

Université Assane Seck de Ziguinchor



UFR SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES

Département : Economie-Gestion

**Mémoire de Master**

**MASTER : FINANCE ET DEVELOPPEMENT**

**Spécialité : Evaluation d'impact des politiques de développement**

**IMPACT DE L'ADOPTION DES VARIETES AMELIOREES  
DE RIZ SUR L'EFFICACITE TECHNIQUE DES  
RIZICULTEURS AU SENEGAL**

Présenté et soutenu par

**Vincent MENDY**

**Sous la direction de : Dr Blaise Waly BASSE**

**Membres du jury :**

Abdou Aziz	NIANG	Maitre de conférences Agrégé / UASZ	Président
Dr Souleymane	MBAYE	Maitre-Assistant / UASZ	Examineur
Dr Blaise Waly	BASSE	Maitre-Assistant / UASZ	Encadrant

Année universitaire 2018-2019

## *DEDICACE*

A la mémoire de ma très chère mère qui, malgré les moyens limités a su donné à tous ses enfants, grâce au don qu'elle a reçu de l'Eternel tout ce dont un enfant peut espérer de sa **mère.**

## ***REMERCIEMENTS***

A Dieu soient la gloire, la louange et l'action de grâce pour nous avoir accordé la force et le courage de réaliser ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude et remerciements à ***Docteur Blaise Waly BASSE*** qui a accepté de consacrer son précieux temps à diriger ce modeste travail. Sa disponibilité, ses conseils et encouragements nous ont aidés à mener à terme nos travaux de recherche.

Nous tenons également à témoigner toute notre gratitude à l'ensemble des professeurs qui ont participé à notre formation universitaire. Leurs compétences, leur savoir-faire, leur dévouement et leur rigueur ont été la clé de notre succès durant ces cinq années passées à l'université.

Nous exprimons notre redevabilité à notre famille : mon père, ma sœur et tous mes frères. Ils ont été pour moi un soutien inconditionnel ; qu'ils trouvent ici l'expression de mon amour, mon attachement et de ma reconnaissance envers eux.

Un merci spécial à mes amis et frères de la deuxième promotion Finance et Développement qui ont été d'un grand soutien pour moi et de fidèles compagnons tout au long de ce parcours académique ainsi que dans la vie de tous les jours au cours de ces deux années.

Enfin nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre succès scolaire et universitaire.

## Sommaire

<b>DEDICACE</b> .....	
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	ii
<b>Sommaire</b> .....	iii
<b>Liste des tableaux</b> .....	iv
<b>Liste des sigles et abréviations</b> .....	v
<b>Résumé</b> .....	vi
<b>Introduction :</b> .....	1
<b>Chapitre1 : Clarification des concepts et Revue de la littérature</b> .....	5
<b>1.1. Approche conceptuelle</b> .....	5
<b>1.2. Revue de la littérature</b> .....	8
<b>Chapitre 2 : Approche méthodologique pour l'estimation de l'efficacité technique et la mesure de l'impact</b> .....	16
<b>2.1. Collecte de données</b> .....	16
<b>2.2. Méthodologie de l'estimation de l'efficacité technique</b> .....	17
<b>2.3. Approche méthodologique de l'évaluation d'impact</b> .....	22
<b>Chapitre 3 : Résultats et discussions</b> .....	30
<b>3.1 Estimation de la frontière et de l'efficacité technique</b> .....	30
<b>3.2. Résultats économétriques du traitement</b> .....	35
<b>Conclusion générale et implications politiques</b> .....	43
<b>Références bibliographiques</b> .....	45
<b>Table des matières</b> .....	49
<b>Annexes</b> .....	51

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1: Résultats des tests d'hypothèses.....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau 2: Estimation de la frontière stochastique et de l'efficacité technique .....</b>	<b>31</b>
<b>Tableau 3: les efficacités moyennes selon la zone agro-écologique.....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 4: Déterminants de l'inefficacité technique.....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 5: Caractéristiques sociodémographiques des exploitants agricoles .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 6: Caractéristiques économiques .....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 7: Déterminants du traitement .....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 8: Déterminants de l'instrument .....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau 9: Résultats économétriques de l'impact des variétés améliorées.....</b>	<b>42</b>

## Liste des sigles et abréviations

<b>ANCAR</b>	Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural
<b>ATE</b>	Effet Moyen de Traitement
<b>DAPS</b>	Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques
<b>DEA</b>	Analyse d'Enveloppement des Données
<b>DPEE</b>	Direction de la Prévision et des Etudes Economiques
<b>GOANA</b>	Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance
<b>ISRA</b>	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
<b>JICA</b>	Agence Japonaise pour la Coopération Internationale
<b>LATE</b>	Effet Moyen de Traitement Localisé
<b>LOASP</b>	Loi d'Orientation Agro-Sylvo-Pastorale
<b>MCO</b>	Moindre Carré Ordinaire
<b>NERICA</b>	Nouveau Riz pour l'Afrique
<b>NPA</b>	Nouvelle Politique Agricole
<b>ONCAD</b>	Office Nationale de Commercialisation et d'Assistance au Développement
<b>PADPA</b>	Plan d'action pour le développement de la Pêche et de l'Aquaculture
<b>PAFS</b>	Plan d'Action Forestier du Sénégal
<b>PDDAA</b>	Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture en Afrique
<b>PNAR</b>	Programme National de l'Autosuffisance en Riz
<b>PNDE</b>	Programme National de Développement de l'Elevage
<b>PNIA</b>	Programme National d'Investissement Agricole
<b>PRACAS</b>	Programme de relance et d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise
<b>SAED</b>	Société Nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du Delta du Fleuve et de la Falémé

## **Résumé**

La présente recherche vise à évaluer l'impact de l'adoption des variétés améliorées de riz sur l'efficacité technique des riziculteurs sénégalais. En adoptant une approche paramétrique, nous avons estimé les niveaux d'efficacité technique et les déterminants de cette efficacité à partir d'une frontière stochastique de production avec la spécification Cobb-Douglas. La méthode des variables instrumentales qui permet d'estimer l'effet moyen localisé a été choisie pour mesurer l'impact des variétés améliorées en utilisant la base de données de l'enquête auprès des riziculteurs et des organisations paysannes réalisée par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), la Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques (DAPS), le Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice) et l'Agence Japonaise pour la Coopération Internationale (JICA en anglais) en 2009. Il ressort de cette analyse que le score moyen d'efficacité technique est de 59% ; la taille du ménage, l'âge du chef de ménage, son niveau d'instruction, le nombre d'année de résidence et le fait d'être célibataire étant les facteurs influençant significativement cette efficacité. Par ailleurs les résultats révèlent que l'adoption des technologies agricoles améliorées augmente en moyenne l'efficacité technique des riziculteurs de 11%.

**Mots clés** : Impact, Efficacité Technique, Frontière de production Stochastique, Riz Sahel et Néria

## **Introduction :**

### **Contexte et problématique**

Les économies des pays en développement sont fortement tributaires de l'agriculture. Ce secteur, dans la plupart de ces pays et particulièrement dans les pays de l'Afrique de l'Ouest, nourrit la presque totalité de la population. Il occupe la majeure partie des actifs et participe activement à la croissance économique par son apport important dans le produit intérieur brut. Au Sénégal, l'essentiel de l'économie est centrée sur le secteur agricole qui emploie 60 à 65% de la population (MAE, 2008 ; cité par Ngom et al 2016). Ainsi, les autorités ont, depuis l'indépendance, défini successivement plusieurs stratégies de développement agricole afin de donner au secteur toute son importance liée à la croissance économique, à la redistribution des revenus et à la sécurité alimentaire. Partant d'une politique agricole fortement interventionniste après les indépendances, l'Etat du Sénégal s'est, par la suite, progressivement désengagé à la faveur des politiques d'ajustement structurel conclues avec les institutions de Bretton Woods. Après l'adoption en 2004 de la Loi d'Orientation Agro-Sylvo-Pastorale (LOASP) et ses programmes annexes<sup>1</sup>, l'Etat a encore mis en place plusieurs stratégies de développement agricole : le plan pour le Retour Vers l'Agriculture (REVA) en 2006, la Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance (GOANA) en 2008. Par ailleurs, le Sénégal a élaboré son Programme National d'Investissement Agricole (PNIA) issu d'une vision commune définie aux niveaux continental (à travers le PDDAA<sup>2</sup>) et sous régional (à travers l'ECOWAP<sup>3</sup>). Malgré ces multiples projets et programmes visant à développer le secteur agricole, ce dernier peine à décoller et les efforts consentis dans ce secteur par les autorités politiques n'aboutissent toujours pas aux objectifs dont ils se fixent notamment celui de l'autosuffisance en riz récemment fixé. En effet, le Sénégal constitue l'un des plus grands pays consommateurs de riz en Afrique subsaharienne. Cet aliment représente plus de 50% du volume des céréales consommées au plan national (Gergely et Baris, 2009). La consommation moyenne en riz par personne qui était de 60kg en 1995 est passée à 74kg en 2003 avec une hausse annuelle de 1,6kg (ISRA/DAPS/Centre du Riz pour l'Afrique, 2010) pour atteindre en 2018 environ 119,3 kg (Ipar, 2018). Cette consommation ne cesse de progresser en raison de la croissance démographique, de l'urbanisation qui renforce la demande en riz et d'un niveau des prix internationaux relativement bas (Gergely et Baris, 2009 ; cité par Ngom et al, 2016). Cette forte

---

<sup>1</sup> Il s'agit du Programme National de Développement Agricole (PNDA), du Programme National de Développement de l'Élevage (PNDE), du Plan d'Action Forestier du Sénégal (PAFS) et du Plan d'action pour le développement de la Pêche et de l'Aquaculture (PADPA).

<sup>2</sup> PDDAA : Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture en Afrique

<sup>3</sup> ECOWAP : Politique agricole de la CEDEAO

demande en riz et l'insuffisance de la production (ne couvrant qu'entre 20 et 30%<sup>4</sup> de la demande nationale) expliquent le fort taux d'importation en riz qui provoque des sorties de devises. Face à ce défi considérable qui se matérialise par le fossé entre l'offre et la demande en riz la question de l'autosuffisance en riz est devenue une priorité pour les autorités étatiques. Dès lors, la vallée du fleuve Sénégal a été le domaine privilégié pour la réalisation des objectifs de l'Etat du fait de ses dotations en ressources naturelles. C'est ainsi que dès 1965, la Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED) a été créée pour s'occuper des aménagements et de la gestion des périmètres irrigués mais aussi des intrants et du conseil agricole. D'importantes opérations d'aménagements et de réhabilitation sur une superficie de 105 720 ha, pour un coût de plus de 320 millions d'euros (ministère de l'Agriculture, 2009) ont été menées dans ce cadre. En 2014, avec le Programme de relance et d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise (PRACAS), une composante du Plan Sénégal émergent (PSE), l'objectif de production a été porté à 1 080 000 tonnes de riz blanc à l'horizon 2017 pour un coût global de plus de 123 millions d'euros en termes d'aménagements en zones irriguées (ministère de l'Agriculture et de l'Équipement rural, 2014).

Cependant, malgré ces multiples efforts consentis dans l'agriculture, le Sénégal reste toujours l'un des plus grands pays africains importateurs de riz. Cette importation de masse impacte négativement la balance des paiements. Plusieurs facteurs peuvent expliquer les difficultés que rencontre l'agriculture au Sénégal. Tout d'abord il faut noter que l'agriculture sénégalaise est très dépendante de la pluviométrie malgré l'émergence de la culture irriguée. L'autre difficulté concerne même la manière dont les autorités mènent la politique agricole. En effet le constat que nous pouvons faire concernant les investissements de l'Etat c'est que l'accent est mis sur les superficies cultivables pour augmenter la production. Certes cette stratégie est non négligeable mais est-elle la plus efficace ? Car en effet depuis les indépendances les politiques d'accroissement de la production du riz sont orientées dans ce sens et jusque-là on peine à développer ce secteur malgré les dépenses à coût de milliards injectées chaque année. Bien que les résultats ne correspondent pas aux attentes, l'Etat ne cesse de continuer à investir sans faire l'évaluation d'impact des programmes déjà mis en œuvre pour voir leur efficacité quant à l'accroissement de la production. Ainsi la situation actuelle de notre agriculture montre que l'injection d'argent ne suffit pas comme le souligne Ngom et al (2016) : Il ne s'agit pas simplement d'avoir plus de superficies à cultiver ou de fournir du matériel aux producteurs pour

---

<sup>4</sup> FAO, 2012.

que la production puisse augmenter de manière drastique dans un court délai. La stabilité ou même la régression des rendements permet de confirmer que l'augmentation de la production est due à l'augmentation des surfaces et non à l'amélioration de la productivité. En effet, entre 2010 et 2011, la production (respectivement la superficie) est passée de plus de 336 000 tonnes (respectivement 56 075 ha) à près de 368 500 tonnes (respectivement 61 860 ha). Le rendement qui était de 6 tonnes/ha en 2010 a baissé à 5,96 tonnes/ha. L'Etat du Sénégal a tout de même investi dans la recherche de nouvelles technologies rizicoles, dont l'adoption devrait permettre d'accroître la productivité. Mais le problème reste à assurer efficacement la diffusion et l'adoption des variétés améliorées car ces variétés restent méconnues de certains producteurs surtout ceux qui sont en dehors de la zone couverte par le fleuve Sénégal. Pour résoudre donc la question d'intensification rizicole, il s'avère nécessaire de se pencher sur d'autres stratégies car en effet la production du riz peut être rehaussée par l'augmentation de la surface dans laquelle le riz est cultivé, le changement technologique ou l'amélioration de l'efficacité technique (Javed et al, 2010). Qu'en est-il donc du niveau d'efficacité technique des riziculteurs au Sénégal ? Le changement technologique telle l'adoption des variétés Sahel et NERICA peut-il contribuer à l'amélioration de la performance des riziculteurs et donc accroître leur production ? Ces questions méritent d'être étudiées car l'efficacité du producteur reste déterminante dans la production. Face au débat de savoir sur quels leviers faut-il s'appuyer pour mener efficacement la politique agricole au Sénégal nous nous sommes proposés d'évaluer l'impact des technologies à haut rendement sur la performance des riziculteurs du Sénégal avec comme question centrale de l'étude : **Quel est l'impact de l'adoption des variétés améliorées Sahel et NERICA sur l'efficacité technique des riziculteurs sénégalais ?**

### **Objectifs**

L'objectif principal de cette étude consiste à mesurer l'impact des variétés améliorées sur l'efficacité technique des riziculteurs.

D'une manière spécifique notre travail consiste à :

- ❖ Estimer les scores d'efficacité technique des riziculteurs sénégalais ;
- ❖ Identifier les déterminants de cette efficacité ;
- ❖ Evaluer l'impact des variétés améliorées sur l'efficacité technique des riziculteurs.

