cette méthode qui est peu onéreuse, facile à réaliser et qui a rapidement des effets positifs sur l'environnement. Ce constat d'Elisabeth Groulx-Tellier corrobore les résultats obtenus par Yi et al. (2010). Ils ont mené cette expérience pour étudier la production de matière et la formation de riz en semis direct dans des conditions de différentes dates de semis. Dans cette étude le semis direct a participé à accroître de 16% le niveau de rendement dans les rizières. Par contre Déhou Dakouo (1984), dans une étude agro-économique

comparant les trois modes de semis effectuée dans une station de recherche agricole de Ouagadougou, montre que le repiquage a un léger avantage sur les autres modes de semis (Repiquage= 4630 kg/ha ; Semis direct= 3173 kg/ha ; Volée : 3513 kg/ha). Un résultat attendu selon lui, car si l'on prend en considération la facilité d'exécution des travaux d'entretien de rizière, le repiquage doit l'emporter nettement sur le semis direct et la volée surtout si l'on tient compte du degré de technicité à l'époque de la riziculture sur les périmètres aménagés.

La préparation du sol en riziculture joue un rôle important. Selon Singh et al. (2011), Shinoto et al. (2018), etc., sa qualité et son exécution en temps opportun favorisent la croissance du riz et son retard dans son exécution et sa médiocrité peuvent provoquer de graves problèmes d'enherbement, exposant ainsi le riz à une compétition néfaste des adventices. Les incidences de la préparation des sols, de la méthode d'établissement des cultures et de la gestion des mauvaises herbes sur les variations de rendement du système riz-blé dans le nord de l'Inde ont été étudiées par Singh et al. (2011). Sur quatre ans, les rendements moyens en grains de riz en l'absence de concurrence des mauvaises herbes étaient les plus élevés (6,56 t/ha) et les rendements les plus faibles ont été observés à partir de riz semé sans travail du sol (5,44 t/ha). Les rendements en grains de blé étaient nettement plus élevés pour les cultures semées dans un sol labouré (3,89 t/ha) que pour celles semées sans travail du sol (3,51 t/ha). D'une manière un peu plus détaillée, Shinoto et al. (2018) ont évalué le rendement en grain et la qualité du maïs en utilisant deux systèmes de travail du sol dans la rotation culturale, du maïs a été cultivé dans des rizières. L'expérience sur le terrain a été menée en 2017 dans des champs de montagne, à partir de rizières chez un agriculteur de Hanamaki et Iwate, au Japon. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative dans les rendements entre les deux traitements de labour. En effet la croissance et le rendement du maïs étaient similaires pour le système de labour et le système de travail rotatif entre le riz et le maïs.

La fertilisation est également un élément indispensable de la riziculture. Celle-ci consiste à incorporer des engrais organiques et inorganiques (chimiques) dans le sol pour améliorer sa productivité et obtenir une croissance et un rendement meilleur des cultures (FAO). En riziculture irriguée, la fertilisation minérale est indispensable pour atteindre un bon niveau de production. Il existe seize éléments chimiques qui sont essentiels aux plantes (Donahue et al., 1983). Parmi ceux-ci, l'azote, le phosphore et le potassium sont considérés comme les trois éléments nutritifs fondamentaux pour les plantes. Dans le Centre du Brésil où la carence en azote est l'un des troubles nutritionnels les plus importants, Fagera et Valigar (2007) ont mené

une expérience sur le terrain pendant trois années consécutives. Leurs résultats ont révélé que la fertilisation azotée a considérablement augmenté le rendement du riz en grain jusqu'à 6400 kg l'hectare avec l'application d'azote à 120 kg/ha au cours de la première année d'expérimentation. Les deuxième et troisième années, 90% des rendements maximaux respectivement 6345 kg/ha et 5203 kg/ha ont été obtenus à 90 et 78 kg N/ha, respectivement. Le rendement moyen d'utilisation de l'azote était de 58 kg de grains pour 1 kg d'azote utilisé par la culture de riz. Fagera et Valigar soutiennent qu'un apport insuffisant en azote (N) est un obstacle important à la productivité du riz. Tchabi et al. (2015) constatent qu'au Bénin où l'agriculture est la base de l'économie utilisant plus de 80% de la population, les rendements étant toujours faibles. Il est procédé à des tests de combinaison d'engrais minéraux et organiques susceptibles de booster le rendement du riz. Les tests sont conduits en milieu réel sur le périmètre rizicole de Bamè à Zagnanado au centre du Bénin. L'étude a pour objectif de comparer l'effet de quelques engrais minéraux (urée et celui composé de NPK) et organiques (fumier de ferme), ainsi que sur le rendement de deux variétés de riz (IR841 et NERICA-L14) avec un témoin absolu (sans engrais). Les résultats obtenus montrent que l'engrais organique, en tant que support de production, s'est révélé très efficace sur le rendement du riz et est le moins coûteux, comparé à l'utilisation exclusive de NPK, même associé à l'urée.

Pretty et al. (2006) ont montré comment des agriculteurs de 286 projets dans 57 pays en développement ont amélioré leur productivité tout en augmentant l'efficacité d'utilisation de l'eau et la séquestration du carbone, et en réduisant l'utilisation de pesticides, etc. Les auteurs se sont servis à la fois des questionnaires et des rapports publiés par projet pour évaluer l'adoption d'une agriculture durable et les changements survenus au fil du temps. Ces projets ont pu montrer une augmentation de la production alimentaire par hectare et que 25% des projets ont déclaré des rendements relatifs supérieurs à 2.0 soit une augmentation de 100%.

Boraud et al. (2015) ont évalué l'impact des pratiques paysannes sur la production rizicole en Côte d'Ivoire. De par l'approche méthodologique de l'étude, la technique des relevés floristiques a été réalisée. Les résultats révèlent que le rendement moyen obtenu dans la riziculture irriguée (chez les producteurs de la région de Boungué) est de 4,7 t/ha contre 2,4 t/ha dans riziculture inondée de bas-fond (chez les producteurs de Raviart). L'analyse du test U de Mann-Whitney (test $U = 151,00$; $p < 0,05$) a révélé qu'il y a une différence significative entre les rendements moyens obtenus dans chacune des localités. Les analyses statistiques montrent aussi que le rendement moyen obtenu avec le labour motorisé réalisé avec une bineuse de

motoculteur est plus élevé que le labour manuel, le labour à traction animale et le non labour. Le rendement moyen obtenu en labour manuel (labour réalisé avec la daba) est estimé à 2,4 t/ha alors que celui du labour motorisé est de 4,0 t/ha et 2,2 t/ha pour la traction animale contre 1,6 t/ha pour le non labour. Il y a également variation du rendement selon le type de désherbage. L'étude met en exergue que le rendement obtenu au désherbage chimique est 4,7 t/ha contre 2 t/ha pour le désherbage manuel. L'étude révèle en somme que les techniques culturales influencent de façon significative sur le niveau de rendement rizicole. Dans plusieurs cas, le désherbage chimique reste plus efficace que le désherbage manuel. Cependant le premier présente des inconvénients pour l'environnement lorsque les produits phytosanitaires utilisés ne répondent pas aux normes en vigueur. Dès lors, il serait très intéressant de confronter des chercheurs et agriculteurs afin de mener à bien divers projets d'expérimentation en vue de trouver des pratiques alternativement innovantes et durables.

Les BPA ont été testées, en comparaison avec les pratiques paysannes, à travers les Champs Ecoles des Producteurs (CEP)⁷ au Burkina Faso entre 2006 et 2009. Nacro et al. (2010) ont utilisé comme dispositif expérimental le split-plot avec les pratiques dans les parcelles principales et les cultures dans les parcelles secondaires en vue de comparer les pratiques des producteurs (PP) avec les bonnes pratiques agricoles (BPA). De leurs travaux, ressort que les rendements coton et maïs grains varient énormément selon la culture et la pratique. Pour les deux cultures, les BPA ont permis de récolter deux à trois fois plus de grains par rapport aux pratiques paysannes. Les rendements moyens durant les trois années pour les BPA et les PP sont respectivement 1895 kg/ha et 837 kg/ha pour le Coton ; et 3897 kg/ha et 1514 kg/ha pour le Maïs. Le constat est que les rendements obtenus dans les bonnes pratiques agricoles sont nettement supérieurs à ceux obtenus dans les pratiques paysannes.

Rigourd et al. (2002) ont montré que la riziculture irriguée au Sahel peut être attractive pour les producteurs, compétitive face aux importations, et durable. Les résultats sur douze périmètres irrigués (Sénégal, Mauritanie, Niger, Mali et Burkina Faso) ont été choisis de façon à permettre la comparaison de leurs résultats et de leurs pratiques. Les enquêtes ont été réalisées entre 1999

⁷ Le Champ Ecole Paysan (CEP) est un cadre restreint d'échanges et de formation participative où un groupe de producteurs ayant un intérêt commun, recherche des solutions, discute et prend des décisions par rapport à des contraintes de production. Le CEP est une école sans « mur » qui réunit les producteurs une fois par semaine pendant une campagne entière de culture. Ils travaillent sous la supervision d'un agent de vulgarisation qui joue plutôt le rôle de facilitateur. Le CEP est également un système de formation qui valorise l'expertise paysanne en associant le producteur à toutes les étapes de la formation depuis le diagnostic des problèmes, l'identification et la mise en œuvre des meilleures solutions ainsi que l'évaluation des résultats obtenus.

et 2000. Les performances ont été évaluées suivant des indicateurs agronomiques, hydrauliques, organisationnels, économiques et financiers. Sur les sites rizicoles étudiés, le revenu net à l'hectare par campagne, généralement supérieur à 150 000 FCFA ha/campagne, peut atteindre les 300 000 FCFA ha/campagne. Certains producteurs dépassent les 500 000 FCFA/ha/campagne. Sur les périmètres suivis, les rendements obtenus par les producteurs les plus performants, et certaines parcelles dépassent les 10 t/ha au Niger. En Mauritanie, l'amélioration des pratiques de fertilisation par l'ADRAO (Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest) a permis d'atteindre 8-9 t/ha. L'intervention du PSI-Coraf à Nakhlet s'est traduite par une croissance des rendements de 4,5 à 7,2 t/ha. Ils soutiennent en définitive que l'adoption d'un ensemble de bonnes pratiques agronomiques, hydrauliques, organisationnelles et financières peut contribuer à améliorer les performances des aménagements.

1.2.2. Qu'est-ce qui détermine l'adoption des BPA ?

L'adoption des BPA peut être déterminée par un certain nombre de facteurs. Et le fait de comprendre le rôle de chaque facteur peut conduire à une meilleure réussite des projets visant à les introduire et à les diffuser.

D'abord la façon de concevoir comment la technologie va changer la situation initiale tend à influencer la décision de son adoption par le producteur. Ainsi, Adesina et Zinnah (1993) montrent que les décisions d'adoption des variétés de riz améliorés par les agriculteurs Sierra-Léonais dépendraient principalement des perceptions qu'ont ces derniers de ces nouvelles variétés. Comme Adesina et Baidu-Forson (1995) qui trouvent également que les décisions d'adoption de nouvelles variétés de riz améliorées par les riziculteurs guinéens sont fortement déterminées par les perceptions sur les rendements, la facilité de cuisson et la capacité de broyage du riz.

