



Université Gaston Berger

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
Un peuple – Un but – Une foi  
-----  
Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de La Recherche



Institut Sénégalais de  
Recherches Agricoles

## Université Gaston Berger

### Ecole doctorale des Sciences de l'Homme et de la Société

**Impact des aménagements hydro – agricoles publics sur l'efficacité technique de production et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal**

**Spécialité : Economie rurale**

**Thèse présentée et soutenue publiquement à l'Université Gaston Berger de Saint Louis pour l'obtention du titre de Docteur ès Sciences Economiques**

Par M. Cheikh Ahmadou Bamba NGOM

Le 18 juin 2016

Sous la co-direction du Professeur Felwine SARR et de Dr Amadou Abdoulaye FALL,  
Chercheur

## Jury

**Pr Adama DIAW**, Enseignant à l'Université Gaston Berger, **Président**.

**Pr Mbaye DIENE**, Enseignant à l'Université Cheikh Anta Diop, **Rapporteur**.

**Pr Mouhamadou FALL**, Enseignant à l'Université Gaston Berger, **Rapporteur**.

**Pr Abdoul Aziz Ndiaye**, Enseignant à l'Université Gaston Berger, **Suffragant**

**Pr Felwine SARR**, Enseignant à l'Université Gaston Berger **Co- Directeur de thèse**.

**Dr Amadou Abdoulaye FALL**, Chercheur à l'Institut Sénégalais de Recherches agricoles,  
**Co – directeur de thèse**.

**L'université n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à l'auteur.**

# Remerciements

Au Nom de Dieu, Clément et Miséricordieux

Louange au Tout Puissant, Seigneur du ciel, de la terre et de ce qui est entre eux. Je L'exalte et Le remercie de m'avoir prêté une longue vie, une santé de fer et la force nécessaire jusqu'à l'achèvement de ce travail.

Je remercie infiniment mon père et ma mère qui, pendant tout mon cursus scolaire, se sont employés de tout leur possible pour me voir réussir. A travers leur personne, j'en profite pour rendre hommage à tous les membres de ma famille qui m'ont soutenu.

Je remercie chaleureusement l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles à travers le Bureau d'Analyses Macro-Economiques et le Centre de Recherches Agricoles de Saint Louis. Ces deux structures m'ont octroyé une allocation de recherche et m'ont accueilli dans leurs locaux pour que je puisse accomplir à bien mon travail.

Je remercie très sincèrement le Professeur Adama Diaw, le Professeur Mbaye Diène et le Professeur Mouhamadou Fall pour avoir accepté d'être respectivement Président du Jury et Rapporteurs de ma thèse.

Je remercie particulièrement ma grande sœur Nogoye et son mari qui m'ont permis de tenir le coup en période de « vaches maigres ».

Je remercie profondément ma chère épouse Adama qui a accepté de m'accompagner dans cette longue marche incertaine qu'est la vie et de surcroît a enduré pendant tout le temps mon « chaud » tempérament.

Je remercie le Docteur Amadou Abdoulaye Fall, mon encadreur au sein de l'ISRA, qui grâce à son expertise et sa connaissance du milieu, m'a permis de mieux cerner les enjeux de la filière rizicole.

Je remercie le Conseil pour le Développement de la Recherche en Sciences Sociales en Afrique (CODESRIA) qui m'a octroyé une bourse dans le cadre de son programme de petites subventions pour la rédaction de thèse, laquelle bourse qui m'a été d'un appui matériel et financier considérables.

Je remercie tous mes collègues du CRA de Saint Louis et du BAME pour leur soutien. J'en citerai nommément Blaise Waly Basse avec qui les échanges dans le domaine d'évaluation d'impact m'ont été plus que bénéfiques ; Omar Ndao Faye qui m'a appuyé financièrement pour la collecte de certaines données.

Je remercie l'ensemble du personnel de la SAED et particulièrement M. Moussa Bocar Fofana, M. Oumar Samba Sow et M. Baye Salif Diack qui m'ont été d'un appui précieux pour la collecte de données et d'informations importantes.

The last but not the least, je ne saurais terminer sans pour autant remercier le Professeur Felwine Sarr qui a accepté de diriger ce travail de thèse malgré son calendrier très chargé.