### **Hypothèses**

Dans le cadre de ce travail nous aurons à vérifier les hypothèses suivantes :

- ❖ Les riziculteurs du Sénégal opèrent en deçà de leur frontière de production ;

- ❖ Les facteurs socio-économiques ou institutionnels expliquent l'inefficacité du producteur ;
- ❖ Les variétés améliorées ont un impact positif et significatif sur l'efficacité technique des riziculteurs sénégalais.

Nous articulons notre travail autour de trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à la définition des concepts et à la revue critique de la littérature. Le deuxième chapitre porte sur la méthodologie du travail et enfin l'analyse et la discussion des résultats constituent le troisième.

## **Chapitre1 : Clarification des concepts et Revue de la littérature**

### **1.1.Approche conceptuelle**

Etant donné la polysémie des concepts nous proposons ici une clarification conceptuelle en vue d'une meilleure compréhension des sens des mots et donc mieux cerner le sujet.

#### **1.1.1. Concepts relatifs à l'étude d'impact**

- **Impact**

L'impact d'un projet ou d'un programme est défini comme l'ensemble des changements dans les conditions de vie des participants tels qu'eux-mêmes et leurs partenaires les perçoivent au moment de l'évaluation, ainsi que tout changement durable dans leur environnement, auxquels le projet ou le programme a contribué. Ces changements peuvent être positifs ou négatifs, voulus ou imprévus (IFAD, 1998). Le Comité d'assistance au développement de l'OCDE le définit comme étant les effets positifs et négatifs, prévus et imprévus, directs et indirects, primaires et secondaires, produits par une intervention. Toutefois J. Rogers(2012) note à ce propos que les impacts sont généralement considérés comme se produisant plus tard que les effets immédiats dont ils résultent.

- **Évaluation d'impact**

Selon J. Gertler et al, (2011), l'évaluation d'impact vise à déterminer quels changements peuvent être attribués directement et exclusivement au programme. Dans le même sillage de tentative de définition de l'évaluation d'impact, Adekambi(2005) note que l'évaluation d'impact est destinée à déterminer de façon plus large si un projet ou un programme a eu l'impact désiré sur des individus, des ménages et des institutions et si ces effets sont attribuables à l'intervention du projet ou du programme : on parle alors d'évaluation ex-post. Dans le cas où les évaluations visent les programmes potentiels ou proposés, on parle d'évaluation ex- ante.

- **Variables instrumentales**

Il s'agit des variables qui expliquent le fait d'être traité, mais qui ne sont pas corrélés aux composantes inobservées du résultat potentiel ; qui apportent une solution au problème de sélection.

Dans le cadre d'une évaluation, l'utilisation d'une variable instrumentale consiste à estimer l'impact d'un programme sur une variable d'intérêt par l'intermédiaire d'une variable

indépendante de ce paramètre. L'indépendance entre le paramètre d'intérêt et la variable instrumentale, ou *l'instrument*, permet d'isoler l'effet net du programme.

### **1.1.2. Notions d'innovation technologique**

- **Innovation agricole**

L'innovation se définit comme une idée, une pratique ou un objet perçu comme nouveau pour un individu ou pour toute entité d'adoption (Rogers, 1983). Adams(1982), la définit dans le secteur agricole comme une idée nouvelle, une méthode pratique ou technique qui permet d'accroître de manière durable la productivité et le revenu agricole. Il est important de faire une distinction entre l'invention et l'innovation : alors que la première notion renvoie à la découverte de quelque chose de nouveau, la deuxième est l'introduction ou l'application de quelque chose de nouveau.

- **Diffusion de l'innovation**

La diffusion peut être perçue comme le processus par lequel une innovation se propage (Morvan, 1991). Quant à Rogers(1995), il la désigne comme le procédé par lequel une innovation est transmise aux membres d'un système social à travers certaines voies de communications pendant une période de temps.

- **Variété améliorée**

Selon Sanou(2014), ce terme désigne toute variété ayant subi un processus d'amélioration dans un centre de recherche dans le but d'obtenir une variété possédant au moins une caractéristique nouvelle ou meilleure par rapport aux variétés déjà existantes. Les variétés améliorées se distinguent des locales par leur meilleur rendement en grain, leur résistance aux maladies (pyriculariose, panachure jaune du riz), leur tolérance à la sécheresse et à la toxicité ferreuse et leur durée de cycle court.

- **Adoption des variétés améliorées**

L'adoption d'une innovation est une décision permettant la pleine utilisation d'une idée nouvelle comme seule voie favorable pour résoudre un problème (Rogers, 1983). Aussi Van Den Ban *et al.* (1994), définissent l'adoption comme étant un processus mental qui commence depuis le premier contact de l'individu avec l'innovation jusqu'à l'étape de son rejet ou acceptation. Ainsi dans le cadre de cette étude sont considérés comme adoptants tous les

agriculteurs ayant cultivé au moins une variété améliorée et non adoptants ceux qui n'ont cultivé aucune de ces variétés dites améliorées.

### **1.1.3. Notions d'efficacité**

- **Efficacité technique**

Selon Farrell (1957), l'efficacité technique mesure la manière dont une firme – ici remplacée par les producteurs de riz – choisit les quantités d'inputs qui entrent dans le processus de production, quand les proportions d'utilisation des facteurs sont données. Elle concerne la capacité à éviter le gaspillage et mesure l'aptitude d'une unité de production à obtenir le maximum d'outputs possible à partir d'une combinaison d'inputs et d'une technologie de production données (définition « orientée output »), ou son aptitude à réaliser un niveau d'output donné à partir des plus petites quantités d'inputs possibles (définition « orientée input »). L'inefficacité technique correspond donc soit à une production en deçà de ce qui est techniquement possible pour une quantité d'inputs et une technologie données, ou à l'utilisation de quantités d'inputs au-dessus du nécessaire pour un niveau d'output donné. Ainsi l'entreprise est déclarée techniquement efficiente si, pour les niveaux d'inputs utilisés et d'outputs produits, il lui est impossible d'augmenter la quantité d'un output sans augmenter la quantité d'un ou plusieurs inputs ou de réduire la quantité d'un autre output (Piot-Lepetit, 1996 ; Borodak, 2007)

- **Efficacité allocative**

L'efficacité allocative ou encore efficacité prix se définit par rapport au système de prix auquel fait face l'entreprise ou le producteur et suivant un comportement d'optimisation économique qui résulte de la minimisation du coût ou de la maximisation du profit (Piot-Lepetit, 1996). Elle provient du fait que les facteurs de productions ne sont pas gratuits, ils ont un coût. De ce fait, en choisissant son programme de production, la firme doit en plus des paramètres techniques, tenir compte de leurs prix relatifs sur le marché. Ainsi un producteur est dit allocativement efficace lorsque pour des combinaisons de facteurs de production, il a celle obtenue à moindre coût.

- **Efficacité économique**

Selon Farrell, l'efficacité économique encore appelée efficacité totale correspond à l'efficacité technique et à l'efficacité allocative réunies c'est-à-dire qu'elle est la résultante des deux premiers types d'efficacité. Elle est déterminée par la combinaison de l'efficacité technique et

de l'efficacité allocative et correspond donc au produit de l'efficacité technique et de l'efficacité allocative (Coelli et al, 1998).

## **1.2. Revue de la littérature**

Ce travail se veut étudier l'importance dans le processus d'accroissement de la production rizicole, des technologies à haut rendement à travers l'analyse de leur impact sur l'efficacité technique des riziculteurs. Pour bien comprendre le sujet afin de mieux le cerner nous avons fait recours aux éléments de la théorie économique et aux travaux antérieurs ayant trait à cette thématique.

### **1.2.1. Théories autour de l'efficacité et du rôle de l'innovation sur la productivité**

Nous présentons dans cette section les fondements économiques de la notion d'efficacité et son évolution au cours de l'histoire de l'économie ainsi que les approches théoriques de la mesure de l'efficacité technique, une variante du concept de l'efficacité et qui nous intéresse dans le cadre de cette étude. Enfin nous exposons la théorie du rôle des nouvelles technologies sur la production.

#### **1.2.1.1. Fondements économiques de l'efficacité**

Les débats théoriques autour de l'efficacité remontent de la théorie classique grâce à la théorie de la « main invisible » d'Adam Smith (1776) selon laquelle le marché est source d'efficacité productive. Cet auteur considère que seule l'efficacité du marché permet la satisfaction du plus grand nombre et que l'égoïsme de chacun conduit, par la satisfaction de son intérêt à un équilibre. Mais selon Djoumessi, (2015) c'est Vilfredo Pareto qui formalisera le concept d'efficacité bien que dans ses travaux ce critère n'est pas qualifié d'efficacité mais de « *maximum d'ophélimité pour la collectivité* »<sup>5</sup>.

Ces successeurs comme Allais (1967), Arrow et Hahn (1971) vont reprendre ce critère en le qualifiant « d'efficacité ». Selon Allais (1967) : « lorsqu'il y'a efficacité maximum, il est impossible d'accroître l'indice de préférence d'une unité de consommation quelconque, les autres indices de préférences restant inchangés ». Ce critère de Pareto sera transformé en concept d'efficacité dans le développement de la théorie néoclassique fondée sur la concurrence pure et parfaite. Toutefois le contenu de cette théorie a fait l'objet de vives critiques qui ont dès lors révélé ses limites quant à son acception de l'efficacité. En effet selon cette théorie les

---

<sup>5</sup> L'ophélimité est le terme mobilisé par Pareto pour désigner l'utilité.

entreprises qui tiennent bon sur le marché sont celles qui par essence produisent de façon efficace et donc, combinent au mieux les facteurs de production. Ainsi, les études d'efficacité technique ou économique n'ont pas leur raison d'être car le producteur est supposé être rationnel et « maximisateur » de profit. De ce fait chaque producteur serait toujours sur la frontière de production ou sur la frontière de coût. Toutefois cette analyse semble ne pas se vérifier dans la réalité car en effet la majeure partie des producteurs notamment les agriculteurs des pays en voie de développement ne se situent jamais sur ces frontières. En effet, présenter l'économie comme un régime de concurrence intégrale c'est-à-dire pure et parfaite où chaque entreprise pour survivre doit veiller à l'utilisation efficace des facteurs de production est loin d'être la réalité; dans la pratique les marchés sont en concurrence imparfaite et les risques d'inefficacité ne sont pas à exclure. Ainsi Hirshman (1992)<sup>6</sup> écrivait qu'aucun système économique ne peut garantir que les entreprises agiront toujours de façon à avoir une conduite aussi efficace, respectueuse des comportements que l'on attend d'elles.

Plusieurs théories micro-économiques modernes ont abordé la question de l'efficacité technique notamment les travaux de Harvey Leibenstein. Ce dernier développe le concept d'efficacité ou d'inefficacité-X en 1966 pour dire que pour diverses raisons le travail dans l'entreprise n'est pas aussi efficace effectivement pour conduire la firme vers son objectif de maximisation. L'inefficacité-X est donc le résultat de la mauvaise utilisation des ressources au sein des organisations de production. Dès lors, si l'on suppose l'allocation des facteurs constante, l'organisation est à même de générer des surplus via l'accroissement de son efficacité productive (X-efficiency). Ainsi à technologie et dotation en facteurs de production identiques, les entreprises peuvent parvenir à des résultats différents en termes de productivité. Dès lors, toutes les entreprises ne se situent pas sur la « frontière efficiente » de l'ensemble de production à partir de l'instant où toutes ne valorisent pas de la même façon l'existence d'un input **X**, distinct des facteurs classiques (capital et travail), et qui reflète la qualité globale de la gestion des ressources au sein de l'organisation. L'auteur insiste sur la motivation comme l'un des principaux facteurs explicatifs.

### **1.2.1.2. Approches théoriques sur la mesure de l'efficacité technique**

Après avoir passé en revue la notion d'efficacité dans son sens large dans la littérature économique nous exposons ici les théories ayant trait à l'efficacité dite technique.

---

<sup>6</sup> Dans son ouvrage intitulé « Face au déclin des entreprises et des institutions », cité par Djimasra, 2009

Les travaux pionniers abordant la question de l'efficacité technique des producteurs ont été réalisés simultanément par Koopmans(1951) et Debreu(1951). Koopmans définit l'efficacité dans une optique parétienne: « *s'il est technologiquement impossible d'augmenter un output et/ou réduire un input sans simultanément réduire au moins un autre output et/ou augmenter au moins un autre input, le plan de production choisi par la firme est techniquement efficace* ». Ces travaux ont été suivis de celui de Farrell(1957) qui, en s'inspirant des premiers, a proposé une approche pour l'estimation de frontières d'efficacité, partant de l'idée que les informations disponibles sur une activité donnée, devaient permettre l'estimation du «best practice envelope», pour cette activité (Ambapour, 2001). Il pose les bases théoriques du concept d'efficience qu'il décompose en deux éléments vus précédemment dans la définition des concepts (efficacité technique et efficacité allocative) et propose une démarche suivante pour la mesure de l'efficacité technique, allocative et économique. Soit une firme qui produit l'output à partir de deux inputs  $X_1$  et  $X_2$ . La frontière de production qui traduit les différentes combinaisons des deux inputs qu'une firme parfaitement efficace peut utiliser pour produire une unité d'output est représentée par l'isoquante  $SS'$  et l'isocoût  $AA'$  représente l'ensemble des combinaisons qui sont allocativement efficaces<sup>7</sup>. La firme  $P$ , située dans le domaine du possible, est dite techniquement inefficace. En effet, sa projection radiale sur la frontière de production, soit en  $Q$ , montre qu'elle est en mesure de réduire ses inputs  $X_1$  et  $X_2$ , tout en conservant le même niveau de production (Chemak et Dhehiby, 2010). Selon Farrell l'efficacité est mesurée par le ratio  $OQ/OP$  et est comprise entre 0 et 1.