Il existe également une corrélation positive entre les décisions d'adoption des BPA et le niveau d'éducation. Plus le niveau d'éducation est élevé plus la chance du producteur a adopté les bonnes pratiques l'est également (Kebede et al., 1990; Chirwa, 2005). On peut imaginer par-là que les producteurs ayant un niveau d'éducation élevé ont une meilleure compréhension de la technologie, et sont plus disposés à juger son utilité et son adoption. Cependant, d'autres chercheurs, eux, ont trouvé que le niveau d'éducation est un facteur déterminant pas seulement

sur les décisions d'adoption, mais aussi sur l'intensité d'utilisation des technologies (Croppenstedt et al. 2003).

Au Malawi, Chirwa (2005) montre que la présence d'une femme à la tête du ménage influence négativement les décisions d'adoption des nouvelles technologies en agriculture. En effet, au Malawi, les ménages dirigés par les femmes ont tendance à être plus pauvres et plus limités en ressources disponibles, ce qui réduit leur capacité à adopter une nouvelle technologie. Adesina et Baidu-Forson (1995) stipulent que l'activité de transformation artisanale des produits agricoles est réservée aux femmes. De ce fait, elles sont les mieux placées pour juger de la qualité des produits issus des nouvelles technologies, notamment sur les aspects goût et facilité de cuisson.

Il n'y a pas d'unanimité concernant la conséquence de l'âge du producteur sur l'adoption des technologies agricoles dans la littérature. Alene et Manyong (2006) montre que les producteurs très âgés peuvent être moins aptes à utiliser avec efficacité certaines nouvelles technologies et peuvent être plus réticents à accepter les produits issus des nouvelles technologies comparativement aux jeunes. En revanche, les technologies faisant appel à beaucoup d'expériences seront plus à la portée des adultes et des personnes âgées dépositaire d'un savoir-faire (Adesina et Baidu-Forson, 1995).

Le nombre de personnes vivant dans le ménage exprimant également le niveau de la main-d'œuvre familiale disponible, peut bien affecter la décision d'adoption (Alene et Manyong, 2006). Negatu et Parikh (1999) ont utilisé un modèle à équations simultanées combinant les approches Probit et Probit ordonné pour examiner la décision et d'adopter de nouvelles variétés de blé. Ils montrent que la taille du ménage et le revenu expliquent l'adoption de la nouvelle variété. Plus la variété est perçue comme exigeante en fertilisants et en travail, moins le niveau de son adoption est élevé. En effet, une technologie exigeante en main-d'œuvre va certainement être plus à la portée des familles nombreuses qui, de ce fait, seront plus favorables à son adoption.

Le niveau de richesse peut aussi être déterminant dans l'adoption des BPA. Kebede et al. (1990), Alene et Manyong (2006), O'Gorman (2006), Hailu et al. (2014), Lambrecht et al. (2014) ont pu montrer une corrélation positive entre le niveau de richesse du ménage agricole et le choix d'adoption d'une nouvelle technologie. Les ménages agricoles d'Afrique Subsaharienne, généralement caractérisés par un faible pouvoir d'achat, sont moins motivés à

entreprendre une nouvelle technologie en raison des besoins d'investissement et de leur plus grande vulnérabilité face aux risques associés. Aussi, pour ces ménages agricoles, acquérir la nouvelle technologie a un coût, ce qui rend encore difficile la décision d'adoption, surtout s'il n'y a aucune assurance que la technologie viendra améliorer la situation initiale. A l'opposé, les ménages agricoles riches pourraient être tentés à jouer le jeu en consacrant une portion de leurs revenus pour acquérir la nouvelle technologie malgré le risque associé.

En somme les bonnes pratiques agricoles apparaissent donc comme un grand moyen de renforcement des productions agricoles.

Chapitre 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET FAITS SYLISES

2.1. Présentation de la Vallée du Fleuve Sénégal

Le fleuve Sénégal s'écoule dans le sens est-ouest sur 1 790 km. Il naît de la rencontre du *Bafing*, le fleuve "noir", et du *Bakoye*, le fleuve "blanc". Long de 760 km le *Bafing* prend sa source à une altitude de 800 mètres dans le *Fouta Djallon* en République Guinée et se dirige vers le Nord en traversant les plateaux de la région soudanienne avant d'atteindre le *Bafoulabé*. Il amène plus de la moitié du débit total du fleuve avec 430 m³/s de débit moyen annuel. Long de 560 km, le *Bakoye* prend sa source à proximité de la limite méridionale du plateau mandingue en République Guinée, à une altitude de 706 mètres, à sa confluence avec le *Bafing* à un débit moyen annuel de 170 m³/s. Le principal affluent de la VFS est le *Falémé* qui draine toute la partie Est du Sénégal, prend sa source dans la partie nord du *Fouta-Djalon*. Le fleuve Sénégal est partagé par les quatre pays que sont la République de Guinée, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. On distingue ainsi trois régions différenciées : le haut bassin, le delta et la vallée.

La Vallée, qui s'étend de Bakel à Dagana, est une plaine alluviale encadrée par des régions semi-désertiques. Elle constitue une zone d'inondation dont la largeur varie entre 10 et 20 Km, mais peut atteindre 25 Km. Ce pays agricole est fertilisé chaque année par la crue du fleuve qui, sous une pente très faible, présente de nombreux méandres, forme tout un système de défluent et remplit en sortant de son lit mineur, large de 200 à 400 m, de nombreuses cuvettes argileuses appelées *oualos*. Les fonds du lit principal sont coupés par une quarantaine de seuils rocheux ou sableux gênant la navigation en eaux basses.

La rive gauche de la vallée du fleuve Sénégal est notre zone d'étude. Elle s'étend sur plus de 800 kilomètres, de l'embouchure à la frontière avec le Mali et le long de la *Falémé*. Cette zone occupe 44 127 km² le long du fleuve Sénégal de Saint-Louis à Bakel soit environ 22,4 % du territoire sénégalais

Tableau 1: Répartition géographique du bassin du fleuve Sénégal

| Pays | Superficie (km ²) |
|----------------|-------------------------------|
| Guinée | 31 000 |
| Mali | 155 000 |
| Mauritanie | 75 500 |
| Sénégal | 44 000 |

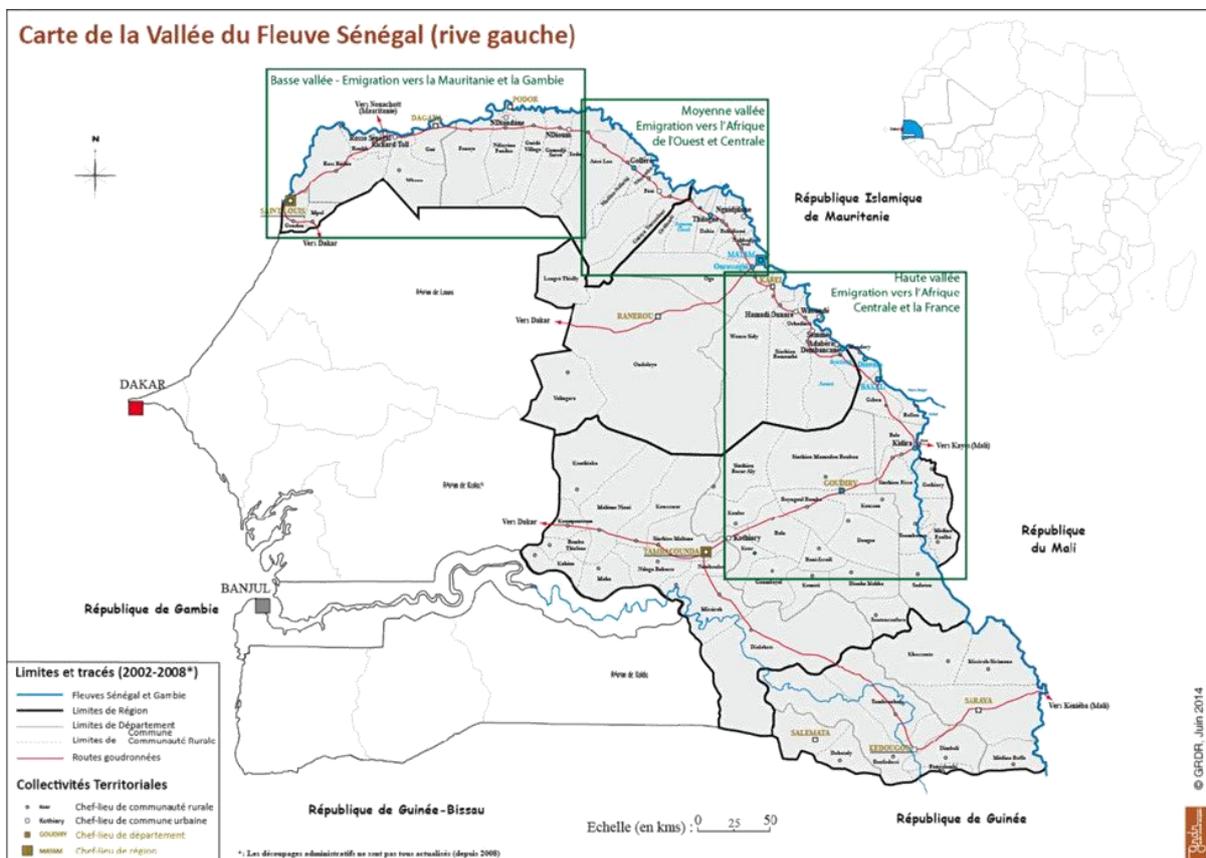
Source : OMVS

Pour sécuriser les systèmes de production, les Etats riverains se sont organisés au sein de l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) pour réaliser deux grands barrages :(Diama en aval et Manantali en amont), afin de rendre disponible l'eau pour le développement de l'irrigation. Le barrage de *Manantali*, sur le fleuve *Bafing*, est le plus grand du bassin. Il a été créé afin de réduire les inondations, de produire de l'énergie électrique et de stocker l'eau en saison humide afin d'augmenter les flux en saison sèche au bénéfice de l'irrigation et de la navigation. Le barrage de *Diama*, situé à 23 km de Saint-Louis, près de l'embouchure du fleuve Sénégal dans le Delta, répond à un triple objectif : arrêter la remontée de la langue salée (intrusion de l'eau de mer dans le fleuve) et protéger ainsi les prises d'eau d'alimentation et d'irrigation, remonter le niveau de l'eau en amont, et créer une réserve qui permet l'irrigation et la double culture.

2.1.1. Au plan administratif

La vallée du fleuve Sénégal est formée de trois régions : Saint-Louis (Départements de Saint-Louis, Dagana et Podor), Matam (Départements de Matam et Kanel) et Tambacounda (Département de Bakel).

Figure 1: Carte de la rive gauche de la Vallée du Fleuve Sénégal



Source : GRDR, 2014.