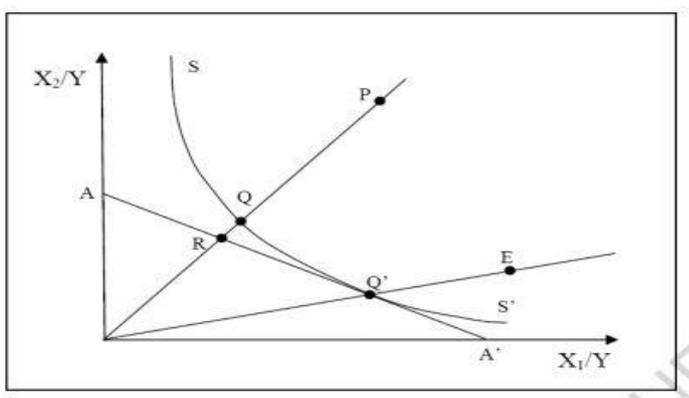


Figure1 : Représentation graphique de l'efficacité technique et de l'efficacité allocative cas de deux inputs et d'un output

<sup>7</sup> La figure est tirée de la représentation graphique d'Adjognon, 2009

Dans la littérature on retrouve quatre types de mesures de l'efficacité technique : la mesure radiale de Debreu et Farrell (Farrell, 1957) fondée sur la fonction-distance de Shephard, la mesure asymétrique de Fare (Fare, 1975) ainsi que la mesure de Fàre-Lovell (Fare et Lovell, 1978) et celle de Zieschang (Zieschang, 1984) qui s'attachent à la définition de l'efficacité de Koopmans. La détermination de l'efficacité technique ou économique d'une firme passe d'abord par l'estimation de sa frontière de production ou de sa frontière de coût ou profit. Selon Nyemeck et Nkamleu (2006), cités par Adjognon(2009), une variété d'approches théoriques ont été mises au point pour établir les frontières de production et étudier l'échec des producteurs dans la réalisation du même niveau d'efficacité. Ces approches peuvent être classées selon la forme présumée de la frontière, selon la technique d'estimation utilisée pour l'obtenir et selon la nature et les propriétés supposées de l'écart entre l'activité observée et l'activité productive optimale estimée. (Singbo, 2007). Deux approches ont été initialement suggérées par Farrell : l'approche paramétrique développée par la suite par les auteurs tels qu'Aigner et Chu, (1968), Aigner et al, (1977) et Meeusen et al, (1977) et l'approche non-paramétrique (Charnes, Cooper et Rhodes, 1978, et Banker et al. 1984). La distinction usuelle des différentes approches concerne la forme de la frontière (Amara et Romain, 2000 ; Coelli et al, 1998) : si l'on estime qu'elle peut être représentée par une fonction comportant des paramètres explicites comme la fonction Cobb-Douglas ou la fonction Translog, l'approche adoptée est qualifiée de **paramétrique**. En revanche si l'on considère que le processus de production étudié n'a pas a priori une forme fonctionnelle bien déterminée, l'approche adoptée est qualifié de **non paramétrique**. Le choix entre les deux approches n'est pas facile. Selon Bosman et Frecher (1992), il faut se baser sur la connaissance que l'on a de la technologie du secteur étudié. Ces auteurs pensent que, lorsque l'on a une idée assez nette de ce qu'est la technologie sous-jacente, cas du secteur agricole et des branches manufacturières par exemple, l'estimation économétrique des frontières de production paramétrique a un sens. Par contre, lorsqu'il s'agit d'une unité de décision dont l'activité est la production des services, une approche non paramétrique semble davantage appropriée, du fait qu'elle ne repose sur aucune hypothèse explicite concernant la technologie et qu'elle s'applique à des activités ayant plusieurs outputs et plusieurs inputs.

L'une des méthodes les plus utilisées pour l'estimation de la frontière par l'approche non paramétrique est l'Analyse d'Enveloppement des Données ou DEA(en anglais : Data Envelopment Analysis) introduite par Charnes et al. (1978). Elle utilise la programmation mathématique pour construire une frontière de production en fragments à partir de l'ensemble

des données des unités de production et a l'avantage de permettre l'estimation des frontières de production dans des situations multi-produits et pour plusieurs intrants sans imposer des restrictions supplémentaires (Adjiognon,2009). Toutefois cette méthode a été vivement critiquée notamment du fait qu'elle ne prend pas en compte les variations aléatoires qui pourraient influencer l'efficacité ou l'inefficacité d'une exploitation. Ainsi Coelli et al. (1998) recommande l'utilisation de l'approche DEA dans les secteurs d'activités où les effets aléatoires sont très faibles, la production des multi-produits est importante, les prix sont difficilement quantifiables, les comportements d'optimisation économique tels que la minimisation du coût ou la maximisation du profit ne sont pas les objectifs primaires du secteur concerné.

Concernant l'approche paramétrique on distingue les frontières déterministe et stochastique. La différence est que la première attribue tout écart entre la production observée et la production optimale à l'inefficacité du producteur alors que la frontière stochastique attribue cet écart à la fois à l'inefficacité du producteur mais aussi aux facteurs aléatoires. Deux méthodes d'estimation de la frontière et des déterminants de l'inefficience sont rencontrées dans la littérature. La méthode à deux étapes consistant à déterminer d'abord les indices d'efficience à partir de l'estimation de la frontière, et ensuite à les régresser par rapport aux différents facteurs supposés comme déterminants de l'efficience. Elle sera critiquée par Kumbakhar et al. (1991); Battese et Coelli. (1995) car pour eux, elle viole l'une des hypothèses de base qui stipule que les effets d'inefficience sont indépendamment distribués dans la frontière de production stochastique. Ces derniers auteurs proposent en 1995 la méthode d'estimation simultanée.

### **1.2.1.3. Théorie de l'adoption d'une innovation et son rôle sur la productivité**

Plusieurs théories ont fait l'objet de débats autour de l'adoption d'une innovation et du rôle de celle-ci dans la productivité. Toutefois nous nous concentrons ici sur les facteurs déterminants de l'adoption et sur le rôle théorique des variétés améliorées dans la production. La recherche en économie de la production agricole a montré que les taux d'adoption et les facteurs influençant la décision des agriculteurs d'adopter une technologie agricole varient fortement entre les producteurs en raison de l'hétérogénéité de leurs préférences (Roussy *et al.* 2015). C'est dans ce sens que Ougoudédji et Bahini affirment que l'adoption d'une technologie agricole découle d'un processus complexe caractérisé par une interdépendance de plusieurs facteurs liés non seulement à la disponibilité de l'innovation, son accessibilité et son potentiel économique mais aussi aux caractéristiques des agriculteurs. Ainsi (Rogers, 1995), distingue cinq éléments qui détermineraient l'adoption d'une nouveauté: l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, la testabilité et l'observabilité. Concernant le rôle d'une

innovation sur la production, plusieurs études montrent que l'adoption des semences des variétés améliorées comme le riz, le blé et le niébé pourrait conduire à une augmentation de la production, une amélioration de la sécurité alimentaire et une augmentation du revenu des agriculteurs (Awotide *et al.*, 2012 ; Arouna et Diagne, 2013 ; Shiferaw *et al.*, 2014 ; Moti *et al.*, 2015 ; Tesfaye *et al.*, 2016).

### **1.2.2. Travaux empiriques sur l'efficacité technique et sur le rôle des variétés améliorées**

Dans cette section nous allons passer en revue les travaux empiriques relatifs à l'analyse de l'efficacité technique mais aussi portants sur l'importance des variétés améliorées sur la performance productive des agriculteurs.

#### **1.2.2.1. Analyse de l'efficacité technique et ses déterminants**

Les théories autour des approches et méthodes ont justifié les choix des méthodes d'estimation de la frontière de production et du calcul des scores d'efficacité notées dans les travaux empiriques que nous en faisons un exposé dans ce paragraphe.

Partant de la littérature autour du choix des méthodes, (Coulibaly *et al.*, 2017) justifie l'utilisation de l'approche de la frontière de production stochastique en citant Coelli *et al.* (1998) selon qui les frontières de type stochastique semblent être plus appropriées que la méthode non paramétrique dans le domaine agricole, en particulier pour les PED (pays en développement), où les données sont fortement influencées par des variations aléatoires (comme le climat, les invasions acridiennes etc...). Aussi Albouchi *et al.* (2007) explique leur choix de cette approche par le caractère aléatoire de la production sur le bassin versant de Merguellil (zone géographique de leur étude), lié à la nature du climat et aux fluctuations de prix des produits agricoles. De même Sokvibol *et al.* (2016), ont étudié l'efficacité technique et ses déterminants dans la production du riz au Cambodge. Ils ont appliqué la méthode de la frontière de production stochastique sur les données en panel de quatre ans, allant de 2012 à 2015. Avec la spécification translog, les résultats ont indiqué un score moyen d'efficacité technique de 0,78. Hasnain *et al.* (2015), ont mesuré l'efficacité technique de la production du riz Boro dans le district du Meherpur au Bangladesh en utilisant l'approche de la frontière stochastique. Avec la spécification translog appliquée sur un échantillon de 115 producteurs, le score moyen d'efficacité technique était de 0,89. Kané et Hamadoun (2013), ont étudié les déterminants de l'efficacité technique des riziculteurs maliens. Ils ont utilisé un modèle paramétrique stochastique avec la méthode du maximum de vraisemblance. Leurs résultats ont donné un

score moyen d'efficacité technique de 0,65. Concernant l'approche non paramétrique, Farrell (1957) fut le premier à proposer la frontière non paramétrique convexe dans le cadre d'une étude visant à envelopper les activités de production observées de manière à ce que l'ensemble des possibilités de production ainsi formé soit convexe. Il a mis au point la méthode d'enveloppement des données (Data Envelopment Analysis)<sup>8</sup> en s'inspirant du « coefficient technique » de Debreu(1951). Depuis lors les travaux utilisant cette méthode ont été notés : Banker et al. (1984), Seiford et Thrall (1990), Lovell (1993), ALI et Seiford (1993), Charnes, Cooper et Seiford (1995).

L'analyse des déterminants de l'efficacité technique a aussi été abordée dans les travaux. Ainsi selon Ngom et al (2016), les facteurs impactant significativement l'efficacité technique sont le lieu de résidence, le genre, la taille du ménage, le niveau d'instruction, l'ethnie, la distance entre la maison et la parcelle, et le nombre de parcelles cultivées. Quant à Sokvibol et al. (2016), ils ont trouvé l'irrigation, les techniques de production et le personnel d'appui agricole comme déterminants de l'efficacité technique. Hasnain et al. (2015) trouvent comme facteurs principaux la main d'œuvre, l'engrais, les pesticides, les semences en dehors de l'irrigation. En revanche Audibert (1997), qui a mené une étude d'efficience sur la riziculture au Mali stipule que l'âge était non significatif dans le modèle d'inefficience technique, que les activités vivrières traditionnelles et le mauvais état de santé avaient un effet négatif sur l'efficience technique ; mais que l'aménagement moderne des parcelles, la taille du ménage et la bonne cohésion sociale avaient un effet positif sur l'efficience technique.

#### **1.2.2.2. Rôle des technologies agricoles sur la productivité des riziculteurs**

L'étude de l'effet de l'adoption des technologies agricoles à haut rendement telles les variétés améliorées sur la performance des agriculteurs et donc sur leurs productivités a intéressé un bon nombre d'économistes. Selon (Zeller et al, 1998), cité par Basse(2015) l'accroissement de la productivité n'est pas chose évidente et dépend de plus en plus de l'adoption de technologies agricoles à haut rendement. En effet il est démontré que l'augmentation de la surface cultivée n'est pas l'unique solution et non plus la plus efficace pour augmenter la production. La production de riz peut être rehaussée par l'augmentation de la surface dans laquelle le riz est cultivé, le changement technologique ou l'amélioration de l'efficacité technique (Javed et al, 2010). Plusieurs écrits soutiennent que l'adoption des technologies améliorées favorisent l'accroissement de la productivité agricole (Mendola, 2007 ; Adekambi *et al*, 2009 ;

---

<sup>8</sup> Data Envelopment Analysis. Cette méthode consiste à construire, par des méthodes de la programmation linéaire, la frontière à partir des observations disponibles. La frontière est définie à partir des producteurs les plus efficaces.

Diagne *et al*, 2012 ; Dontsop *et al*, 2011). Selon l'analyse de la Banque Mondiale(2008), l'adoption de technologies à haut rendement, tels que les variétés qui ont conduit à la révolution verte en Chine, pourrait conduire à une augmentation significative de la productivité agricole en Afrique et stimuler l'économie de transition vers une économie agro-industrielle à productivité élevée. Dans son étude de l'impact des variétés SAHEL sur la pauvreté au Sénégal, Basse(2015) aboutit aux résultats que ces dernières ont un impact positif et significatif sur l'intensité et la profondeur de la pauvreté. En parcourant la littérature sur la riziculture dans la vallée du fleuve Sénégal, on note quelques écrits qui citent les variétés améliorées (SAHEL, NERICA, IR..) comme facteurs déterminants de l'augmentation du rendement. Selon le rapport de la DRDR(2001), les rendements rizicoles annuels sur l'ensemble de la vallée sont passés en moyenne de 4,9 t/ha en 1994/95 à 5,1 t/ha en 1999/2000 du fait que les producteurs ont atteint un niveau élevé de technicité avec une pratique d'intensification basée sur une appropriation des innovations technologiques au plan cultural. Toutefois certains travaux révèlent que l'impact positif des technologies agricoles n'est pas toujours évident. Les performances techniques d'une technologie, fut-elle en milieu rural, ne suffisent pas pour démontrer son impact sur les performances des adoptants (Honlonkou, 1999). Les technologies techniquement efficaces peuvent avoir des effets néfastes inattendus comme la distribution inégale des bénéfices aussi bien entre les exploitations qu'à l'extérieur des exploitations et surtout le genre (Basse, 2015). Nous pouvons noter que la plupart des études sur les variétés améliorées portent sur leurs impacts sur le rendement, la pauvreté, le revenu...mais rares sur l'efficacité technique. A notre connaissance Rahman *et al*. (2009) sont les seuls à faire une comparaison de l'efficacité technique des producteurs thaïlandais pour le changement de la culture d'un riz de qualité basse vers la culture d'un riz de haute qualité.

Ces résultats parfois controversés concernant l'effet de la technologie améliorée de riz sur la production et le peu de travaux spécifiques portant sur l'impact des variétés améliorées sur l'efficacité technique demandent que l'on poursuive la réflexion quant à l'importance des variétés améliorées sur la croissance de la production.

## **Chapitre 2 : Approche méthodologique pour l'estimation de l'efficacité technique et la mesure de l'impact**

La revue de littérature nous a montré que les études d'efficacité technique et d'impact sont deux grands champs méthodologiques autour desquels divers débats économiques ont été menés. Le parcours de cette littérature nous a conduits à constater qu'il existe une certaine ambiguïté dans la mesure de l'efficacité ainsi que dans la détermination des facteurs susceptibles d'expliquer l'inefficacité. De même l'estimation de l'impact n'est pas chose facile et beaucoup de méthodes d'analyse ont été proposées suivant un certain nombre d'hypothèses qui déterminent le choix de la méthode. Ainsi importe-t-il de préciser dans cette partie la procédure empirique à adopter pour une mesure solide et consistante de l'efficacité technique et de l'impact. Dans ce chapitre, nous adoptons une démarche composée de trois sections. Dans la première nous ferons une présentation de la zone d'étude et exposerons la manière dont les données ont été obtenues pour ensuite exposer respectivement dans la deuxième et troisième section les approches méthodologiques de l'estimation de l'efficacité technique et de l'évaluation d'impact.

### **2.1. Collecte de données**

#### **2.1.1 Choix et définition de la zone d'étude**

Cette étude couvre toutes les régions productrices de riz à l'exception de la région de Kaolack notamment dans la zone de Nioro où un projet en riziculture de bas-fonds était en phase de conception pour le compte d'un Groupement de Promotion Féminin (GPF). Le choix de la zone se justifie par l'objectif même de l'enquête qui est d'améliorer l'information et les données statistiques rizicoles pour un cadre décisionnel bien informé en matière de Recherche et Développement afin de permettre : (i) la formulation de bonnes stratégies de développement des différentes écologies rizicoles ; (ii) l'accroissement de la contribution du secteur rizicole à l'amélioration des conditions de vie des petits producteurs rizicoles y compris les femmes ; et (iii) l'évaluation de l'impact des changements technologiques, politiques et institutionnels. Ainsi considérer toutes ces zones agro-écologiques permet de bien appréhender les différences existantes entre elles et de mieux orienter les politiques rizicoles.

#### **2.1.2 Méthode de collecte et types de données**

Les données utilisées dans cette étude sont issues d'une enquête réalisée auprès des riziculteurs et des organisations paysannes par l'ISRA, la DAPS, AfricaRice et l'Agence Japonaise pour la Coopération Internationale en 2009. Elles ont été collectées auprès d'un échantillon stratifié et aléatoire en raison de l'hétérogénéité des zones de production. Le mode d'échantillonnage est à deux degrés. Au premier degré et dans la strate des zones irriguées les villages ou

organisations paysannes ont été tirés et au second degré ce sont les exploitants rizicoles qui ont été tirés. Dans la strate des zones non irriguées, les méthodes de tirages employées ont été, au premier degré, un tirage avec remise des villages avec probabilité inégale proportionnellement à leur taille en ménages ruraux et, au second degré, un tirage sans remise avec probabilité égale des ménages rizicoles. Cette enquête a permis de récolter chez les producteurs les données d'ordre général comme les caractéristiques socio-économiques, la structure des ménages, l'utilisation de la main d'œuvre au sein des ménages, les contraintes liées à l'activité, les différentes recettes et les coûts de la production, la connaissance et l'utilisation des technologies améliorées, les relations du producteur avec des institutions de vulgarisation ou des groupements...qui permettent de mieux comprendre les dynamiques d'organisation et de fonctionnement des exploitations agricoles et donc facilitent l'orientation politique.

## **2.2. Méthodologie de l'estimation de l'efficacité technique**

### **2.2.1. Spécification du modèle**

Comme vu précédemment dans la revue de la littérature, le choix entre l'approche paramétrique et l'approche non paramétrique dépend de la connaissance du secteur étudié. Ainsi partant du caractère aléatoire de la production agricole au Sénégal qui dépend fortement des conditions climatiques et d'autres facteurs aléatoires, nous optons pour l'approche paramétrique stochastique pour tenir en compte le fait que le rendement rizicole peut être influencé par des facteurs qui échappent au contrôle du producteur.

#### **2.2.1.1 Modèle des frontières stochastiques**

La structure de la frontière de production stochastique proposée par Battese et Coelli (1995) et Kumbhakar et Lovell (2000) que nous utilisons dans le cadre de ce travail est représentée par la forme suivante:

$$y_i = f(x_i; \beta) \exp(\varepsilon_i) \quad (1)$$

Avec

- $\varepsilon_i = v_i - u_i$  : terme qui mesure l'écart entre la production observée et la production maximale réalisée par la technologie efficace ;
- $y_i$  la production du ième agriculteur dans l'échantillon ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) ;
- $x_i$  le vecteur des k inputs utilisés par le producteur i

- $v_i$  terme d'erreur aléatoire qui capte les effets stochastiques qui ne sont pas sous le contrôle de l'exploitant agricole avec une distribution normale de moyenne nulle et de variance constante.
- $u_i$  la variable positif ou nulle qui traduit l'inefficacité technique, en termes de production de l'exploitant  $i$ . Ce terme représente les effets d'inefficacité technique ; les  $u_i$  sont supposés ici avoir une distribution semi-normale avec aussi une moyenne nulle et une variance constante  $\sigma^2_u$ .
- $f(x_{i;\beta})$  une fonction de production à priori choisie (Cobb-Douglas dans le cadre de cette étude) dont les paramètres inconnus  $\beta$  sont à estimer.

La fonction de production  $f(.)$  doit vérifier les propriétés suivantes :

- $f(.)$  est définie de  $R^+$  vers  $R^+$
- $f(.)$  est une fonction concave
- $f(.)$  est dérivable par rapport à chaque input.

Le rapport entre la production observée et la production estimée sur la frontière d'une firme techniquement efficace utilisant le même vecteur d'intrants,  $X_i$  donne le degré d'efficacité technique ainsi formulé :

$$ET_i = \frac{f(x_{i;\beta}) \exp(v_i - u_i)}{f(x_{i;\beta}) \exp(v_i)} \Rightarrow ET_i = \exp(-u_i) \quad (2)$$

Deux modèles sont généralement utilisés pour l'estimation des frontières stochastiques de production : la fonction de production Cobb-douglas et la fonction transcendante logarithmique. La première repose sur des hypothèses très restrictives notamment la constance des élasticités des facteurs de production. En revanche l'avantage de la forme fonctionnelle translogarithmique est qu'elle est flexible et impose moins de contraintes sur la structure de production, les niveaux d'élasticités de substitutions et de rendements d'échelle tout en autorisant l'analyse économétrique (Farah S., 2018). En plus la fonction translog permet de prendre en compte les effets interactifs entre les facteurs de production. Toutefois elle présente l'inconvénient du risque de colinéarité sévère lorsque le nombre de variables explicatives dépassent trois.

### 2.2.1.2 Choix de la forme fonctionnelle

Dans le cadre de ce travail nous avons opté pour la forme fonctionnelle de type Cobb-Douglas pour l'estimation de la frontière de production. Elle se présente comme suit:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j \ln X_{ij} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Avec  $\ln Y_i$  : le logarithme népérien de la production (ici la quantité du riz paddy en kg) ;

$m$  : le nombre de facteurs de production et  $X_{ij}$  les facteurs de production utilisés par le producteur  $i$ .

Pour l'estimation des déterminants nous utilisons le modèle d'expression de l'inefficacité technique proposé par Battese et Coelli (1995) dont la formule est la suivante :

$$U_i = \sum z_i \delta + W_i \quad (4)$$

Où  $z$  représente l'ensemble des variables supposées expliquer l'efficacité technique ;  $\delta$  est le vecteur de paramètres inconnus à estimer ;  $W_i$  est un terme aléatoire suivant  $N(0, \sigma^2)$

## 2.2.2. Application du modèle

Le choix des variables entrant dans le processus de production et celles déterminant l'efficacité technique a été guidé par la littérature existante.

### 2.2.2.1. Choix de l'output et des facteurs de production

La fonction de production frontière stochastique de type Cobb-Douglas a été utilisée, et se présente comme suit :

$$\ln(\text{Out}_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L1_i) + \beta_2 \ln(L2_i) + \beta_3 \ln(L3_i) + \beta_4 \ln(L4_i) + V_i - U_i \quad (5)$$

Avec :

**Out** : la production totale du riz paddy exprimée en kg ;

**L1** : la quantité de semences utilisée en kg ;

**L2** : la superficie totale cultivée en hectares ;

**L3** : la main d'œuvre exprimée en hommes/jours engagés dans le processus de production

**L4** : la quantité d'engrais utilisée en kg.

Le choix de ces facteurs de production se justifie non seulement en tenant compte de la littérature mais aussi par le fait qu'au Sénégal, ce sont ces inputs qui sont généralement utilisés ; en plus ce sont ces variables qui sont disponibles dans la base de données considérée dans cette étude.

### 2.2.2.2 Choix des déterminants de l'efficacité technique

Les mêmes raisons citées pour expliquer le choix des inputs justifient également les variables socio-économiques suivantes retenues comme déterminants de l'efficacité technique des riziculteurs. L'identification des variables explicatives de l'inefficacité technique a été effectuée par l'estimation du modèle suivant :

$$U_i = \delta_0 + \sum_{l=1}^{10} \delta_l z_l + \omega_i \quad (6)$$

Avec

$z_{1i}$  : l'âge du chef de ménage ;

$z_{2i}$  : le genre du chef de ménage ;

$z_{3i}$  : la taille du ménage ;

$z_{4i}$  : le niveau d'instruction (1=aucune instruction, 0=instruit);

$z_{5i}$  : situation matrimoniale (1=célibataire, 0 = sinon)

$z_{6i}$  : contact avec les institutions de crédit (1=oui, 0=sinon) ;

$z_{7i}$  : contact avec la SAED ;

$z_{8i}$  : ne pas avoir l'agriculture comme activité principale (1=si l'activité principale n'est pas agricole, 0= agriculture comme activité principale) ;

$z_{9i}$  : habiter la vallée (1= si l'exploitant habite la vallée, 0 sinon);

$z_{10i}$  : nombre années de résidence.

Les signes attendus selon la littérature pour ces variables sont présentés dans l'annexe1.

### 2.2.3. Test de spécifications d'hypothèses

Pour s'assurer de la validité de nos résultats nous avons effectué des tests pour voir s'il y'a présence d'inefficacité technique et si cette inefficacité peut être expliquée par des facteurs socioéconomiques ou institutionnels.

#### ❖ Le modèle présente des effets d'inefficacité technique

Pour tester l'existence d'inefficacité technique et allocative, Coelli (1996) a suggéré d'utiliser le test unilatéral du ratio de vraisemblance généralisé.

$H_{01}$  : Le modèle ne comporte pas d'effets d'inefficacité ( $\gamma = 0$ ). Ainsi si  $H_{01}$  n'est pas rejetée, alors le modèle est considéré comme une fonction de production ordinaire et il peut être estimée par les moindres carrés ordinaires (MCO).

### **Les facteurs socio-économiques déterminent l'inefficacité technique**

Pour voir si l'efficacité technique des producteurs peut être expliquée par les facteurs socio-économiques on procède au test suivant :

$H_{02}$  : Les variables socio-économiques ne déterminent pas l'inefficacité ( $\delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_{10} = 0$ )

L'hypothèse alternative suppose qu'au moins une des caractéristiques socioéconomiques détermine l'inefficacité technique.

La vérification de ces hypothèses a été rendue possible grâce à la fonction de vraisemblance par le calcul du ratio de vraisemblance dont la formule est la suivante :

$$\tau = -2 * \{ \ln [L(H_0)] - \ln [L(H_1)] \} \quad (7)$$

Avec respectivement  $L(H_0)$  et  $L(H_1)$  les valeurs de la fonction des vraisemblances sous l'hypothèse  $H_0$  et  $H_1$ .

#### **2.2.4. Technique d'estimation**

Selon Ambapour(2001), l'estimation des frontières paramétriques stochastiques peuvent se faire par les moindres carrés ou par le maximum de vraisemblance si l'on spécifie les distributions des termes d'erreur  $u$  et  $v$ . Toutefois Tchofo E. B. (2017), souligne que la technique des moindres carrés corrigés est plus adaptée pour l'estimation des frontières déterministes et la technique du maximum de vraisemblance pour les frontières stochastiques. Ainsi dans cette étude nous adoptons la technique du maximum de vraisemblance. Cette méthode nécessite un certain nombre d'hypothèses sur la loi du terme d'erreur  $v$  et sur la loi du terme d'inefficacité  $u$ . Nous retenons les hypothèses suivantes dans le cas de cette étude :

- Les variables  $v$  et  $u$  sont indépendantes ;
- Les variables  $v$  sont indépendantes et identiquement distribuées suivant une loi normale de moyenne nulle et de variance finie, c'est-à-dire  $v \rightarrow N(0 ; \sigma_v^2)$ ;
- Les variables  $u$  sont indépendantes et identiquement distribuées suivant une loi semi-normale de moyenne nulle et de variance constante, c'est-à-dire  $u \rightarrow |N(0 ; \sigma_u^2)|$ .

La procédure adoptée par Coelli (1996) consiste à maximiser le logarithme népérien de la fonction de vraisemblance définie en termes de deux paramètres de variance à savoir :

$$\sigma^2_s = \sigma^2_v + \sigma^2_u \quad (8) \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{\sigma^2_u}{\sigma^2_s} \quad (9)$$

Le ratio  $\gamma$  est d'une importance capitale dans la spécification et la validité du modèle. Mesurant la contribution de l'inefficacité dans la variabilité totale, sa valeur égale à 0 indique qu'il n'y a pas d'inefficacité technique et que la variation totale est entièrement due au terme d'erreur  $v$ . Dans ce cas l'estimation peut s'effectuer par la méthode des moindres carrés ordinaires. La différence des résultats est faible entre les approches déterministe et stochastique lorsque la valeur de  $\gamma$  s'approche de 1 et les écarts par rapport à la frontière est entièrement due à l'inefficacité si  $\gamma$  est égal à 1.

L'estimation des paramètres  $\beta$ ,  $\sigma^2_s$  et  $\gamma$  est obtenue par la maximisation du logarithme de la fonction de vraisemblance ainsi démontrée par Battese et Corra (1977) et reprise par Adjognon(2009) :

$$\text{Ln(LR)} = -\frac{n}{2} \text{Ln} \left( \frac{\pi}{2} \right) - \frac{n}{2} \text{Ln}(\sigma^2_s) + \sum_{i=1}^n \text{Ln}[1 - \phi(z_i)] - \frac{1}{2\sigma^2_s} \sum_{i=1}^n (\text{Ln}y_i - x^{\beta}_i)^2 \quad (10)$$

$$z_i = \frac{(\text{Ln}y_i - x^{\beta}_i)}{\sigma^2_s} \sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \quad (11)$$

$\phi(\cdot)$  est la fonction de distribution normale réduite et  $n$  la taille de l'échantillon.

Dans la pratique nous utilisons le logiciel stata 13 pour les estimations avec la procédure en une étape.

### 2.3. Approche méthodologique de l'évaluation d'impact

L'étude de l'impact des variétés améliorées nécessite une méthodologie particulière solide qui permet de prendre en considération les biais de sélection. On rencontre principalement deux approches dans la littérature de l'évaluation d'impact : l'approche expérimentale et l'approche non-expérimentale. L'approche expérimentale considéré comme l'étalon d'or dans le domaine de la recherche et du développement ((Fisher, 1925 ; Lalonde, 1986 ; Duflo et al. 2007), consiste à assigner de façon aléatoire dans une population homogène un programme à un groupe appelé groupe des bénéficiaires et l'autre groupe étant le groupe contrôle. Les participants au programme ayant été choisis au hasard, toute différence avec les non-participants est seulement due au traitement. Toutefois dans la pratique cette approche rencontre un certain nombre de

critiques notamment celles d'ordre éthique. Etant donné que les producteurs décident de leur propre gré d'adopter les variétés améliorées, les biais de sélection jouent un rôle important dans l'analyse des résultats obtenus. Ainsi l'approche non expérimentale est privilégiée dans cette étude pour prendre en compte les potentiels biais comme le souligne Diagne(2003) :« Les économistes utilisent essentiellement l'approche non-expérimentale encore appelée quasi expérimentale en se basant sur les théories économiques et économétriques dans l'estimation des impacts pour guider l'analyse et minimiser les erreurs potentielles ».