2.1.2. La démographie

La population des trois régions drainées par le fleuve Sénégal est estimée 788 942 habitants d'après les résultats du recensement général de la population et de l'habitat de 1988 effectuée par la Direction de la Prévision et de la Statistique. Cette population de la vallée du Sénégal (côté Sénégal) était estimée en 2002 à 1 030 488 habitants dont 75% de ruraux (RGPH 2002). A l'époque plus de la moitié de la population avait moins de 20 ans. Dans le Rapport National de Présentation des Résultats Définitifs du RGPHAE de 2013 publié en septembre 2014, on peut compter 2 061 515 d'habitants dans la zone soit 16 % des 12 873 601 qui constituaient l'ensemble de la population sénégalaise. Il faut noter que 85% de la population de la vallée vivent à proximité du fleuve. Une grande diversité ethnique caractérise, en effet cette population, entre Peulhs, Toucouleurs, Soninkés, Malinkés, Bambaras, Wolofs, Maures, et d'autres encore. Les plus importants sont : les Haalpular (Toucouleur et Peul qui forment plus de la moitié de la population), les Wolof (près de 25%), les Soninké et les Maures. Toutefois, il existe une migration massive des plus jeunes générations vers les grandes villes et l'Europe. La majorité de la population active de cette zone exerce dans le domaine de la culture irriguée. L'élevage est également une activité économique majeure dans la Vallée.

Tableau 2: La population des trois régions drainées par le fleuve Sénégal estimée en 2013

| Régions administratives | Population urbaine (hbt) | Population rurale (hbt) | Total | Densité (hbt/km ²) |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|--------------------------------|
| Saint-Louis | 397 495 | 473 134 | 870 629 | 45 |
| Matam | 119 629 | 421 403 | 541 032 | 18 |
| Tambacounda | 155 348 | 494 506 | 649 854 | 15 |

Source : RGPHAE, 2013.

2.1.3. Du point de vue écologique

D'un point de vue écologique, la VFS comporte la zone dite *Walo* (partie inondable, avec des sols lourds, avec les aménagements rizicoles), le Delta (avec climat marin) et le *Diéri* (zone à vocation pastorale). Dans toute la vallée moyenne du Sénégal et dans le delta, la reproduction de la fertilité des sols est assurée par les crues.

2.1.4. Du point de vue géographique

On distingue trois grandes zones hydro-écologiques :

- La **Haute vallée** située en amont de Bakel qui s'étend sur les 50 km situés le long du fleuve Sénégal jusqu'à la frontière malienne et la rive gauche de la *Falémé* ;

- La **Moyenne vallée** qui se développe de Bakel à Podor ;

- La **Basse vallée** incluant le Delta, le territoire qui s'étend de Podor à l'embouchure du fleuve.

2.1.5. Le cadre physique

- **Le climat**

Le climat dans la VFS est de type sahélien. La vulnérabilité climatique, elle, est caractérisée par la faiblesse et l'irrégularité des pluies, le développement des plantes aquatiques invasives, la réduction des aires de reproduction halieutique, les inondations à Saint-Louis associées aux crues du fleuve, l'érosion côtière et l'intrusion saline dans le fleuve. La saison sèche est marquée par l'harmattan, vent chaud et sec chargé de poussière. Son impact sur l'évaporation est notable. Il oblige d'ailleurs les populations à porter le turban afin de se protéger de la chaleur.

- **La pluviométrie**

Le régime climatique de la Vallée suit trois saisons : une saison des pluies, entre juin et septembre, une saison froide et sèche, qui va d'octobre à février, et une saison chaude et sèche, qui va de mars à juin. La pluviométrie est caractérisée par des pluies faibles, irrégulières. Dans l'ensemble, les quantités et le nombre de jours de pluie diminuent du Sud au Nord. Les moyennes annuelles varient de 200-300 mm dans le delta et la basse vallée, 300-400 mm dans la moyenne vallée, 500-600 mm dans la haute vallée.

- **La végétation**

La Vallée est le domaine de la forêt de gonakié (*Acacia nilotica*) qui se développe sur les sols *hollaldé* et de la savane arbustive dans la zone du *diéri* qui n'est jamais inondée. Il y a une absence de strate herbacée tandis que le delta est occupé par des espèces halophiles (*Tamarix*).

- **Les sols**

On distingue quatre grandes variétés de sols dans la Vallée : les **sols hollaldé** avec 36% du potentiel irrigable, contiennent 50 à 75 % d'argile, mauvais drainage, favorables à riziculture, supportent la submersion et sont très difficiles à travailler ; les **sols dits faux-hollaldé** avec 31% du potentiel irrigable, contiennent 30 à 50 % d'argile (sont argilo limoneux), mauvais drainage, sols sans structure favorables à la riziculture et aux autres cultures ; les **fondé** avec 33% du

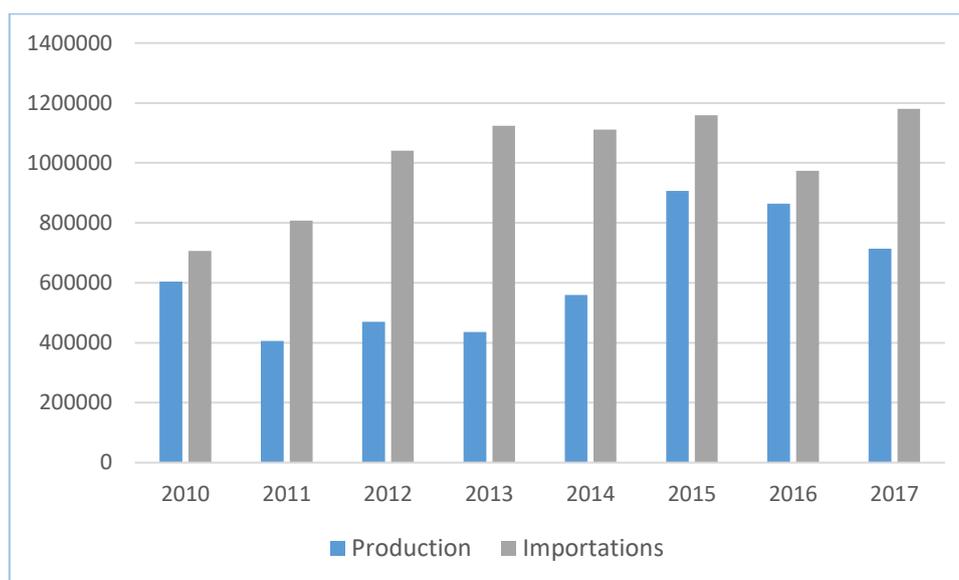
potentiel irrigable, teneur en argile de 10 à 30% (limoneux), drainage moyen, favorables à toutes cultures autres que le riz, sols filtrants et les **sols dits de diéri** qui contiennent 80 à 90% de dépôts sablonneux peuvent supporter toutes les cultures autres que le riz. Il faut retenir que le facteur essentiel de la nature des sols de la vallée est la fréquence et la durée de l'inondation par la crue.

2.2. Evolution de la production face aux importations de riz au Sénégal

L'économie sénégalaise est en majorité agricole. Depuis plus de deux décennies, le secteur souffre de beaucoup de problème au moment où la population croît à l'ordre de 2,5 % par an. Cependant la satisfaction des besoins nationaux de consommation alimentaire par l'offre locale pose problème et fait recourir le pays à des importations.

La production de riz a atteint 906 348 tonnes de paddy en 2015 contre une production annuelle moyenne de 619 908 tonnes sur les huit années (2010-2017). Les productions ont augmenté subitement en 2015 sous l'effet conjugué d'une hausse des surfaces mises en valeur par les politiques mises en œuvre à l'époque. Mais aussi les producteurs ont atteint un niveau élevé de technicité avec une pratique d'intensification basée sur une appropriation des innovations technologiques au plan cultural. Bénéficiant d'un financement pour la production, ils évoluent le plus souvent dans les grands casiers qui présentent des conditions sécuritaires idoines d'exploitation et suivent scrupuleusement les recommandations avec une préparation du sol, une utilisation de semences certifiées et de variétés à haut potentiel de rendement, un respect des dates de semis, une bonne fertilisation, une lutte chimique ou manuelle contre les mauvaises herbes et un bon drainage des parcelles rizicoles (FAO 2015). Ainsi pour atteindre l'autosuffisance en riz en termes de production, la SAED soutient qu'il faudra parvenir à produire 1 200 000 tonnes de paddy sur une superficie de 140 308 hectares avec un rendement moyen de 6,5 t/ha au niveau de la VFS et 8 000 hectares pour une production attendue de 48 000 tonnes de paddy dans le Bassin de l'Anambé. Mais aujourd'hui, le compte est encore loin de l'objectif fixé dans la mesure où la production actuelle de paddy équivaut à un peu moins de 714 354 tonnes de riz blanc soit environ moins de 59% de la consommation totale de riz estimée à 1 million de tonnes. De ce fait le pays continue d'importer près de 2/3 de sa consommation en provenance principalement de la Thaïlande, du Vietnam et d'autres pays asiatiques et d'Amérique latine (ANSD, 2014).

Figure 2 : Evolution de la production et de la demande de riz (en tonnes) au Sénégal de 2010 à 2017



Source : Auteur, à partir des données de FAOSTAT

Le marché intérieur du riz est dominé en termes de volume par le riz importé, cette catégorie de riz constitue 4/5 des besoins du pays en riz (ISRA 2008). La plupart des importations sont constituées à 95 % de riz brisé 100%. L'analyse de la figure 2 nous montre que les importations de riz connaissent une tendance baissière depuis 2015. La moyenne de ces huit années se situe à 112 963 tonnes par an avec une pointe en 2015 de 1 159 325 tonnes. Cependant même si la couverture des besoins du pays en riz par la production nationale s'est améliorée ces années variant entre 24% et 37%⁸, soit en moyenne un peu moins du tiers de la demande (29%). En rescousses les aides et les importations viennent compléter le reste des besoins entraînant cependant un déséquilibre important de la balance des paiements.

La part de marché du riz produit au Sénégal demeure infime par rapport à celle du riz importé. La promotion du riz local permet aux consommateurs de prendre conscience des avantages qu'il offre. Pour cela, la compétitivité du riz produit au Sénégal par rapport au riz importé doit être renforcée. A cet effet, les producteurs de riz doivent toujours faire l'effort d'améliorer la productivité et de fournir aux consommateurs du riz de qualité. L'utilisation de variétés de riz parfumé, au Sénégal, par exemple pourrait donner une autre possibilité d'attirer les consommateurs.

⁸ Hathie et Ndiaye (2015)

Chapitre 3 : METHODOLOGIE D’EVALUATION D’IMPACT

Ce chapitre discute en premier l’origine des données utilisées dans cette étude ainsi que la technique de formation de l’échantillon. Il contient également la méthodologie utilisée dans ce travail, les limites du modèle et enfin les définitions des différentes variables introduites dans le modèle.

3.1. Source de données et technique d’échantillonnage

3.1.1. Source de données

Les données utilisées dans cette présente étude sont issues d’une enquête auprès des riziculteurs des Organisations Paysannes (OP) de la VFS. Cette enquête a été réalisée par l’Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) et l’Agence Japonaise pour la Coopération Internationale (JICA) en 2015. Elle concerne les départements de Podor et Dagana. Le questionnaire fait de manière à évaluer l’organisation des agriculteurs en termes de structure, de rôle et de responsabilités, a été le principal instrument de collecte de données utilisé au cours de cette enquête. En ce qui concerne la sélection des répondants de l’échantillon, la technique d’échantillonnage probabiliste a été utilisée.