### 2.3.1 Résultats potentiels et problème fondamental de l'évaluation d'impact

Le modèle canonique de l'évaluation d'impact de Rubin(1974) sert de base dans le cadre de cette étude pour mesurer l'effet de l'adoption des variétés améliorées sur la performance des riziculteurs. Ce modèle utilise plus des termes du domaine médical dont il est issu (H.N. GOUROUT, 2014) c'est-à-dire le terme « traitement » qui désigne la variable dont on cherche à déterminer son effet. Rubin propose un modèle causal où pour un même agent il existe plusieurs résultats hypothétiques, les résultats potentiels, qui sont fonction de l'exposition de l'agent au traitement. L'avantage d'utiliser des réalisations potentielles est qu'elles permettent de définir l'effet causal sans avoir à modéliser le mécanisme de participation, ni à définir une éventuelle forme fonctionnelle liant le paramètre d'intérêt et les facteurs d'influence, ni non plus à formuler des hypothèses sur les distributions des différentes variables(P.H. Bono et A.Trannoy,2012). Dans un échantillon de taille N, on observe pour chaque individu i un ensemble de variables aléatoires. Considérons l'utilisation des semences de variétés améliorées comme le traitement, représenté ici par T qui est une variable binaire prenant la valeur 1 si l'individu adopte les variétés améliorées et 0 sinon. L'efficacité technique notée(Y) d'un producteur est observée soit dans le cas où il a adopté ( $Y_1$ ) soit dans le cas où il n'a pas adopté ( $Y_0$ ). La valeur résultat observée résulte donc des valeurs potentielles et de la variable de traitement par la relation suivante dite modèle des résultats potentiels:

$$Y_i = Y_{0i} + T (Y_{1i} - Y_{0i}) \quad (12)$$

L'effet causal du traitement sur un individu i que nous notons  $\Delta_i$  est ainsi défini :

$$\Delta_i = Y_{1i} - Y_{0i} \quad (13)$$

Le problème est qu'il est impossible d'observer simultanément les deux valeurs : c'est le problème d'inférence causal. Ainsi, si un individu adopte la technologie améliorée,  $Y_{1i}$  est observée et  $Y_{0i}$  est inconnue. On dit que le résultat  $Y_0$  est le résultat contrefactuel c'est-à-dire le résultat que l'individu ayant adopté les variétés améliorées aurait obtenu s'il n'avait pas adopté.

Les études d'évaluation d'impact sont donc en présence d'un problème de données manquantes dû à l'absence de données contrefactuelles (Rosenbaum et *al.* 1983). Toutefois beaucoup d'auteurs ont eu à démontrer que sous certaines restrictions, certains paramètres peuvent être identifiés (P.M. Dontsop Nguezet et al, 2012 ; Heckman, 2010 ; Rosenbaum et Rubin, 1983). Il s'agit ici de l'effet causal moyen de l'adoption dans la population (en anglais the average treatment effect (ATE) défini par :

$$ATE = E(Y_1 - Y_0) \quad (14)$$

Aussi on peut estimer l'effet moyen de l'adoption dans la sous-population des bénéficiaires noté ATT ainsi défini :

$$ATT = E(Y_1 - Y_0 | T = 1) \quad (15)$$

L'effet moyen du traitement sur les non bénéficiaires est un autre paramètre que l'on peut identifier et estimer :

$$ATU = E(Y_1 - Y_0 | T = 0) \quad (16)$$

Ces paramètres sont identifiés sous certaines hypothèses d'indépendance entre la distribution dans la population du statut de traitement T et les deux résultats potentiels  $Y_1$  et  $Y_0$ . Les hypothèses d'indépendance inconditionnelle et d'indépendance conditionnelle sont généralement les alternatives utilisées pour l'identification de ces paramètres. La première suppose que le statut du traitement est indépendant des résultats potentiels. Ainsi ces trois paramètres sont identiques et identifiés comme la différence entre les résultats observés des adoptants et non-adoptants. La deuxième hypothèse stipule que conditionnellement aux caractéristiques observables de l'individu, T est indépendant de  $Y_1$  et  $Y_0$ . Dans ce cas l'effet moyen conditionnel est obtenu par la différence des moyennes conditionnelles des deux résultats comme suit :

$$MD(x) = E(Y_1 - Y_0 | X=x, D=1) - E(Y_1 - Y_0 | X=x, D=0) \quad (17)$$

Les paramètres ATE ATT ATU sont obtenus par la moyenne de MD(x) respectivement dans la population totale, la sous-population des traités et celle des non traités.

Cependant ces hypothèses d'indépendance ne sont plus valides lorsqu'on soupçonne la présence de caractéristiques inobservables comme c'est le cas de notre étude où l'adoption des variétés peut être expliquée aussi bien par des facteurs observables qu'inobservables : c'est le problème d'hétérogénéité inobservée. En effet dans le cas de l'adoption d'une technologie, les

riziculteurs peuvent anticiper le gain espéré avec la nouvelle technologie ; ainsi le traitement devient dépendant de certains facteurs liés au comportement propre de l'individu : c'est le problème d'endogénéité.

### **2.3.2. Problème d'endogénéité et variables instrumentales**

#### **2.3.2.1. Endogénéité**

On parle d'endogénéité d'une variable explicative lorsque celle-ci est corrélée au terme d'erreur. Compte tenu du caractère discret et non aléatoire de la décision d'adoption, pouvant dépendre des caractéristiques hétérogènes de l'individu (caractéristiques observables, motivations, analyse bénéfice-coût, etc), un problème d'endogénéité se pose. Trois sources peuvent expliquer cette endogénéité. D'abord lorsqu'il y a omission d'une variable explicative dans le modèle. Toutefois Tremblay(2016) souligne que cette omission cause un problème uniquement lorsque la variable omise est corrélée à une ou plusieurs autres variables explicatives du modèle. Ainsi dans le cas d'une variable inobservable omise, cette dernière se retrouve dans le terme d'erreur, entraînant ainsi une corrélation non nulle entre la variable endogène et le terme d'erreur (A. M. Thiam, 2017). La seconde origine d'endogénéité est l'erreur de mesure dans l'une des variables explicatives. Enfin, la troisième source d'endogénéité est un problème de simultanéité ou de causalité inverse c'est-à-dire que la variable dépendante et la variable explicative problématique dépendent toutes l'une de l'autre. Dans le cas de notre étude on peut supposer que l'adoption des variétés améliorées a un effet positif sur l'efficacité technique. Aussi il est possible que les riziculteurs les moins efficaces soient plus motivés à utiliser la technologie améliorée pour compenser leur manque de performance. En ne contrôlant pas ce potentiel biais, les estimations seront fausses.

#### **2.3.2.2. Variables instrumentales**

La corrélation entre la variable indiquant le traitement et le terme d'erreur aléatoire de l'équation entraîne des biais de sélection. L'estimation par la méthode de la variable instrumentale permet de résoudre le problème de biais de sélection et donc d'obtenir des paramètres non biaisés. Elle consiste à la détermination d'une ou de plusieurs variables qui influencent la sélection -ici l'adoption des variétés améliorées- mais pas la variable résultat (l'efficacité technique).

Une variable instrumentale est donc une variable qui nous permet de générer des variations de la variable endogène qui sont exogènes, c'est-à-dire qui n'affectent pas le terme d'erreur. Pour cela l'instrument doit remplir les deux conditions suivantes :

- Elle doit être corrélée avec la variable traitement et non avec le terme d'erreur ;
- Elle doit influencer la variable résultat qu'à travers son effet sur le traitement.

Soit  $T_z$  la variable binaire représentant le statut du potentiel traitement étant donné  $Z=z$  (avec  $Z$  instrument qui influence l'adoption :  $z=1$  si  $T_1$  et  $z=0$  si  $T_0$ ), lorsque l'instrument est binaire de même que le traitement comme c'est le cas dans cette étude, la population peut être partitionnée aux :

- « compliers » ou obéissants définis comme étant ceux qui respectent leurs affectations ; autrement dit pour notre cas ceux qui sont traités s'ils ont accès aux variétés améliorées et non traités sinon ( $T_1 > T_0$  c'est-à-dire  $T_0=0$  et  $T_1=1$ )
- « always takers » ou toujours preneurs : ce sont les individus qui subissent toujours le traitement qu'ils soient exposés ou non aux conditions de traitement ( $T_1 = T_0 = 1$ ) ;
- « never takers » ou jamais preneurs : ces individus refusent le traitement quel que soit la valeur de l'instrument. Exposés ou non aux conditions du traitement, ils ne sont pas traités ( $T_1 = T_0 = 0$ ) ;
- « defiers » ou désobéissants : ce sont les individus qui font le contraire de ce qu'on veut leur faire faire ( $T_1 = 0$  et  $T_0 = 1$ ).

### 2.3.3. Technique d'estimation

Pour tenir en compte le problème d'endogénéité tel que défini plus haut nous utilisons la méthode de variable instrumentale. En effet ces méthodes de variables instrumentales ont été approuvées et reconnues solides pour traiter le problème d'endogénéité et de biais induits par les caractéristiques observables et inobservables (Angrist, Imbens et Rubin, 1996, Abadie, 2003). L'accès aux semences améliorées est l'instrument utilisé dans cette étude. Selon Abadie (2003) et Fall (2006) la validité d'un instrument repose sur les propriétés suivantes:

- *Hypothèse d'indépendance conditionnelle de l'instrument* : cette hypothèse stipule que lorsque les variables dans  $X$  sont contrôlées, les vecteurs des résultats potentiels et du potentiel statut de traitement sont indépendants de l'instrument. Autrement dit, si deux individus ont les mêmes caractéristiques  $X_i$  mais deux valeurs différentes d'un même instrument pris au hasard, ceci doit être le fruit du hasard et toute différence sur leur  $Y$  doit être l'effet de traitement.
- *Hypothèse d'exclusion de l'instrument* : cela signifie que la variation de l'instrument ne peut affecter le résultat qu'à travers le traitement.

- *Hypothèse d'unicité* : cette hypothèse exclut les désobéissants et suppose que ceux qui pourraient adopter une technologie sans avoir accès pourraient aussi l'adopter s'ils avaient l'accès. En pratique cela montre que pour le cas présent de l'adoption de la technologie qu'il est impossible d'adopter une technologie dont on n'a pas accès.

### 2.3.3.1. Le paramètre estimé et les estimateurs utilisés

Selon Angrist, Imbens et Rubin, la population pour laquelle le traitement a un impact est celle des compliers. Ils ont ainsi montré que dans le cadre d'un instrument binaire, l'estimateur ne mesure pas l'effet moyen du traitement sur l'ensemble des personnes traitées, mais plutôt sur des personnes pour lesquelles l'instrument a un impact sur le fait d'être traité ou non ; c'est-à-dire celles qui sont amenées à changer de comportement une fois exposées aux conditions de traitement. Ce paramètre est connu sous le nom de LATE<sup>9</sup>. L'estimateur souvent utilisé dans la littérature pour un instrument binaire et totalement exogène est celui de Wald :

$$\text{LATE} = \beta_{IV} = \frac{\text{COV}(Y,Z)}{\text{COV}(T,Z)} = \frac{E(Y/Z=1) - E(Y/Z=0)}{E(T/Z=1) - E(T/Z=0)} = E(Y_1 - Y_0 | T_1 > T_0) \quad (18)$$

Cet estimateur mesure pour notre cas la variation de l'efficacité technique avec l'instrument, rapportée à la variation du traitement avec l'instrument.

Par ailleurs Abadie a montré que sous l'hypothèse d'indépendance et en l'absence des variables explicatives X, la distribution marginale des résultats potentiels est identifiée pour les compliers.

Ainsi montre-t-il que :

$$E(Y_1 | T_1 > T_0) = \frac{E(Y^*T/Z=1) - E(Y^*T/Z=0)}{E(T/Z=1) - E(T/Z=0)} \quad (19)$$

$$E(Y_1 | T_1 > T_0) = \frac{E(Y^*(1-T/Z=1) - E(Y^*T/Z=0))}{E((1-T)/Z=1) - E((1-T)/Z=0)} \quad (20)$$

Ces deux équations tiennent toujours sous la première hypothèse c'est-à-dire conditionnellement à X. Alors en notant  $f(T, X)$  égale à  $E(Y_1 | X, T_1 > T_0)$  si T=1 et est égale à  $E(Y_0 | X, T_1 > T_0)$  si T=0, on a (sous les hypothèses 1 et 2)<sup>10</sup> :

$$F(X, 1) - F(X, 0) = E[Y_1 - Y_0 | X, T_1 > T_0] \quad (21)$$

<sup>9</sup> L'effet de traitement moyen local (en anglais : Local Average Treatment Effect)

<sup>10</sup> Voir Fall(2006) pour plus de détails sur la démonstration

Cette fonction est connue sous le nom de LARF<sup>11</sup> et est utilisée pour l'estimation du LATE dans le cas où l'instrument n'est pas aléatoire comme c'est le cas dans notre étude.

Etant donné que le LATE est utilisé pour évaluer l'impact sur les compliers, l'identification de ces derniers pose un problème car ils ne sont pas individuellement identifiables. Pour pallier à cela Abadie(2003) a utilisé une approche basée sur la pondération pour identifier la représentativité et les caractéristiques de ces compliers avec un poids  $k$  défini comme suit :

$$k = 1 - \frac{T(1-Z)}{P(Z=0/X)} - \frac{(1-T)Z}{P(Z=1/X)} \quad (22)$$

Il démontre ainsi que pour toute fonction  $g(Y, T, X)$  on a :

$$E[g(Y, T, X) / T_1 > T_0] = \frac{1}{P(T_1 > T_0)} E[k \cdot g(Y, T, X)] \quad (23)$$

Avec  $E[k \cdot g(Y, T, X)]$  la moyenne de  $g(Y, T, X)$  pour toute la population ;  $P(T_1 > T_0)$  la proportion des compliers dans la population totale.

La fonction  $k$  est une pondération qui nous permet d'identifier les « compliers », cependant ne produit pas de poids appropriés quand le traitement diffère de  $Z$  ( $k < 0$  si  $T \neq Z$ ). Ainsi connaissant la proportion des compliers et  $k$ , l'équation peut être spécifiée comme suit :

$$E(Y_1 - Y_0 | X, T_1 > T_0) = E(Y | X, T_1 > T_0) = \alpha_0 + \alpha_1 T + \beta X + \gamma T X \quad (24)$$

Avec  $T=1$  si le producteur adopte les variétés améliorées et  $T=0$  sinon;  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  les paramètres à estimer et  $LATE = \alpha_1 + \gamma X$ .

### 2.3.3.2. Identification des variables du modèle

L'ensemble des différentes variables retenues comme déterminants de l'adoption et leur signe attendu sont récapitulées dans le tableau présenté en annexe 2.

### 2.3.3.3. Limite du modèle

Les méthodes des variables instrumentales aussi robustes soient-elles présentent quelques difficultés dans la pratique ; ce qui constitue leurs limites.

Tout d'abord il n'est pas facile de trouver un instrument fortement corrélé au traitement et cela peut conduire à un biais car en effet plus la relation entre l'instrument et le traitement est faible plus la variance est grande et par conséquent l'estimation est non précise.

---

<sup>11</sup> Fonction de réponse de l'effet moyen local(en anglais : Local Average Response Function)

Aussi il est difficile de tester empiriquement la condition d'exclusion, nécessaire pour la validité de l'instrument. Ainsi si ce dernier est corrélé avec des caractéristiques inobservées liées au critère de jugement, l'estimateur par la variable instrumentale est biaisé et comparable à celui de la méthode des MCO.

En plus l'exogénéité de l'instrument par rapport aux caractéristiques de l'individu peut ne pas être totalement garantie.

### Chapitre 3 : Résultats et discussions

Ce chapitre a pour finalité de présenter et analyser les résultats des estimations économétriques de l'efficacité technique et de l'impact des variétés améliorées. Toutes les estimations ont été réalisées par le logiciel Stata, version 13.

#### 3.1 Estimation de la frontière et de l'efficacité technique

##### 3.1.1. Résultats des tests préliminaires

Avant de procéder à l'estimation de la fonction de frontière et des déterminants de l'efficacité, nous nous sommes d'abord assurés de la présence d'inefficience et avons vérifié si cette inefficience peut être expliquée par des facteurs socio-économiques et institutionnels. Pour cela les hypothèses suivantes ont été testées :

- $H_{01}$  : Il y'a absence d'inefficience technique ( $\gamma = 0$ )
- $H_{02}$  : Les variables socio-économiques et institutionnelles ne déterminent pas l'inefficacité ( $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = \delta_6 = \delta_7 = \delta_8 = \delta_9 = \delta_{10} = 0$ )

Ces deux hypothèses sont testées en calculant la statistique générale du rapport de vraisemblance :

$$\tau = -2 * \{ \ln [L(H0)] - \ln [L(H1)] \}$$

Avec respectivement  $L(H0)$  et  $L(H1)$  les valeurs de la fonction des vraisemblances sous l'hypothèse  $H0$  et  $H1$ . Le paramètre  $\tau$  est supposé suivre une distribution de Khi-deux mixte dont le nombre de degrés de liberté est égal au nombre de restrictions imposées, c'est-à-dire la différence du nombre de paramètres sous les deux hypothèses. Cette valeur est à comparer avec la valeur critique lue sur la table de Kodde et Palm(1986). Le tableau 1 résume les résultats de ces tests préliminaires :

*Tableau 1: Résultats des tests d'hypothèses*

Hypothèses nulles	$\tau$	Valeur critique	Décision
$H_{01}$	478,418	5,412	Rejet de $H_{01}$ à 1%
$H_{02}$	1362,529	24,049	Rejet de $H_{02}$ à 1%

Les valeurs du logarithme du maximum de vraisemblance obtenues après les estimations respectives de la fonction Cobb-douglas par les MCO et la méthode du maximum de vraisemblance ont permis d'avoir la statistique  $\tau$  (478,42) ci-dessus. Les estimations sont faites

en tenant compte uniquement des variables qui entrent dans la fonction de production. Le même principe est utilisé pour le deuxième test mais en incluant cette fois-ci les variables qui expliquent la fonction de production et la fonction d'inefficacité. Ces deux tests conduisent au rejet de l'hypothèse nulle d'absence d'inefficience de même que celle stipulant l'absence d'effet des variables sociodémographiques et institutionnelles sur l'inefficience.

### 3.1.2. Résultats de l'estimation de la frontière stochastique et de l'efficacité technique

L'estimation de la fonction de production frontière stochastique de type Cobb-Douglas montre que le modèle est globalement significatif à un seuil de 1 %. Les tableaux (2) et (3) récapitulent les résultats de l'estimation :

*Tableau 2: Estimation de la frontière stochastique et de l'efficacité technique*

<b>Variabes</b>	<b>Coefficients</b>	<b>Std.Err.</b>	<b>P&gt; z </b>
Superficie	-0,245	0,204	0,230
Semence	0,561	0,183	0,002
Main d'œuvre	0,362	0,130	0,005
Engrais	-0,195	0,056	0,001
Constante	3,650	1,041	0,000
Sigma-carré ( $\sigma^2_s = \sigma^2_u + \sigma^2_v$ )	11,267	–	–
gamma ( $\gamma = \frac{\sigma^2_u}{\sigma^2_s}$ )	0,752	–	–

**Tableau 3: Les efficacités moyennes selon la zone agro-écologique**

Scores d'efficacité	Moyen	Min	Max
<b>Haute vallée</b>	0,91	0,81	0,99
<b>Moyenne Vallée</b>	0,94	0,84	0,99
<b>Delta</b>	0,94	0,74	0,99
<b>Sénégal oriental</b>	0,40	0,004	0,93
<b>Kédougou</b>	0,56	0,09	0,99
<b>Bassin Arachidier</b>	0,38	0,002	0,94
<b>Anambé</b>	0,40	0,003	0,92
<b>Moyenne Casamance</b>	0,40	0,22	0,88
<b>Basse Casamance</b>	0,38	0,003	0,95
<b>Score moyen=0,59</b>			

Excepté la superficie qui a un coefficient négatif et non significatif, les coefficients des autres facteurs de production sont significatifs au seuil de 5% comme attendus. Toutefois l'engrais présente un effet négatif sur la production contrairement à nos attentes. Cela peut s'expliquer par le fait que dans la plupart des régions productrices de riz, les agriculteurs n'utilisent pas l'engrais comme facteur déterminant de la production ; exception faite dans la zone de la vallée où on note une forte utilisation. L'effet non significatif de la superficie n'est pas étonnant et confirme notre idée selon laquelle le problème du développement rizicole au Sénégal serait dû au fait que les politiques sont plus orientées vers l'aménagement des surfaces. En effet ce résultat corrobore avec les travaux de Hossain (1989) et Mendola (2007) qui ont trouvé un effet insignifiant de l'extension des surfaces. Plus encore d'autres études ont révélé l'effet négatif de la surface sur la production (Nuama, 2006 ; Janvry *et al.* 2000). L'élasticité de la semence (0.56) est la plus élevée indiquant ainsi l'aspect déterminante de ce facteur dans le processus de production. Ainsi, disposer des semences de meilleure qualité telles que les variétés améliorées (SAHEL, NERICA) est un atout pour accroître la performance productive des riziculteurs sénégalais. Cet effet important est confirmé par d'autres travaux notamment celui de Coulibaly *et al.* (2017) avec une variation de 0,40% de la production suite à une variation de 1% de la quantité de semences.

Concernant le degré d'efficacité on note un score moyen de 59%. Cela implique que les riziculteurs peuvent encore accroître leur production de 41% sans avoir à augmenter la quantité

des facteurs de production. Ce résultat est inférieur à celui de Ngom et al. (2016) qui est de 70%. Cet écart peut se justifier par le fait que la zone d'étude de ces auteurs (Dagana et Podor) se trouve dans la vallée où l'on retrouve les riziculteurs les plus efficaces. En effet l'analyse du niveau d'efficacité par zones agro-écologiques révèle que les producteurs de la vallée sont les plus efficaces avec des scores supérieurs à la moyenne. Cela pourrait s'expliquer par le fait que ces derniers sont plus en contact avec les structures de recherches et de développement agricoles telles que la SAED, ISRA, CNCAS etc. C'est aussi dans cette zone où l'on note un fort taux d'adoption des variétés améliorées. Les scores moyens des agriculteurs des autres zones sont en dessous de la moyenne. La valeur de gamma ( $\gamma$ ) nous enseigne que l'écart par rapport la frontière est expliqué par l'inefficacité des riziculteurs à 75%. Cette valeur comprise entre 0 et 1 indique la nature stochastique de la frontière de production : la déviation de la frontière est due d'une part à l'inefficience, mais également influencée par les chocs exogènes aléatoires indépendants des producteurs du riz. Ce résultat est d'autant plus vrai que l'on constate que la riziculture au Sénégal est grandement tributaire de la pluie qui est un facteur qui échappe au contrôle des producteurs. D'autres phénomènes comme les insectes dévastateurs et la salinisation des superficies cultivables sont entre autres les facteurs exogènes qui influencent la production. La valeur élevée de  $\gamma$  justifie le sens de la détermination des facteurs pouvant expliquer l'inefficacité.

### **3.1.3. Identification des facteurs explicatifs du niveau d'inefficacité technique**

La méthode en une étape sur Stata permet d'obtenir par itération les paramètres de la frontière de production et les déterminants de l'inefficacité technique en même temps. Le signe des paramètres associés aux déterminants de l'inefficacité technique indique l'effet de ceux-ci sur la contre-performance productive. Ainsi un signe négative implique une influence négative sur l'inefficacité et du coup un effet positif sur l'efficacité. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 4 suivant.

*Tableau 4: Déterminants de l'inefficacité technique*

<b>Variables</b>	<b>Coefficients</b>	<b>Std.Err</b>	<b>P-value</b>
Age	-0,04	0,016	0,008**
Taille	0,08	0,029	0,010**
Femme	-6,05	.	.
Nbre année de résidence	0,02	0,013	0,059**
Analphabète	1,49	0,347	0,000***
Célibataire	1,99	1,123	0,077**
Contact avec CNCAS	-6,32	27,955	0,821
Contact avec la SAED	-5,39	27,953	0,847
Habiter la vallée du fleuve	-1,04	29,858	0,972
Activité non agricole	-1,66	1,064	0,116

De l'analyse du tableau 4, il ressort que cinq des facteurs retenus ont un effet significatif au seuil de 5% sur l'inefficacité, excepté le fait d'être célibataire significatif au seuil de 10%.

L'âge du chef de ménage a un effet positif et significatif sur la performance du riziculteur. Cet effet positif peut se justifier par le fait que l'âge peut être assimilé à l'expérience comme le soulignent Choukou et al. (2017). En effet selon ces auteurs l'exploitant, avec le temps a tendance à développer une certaine expertise concernant les meilleures pratiques d'utilisation des inputs ; ce qui les rend plus efficaces. Des résultats similaires ont été rapportés par Fara(2018), Ozden et Dios-Palmores (2016) et Chebil et al. (2013). Toutefois notre résultat est en contradiction avec certaines études qui stipulent que certaines cultures nécessitant un effort physique important ou une faculté d'adaptation rapide aux innovations, le facteur âge devrait exercer un effet négatif sur le niveau d'efficacité (Battese et Coelli, 1993). Contrairement à nos attentes, le fait d'avoir des contacts avec les institutions de recherches et de développement ou d'habiter la vallée où la plupart des interventions de l'Etat se sont opérées a un effet insignifiant sur la performance. Cet impact nul pourrait être dû au fait que ceux qui sont en contact avec ces institutions sont minoritaires dans l'échantillon et que leur effet a été noyé par celui de ceux qui sont sans contact. En effet dans leur étude dans une zone plus restreinte (Dagana et Podor) où se regroupe ces institutions ((ISRA, AFRICARICE, SAED, ANCAR, etc.), Ngom et al. (2016) ont montré qu'habiter près de ces dernières influence positivement la performance.

Quant à la taille du ménage, nos résultats révèlent que l'augmentation de celle-ci réduit l'efficacité. L'hypothèse était que cette variable pourrait avoir un signe positif ou négatif. En effet comme le souligne Ogundele et Okoruwa (2003), l'effet de la taille du ménage sur la productivité dépend plus de la qualité et des aptitudes des membres du ménage que de l'effectif du ménage. Dans le cas particulier du Sénégal, la majorité des membres du ménage qui constitue la taille de celui-ci est composée d'enfants où de jeunes qui poursuivent toujours leurs études. Ces derniers sont donc peu expérimentés en agriculture ou s'adonnent très peu à cette activité du fait de sa pénibilité due aux facteurs de production rudimentaires.

Concernant l'éducation, les résultats de notre estimation montrent que la variable niveau d'instruction, tel qu'attendu, a un impact positif et significatif sur le niveau d'efficacité technique. Cela implique que les producteurs instruits sont susceptibles d'être plus efficaces que ceux qui sont analphabètes. L'interprétation que l'on peut émettre est que le niveau d'instruction peut influencer la prise de décision du producteur, notamment dans l'utilisation des intrants convenables dans l'exploitation agricole. On pourrait aussi penser que les producteurs instruits assimilent plus facilement les conseils et connaissances qu'ils reçoivent lors des formations sur l'application des meilleures pratiques de production. Selon Fara (2018), cette variable joue en faveur de la maîtrise des techniques modernes de production et l'adoption de nouvelles innovations.

Le fait d'être célibataire influence négativement le degré d'efficacité des riziculteurs. L'explication que l'on peut avancer est que les agriculteurs non mariés ne sont pas sous la pression des charges familiales et seront donc moins incités à fournir d'effort supplémentaire contrairement aux mariés qui doivent travailler dur pour subvenir aux besoins de la famille. Ainsi la différence dans la motivation fait que les célibataires sont moins performants.

### **3.2. Résultats économétriques du traitement**

Nous présentons dans cette section les résultats de la mesure de l'impact des variétés améliorées sur l'efficacité technique. Etant donné le caractère non aléatoire du traitement il apparaît intéressant de faire d'abord une analyse descriptive des caractéristiques sociodémographiques, économiques et institutionnelles qui peuvent influencer le choix du statut de traitement des riziculteurs.

### 3.2.1. Analyse descriptive des facteurs sociodémographiques et économiques des producteurs

L'analyse descriptive nous permet de voir si les adoptants et non adoptants sont statistiquement différents en termes de caractéristiques. Cette analyse est nécessaire dans la mesure où ces différences peuvent influencer sur le traitement et/ou sur le résultat. Cela nous permet donc de saisir les variables à contrôler.