3.1.2. Technique d’échantillonnage

L’objectif était d’avoir un échantillon composé de 120 OP et de 600 riziculteurs. Ainsi, dans le département de Dagana, 77 OP ont été sélectionnées de manière aléatoire parmi un total de 1194 OP et 43 OP ont été sélectionnées de manière aléatoire aussi dans le département Podor, sur un total de 484 OP, en utilisant un numéro attribué aléatoirement. Cela correspond à 120 OP sur 1 678 dans les deux zones d’étude. La sélection aléatoire est basée sur la stratification par zone et type d’OP. Dans chaque OP, les enquêteurs ont planifié une liste de membres et sélectionné au hasard 5 producteurs de riz pour l’enquête auprès des ménages. La collecte de données concerne 120 regroupements d’agriculteurs et 559 producteurs individuels contre les 600 visés. Cela peut s’expliquer du fait que certaines OP fonctionnent avec trois ou quatre membres présents (car les membres sont temporairement absents du site du village pendant la période d’enquête) contrairement aux 5 membres attendus, et/ou que certains syndicats d’agriculteurs ne sont que fictifs et agissent en tant qu’individus, mais répertorient tous les membres de leur famille en tant que membres de l’OP. Les données collectées incluent en particulier les caractéristiques sociodémographiques et socio-économiques des ménages et des villages. Au final notre travail s’est porté sur 649 riziculteurs, après nettoyage des données.

3.2. Le principe d'évaluation d'impact

Le défi de l'évaluation d'impact se situe dans le fait que pour chaque résultat il y a plusieurs facteurs d'impact exogènes et endogènes qui contribuent aux changements observés au niveau de ce résultat (Fall, 2006). La question fondamentale pour ce mémoire est de savoir quel est l'impact de l'adoption des bonnes pratiques agricoles sur les rendements si on contrôle tous les facteurs, autre que l'adoption aux BPA. Pour répondre d'une manière précise à cette question fondamentale, on doit poser et répondre conceptuellement à trois sous questions fondamentales associées qui sont : 1) **l'impact de quoi ?** (des bonnes pratiques agricoles) ; 2) **sur quoi?** (les rendements) et 3) **pour qui ?** (les riziculteurs de la Vallée du Fleuve Sénégal).

Compte tenu de la diversité des types de projet, des questions d'évaluation, de la disponibilité des données, du coût, des contraintes de temps et des situations de pays, chaque étude d'évaluation d'impact sera différente et nécessitera une certaine combinaison de méthodologies appropriées, à la fois quantitatives et qualitatives. L'évaluateur doit soigneusement explorer les options méthodologiques dans la conception de l'étude dans le but d'obtenir les résultats les plus fiables possible. Ces méthodologies peuvent reposer sur des hypothèses qui peuvent conditionner les résultats (Fougère, 2010). Elles sont de plus en plus connues et fréquemment utilisées pour mesurer les effets des projets/programmes dans le secteur de l'agriculture, de l'éducation, de la santé etc. Ces méthodes d'évaluation d'impact sont généralement fondées sur la comparaison entre unités (ménages, individus, entreprises, etc.): celles qui ont bénéficié du programme et celles qui n'en ont pas bénéficié.

3.3. Méthode d'Évaluation

Le but de cette recherche est d'estimer ce qu'aurait été en moyenne les rendements des riziculteurs adoptants les BPA, s'ils ne les avaient pas adoptées. L'étude utilise les approches conventionnelle « naïve » et non-expérimentale dite « contrefactuelle » (Fall, 2006) pour mesurer l'impact des BPA sur les rendements. L'approche naïve consiste à faire une simple comparaison des niveaux de rendement entre les adoptants et les non-adoptants. Toutefois cette différence peut être trompeuse car les deux groupes de producteurs peuvent différer de façon systématique, c'est-à-dire que des différences de rendement peuvent exister entre eux bien avant cette adoption. Ainsi, il se dégage un problème de biais de sélection (Heckman, 1997 ; Lee, 2005), ce qui peut conduire à des conclusions erronées.

Dans le contexte de cette étude, proportionnellement à notre échantillon, **trois (3) BPA** sont retenues pour ainsi voir leur impact global sur le niveau de rendement. Il s'agit du choix sur l'utilisation de l'engrais organique, de la disposition de la parcelle en diguettes et de la période de culture.

Prenons T comme une variable dichotomique indiquant le statut du producteur, avec $T=1$ comme adoptant (le producteur adopte au moins une des trois bonnes pratiques) et $T=0$ comme non adoptant (le producteur n'adopte aucune des bonnes pratiques). Soient Y_{1i} et Y_{0i} deux valeurs aléatoires du rendement pour un riziculteur i s'il adopte ou non les bonnes pratiques agricoles. L'impact de l'adoption sur l'individu i est la différence entre cet indicateur de résultat (Y) avec et sans le traitement, donné par :

$$\Delta_i = Y_{1i} - Y_{0i} \quad (1)$$

- **La condition sine qua non : le contrefactuel**

Le problème fondamental de toute évaluation d'impact est qu'un individu ne peut être simultanément adoptant et non adoptant d'une technologie ou bien bénéficiaire et non bénéficiaire d'un même programme (Diagne et Demont, 2007). Le défi de l'approche « contrefactuelle » se situe dans le fait qu'elle est basée sur la comparaison de chaque résultat avec son contrefactuel ; une comparaison impossible à faire. Ainsi, il est impossible d'observer à la fois Y_1 et Y_0 pour un même individu : c'est le contrefactuel (Rubin, 1974) et l'impossibilité de l'observer représente le problème fondamental de l'évaluation d'impact (Diagne, 2009 ; Heckman, 2010). Donc, nous sommes confrontés à un problème de données manquantes. Par conséquent le résultat de l'adoption observé Y peut s'écrire comme une fonction des deux résultats d'adoption potentiels Y_1 et Y_0 et du statut d'adoption T comme suit :

$$Y = T Y_1 + (1 - T)Y_0 = Y_0 + T (Y_1 - Y_0) = Y_0 + \Delta_i T \quad (2)$$

Cet impact peut être déterminé pour l'ensemble des producteurs concernés comme l'ont démontré Rosenbaum et Rubin (1983). Mais à condition que les composants du triplet (Y_{1i} , Y_{0i} , T_i) soient tous indépendants, étant donné les caractéristiques socioéconomiques et sociodémographiques des populations. Dans ce cas il s'agit de faire la différence entre le niveau

moyen de l'indicateur des adoptants et des non adoptants. On obtient alors l'effet moyen du traitement ATE⁹ :

$$ATE = IE(\Delta) = IE(Y_1 - Y_0) = IE(Y_1) - IE(Y_0) \quad (3)$$

Cet impact est évalué sans biais si et seulement si la sous population des non bénéficiaires est bien définie¹⁰. Cela signifie que la sous population des non bénéficiaires (non adoptants) doit être semblable à celle des bénéficiaires (adoptants) et que la seule différence entre ces deux sous populations soit la participation au programme. Cet indicateur mesure l'impact de l'adoption sur un individu tiré au hasard dans la population (Heckman, 1997).

On peut aussi identifier l'effet causal moyen conditionnellement au traitement (à l'adoption) communément noté ATE1. Ce dernier représente l'effet moyen du traitement sur une sous-population particulière, par exemple les producteurs ayant adopté le traitement. L'effet moyen du traitement sur la population des adoptants est :

$$ATE1 = IE(Y_1 - Y_0 \mid T = 1) \quad (4)$$

Cet indicateur est en général différent du paramètre ATE, sauf dans le cas où l'effet du traitement est constant (Arouna et Diagne 2013). Dans ce cas les deux paramètres sont égaux et peuvent être estimés simplement comme la différence des moyennes des variables de résultat observées chez les adoptants et les non adoptants. Généralement, les conditions nécessaires à l'identification du paramètre ATE sont plus exigeantes que celles nécessaires à l'identification du paramètre ATE1 (Fougère, 2010). Spécifiquement, lorsque les variables de résultats sont indépendantes de la variable d'accès au traitement, c'est-à-dire si $(Y_0, Y_1) \perp\!\!\!\perp T$, il est possible d'identifier les paramètres d'intérêt ATE et ATE1. Ainsi, cette condition vérifiée implique que :

$$ATE = ATE1 = IE(Y|T = 1) - IE(Y|T = 0) \quad (5)$$

⁹ ATE est un anglicisme désignant « Average Treatment Effect »

¹⁰ Lorsqu'on fait la comparaison entre le niveau moyen de l'indicateur des bénéficiaires et avec un groupe quelconque des non bénéficiaires, on parle de l'approche naïve dans la littérature sur la méthodologie d'évaluation d'impact (Wooldridge, 2002 ; Cobb-Clark et Crossley, 2002).

Dès lors que la propriété d'indépendance précédente n'est plus satisfaite, l'estimateur naturel formé par la différence des moyennes des variables de résultat est affecté d'un biais de sélection.

En effet

$$\mathbf{IE(Y | T = 1) - IE(Y | T = 0) = IE(Y_1 | T = 1) - IE(Y_0 | T = 0)}$$

Ajoutons et retranchons le contrefactuel c'est-à-dire $\mathbf{IE(Y_0 | T = 1)}$

$$\mathbf{IE(Y | T = 1) - IE(Y | T = 0) = IE(Y_1 | T = 1) - IE(Y_0 | T = 1) + IE(Y_0 | T = 1) - IE(Y_0 | T = 0)}$$

$$\mathbf{= IE(Y_1 - Y_0 | T = 1) + [IE(Y_0 | T = 1) - IE(Y_0 | T = 0)]}$$

$$\mathbf{= ATE1 + [IE(Y_0 | T = 1) - IE(Y_0 | T = 0)]} \quad \mathbf{(6)}$$

Le biais de sélection ou l'effet de la population (en gras dans l'équation 6) existe parce que les deux populations (adoptants et non adoptants) ne sont pas identiques. Les estimateurs ATE et ATE1 sont toutefois sujets à deux types de biais (Rosenbaum, 2001; Lee, 2005). Ce sont le biais dû à la différence entre les caractéristiques observables (overt bias) et celui dû à la différence entre les caractéristiques non observables (hidden bias) affectant l'accès des producteurs à l'information, à la formation agricole et ainsi leur décision d'adopter ou non les technologies. Car, selon Parienté (2008), en général, ceux qui participent à un programme sont justement les plus motivés ou les plus informés. En effet, l'auto sélection d'un individu dans l'une ou l'autre des deux sous populations est généralement liée au résultat potentiel que l'individu atteindrait avec ou sans traitement¹¹ (Heckman et Robb, 1985 ; Imbens et Angrist, 1994). Ainsi, pour éliminer ou réduire au maximum les biais observables et non observables, c'est la méthode de variable instrumentale (VI) qui est souvent utilisée.

3.4. Le principe de la VI

L'approche utilisée dans cette présente étude est celle de la variable instrumentale (VI). Cette approche est basée sur l'observation et le contrôle des variables qui causent le phénomène de sélection par des méthodes de régression, la méthode de la VI est souvent utilisée (Heckman, 1997 ; Abadie, 2003 ; Heckman et Vytlacii, 2005 ; Awotide et al, 2012 ; Arouna et Diagne, 2013 ; An et Wang, 2016). Cette méthode de la variable instrumentale suppose l'existence au

¹¹ L'effet de traitement (la variation de rendements que pourrait entraîner l'effet des Bonnes Pratiques Agricoles)

moins d'un instrument Z qui explique le statut du traitement. Cet instrument est cependant redondant en expliquant les résultats, si une fois, les effets des variables explicatives sont alors contrôlés. Elle permet d'estimer le « Local Average Treatment Effect » (LATE) qui est l'impact moyen pour la sous-population des adoptants potentiels (compliers). Ces « compliers » sont des individus ayant adopté ces pratiques à travers un changement de comportement qui satisfait l'exclusion d'un instrument.