*Tableau 5: Caractéristiques sociodémographiques des exploitants agricoles*

Caractéristiques	Adoptants	Non-adoptants	Total	Différence	Pr ( T  >  t )
<b>Nombre des exploitants</b>	460	373	833	-	-
<b>Homme</b>	0,930	0,935	0,933	0,005	0,7651
<b>Age (moyenne)</b>	52,755	55,430	53,972	2,674	0,0082***
<b>Taille ménage</b>	10,446	10,839	10,622	0,393	0,2681
<b>Situation matrimoniale</b>					
<b>Marié</b>	0,941	0,909	0,927	-0,032	0,0739*
<b>Veuf Ou Veuve</b>	0,028	0,051	0,038	0,023	0,0906*
<b>Niveau éducation</b>					
<b>Primaire</b>	0,191	0,137	0,167	-0,054	0,0357 **
<b>Moyen</b>	0,059	0,102	0,078	0,043	0,0208 **
<b>Alphabétisé</b>	0,130	0,104	0,119	-0,026	0,2516
<b>Analphabète</b>	0,333	0,461	0,390	0,128	0,0001***
<b>Arabisant</b>	0,137	0,045	0,096	-0,091	0,0000***

*Tableau 6: Caractéristiques économiques*

Caractéristiques	Adoptants	Non-adoptants	Total	Différence	Pr ( T  >  t )
<b>Nombre des exploitants</b>	460	373	833	-	-
<b>Activité principale</b>					
<b>Agriculture</b>	0,930	0,877	0,906	-0,054	0,0080**
<b>Pêche</b>	0,009	0	0,005	-0,009	0,0712*
<b>Elevage</b>	0	0,005	0,002	0,005	0,1161
<b>Foresterie</b>	0	0,013	0,006	0,013	0,0127**
<b>Facteurs de production</b>					
<b>Surface (moyenne en ha)</b>	1,147	1,133	1,141	-0,013	0,8273
<b>Semences (en kg)</b>	116,767	80,727	100,629	-36,040	0,0000***
<b>Engrais (en kg)</b>	205,339	3,732	115,063	-201,607	0,0000***
<b>Main d'œuvre (homme/j)</b>	9,535	12,382	10,810	2,847	0,0000***
<b>Formation ou encadrement</b>	0,692	0,252	0,495	-0,440	0,0000***

Des résultats des tableaux (5) et (6), il ressort que la population étudiée est constituée de 93,3% d'hommes et de 6,7% de femmes, et dans la sous population des adoptants et non adoptants on note respectivement 93,04% et 93,57% d'hommes. Ce test révèle que la différence entre les traités et non traités n'est pas statistiquement différent de zéro. L'âge moyen de la population est de 53.97ans avec respectivement 52.76 et 55.43 ans chez les adoptants et les non adoptants. La différence est significative au seuil de 1%. Ce résultat implique que les plus jeunes sont plus attirés par les nouvelles technologies comme l'attestent certaines études. La taille moyenne de la population étudiée est de 10.62 personnes avec un minimum de 1 et un maximum de 26 personnes par ménage. Ce résultat se conforme à la moyenne nationale estimée à 10 personnes ((ISRA/BAME, 2008 ; cité par Basse, 2015). Statistiquement, le nombre de personnes par ménage n'est pas différent entre les deux sous-groupes (respectivement 10.45 et 10.84 pour les adoptants et non-adoptants). Pour ce qui est de la situation matrimoniale, nous remarquons qu'il y a plus de mariés chez les adoptants. En revanche le taux des veufs ou veuves est plus élevés

chez les non adoptants que chez les adoptants. Ces différences sont significatives au seuil de 5%. Concernant le niveau d'éducation 33,26 % des adoptants sont analphabètes contre 46,11% chez les non adoptants. Cette différence est significative au seuil de 1%. Ce résultat paraît logique dans la mesure où les instruits peuvent consulter des documents portant sur les techniques de production agricole afin de les mettre en pratique. Cette aptitude leur permet d'accéder à l'information et à la formation sur les nouvelles technologies et s'adapter aux nombreux changements technologiques, sociaux et économiques de l'agriculture. De ce fait la probabilité qu'ils adoptent les nouvelles techniques est plus forte que chez les non instruits qui en général sont attachés aux pratiques traditionnelles. Quant au niveau primaire, le pourcentage est plus élevé chez les adoptants. En revanche on constate qu'il y a plus de producteurs qui ont atteint le niveau moyen chez les non adoptants. Ces différences sont significatives au seuil de 5% pour les deux niveaux d'instruction. Ces taux sont respectivement de 16,68% et 7,8% dans la population étudiée. Par ailleurs nous remarquons qu'il y a plus de producteurs qui ont fréquenté l'école arabe chez les adoptants que chez les non adoptants avec des taux respectifs de 13,69% et 4,56%. Cette différence est significative à 1%. Ce taux est de 9,60 dans la population totale.

Concernant l'activité principale nous constatons que 90,64% des exploitants de la population ont comme activité principale l'agriculture. Dans la sous-population des adoptants, ce taux est de 93,04% contre 87,67% chez les non adoptants. La différence est statistiquement significative à 1%. La proportion de ceux qui n'ont pas l'agriculture comme activité principale est quasiment faible. De plus aucun producteur traité ne pratique l'élevage ni la foresterie. Cela peut expliquer le choix des technologies améliorées car l'agriculture reste leur seule activité phare.

Pour ce qui est des intrants, on constate qu'en moyenne les adoptants utilisent plus d'engrais (205,35 kg contre 3,77 kg) et de semences (116,77 contre 80,73) que les non adoptants avec des différences très significatives. La superficie moyenne dans la population est de 1,14ha et la différence de superficies dans les deux sous-populations n'est pas significative. Quant à la main d'œuvre nous remarquons que les non adoptants emploient plus de personnes que les adoptants avec respectivement 12,38 personnes/jour contre 9,53. En outre nous remarquons que 69% des traités ont subi une formation ou encadrement contre seulement 25% chez les non traités. Cela pourrait expliquer que les premiers choisissent les variétés améliorées parce qu'ils en ont la maîtrise à travers les formations reçues.

A l'issu de cette analyse nous constatons qu'à l'exceptions de quelques variables (sexe, taille, superficie), les autres caractéristiques présentent des différences significatives entrent les traités et non traités ; ce qui montre que ces deux groupes ne sont pas identiques.

### **3.2.2. Déterminants du traitement et de l'instrument**

Etant donné le caractère discret et non aléatoire du choix d'adopter les variétés améliorées, nous avons cherché à déterminer les facteurs qui pouvaient influencer les décisions des producteurs. Aussi le choix de la méthode des variables instrumentales nécessite un instrument valide qui de nature devait être aléatoire ; ce qui n'est pas forcément le cas pour notre instrument. Toutefois l'hypothèse d'indépendance conditionnelle nous permet de rendre aléatoire notre instrument si certaines caractéristiques sont contrôlées, ce qui motive la détermination des facteurs pouvant expliquer l'accès à l'instrument.

Les résultats de ces estimations sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Il ressort de l'analyse du tableau (7) que le modèle est globalement significatif au seuil de 1%. L'âge, le fait d'être marié, avoir l'agriculture comme activité principale et l'utilisation d'engrais influencent positivement la probabilité d'adopter les technologies améliorées. En revanche le nombre d'année de résidence diminue la proportion d'adoption. Nous pouvons penser que les producteurs mariés cherchant à subvenir aux besoins de la famille auraient tendance à miser sur les technologies à haut rendement pour accroitre leur production d'où le choix d'adopter. Ce même raisonnement pourrait être observé chez les individus qui ont l'agriculture comme activité principale; étant donné qu'elle constitue leur source principale de richesse. Contrairement à Ouédraogo et Dakouo (2017) qui stipulent que les grandes familles disposent plus de main d'œuvre pour la conduite de l'agriculture qui favorise généralement l'adoption des nouvelles technologies, la taille du ménage n'a pas d'effet sur le choix d'adopter dans cette étude. De même l'effet du niveau d'instruction sur le traitement n'est pas significatif.

Concernant les déterminants de l'instrument, nous constatons que le fait d'être en contact avec les institutions de développement et de recherche (ISRA, SAED, ANCAR, PADERCA, CNCAS etc.) joue en faveur de l'accès aux variétés améliorés. En effet ces institutions œuvrant pour le développement agricole favorisent les pratiques culturales améliorées ; ainsi le contact avec elles offre plus de chance à accéder aux variétés améliorées. Toutefois le fait de bénéficier une formation ou un encadrement n'a pas d'effet significatif sur l'instrument. Cela peut être dû au fait que beaucoup de producteurs de l'échantillon n'ont pas été bénéficiaires. Contrairement à Ngom et al. (2016) qui stipulent que le fait que le chef de ménage soit une femme favorise

l'accès aux technologies améliorées parce qu'elles sont les plus dynamiques au sein des regroupements prometteurs des pratiques améliorées, cela n'a pas d'effet significatif dans cette étude. En plus fréquenter l'école arabe ou être alphabétisé influencent positivement sur l'instrument. En effet les producteurs instruits ou sensibilisés sont plus motivés et plus ouverts à la recherche et donc ont plus de chance de connaître l'existence de nouvelles technologies et d'avoir accès. Par contre les coefficients des variables années de résidence et veufs se révèlent négatifs indiquant ainsi que le fait d'être veuf ou le nombre d'années de résidence donnent moins de chance d'accéder aux variétés améliorées.

*Tableau 7: Déterminants du traitement*

Traitement	Coefficients	Std. Err.	P-value	[95% IC]	
Année résidence	-0,011	0,004	0,014**	-0,019	0,021
Age	0,010	0,005	0,077*	0,001	0,023
Homme	-0,236	0,229	0,303	-0,685	0,213
Marié	0,389	0,217	0,074*	-0,546	0,301
Alphabétisé	0,070	0,181	0,700	-0,286	0,425
Taille	-0,007	0,010	0,484	-0,028	0,013
Analphabète	-0,191	0,125	0,127	-0,437	0,054
Elémentaire	0,220	0,155	0,156	-0,084	0,525
Agriculture comme activité principale	0,375	0,176	0,033**	0,029	0,720
Semences	-0,0009	0,0005	0,104	-0,002	0,0001
Utilisation engrais	1,928	0,139	0,000***	1,656	2,200
Log likelihood = -398,28839			Number of obs =	809	
			LR chi2(11) =	319,04	
			Prob > chi2 =	0,000	
			Pseudo R2 =	0,2860	

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

*Tableau 8: Déterminants de l'instrument*

<b>Instrument</b>	<b>Coefficients</b>	<b>Std. Err.</b>	<b>P&gt; z </b>	<b>Intervalle de conf.</b>	
Taille	-0,013	0,010	0,217	-0,033	0,008
Assistance	0,1955	0,155	0,210	-0,110	0,499
Femme	0,492	0,319	0,124	-0,134	1,119
Nbr. Année Résidence	-0,010	0,004	0,020**	-0,018	-0,001
Veuf ou veuve	-0,655	0,389	0,092*	-1,418	0,108
Alphabétisé	0,427	0,169	0,012**	0,094	0,751
Age	0,004	0,005	0,356	-0,005	0,015
Contact	1,322	0,157	0,000***	1,014	1,631
Analphabète	0,041	0,119	0,725	-0,191	0,275
Arabisant	0,802	0,211	0,000***	0,388	1,216
Log likelihood = -410.77663				Number of obs =	792
				LR chi2(10) =	268.70
				Prob > chi2 =	0.000
				Pseudo R2 =	0.2465

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

### **3.2.3 Impact de l'adoption sur l'efficacité technique**

L'impact des variétés améliorées sur l'efficacité technique est matérialisé dans le tableau (8). Ces variétés sont supposées en théorie accroître l'efficacité technique des riziculteurs. Les résultats obtenus révèlent que le modèle est globalement significatif. La méthode des variables instrumentales permet de déterminer l'effet moyen localisé c'est-à-dire sur les personnes que l'instrument a mené à changer de comportement, connus sous le nom des « obéissants ». Les estimations de ce paramètre (LATE) montrent que l'adoption de technologies améliorées accroît le degré d'efficacité des exploitants rizicoles de 11%. Donc l'utilisation de ces variétés améliore la performance des producteurs c'est-à-dire que cela leur a permis d'augmenter leur niveau de production de 11% sans avoir à accroître les facteurs de production. Cette augmentation de la production sans facteurs de productions supplémentaires rehausse le rendement. Ce résultat rejoint l'idée de Javed et al., (2010), selon qui la production du riz peut être rehaussée par le changement technologique ou l'amélioration de l'efficacité technique. Par ailleurs plusieurs auteurs sont arrivés à cette même conclusion de l'importance des variétés

améliorés dans le processus d'accroissement de la production (Mendola, 2007 ; Adekambi *et al.*, 2009 ; Diagne *et al.*, 2012 ; Dontsop *et al.*, 2011) ; Basse, 2015). L'explication que l'on peut avancer c'est que ces variétés sont plus résistantes aux facteurs biologiques et plus tolérantes à la sécheresse comparées aux locales. De ce fait elles ont des rendements plus élevés.

**Tableau 9: Résultats économétriques de l'impact des variétés améliorées**

<b>ET</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Std. Err.</b>	<b>Z</b>	<b>P&gt; z </b>	<b>[95% Conf. Interval]</b>	
<b>LATE</b>	0,1129	0,022	5,11	0,000***	0,069	0,155
<b>Diffmo</b>	0,246	0,025	9,65	0,000***	0,196	0,296
<b>mo_N1</b>	0,653	0,018	36,65	0,000***	0,618	0,688
<b>mo_N0</b>	0,407	0,018	22,28	0,000***	0,371	0,443
Nombre d'obs.: N = 429 Nombre des traités: N1 = 319 Nombre obs. avec inst=1: Nz1 = 345						

## **Conclusion générale et implications politiques**

Le riz est la céréale la plus consommée dans les pays en développement notamment au Sénégal où elle constitue une alimentation de base pour la population. La forte demande en riz qui ne peut pas être satisfaite par les producteurs nationaux pousse les autorités et les chercheurs à s'interroger sur les stratégies visant à développer le secteur rizicole. Ainsi, les recherches sur les technologies agricoles qui ont connu une réussite remarquable dans la production des cultures vivrières en Asie avec la révolution verte méritent d'être vérifiées pour le Sénégal.

La présente recherche s'est alors intéressée à l'analyse de l'efficacité technique et ses déterminants et de l'impact des variétés améliorées sur cette efficacité dans le but d'apporter quelques solutions à la problématique de la riziculture au Sénégal. A cet effet, l'approche stochastique de frontière de production en une étape a été utilisée pour mesurer le degré d'efficacité et ses déterminants et l'approche par les variables instrumentales pour estimer l'impact. Les résultats des estimations montrent un score moyen d'efficacité technique de 0,59; ce qui veut dire que les riziculteurs n'exploitent que 59% de leurs potentiels pour produire du riz. Cela confirme notre première hypothèse selon laquelle les producteurs sénégalais opèrent en dessous de leur frontière de production. De plus il apparaît que l'écart observé par rapport à la production maximale est expliqué à 75% par l'inefficience des producteurs. Les facteurs ayant un effet significatif sur cette inefficacité sont l'âge du chef de ménage, sa taille, son niveau d'instruction, le nombre d'année de résidence et le fait d'être célibataire. L'analyse des résultats par zones agro-écologiques montre que les riziculteurs de la vallée sont en moyenne plus efficaces que ceux des autres zones.