Concernant l'instrument Z^{12} , les auteurs cités plus haut utilisent une variable exogène qui va changer le comportement des certains riziculteurs à adopter ces technologies. Cette variable dans cette étude est la réception d'une formation ou d'un encadrement agricole, étant donné qu'il est impossible d'être adoptant sans être formé sur les différentes techniques de pratiques mais aussi être informé de l'existence des avantages de l'utilisation des Bonnes Pratiques Agricoles.

Cependant différents estimateurs de la VI peuvent être calculés selon la forme fonctionnelle du modèle et les hypothèses concernant l'instrument. Deux estimateurs sont souvent calculés. Le premier est celui de Wald (méthode non-paramétrique) proposé par Imbens et Angrist (1994) et qui exige seulement l'indicateur de résultat Y , la variable de traitement T et l'instrument Z . Le deuxième estimateur, celui de Larf, est proposé par Abadie (2003) et n'est rien d'autre que la généralisation du premier au cas où l'instrument Z n'est pas totalement indépendant des résultats potentiels Y_1 et Y_0 ; mais le deviendra conditionnellement aux variables indépendantes X qui déterminent le résultat Y .

¹² Pour simple qu'elle soit, la définition d'une variable instrumentale peut laisser fort démuni un chercheur averti. Un instrument valide est une variable qui est liée au fait de bénéficier d'un programme, pour une raison que le chercheur peut expliciter et expliquer, mais qui n'ait par ailleurs pas d'impact direct sur les autres déterminants du résultat. Il est parfois d'usage d'utiliser les valeurs ou différences retardées. La validité de ces instruments peut être parfois sujette à caution. C'est pourquoi l'attention s'est déplacée sur les dernières années sur des instruments dont l'exogénéité était plus transparente (Givord, 2010).

Un instrument est simplement une variable Z qui remplit deux conditions (éventuellement conditionnellement à des observables X) :

- elle est corrélée avec la variable endogène T : $cov(T,Z) > 0$. Les gens qui ont reçu une formation agricole ont beaucoup plus de chance d'adopter les bonnes pratiques que ceux qui n'en ont pas reçu.
- elle ne doit pas être corrélée avec le résultat ($Z,Y) = 0$

Dans le cas où l'instrument est **aléatoire**, l'effet du traitement est donné par la formule de Wald. Elle s'écrit :

$$\mathbf{IE}(Y_1 - Y_0 | T = 1) = \mathbf{LATE}_{WALD} = \frac{\mathit{cov}(Y, Z)}{\mathit{cov}(T, Z)}$$

$$\mathbf{LATE}_{WALD} = \frac{\mathbf{IE}(Y | Z = 1) - \mathbf{IE}(Y | Z = 0)}{\mathbf{IE}(T | Z = 1) - \mathbf{IE}(T | Z = 0)} \quad (7)$$

La contrepartie empirique de l'estimateur Wald est juste la différence des moyennes empiriques des rendements du groupe des individus pour lesquels $Z = 1$ et du groupe des individus pour lesquels $Z = 0$, rapporté à l'équivalent pour l'instrument.

Avec le Larf, l'estimation du LATE se fait à travers des modèles de régression (paramétriques et non paramétriques). Etant donné qu'il est impossible d'être adoptant sans être formé sur les bonnes pratique de production agricole (Diagne et Demont, 2007), $T_0=0$ pour tout producteur et la variable indicatrice du statut d'adoption peut alors s'écrire comme suit : $T=ZT_1$. Ainsi la sous-population des *compliers* est définie par la condition $T_1=1$ et les adoptants actuels par $T=1$. En supposant que Z soit indépendant des indicateurs potentiels T_1 , Y_1 et Y_0 conditionnellement aux variables indépendantes X , pour toute fonction $g(y, T, x)$, l'équation de la fonction du Larf est donnée par :

$$\mathbf{IE} [g(y, T, x) | T = 1] = \frac{1}{P(T_1=1)} \mathbf{IE} [k^{13} \times g(y, T, x)] \quad (8)$$

L'équation (8), nommée « Local Average Response Function (LARF) » par Abadie (2003), peut être estimée à partir de la spécification suivante :¹⁴

$$\mathbf{IE}(y|x, T_1 = 1) = \alpha_0 + \alpha_1 T + \beta X + \gamma TX \quad (9)$$

¹³Dans le but d'identifier les *compliers* du moment où il n'est pas facile de savoir qui est *compliers* et qui ne l'est pas, Abadie (2003) a utilisé un système de pondération basé sur le poids $k = 1 - \frac{Z}{P(Z=\frac{1}{X})} (1 - T)$ 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.

¹⁴ α , β et γ sont les vecteurs des paramètres à estimer

L'estimation de (9) peut être faite par la méthode des variables instrumentales (Abadie, 2003) même si en pratique, la modélisation avec la méthode de doubles moindres carrés peut être appliquée.

Finalement, le *Local Average Treatment Effect* (LATE) se réduit à la formule suivante :

$$LATE_{LRF} = \alpha_1 + \gamma X \quad (10)$$

Deux spécifications (avec et sans interaction entre T et X) peuvent être utilisées pour l'estimation de l'équation (10). L'interaction entre la variable « statut d'adoption » T et les autres variables indépendantes X permet de tenir compte de l'hétérogénéité de l'impact dans la population. Dans le cas de la signification globale (ce qui peut être aisément testé au moyen d'un test de Wald) des termes d'interaction, l'effet causal du traitement peut être considéré comme non homogène au sein des adoptants. Si en revanche, on accepte la nullité globale des termes d'interaction, on conclut l'absence de variabilité de l'effet causal avec les attributs des adoptants potentiels (Arouna et Diagne, 2013).

3.5. Les limites de la VI

La principale limite de cette méthode tient à la réduction de l'analyse à une population bien particulière, celle pour laquelle on dispose d'une variable instrumentale permettant de scinder la population en deux catégories, la population test et la population de contrôle. L'effet estimé ne correspond pas à l'effet du traitement sur l'ensemble de la population que sous des hypothèses d'homogénéité du traitement qui peuvent être discutables. Par ailleurs, toutes les variables instrumentales ne sont pas de « bonnes » variables. Pour être utilisables, celles-ci doivent être suffisamment explicatives des différences de participation, mais en revanche non explicatives des résultats. En pratique, ces deux objectifs sont souvent antagonistes : pour trouver des variables instrumentales vraiment crédibles, c'est-à-dire indépendantes des déterminants inobservables du résultat, le risque est de choisir des variables instrumentales qui n'expliquent que très faiblement le taux de participation. Le succès de l'utilisation de la méthode de la variable instrumentale nécessite un grand échantillon et l'effet du programme dépend de l'instrument, car si on change d'instrument, l'impact du programme change également.

3.6. Description des variables du modèle

- **L'âge du chef d'exploitation**

C'est une variable quantitative continue. C'est une caractéristique sociodémographique qui peut influencer l'adoption. Cependant nous supposons que plus on est jeune, plus on est ambitieux et on est ouvert aux systèmes de pratiques culturelles actuels. Au moment où les individus âgés sont nostalgiques et réfractaires à tout changement, Alene et Manyong (2006) et (Chirwa 2005) trouvent que les agriculteurs très âgés pourraient être moins aptes à utiliser avec efficacité certaines nouvelles technologies, ils peuvent être plus réticents à accepter les produits issus des nouvelles technologies comparativement aux jeunes.

- **La taille du ménage**

Cette variable quantitative nous renseigne sur le nombre de personnes vivant dans le ménage. Le nombre d'actifs du ménage indique le niveau de main d'œuvre mobilisable pour les activités et peut ainsi diminuer les besoins de recrutement par exemple dans les postes de labour, de semis, de surveillance contre les oiseaux, de récolte et de battage. Ces postes sont les plus exigeants en main d'œuvre dans la production rizicole (Fall, 2005). En effet, une technologie exigeante en main-d'œuvre va certainement être plus à la portée des familles nombreuses qui, de ce fait, seront plus favorables à son adoption. Ce qui ne serait pas le cas pour les familles moins nombreuses. La taille du ménage augmente ainsi la probabilité qu'au moins un membre du ménage soit formé sur l'utilisation des BPA.

- **Niveau d'éducation du chef d'exploitation**

On pourrait imaginer que les agriculteurs ayant un niveau d'éducation plus élevé ont une meilleure compréhension de la technologie, et donc plus disposés à juger son utilité et son adoption. L'effet attendu de cette variable sur la formation et l'adoption des bonnes pratiques est positif.

- **Genre du chef d'exploitation**

Le genre est une variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur est un homme et 0 s'il est une femme. Du fait que les hommes ont plus accès aux services de la vulgarisation et aux facteurs de production agricoles que les femmes (Traoré et Dabo, 2012), le genre masculin aura un effet positif sur la formation et l'adoption des BPA. D'ailleurs, au Malawi, Chirwa (2005)

montre que la présence d'une femme à la tête du ménage influence négativement les décisions d'adoption des nouvelles technologies en agriculture.

- **Taille de la parcelle**

Les grands producteurs sont plus exposés aux innovations car ils constituent le plus souvent les cibles privilégiés des programmes de vulgarisation agricole. Ainsi, l'effet attendu de la superficie sur l'adoption des BPA est positif.

- **Accès au crédit pour la production du riz**

Les difficultés d'accès au crédit pourraient impacter la décision d'adoption des nouvelles technologies. Les agriculteurs, en général, font face à des contraintes de liquidités en périodes hors récoltes. L'accès des agriculteurs au crédit renforcerait donc l'usage de certains intrants. Il s'agit d'une variable qui prend la valeur 1 si le producteur a eu accès à un crédit pour la production de riz et 0 sinon.

- **Expérience en riziculture du chef d'exploitation**

C'est une variable quantitative qui se définit comme étant le nombre d'années de pratique de la riziculture. L'expérience permet aux producteurs d'avoir une bonne connaissance de la riziculture leur permettant de prendre des décisions judicieuses en matière de choix de technologies. Elle contribue également à exposer les producteurs aux innovations rizicoles. Ainsi, l'expérience en riziculture doit avoir un effet positif sur l'adoption des BPA.

Chapitre 4 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Ce chapitre a pour finalité de cerner et d'expliquer l'impact des Bonnes Pratiques Agricoles sur les différentes catégories de producteurs de riz dans la Vallée. Les statistiques descriptives et les estimations du modèle Probit et de Late ont été réalisées avec le logiciel STATA 13 qui est un logiciel statistique de gestion et d'analyse de données.

4.1. Analyse descriptive des enquêtés

4.1.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs de riz

L'analyse des résultats (tableau ci-dessous) révèle plusieurs caractéristiques démographiques des riziculteurs dont certaines affichent une différence statistiquement significative selon le statut d'adoption. Les résultats dudit tableau montrent sur l'ensemble de la population totale, 549 des ménages rizicoles adoptants les BPA et 100 non adoptants.

Tableau 3: Caractéristiques sociodémographiques des riziculteurs selon l'adoption des BPA

| | Adoptants | Non Adoptants | Différences de Test | Probabilité |
|----------------------------|----------------|---------------|---------------------|-------------|
| Nombres d'Observations | 549 | 100 | | |
| Hommes en % | 94,17 (0,01) | 95 (0,021) | 0,008 (0,025) | 0,1328 |
| Femmes en % | 5,82 (0,01) | 5 (0,021) | -0,008 (0,025) | 0,1328 |
| Age (moyenne) | 50,15 (0,56) | 49,76 (1,18) | -0,393 (1,42) | 0,3912 |
| Célibataire en % | 4,007 (0,0083) | 4 (0,0196) | -0,0007 (0,0213) | 0,0498** |
| Monogames (%) | 61,02 (0,02) | 68 (0,046) | 0,069 (0,052) | 0,0932* |
| Polygames (%) | 3,15 (0,019) | 4,46 (0,446) | 0,045 (0,05) | 0,1848 |
| Malades (%) | 2,5 (0,0067) | 8 (0,027) | 0,05 (0,019) | 0,0028*** |
| Toucouleur (%) | 25,76 (0,034) | 30,36 (0,020) | -0,17 (0,049) | 0,0002*** |
| Sérère (%) | 1,89 (0,594) | 1,06(0,010) | -0,008 (0,014) | 0,2866 |
| Alphabétisés(%) | 5,46 (0,009) | 0 | -0,054 (0,022) | 0,0083*** |
| Tjrs inscrits (%) | 1,82 (0,005) | 2 (0,014) | 0,001 (0,014) | 0,0451** |
| Taille du ménage (moyenne) | 11,34 (0,58) | 10,71 (0,243) | 0,62 (0,622) | 0,1584 |

* Significatif au seuil de 10%. ** Significatif au seuil de 5%. *** Significatif au seuil de 1%.
Les chiffres en entre parenthèses représentent les écarts-types.

Source: Auteur, à partir des données de JICA 2016.

Il ressort de l'analyse aussi que les ménages enquêtés sont majoritairement dirigés par des hommes avec 94,29%. Les taux des adoptants et des non adoptants chez les hommes sont respectivement 94,17% et 95% tandis que chez les femmes, ils sont respectivement 5,82% et 5%. Même si la variable genre, dans le modèle, ne présente pas une différence statistiquement

significative. Cette situation se justifie du fait qu'en milieu rural, les exploitations familiales agricoles sont en grande partie dirigées par les hommes. En moyenne les chefs de ménages rizicoles interrogés sont âgés de 50,15 ans pour les adoptants et 49,76 ans pour les non adoptants. Les variables célibataires, monogames, toucouleurs, sérères, etc. connaissent des différences statistiquement significatives. Chez les adoptants on constate 4% de célibataires, 61% de monogames, 25% de toucouleurs et 1% de sérères. Concernant la taille du ménage, en moyenne nous avons 11,34 et 10,71 pour les adoptants et les non adoptants. En ce qui concerne l'éducation les variables alphabétisés et toujours inscrits ont une différence statistiquement significative au seuil respectivement de 1% et 5%. Au fait 5% des adoptants sont alphabétisés alors qu'il n'y en a pas de riziculteurs alphabétisés dans le groupe non traité. Selon Azontondé (2004), cité par Adékambi (2005) l'éducation est retenue parce qu'ayant une importance sur l'adoption et l'introduction des innovations technologiques en milieu rural. De surcroit on note de faibles taux d'unités étant toujours inscrites à l'école : seulement 1,82% chez les adoptants et 2% chez les non adoptants.

4.1.2. Caractéristiques socioéconomiques des producteurs de riz

Le tableau n°4 décrit la présentation de quelques caractéristiques socioéconomiques des producteurs rizicoles en mettant l'accent surtout le type d'activité secondaire, sur la superficie emblavée pour la culture de riz et la possibilité d'accès au crédit du producteur.

Les statistiques montrent que les riziculteurs-ouvriers constituent 8% des adoptants avec un niveau de significativité au seuil de 1%. A noter que seulement 1,63% de l'ensemble des riziculteurs ont pu trouver un emploi. Un fait expliqué par le fort taux de chômage dans la zone. On note cependant, que le niveau d'accès au crédit des exploitants est très élevé : 71.94% chez les adoptants et 33.92% chez les non adoptants, soit plus de la majorité des riziculteurs de la Vallée ont eu accès à ce service (52,93%). La proportion d'individus exerçant une activité de commerce dans l'ensemble de l'échantillon est de 20,64%. La statistique de la différence de la variable commerçant est fortement significative au seuil de 1%. Le nombre moyen d'années de pratique de la riziculture est de 5 ans avec un maximum de 10 ans. Ceci témoigne d'une expérience des producteurs en riziculture assez moyenne (Ouédraogo et Diagne 2017). L'analyse portée sur la superficie emblavée révèle que la superficie moyenne est de 8,81 ha pour tout l'échantillon. En effet, la superficie moyenne des riziculteurs adoptants les BPA est de 7,77 ha par contre celle des non adoptants est de 14,83 ha et varie entre 5,28ha et 25ha. Ceci laisse entrevoir que la riziculture est pratiquée par de grands producteurs dans cette région.

Tableau 4: Caractéristiques socioéconomiques des riziculteurs selon l'adoption des BPA

| | Adoptants | Non Adoptants | Différences de Test | Probabilité |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| Nombres d'Observations | 549 | 100 | | |
| Travail indépendant (%) | 26,59 (0,018) | 24 (0,042) | 0,025 (0,047) | 0,2941 |
| Etre employé (%) | 6 (0,005) | 1,63 (0,005) | 0,01 (0,012) | 0,0989* |
| Commerçants (%) | 15,3 (0,015) | 5 (0,050) | 0,34 (0,041) | 0,0000*** |
| Ouvriers (%) | 8,378 (0,011) | 18 (0,038) | 0,09 (0,032) | 0,0015*** |
| N'ont pas obtenu un emploi (%) | 0,04 (0,008) | 0 | -0,04 (0,020) | 0,0186** |
| Ont obtenu un emploi (%) | 9,1 (0,012) | 3 (0,030) | -0,031 (0,030) | 0,0154** |
| Accès au crédit (%) | 71,94 (0,0191) | 33,92 (0,063) | -0,38 (0,063) | 0,0000*** |
| Superficie en ha (moyenne) | 7,77 (1,179) | 14,83 (10,155) | 7,05 (5,069) | 0,0823* |
| Expérience (moyenne) | 4,8 (0,355) | 8,18 (0,874) | 3,37 (0,911) | 0,0001*** |

* Significatif au seuil de 10%. ** Significatif au seuil de 5%. *** Significatif au seuil de 1%.
Les chiffres en entre parenthèses représentent les écarts-types

Source: Auteur, à partir des données de JICA 2016.

4.2. Facteurs déterminants l'adoption aux BPA dans la Vallée

Les déterminants de l'adoption des BPA sont analysés à l'aide d'un modèle Probit dont les résultats sont présentés dans le tableau 5. Le modèle est globalement significatif car la valeur de la statistique χ^2 qui est de 46,24, est significative au seuil de 1% ($\text{Prob} > \chi^2 = 0,000***$). Ce qui permet d'affirmer que tous les coefficients des variables explicatives du modèle ne sont pas nuls simultanément. Le modèle est donc globalement satisfaisant. Les effets marginaux (présentés sur la première colonne des Tableaux 5 et 6) montrent l'impact de la variation d'une unité de chaque variable sur la probabilité d'adoption des BPA et de l'instrument. Ainsi, la variation d'une unité de chaque variable augmente (ou diminue) la probabilité d'adoption.

Tableau 5: Résultats de la régression Probit de l'adoption aux BPA

| Number of obs = 605 | | | | | | |
|--------------------------------|---------|--------------|-----------|-------|----------|-----------------------|
| LR chi ² = 46,24*** | | | | | | |
| Log likelihood = -163,47943 | | | | | | |
| Pseudo R ² = 0,1239 | | | | | | |
| Variables | dy/dx | Coefficients | Std. Err. | Z | P> z | [95% I, C] [a ; b] |
| Homme | 0,090 | 0,619 | 0,355 | 1,74 | 0,081* | -0,076 1,315 |
| Age | 0,005 | 0,003 | 0,006 | 0,46 | 0,643 | -0,009 0,016 |
| Superficie | -0,0003 | -0,002 | 0,001 | -1,43 | 0,153 | -0,004 0 |
| Expérience | -0,0005 | -0,003 | 0,009 | -0,39 | 0,696 | -0,022 0,015 |
| Tailleménage | 0,1023 | 0,1658 | 0,002 | 0,42 | 0,003*** | -0,025 0,039 |
| Aucunniveau | -0,0510 | -0,324 | 0,167 | -1,94 | 0,052* | -0,652 0,002 |
| Accès Crédit | 0,0878 | 0,700 | 0,162 | 4,30 | 0,000*** | 0,381 1,019 |
| Ouvrier | 0,0878 | -0,565 | 0,229 | -2,46 | 0,004*** | -1,015 -0,115 |
| Commerçant | -0,0419 | -0,258 | 0,208 | -1,24 | 0,215 | -0,66 0,150 |
| Constante | | 0,772 | 0,435 | 1,78 | 0,076* | -0,08 1,625 |

* Significatif au seuil de 10%. ** Significatif au seuil de 5%. *** Significatif au seuil de 1%.

Source: Auteur, à partir des données de JICA 2016.

Les résultats du modèle indiquent que le fait d'être homme, le fait d'avoir aucun niveau scolaire et la taille du ménage sont respectivement significatifs au seuil de 10% et 1%. Le fait d'être homme augmente la chance d'adopter les BPA de 9% tandis que le fait de n'avoir aucun niveau scolaire la diminue de 5,1%. En effet les riziculteurs qui n'ont aucun niveau scolaire ne disposent pas d'informations leur permettant de mieux évaluer les BPA. Moins les producteurs sont instruits, plus ils sont réfractaires aux nouvelles technologies. L'âge influence positivement l'adoption aux bonnes pratiques. Ce résultat n'est pas surprenant et montre que les jeunes sont plus informés sur les BPA que les vieux, car ayant plus accès aux nouvelles technologies de l'information et de la communication. Par contre, l'expérience en riziculture et la superficie de riz ont un effet négatif sur l'adoption BPA. La taille du ménage agricole et l'accès au crédit sont les variables les plus significatives qui déterminent l'adoption. Elles influencent positivement la probabilité d'adopter les BPA respectivement de 12,23% puis négativement de 5,1%. En effet selon Alene et Manyong (2006) une technologie exigeante en

main-d'œuvre va certainement être plus à la portée des familles nombreuses qui, de ce fait, seront plus favorables à son adoption. On constate également que l'accès au crédit augmente la chance d'adopter les BPA de 8,78%. Cela se comprend aisément du fait que les aménagements rizicoles sont trop exigeants en besoins d'intrants, nécessitant des entretiens de manière régulière et que d'autre part, les producteurs de la Vallée du Fleuve Sénégal, selon Fall (2006) disposent peu d'épargne et le coût de production du riz est trop cher. Ces charges sont élevées pour des producteurs en majorité dépourvus de trésorerie pour se prendre en charge. Par conséquent, l'existence du crédit est une opportunité saisie par la majorité des producteurs de cette zone. Dans le même sens Alene et Manyong (2006) et Hailu et al. (2014) ont trouvé que l'accès des agriculteurs au crédit renforcerait l'usage de certaines pratiques agricoles.