Concernant l'évaluation de l'impact nous avons trouvé que l'adoption des variétés améliorées permet d'accroître le niveau d'efficacité technique de 11%. Cette hausse du degré d'efficacité augmente la production et du coup le rendement. Ce résultat vient donc confirmer notre deuxième hypothèse qui stipule que l'adoption des variétés améliorées aurait un impact positif et significatif sur le niveau de performance des riziculteurs et s'aligne ainsi à la conclusion de certains travaux antérieurs qui ont trouvé en l'adoption des technologies à haut rendement une solution pour accroître la production.

A la lumière des résultats de notre étude, il ressort que l'inefficacité des riziculteurs est un défi à relever et que l'adoption des variétés améliorées constitue un atout pour la riziculture. Ainsi partant de ces résultats nous formulons quelques recommandations de politiques agricoles pouvant contribuer à améliorer ce secteur.

- Les autorités doivent orienter les politiques agricoles vers l'encouragement de l'adoption de variétés Sahel et Nérica qui contribuent efficacement à la performance des riziculteurs. Pour cela, elles doivent faciliter l'accès à ces dernières par des subventions mais aussi mettre en place des systèmes ou canaux de diffusion à travers par exemple l'encouragement des organisations paysannes qui sont rares dans certaines localités comme dans le Sud du pays.
- Aussi il faut que les institutions de recherche travaillent en synergie avec les producteurs pour mieux comprendre les conditions de travail et les besoins de ces derniers pour une meilleure diffusion de nouvelles technologies. Elles doivent donc être dotées de moyens pour étendre leurs interventions sur l'ensemble des zones agro écologiques. En effet il a été trouvé dans cette étude que l'effet non significatif du contact avec ces institutions sur l'efficacité est dû à leurs actions limitées.
- La contribution significative de la variable instruction sur l'efficacité technique, montre qu'il faut augmenter les campagnes de sensibilisation et de formation surtout sur les pratiques culturales améliorées. Etant donné que les riziculteurs sont des adultes, l'implication du niveau d'instruction n'est pas d'augmenter les écoles mais plutôt de privilégier les formations qui pourraient même être faites en langues locales.

Toutefois il convient de souligner certaines faiblesses de notre analyse telles que : d'une part l'absence de la variable herbicide au niveau des facteurs de production qui peut être pertinente, le problème de données manquantes qui a considérablement réduit la taille de notre échantillon comparée à l'échantillon de l'enquête. D'autre part il faut noter que dans le contexte de la production rizicole en grande partie dépendante de la pluviométrie, l'utilisation de données en coupe transversale peut être considérée comme une limite, puisque la collecte se déroule dans un horizon temporel limité et ne permet pas d'avoir une série de données chronologiques couvrant une longue période. Ainsi une analyse dynamique (sur plusieurs années) dans le futur semblerait intéressante pour déterminer l'impact des variétés améliorées sur la performance technique.

## Références bibliographiques

Abadie, A. (2003). *Semi-parametric Instrumental Variable Estimation of Treatment Response Models*. *Journal of Econometrics* 113, 231-263p.

Adékambi, S. A. (2005). Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz sur la scolarisation et la santé des enfants au Bénin : cas du département des Collines, Thèse, Université d'Abomey-Calavi (Benin) 127p.

Agbodji, A.E. (1996). L'efficacité technique dans l'industrie ivoirienne, Mémoire, PTCI, Université d'Abidjan.

Aigner, D., Lovell, C.K. et Schmidt, P. (1977). *Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models*, *Journal of Econometrics*, (6) 21–37p.

Albouchi, L., Bachta, et Jacquet, F. (2005). Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes, Institut Agronomique Tunis, Institut Agronomique méditerranéen Montpellier.

Allogni, W.N., Coulibaly, O.N. et Honlonkou (2004). Impact des nouvelles variétés de la culture de niébé sur le revenu et les dépenses des ménages agricoles au Bénin, Bulletin de la recherche Agronomique du Bénin, 44-Juin 2004,14p.

Amara, N. et Romain, R. (2000). Mesure de l'efficacité technique : une revue de littérature, CREA, 07p.

Ambapour, S. (2001). Estimation des frontières de production et mesures de l'efficacité technique.

Bachta, M.S., Chebil A., (2002). Efficacité technique des exploitations céréalières de la plaine du Sers (Tunisie), *Journal of Economics, Agriculture et Environnement*, 1 (2), 41-45.

Basse B.W., (2015). Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz SAHEL sur la pauvreté au Sénégal : approche de l'effet marginal du traitement (EMT), thèse, Université Gaston Berger (Sénégal).

Battese, G.E., et T.J. Coelli (1995). *A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data*, *Empirical Economics* (20), 325-32p.

Bégin R., (2014). L'effet du travail hors-ferme sur l'efficacité technique des fermes laitières un modèle intégrant les biais de sélection sur les observables et inobservables, Maîtrise, Québec, (Canada).

Bosman, N., Fecher, F., (1992). Une étude comparative de l'efficacité technique du secteur de la santé au sein des pays de l'O.C.D.E. Working Paper, 92/08, CIRIEC, Université de Liège.

Boussemart, J.-P., Dervaux, B. (1994). Diagnostic de l'efficacité productive par la méthode DEA, Application à des élevages porcins, *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales*, (31), 43-58p.

Brodaty, T., Crépon, B. et Fougère, D., (2002). Les méthodes micro économétriques d'évaluation : développements récents et applications aux politiques actives de l'emploi.

Chaffai, M.E., (1989). Estimation des frontières de production et de l'inefficacité technique. *Economie et Prévision*, (91), 67-73p.

Chebil, A., Bahri, W. And Frija, A., (2013). Mesure et déterminants de l'efficacité d'usage de l'eau d'irrigation dans la production du blé dur : Cas de Chebika (Tunisie), (1), 49-55p.

Choukou et al. (2017). Production et rentabilité de la culture de maïs dans les oasis du Kanem au Tchad. *Journal of new Sciences*, 45(3). *Published September, 01p.*

Coelli, T. (1996). *A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation, Australia, Centre for Efficiency and productivity Analysis, University of New England, midale, NSW, 2351, CEPA Working Paper 96/07p.*

Debreu, G. (1951). *The Coefficient of Resource Utilization, Econometrica*, (19), 3, July, 273-292p.

Deprins, D., Simar, L., (1989). Estimation des frontières déterministes avec facteurs exogènes d'inefficacité. *Annales d'Economie et de Statistique*, 1, 117-150p.

Diagne, A., et al. (2012). *The impact of adoption of NERICA rice varieties in West Africa*, SPIA Pre-conference workshop; 28th IAAE conference, Foz do Iguaçu, Brazil, August 18, 2012, 58p.

Dontsop-Nguezet, P. M. et al. (2011). *Impact of Improved Rice Technology on Income and Poverty among Rice Farming Household in Nigeria*, *Quarterly Journal of International Agriculture*, 50(3), 267-291p.

- Fall, A. A. (2008). Impact du crédit sur le revenu des riziculteurs de la Vallée du Fleuve Sénégal, Thèse, Ecole Nationale d'Agronomie, Université de Montpellier I, 341p.
- Fall, A., Mbaye, B.B.et Sy H. (2013). Productivité et croissance au Sénégal, Direction de La Prévision et Des Etudes Economiques, Aout 66p.
- Fall, A.A. (2005). Impact Economique de la Recherche Rizicole au Sénégal et en Mauritanie, *Revue Agronomie Africaine*, CORAF, (5), 1015-2288, décembre, 53-6p.
- Farrell, M. J. (1957). *The measurement of productive efficiency*, *Journal of the Royal Statistical Society*, A, 120, 253-82p.
- Greene, W., (2010). *A stochastic frontier model with correction for sample selection*. *Journal of Productivity Analysis*, 34(1), 2, 15-24p.
- Heckman, J. J., and Vytlacil, E. J. (2005). *Structural Equations Treatment effects and Econometric Policy Evaluation*, *Econometrica*, 72(3), 669-738p.
- Imbens, G., and Angrist, J. (1994). *Identification and estimation of local average treatment effects*. *Econometrica*, 62, 467- 475p.
- Javed, M I, Adil, S. A. A. Ali and Raza, M. A., (2010). *Measurement Of Technical Efficiency Of Rice - Wheat System In Punjab*, *Journal of Agricultural Research*, (48), 2, 227 – 238p.
- Kodde, D. A. and Palm, F. C., (1986). *Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions*. *Econometrica*, (54), 5, 1243 – 1248p.
- Koopmans, T. (1951). *Analysis of production as an Efficient combination of activities*.
- Kumbhakar, S. and Lovell, K. C. A., (2000). *Stochastic Frontier Analysis*, New York: Cambridge University Press.
- Leibenstein, H. (1966). *Allocative Efficiency versus X-Efficiency*. *American Economic Review*, June, 392-415p.
- Ngom, C. A. B., Sarr, F. et A. Fall, A, (2016). Mesure de l'efficacité technique des riziculteurs du bassin du fleuve Sénégal, *Économie rurale*, 355, 91-105p.
- Nuama, E. (2006). Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire, *Économie rurale*, 296, Novembre-décembre, 1– 16p.

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

Ozden A., Dios-Palomares R. (2016). *Is the olive oil an efficient sector ? A meta frontier analysis considering the ownership structure*, *New Medit*, 01/09/2016, (15), 3, 2-9p.

Rahman, S., Wiboonpongse A., Sriboonchitta S., et Chaovanapoonphol, Y., (2009). *Production Efficiency of Jasmine Rice Producers in Northern and North-eastern Thailand*, *Journal of Agricultural Economics*, 60(2), 419-435p.

Rogers, E.M., (1995). *Diffusion of Innovations: Modifications of a Model for Telecommunications*, *Stoetzer MW*, (17). Springer, Berlin, Heidelberg.

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

Rubin, D.B., (1974). *Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies*, *Journal of Educational Psychology*, (66), 688-701p.

## Table des matières

<b>DEDICACE</b> .....	
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	ii
<b>Sommaire</b> .....	iii
<b>Liste des tableaux</b> .....	iv
<b>Liste des sigles et abréviations</b> .....	v
<b>Résumé</b> .....	vi
<b>Introduction :</b> .....	1
<b>Contexte et problématique</b> .....	1
<b>Objectifs</b> .....	3
<b>Hypothèses</b> .....	3
<b>Chapitre1 : Clarification des concepts et Revue de la littérature</b> .....	5
<b>1.1. Approche conceptuelle</b> .....	5
<b>1.1.1. Concepts relatifs à l'étude d'impact</b> .....	5
<b>1.1.2. Notions d'innovation technologique</b> .....	6
<b>1.1.3. Notions d'efficacité</b> .....	7
<b>1.2. Revue de la littérature</b> .....	8
<b>1.2.1. Théories autour de l'efficacité et du rôle de l'innovation sur la productivité</b> .....	8
<b>1.2.2. Travaux empiriques sur l'efficacité technique et sur le rôle des variétés améliorées</b>	13
<b>Chapitre 2 : Approche méthodologique pour l'estimation de l'efficacité technique et la mesure de l'impact</b> .....	16
<b>2.1. Collecte de données</b> .....	16
<b>2.1.1 Choix et définition de la zone d'étude</b> .....	16
<b>2.1.2 Méthode de collecte et types de données</b> .....	16
<b>2.2. Méthodologie de l'estimation de l'efficacité technique</b> .....	17
<b>2.2.1. Spécification du modèle</b> .....	17
<b>2.2.2. Application du modèle</b> .....	19
<b>2.2.3. Test de spécifications d'hypothèses</b> .....	20
<b>2.2.4. Technique d'estimation</b> .....	21
<b>2.3. Approche méthodologique de l'évaluation d'impact</b> .....	22
<b>2.3.1 Résultats potentiels et problème fondamental de l'évaluation d'impact</b> .....	23
<b>2.3.2. Problème d'endogénéité et variables instrumentales</b> .....	25
<b>2.3.3. Technique d'estimation</b> .....	26
<b>Chapitre 3 : Résultats et discussions</b> .....	30
<b>3.1 Estimation de la frontière et de l'efficacité technique</b> .....	30
<b>3.1.1. Résultats des tests préliminaires</b> .....	30

3.1.2.	Résultats de l'estimation de la frontière stochastique et de l'efficacité technique	31
3.1.3.	Identification des facteurs explicatifs du niveau d'inefficacité technique	33
3.2.	Résultats économétriques du traitement	35
3.2.1.	Analyse descriptive des facteurs sociodémographiques et économiques des producteurs	36
3.2.2.	Déterminants du traitement et de l'instrument	39
3.2.3	Impact de l'adoption sur l'efficacité technique	41
	Conclusion générale et implications politiques	43
	Références bibliographiques	45
	Table des matières	49
	Annexes	51

# Annexes

## *Annexe 1: Description des variables expliquant l'inefficacité*

<b>Variables</b>	<b>Description</b>	<b>Signe attendu</b>
<b>Variable dépendante</b>		
<b>Inefficacité technique</b>		
<b>Variables indépendantes</b>		
Age	Le nombre d'année du chef de ménage	±
Genre	1 pour femme et 0 pour homme	+
Taille	Le nombre de personnes dans le ménage	±
Niveau d'instruction	1 si sans instruction et 0 sinon	+
Situation matrimoniale	1 si célibataire et 0 si non	+
Contact avec institutions de crédit	1 si le producteur est en contact avec les institutions de crédit et 0 si non	±
Contact avec la SAED	1 si le producteur est en contact et 0 si non	-
Activité non agricole	1 si l'individu n'a pas l'agriculture comme activité principale	+
Habiter la vallée	1 si l'individu habite la vallée et 0 sinon	-
Nombre années de résidence	Le nombre d'année de séjour du producteur	-

*Annexe 2: Description des variables du modèle d'adoption du riz amélioré*

<b>Variables</b>	<b>Description</b>	<b>Signe attendu</b>
<b>Variable dépendante</b>		
<b>Adoption</b>	1 si le producteur adopte 0 si non	
<b>Variables indépendantes</b>		
Age	L'âge en années des producteurs	±
Célibataire	1 si le producteur est célibataire et 0 si non	-
Alphabétisé	1 si l'individu est alphabétisé et 0 si non	+
Taille	Nombre de personnes du ménage	+
Analphabète	1 si l'individu est sans instruction et 0 sinon	-
Elémentaire	1 si l'individu a au moins un niveau d'étude élémentaire 0 si non	+
Artisanat comme act. Principale	1 si l'individu a comme activité principale l'artisanat et 0 sinon	+
Semences	La quantité de semences en kg utilisée par le producteur	±
Superficie	Superficie en hectare utilisée par le producteur	±
Engrais	Quantité d'engrais en kg utilisée par le producteur	-
Année de résidence	Le nombre d'année de séjour du producteur	±