4.3. Facteurs déterminants la variable d'instrument

Les résultats de l'estimation du modèle Probit d'adoption des bonnes pratiques agricoles sont consignés dans le Tableau 6. Le test de ratio de vraisemblance indique que le modèle estimé est globalement significatif ($P < 0,001$), ce qui montre la bonne spécification du modèle et que les variables retenues permettent d'expliquer significativement l'instrument. Les résultats montrent que l'accès au crédit, la superficie emblavée et le fait d'être ouvrier sont les seuls facteurs statistiquement déterminants à la formation agricole des riziculteurs de la VFS. Les autres facteurs ne sont pas identifiés statistiquement prépondérants. C'est-à-dire que les producteurs qui sont en relation notre instrument (formation agricole) proviennent en majorité des producteurs dont les caractéristiques sont fortement liées à l'accès au crédit, à la taille de la parcelle et au fait d'avoir un second emploi. Le fait de n'avoir aucun niveau d'éducation influence négativement sur la prise d'une décision de suivre une formation. L'expérience est par contre, positivement corrélée avec notre instrument. Ce facteur a un effet quasi nul d'ailleurs sur la formation agricole. En effet il serait que la maturité est un gage de succès dans l'agriculture. Plus on a de l'expérience, plus on a de chance de s'en sortir et d'éviter les problèmes de gestion dans la culture du riz. La superficie de la parcelle, elle, agit négativement sur la formation. Les résultats montrent qu'un hectare supplémentaire de terre réduirait les chances de recevoir une formation agricole de 0,02%. Cette variable est statistiquement significative au seuil de 10%.

Tableau 6: Résultats de la régression Probit de l'instrument

| Number of obs = 605 | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|---------------------|------------------|----------|-----------------|-------------------------------------|
| LR chi ² = 53,71*** | | | | | | |
| Log likelihood = -112,38117 | | | | | | |
| Pseudo R ² = 0,1929 | | | | | | |
| Variables | dy/dx | Coefficients | Std. Err. | Z | P> z | [95% I. C] [a ; b] |
| Homme | 0,075 | 0,090 | 0,357 | 0,25 | 0,800 | -0,016 0,010 |
| Age | -0,0015 | -0,002 | 0,007 | -0,27 | 0,791 | -0,017 0,013 |
| Superficie | -0,0002 | -0,002 | 0,0014 | -1,83 | 0,067* | -0,005 0 |
| Expérience | 0,0007 | 0,008 | 0,013 | 0,62 | 0,534 | -0,0018 0,035 |
| Tailleménage | 0,0017 | 0,003 | 0,200 | 0,22 | 0,828 | -0,0315 0,039 |
| Aucunniveau | -0,0527 | -0,247 | 0,1822 | -1,36 | 0,174 | -0,604 0,109 |
| Accès Crédit | 0,0776 | 0,841 | 0,220 | 3,81 | 0,000*** | 0,408 1,274 |
| Ouvrier | -0,0783 | -0,8485 | 0,2623 | -3,23 | 0,001*** | -1,362 -0,334 |
| Commerçant | -0,0145 | -0,191 | 0,241 | -0,79 | 0,428 | -0,664 0,281 |
| Constante | | 1,359 | 0,505 | 2,22 | 0,026** | 0,132 2,11 |

* Significatif au seuil de 10%. ** Significatif au seuil de 5%. *** Significatif au seuil de 1%.

Source: Auteur, à partir des données de JICA 2016.

4.4. Impact des BPA sur le rendement

Le tableau 7 présente l'impact des bonnes pratiques agricoles sur le rendement des différentes catégories de riziculteurs. Le modèle est globalement significatif au seuil de 1%. Les résultats ont montré que parmi les adoptants potentiels (compliers), l'adoption aux BPA a permis d'augmenter les rendements en riz. En effet, la valeur estimée du LATE est positive et l'adoption aux bonnes pratiques agricoles permet aux riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal d'augmenter leur rendement à hauteur de 3,7 tonnes par hectare. Ce résultat confirme notre hypothèse au départ comme quoi les riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal améliorent leur productivité en adoptant les bonnes pratiques agricoles. Il rejoint les conclusions de Pretty et al. (2006), Nacro et al. (2010) et Boraud et al. (2015). L'impact obtenu pourrait être interprété comme le résultat du changement technique occasionné par les BPA.

Tableau 7: Résultats d'estimation du modèle d'impact des BPA sur le rendement (LARF)

| Number of obs: N = 605 Number of treated: N1 = 549 Number obs with inst=1: Nz1 = 568 | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|----------|-----------------|-------------------------------|----------|
| Rendement | Coefficients | Std. Err. | z | P> z | [95% Interv. de Conf.] | |
| [a ; b] | | | | | | |
| Méthode naïve | | | | | | |
| Diff. Simple | 3063,367 | 256,1552 | 11,96 | 0,000*** | 2561,312 | 3565,422 |
| Adoptants | 3660,026 | 201,0576 | 18,20 | 0,000*** | 3265,961 | 4054,092 |
| Non adoptants | 596,6593 | 158,7178 | 3,76 | 0,000*** | 285,5782 | 907,7404 |
| Méthode de Local Average Response Function (LARF) | | | | | | |
| LATE/ Larf | 3659,026 | 200,7476 | 18,23 | 0,000*** | 3265,568 | 4052,484 |

* Significatif au seuil de 10%. ** Significatif au seuil de 5%. *** Significatif au seuil de 1%.

Source: Auteur, à partir des données de JICA 2016.

Les rendements en riz ont été nettement améliorés par les bonnes pratiques agricoles. Ce surplus de rendement observé est dû au fait que les bonnes pratiques sont plus avantageuses comparées aux pratiques paysannes anciennes. Elles permettent non seulement de faire face aux aléas comme la sécheresse mais permettent aussi de résister aux facteurs biologiques néfastes à l'environnement. Il ressort que l'amélioration de ces pratiques agricoles peut avoir un impact significatif à travers une agriculture respectueuse visant à préserver l'eau, le sol, la biodiversité... amenant les producteurs à maximiser leurs rendements.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a estimé les déterminants de l'adoption des BPA et la décision de suivre une formation agricole et au final l'impact de l'adoption des BPA sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal. L'évaluation de l'impact a été faite avec la méthode de *Local Average Response Function* (LARF). Cette fonction a permis d'estimer sans biais l'effet moyen local du traitement (LATE) qui est l'impact des bonnes pratiques agricoles sur le rendement de riz. Les résultats obtenus montrent que celles-ci permettent d'augmenter le rendement jusqu'à 3,7 tonnes par hectare. Ils montrent aussi que les adoptants diffèrent des non adoptants en termes de caractéristiques comme le sexe et le niveau d'éducation. L'étude a mis également en évidence les facteurs qui déterminent significativement la formation agricole et l'adoption des pratiques. On voit que la taille du ménage, le genre masculin et l'accès au crédit restent déterminants dans l'adoption comme le sont parallèlement, la superficie de la parcelle et l'accès au crédit pour la formation agricole.

Les bonnes pratiques ont permis d'augmenter significativement la productivité chez les adoptants potentiels. Ainsi, elles pourraient constituer un instrument important de politiques agricoles visant la sécurité alimentaire des ménages et la durabilité de la production rizicole. Il devient donc urgent à ce que les décideurs puissent mettre en œuvre des programmes spécifiques d'intensification de la formation technique des exploitants agricoles sur les bonnes pratiques culturales et contribuer au regroupement de ces derniers dans le cadre des coopératives. Ces deux facteurs seraient de nature à induire des taux élevés d'une bonne perception de l'adoption des bonnes pratiques de la culture de riz dans le pays. Dans ce sens, les déterminants de l'adoption identifiés sont à ne pas négliger. Les résultats suggèrent aussi qu'il faut entreprendre davantage d'actions dans le sens de la mise en relation entre les agriculteurs et le respect des bonnes pratiques pour permettre une plus grande visibilité des résultats et ainsi bénéficier des avantages de ces pratiques. La conjugaison de toutes ces actions permettra sans doute de booster l'adoption dans le pays en vue d'accroître la productivité. Cependant une des limites de l'étude est de ne pas faire de distinction entre les différentes pratiques adoptées afin de déceler l'impact réel de chacune d'entre elles.

Bibliographie

Abadie, A. (2003). Semiparametric Instrumental Variable Estimation of Treatment Response Models, *Journal of Econometrics* 113, 231-236

Adesina A.A et Baidu-Forson J, (1995). Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology: Evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural Economics* 13:1-9.

Adesina A. A et Zinnah M. M, (1993). Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: A Tobit model application in Sierra Leone. *Agricultural Economics* 9(4):297-311.

Alene, A. D. et Manyong, V. M. (2006). Farmer-to-farmer technology diffusion and yield variation among adopters: the case of improved cowpea in northern Nigeria. *Agricultural Economics*, 35: 203-211

Arouna A. et Diagne A. (2013). Impact de la production de semence sur le rendement et le rendement des ménages agricoles: étude de cas du Bénin. *4th International Conférence of the African Association of Agricultural Economics*. 22-25 Septembre. Hammamet, Tunisie.

Audebert A., Blavet Didier. (1992). Sols, états de surface et rendements du cotonnier en station expérimentale (Togo central). Cahiers ORSTOM. Série Pédologie, 27 (2), 153-166. ISSN 0029-7259

Awotide, B.A, T. Abdoulaye, A. Alene, et V.M. Manyong (2015). Impact of Acces to Credit on Agricultural Productivity: Evidence from Smallholder Cassava Farmers in Nigeria. *Proceedings of the International Conference of Agricultural Economists*, Milan, Italy August 9-14, 2015.

Banque Mondiale (2008). L'agriculture au service du développement. Rapport sur le développement dans le monde 41456. 36p. 978-0-8213-7299-9

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 n° 2 décembre 2016, 41p.

Boraud, N. K. M.; Kouame N. M.; Mangara A.; Diarrasouba N.; Koulibaly A.V. (2015). Etude physico-chimique de sept (7) plantes spontanées alimentaires du centre-ouest de la Cote d'Ivoire. *J Appli Biosci*. 90:8450-8463.

Chirwa EW, (2005). Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in southern Malawi. *Development Southern Africa* 22(1):1-12.

Croppenstedt A, Demeke M et Meschi MM, (2003). Technology adoption in the presence of constraints: The case of fertilizer demand in Ethiopia. *Development Economics* 7(1):58-70.

Dakouo Déhou (1984). Etude agro-économique comparative de 3 modes de semis en riziculture irriguée en station de recherche, Master. Institut Supérieur Polytechnique. 102p.

Diagne A et Demont M, (2007). Taking a new look at empirical models of adoption: Average treatment effect estimation of adoption rates and their determinants. *Agricultural Economics* 37: 201–10.

Diagne, A. (2009). Méthodologie d'évaluation d'impact. Cours sur l'évaluation d'impact, ADRAO, avril 2009.

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. Quels impacts pour l'agriculture malienne? 31p

Diagne, A. et **Zeller**, M. (2001). Access to Credit and its Impact on Welfare in Malawi. Research Report No. 116. Washington, D.C.: *International Food Policy Research Institute*.

Diagne, A., **Dontop-Nguez**, P. M., **Kinkinginhom-Medgabé**, F. M., **Alia**, D., **Adégbola**, P. Y., **Coulibaliy**, M., **Diawara**, S., **Dibba**, L., **Mahamood**, N., **Mendy**, M., **Ojehomon**, V. T., et **Wiredu**, A. N. (2012). The impact of adoption of NERICA rice varieties in West Africa. SPIA Pre-conference workshop ; 28th

Donahue, R. L. ; **Miller**, R.W. ; **Shicluna**, J. C. (1983). Soils. An introduction to soils and plant growth. *Fifth edition*. 667p.

Eagle A. J., **J. A. Bird**, **W. R. Horwath**, **B. A. Linquist**, **S. M. Brouder**, **J. E. Hill**, and **C. van Kessel**. (2000). Rice Yield and Nitrogen Utilization Efficiency under Alternative Straw Management Practices. *Agron. J.* 92:1096-1103

Fageria N.K. et **Baligar VC** (2001). Réponse du riz des terres bas à la fertilisation de l'azote, *Communications en science des sols et analyse des plantes*, 32 : 9-10, 1405-1429

Fall, A.A., (2005). Impact économique de la recherche sur le riz au Sénégal et en Mauritanie. In : *Agronomie Africaine, CORAF*, Numéro Spécial, ISSN n°1015-2288, 53-6, décembre.

FAO (2002). Rapport spécial mission FAO/PAM d'évaluation des récoltes et des disponibilités alimentaires au Mozambique. Disponible sur <http://www.fao.org/3/y6885f/y6885f00.htm>.

Ferrari S., **Pagliari P.**, et **Trettel**, J. (2018). Essai optimal de la date de semis et du génotype pour la production de riz pluvial au Brésil. *Rapports scientifiques*, 8 (1), 8227. doi: 10.1038 / s41598-018-26628-6. Publié en ligne le 29 mai 2018

Fougère, D. (2010). « Les Méthodes Econométriques d'Evaluation », *Revue Française des Affaires Sociales*, N°1-2, pp. 105-128.

GRDR (2014). Monographie vallée du fleuve Sénégal, AFC, Juin 2014, 75 p.

Groulx-Tellier, Elisabeth (2012). Facteurs influençant l'adoption de bonnes pratiques agroenvironnementales par les producteurs de grandes cultures dans le bassin versant de la rivière châteauguay. CUFE – Essais. Disponible sur <http://hdl.handle.net/11143/7222>.

Gueye, M. (2016). « Amélioration de techniques de semis, de fertilisation et de récolte du fonio blanc (*Digitaria exilis* Stapf ; *Poaceae*) au Sénégal Oriental et en Casamance (Sénégal) ». Thèse de doctorat N° d'ordre : 196 : Biologie, Physiologie et Production Végétales/ protection et production végétales. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Février 2016, 189p.

Hailu BK, Abrha BK et Weldegiorgis KA, (2014). Adoption and impact of agricultural technologies on farm income: Evidence from Southern Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Food and Agricultural Economics* 2(4):91–106.

Heckman, J. (2010). Building bridges between structural and program evaluation approaches to evaluating policy, *Journal of Economic Literature* 48 (2) : 356-398.

IAAE (2012) conference, Foz do Iguacu, Brazil, August 18. 58p.

Imbens, G.W., and **Angrist**, J.D., (1994). Identification and Estimation of Local Average Treatment Effects. *Econometrica* 62, 467-476.

ISRA (2012). Guide de production de riz pluvial 2012 : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles. 36p

Kebede Y, Gunjal K et Coffin G, (1990). Adoption of new technologies in Ethiopian agriculture: The case of Tegulet-Bulga District, Shoa province. *Agricultural Economics*, 4(1):27–43.

Lambrecht I, Vanlauwe B, Merckx R et Maertens M, (2014). Understanding the process of agricultural technology adoption: Mineral fertilizer in eastern DR Congo. *World Development* 59:132–46.

Le Quere Eric, Hung Bach Trung, Han Tran Ngoc, (1995). Riziculture et évolution récente des pratiques culturales au Nord Vietnam. In: Cahiers d'Outre-mer. N° 190 - 48e année, Avril-juin. Fleuve Rouge. pp. 229-250; doi : <https://doi.org/10.3406/caoum.1995.3559>.

MAE (2008). Programme National d'Autosuffisance Alimentaire en riz à l'horizon 2015. Ministère Agriculture et de l'Élevage.

Nacro S, Ouedraogo S, Traore K, Sankara E, Kabore C, Ouattara B. (2010). Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(4): 1044-1055.

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

Ningaraju GK, N Ramachandra, Shivakumar M., Rajanna P, Krishnamurthy R (2015). Études sur la réponse des variétés et les différentes dates de semis sur la productivité du riz aérobie. *J Rice Res* 3: 142. doi: 10.4172 / 2375-4338.1000142

O’Gorman M, (2006). Africa’s missed agricultural revolution: A quantitative study of technology adoption in agriculture. *The Journal of Macroeconomics*. doi:10.1515/bejm-2013-0016

Parienté W, (2008). Analyse d’impact: l’apport des évaluations aléatoires. *Stateco* n°103:5-17.

Pretty, J.N., Noble, A. D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R. E., de Vries, F. et Morison, J. I. L. (2006). Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environ. Sci. Technol.* 40, 1114-1119. doi:10.1021/es051670d

Rigourd C, Hermiteau I, Nepveu de Villemarceau A, Vidal A. (2002). La riziculture irriguée en Afrique sahélienne : rompre avec le pessimisme. *Cah Agric* 11 :58-64

Rogers, E. M. (1983). Diffusion of Innovations. 3rd Edition. *The free press*. London. 453p.

Rosenbaum, P. (2001). Observational Studies. Second Edition. Springer-Verlag. New York.

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

SAED (2009). Fiche technique du riz. Le potentiel technico-economique pour l’atteinte de l’autosuffisance en riz vers l’horizon 2012. SAED

Singh Y, V.P. Singh, G. Singh, D.S. Yadav, R.K.P. Sinha, D.E. Johnson, A.M. Mortimer (2011). The implications of land preparation, crop establishment method and weed management on rice yield variation in the rice–wheat system in the Indo-Gangetic plains, *Field Crops Research*, Volume 121, Issue 1, Pages 64-74.

Smedema, Lambert K. - Abdel-Dayem, Safwat - Ochs, Walter J. (2000). Drainage and Agricultural Development - Irrigation and Drainage Systems - <https://doi.org/10.1023/A:1026570823692>

Smedema, LK, Abdel-Dayem, S. et Ochs, WJ (2000). Systèmes d’irrigation et de drainage 14: 223

Tchabi Vincent Isidore, Azocli David et Agohoundje Claude (2015). «Effet des différents tests d’engrais sur le rendement du riz (*oryza spp*) dans le périmètre rizicole de Bamè au centre du Bénin». *Afrique Science*, Vol.11, N°4.

Teno G, Lehrer K, et Koné A. (2018). Les facteurs de l’adoption des nouvelles technologies en agriculture en Afrique Subsaharienne: une revue de la littérature. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* Volume 13 Number 2 pages 140-151.

Table des matières

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Dédicaces | i |
| Remerciements | ii |
| Sommaire | iii |
| Liste des tableaux | iv |
| Liste des figures | iv |
| Sigles et acronymes | v |
| INTRODUCTION GENERALE..... | - 6 - |
| - Contexte | - 6 - |
| - Problématique..... | - 7 - |
| - Objectif..... | - 9 - |
| - Hypothèse..... | - 9 - |
| - Intérêt de la recherche | - 9 - |
| - Organisation du document | - 10 - |
| Chapitre 1 : CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE | - 11 - |
| 1.1. Cadre conceptuel | - 11 - |
| 1.1.1. Riziculture irriguée..... | - 11 - |
| 1.1.2. Etude d'impact | - 11 - |
| 1.1.3. Adoption..... | - 11 - |
| 1.1.4. Rendement..... | - 12 - |
| 1.1.5. Bonnes Pratiques Agricoles | - 12 - |
| 1.2. Revue de la littérature..... | - 12 - |
| 1.2.1. Impact des BPA sur les rendements agricoles | - 12 - |
| 1.2.2. Qu'est-ce qui détermine l'adoption des BPA ?..... | - 18 - |
| Chapitre 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET FAITS SYLISES..... | - 21 - |
| 2.1. Présentation de la Vallée du Fleuve Sénégal | - 21 - |
| 2.1.1. Au plan administratif..... | - 22 - |
| 2.1.2. La démographie..... | - 23 - |
| 2.1.3. Du point de vue écologique..... | - 23 - |
| 2.1.4. Du point de vue géographique | - 23 - |
| 2.1.5. Le cadre physique..... | - 24 - |
| 2.2. Evolution de la production face aux importations de riz au Sénégal | - 25 - |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|
| Chapitre 3 : METHODOLOGIE D'EVALUATION D'IMPACT | - 27 - |
| 3.1. Source de données et technique d'échantillonnage..... | - 27 - |
| 3.1.1. Source de données | - 27 - |
| 3.1.2. Technique d'échantillonnage | - 27 - |
| 3.2. Le principe d'évaluation d'impact | - 28 - |
| 3.3. Méthode d'Évaluation | - 28 - |
| 3.4. Le principe de la VI..... | - 31 - |
| 3.5. Les limites de la VI | - 34 - |
| 3.6. Description des variables du modèle..... | - 35 - |
| Chapitre 4 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS | - 37 - |
| 4.1. Analyse descriptive des enquêtés | - 37 - |
| 4.1.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs de riz | - 37 - |
| 4.1.2. Caractéristiques socioéconomiques des producteurs de riz | - 38 - |
| 4.2. Facteurs déterminants l'adoption aux BPA dans la Vallée | - 39 - |
| 4.3. Facteurs déterminants la variable d'instrument d'adoption | - 41 - |
| 4.4. Impact des BPA sur le rendement | - 42 - |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS | - 43 - |
| Bibliographie..... | - 45 - |
| Table des matières | - 49 - |
| Résumé..... | - 51 - |
| Abstract | - 51 - |

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'impact de l'adoption des bonnes pratiques agricoles (BPA) sur le rendement en riz dans la vallée du fleuve Sénégal. Elle cherche à identifier aussi les déterminants de la formation agricole et de l'adoption dans la zone. Les enquêtes ont été menées en 2015 et concernent 120 regroupements d'agriculteurs et 559 producteurs individuels échantillonnés de manière aléatoire dans les départements de Podor et Dagana. La méthode du *Local Average Response Function* (LARF) a permis d'estimer sans biais l'effet moyen local du traitement (LATE). Les bonnes pratiques agricoles ont permis d'augmenter les rendements rizicoles de 3,7tonnes/ha. Les déterminants de l'adoption sont des éléments à prendre en compte pour réussir les actions de promotion de l'efficacité technologique dans le secteur agricole.

Mots-clés : Impact, Bonnes Pratiques Agricoles, Larf, Rendement, Vallée du Fleuve Sénégal

Title : **Impact of Good Agricultural Practices on rice yield in the Senegal River Valley**

Abstract

This paper aims to evaluate the impact of adoption of Good Agricultural Practices (GAP) on rice yield in the Senegal River Valley and also identify the determinants of their agricultural training and adoption. Surveys were conducted in 2015, involving 120 farmer groups and 559 individual producers randomly sampled in the Podor and Dagana departments. The Local Average Response Function (LARF) method allowed unbiased estimation of the local mean effect of treatment (LATE). Good agricultural practices have increased rice yield by 3 700 kg per hectare. The determinants of adoption are elements to be taken into account in order to succeed in promoting technological efficiency in the agricultural sector.

Keywords: Impact, Good Agricultural Practices, Larf model, Yield, Senegal River Valley