Et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

## Dédicaces

Je dédie ce travail aux chercheurs et aux professionnels de l'agriculture en général mais de la filière rizicole en particulier. Ce travail se veut comme une contribution scientifique à la résolution des problèmes que rencontrent les riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal.

Je dédie ce travail à mes fils, Serigne Mouhamadou Moustapha, l'ainé et Serigne Mouhamadou Fadal. Je prie le Seigneur, le Détenteur d'innombrables bienfaits, pour qu'il leur accorde une longue vie et une santé de fer afin qu'ils dépassent leur père en volonté et en capacité de mieux faire en toute chose agréée.

*Parlons net. La thèse est une obligation inhumaine. Elle condamne le « thésard » à ne pas avoir, durant une ou deux décennies, de vie de famille.*

Ch. A. Julien, *in* le Monde, 19 septembre 1968

## Liste des sigles et abréviations

**AHAP** : Aménagements Hydro Agricoles Publics

**AI** : Aménagement Intermédiaire

**ANSD** : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

**CARD** : Coalition pour le Développement de la Riziculture en Afrique

**CFA** : Communauté Financière Africaine

**CEDEAO** : Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest

**CIRIZ** : Comité Interprofessionnel de la filière Riz

**CNCAS** : Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal

**CPSP** : Caisse de Péréquation et de Stabilité des Prix

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

**DSRP** : Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté

**ECOWAP** : Politique Agricole de la CEDEAO

**FMI** : Fonds Monétaire International

**GA** : Grand Aménagement

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

**ISE** : Institut des Sciences de l'Environnement

**ISRA** : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

**JICA** : Agence Japonaise de la Coopération Internationale

**LOASP** : Loi d'Orientation Agro – Sylvopastorale

**LPDA** : Lettre de Politique de Développement Agricole

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

**NACE** : Note d'Analyse du Commerce Extérieur

**NEPAD** : Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique

**NPA** : Nouvelle Politique Agricole

**ONUAA** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

**PAC** : Politique Agricole Commune

**PASA** : Programme d'Ajustement du Secteur Agricole

**PASR** : Programme d'Ajustement du Secteur Rizicole

**PDDAA** : Programme Détaillé pour le Développement de l'Agriculture en Afrique

**PNAR** : Programme National d'Autosuffisance en Riz

**PNIA** : Plan National d'Investissement Agricole

**PNUE** : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

**PRACAS** : Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise

**PINORD** : Programme d'appui aux Initiatives du NORD

**PIP** : Périmètre Irrigué Privé

**PIV** : Périmètre Irrigué Villageois

**PREF** : Programme de Redressement Economique et Financier

**REVA** : Retour Vers l'Agriculture

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

**SCA** : Stratégie de Croissance Accélérée

**SES** : Situation Economique et Sociale

**SNDR** : Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture

**VFS** : Vallée du Fleuve Sénégal

# Table des matières

Remerciements .....	iii
Dédicaces .....	iv
Liste des sigles et abréviations.....	v
Liste des figures .....	xi
Liste des tableaux .....	xii
Résumé .....	xiv
Abstract .....	xv
Introduction générale.....	2
1. Contexte et problématique .....	2
1.1 L'agriculture au Sénégal .....	2
1.2 La production rizicole au Sénégal .....	5
2. Objectifs de la recherche .....	9
3. Hypothèses de la recherche .....	11
4. Plan de travail.....	11
Chapitre I : Investissements publics, production, productivité et efficacité technique : une revue de la littérature .....	12
1. Introduction .....	12
2. Effets des investissements publics à l'échelle macroéconomique.....	14
2.1 Aux Etats Unis.....	16
2.2 En Europe .....	22
2.3 En Asie .....	24
2.4 Dans les pays en développement .....	26
3. Effets des investissements publics dans l'agriculture .....	27
3.1 L'investissement public dans l'agriculture.....	28
3.2 L'investissement public dans la filière rizicole.....	36
4. Conclusions .....	39

<b>Chapitre II : L'intervention publique dans la production rizicole de la vallée du fleuve Sénégal.....</b>	<b>44</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>44</b>
<b>2. Les politiques publiques menées dans la filière rizicole.....</b>	<b>45</b>
<b>2.1 Avant la Nouvelle Politique Agricole .....</b>	<b>45</b>
<b>2.2 La Nouvelle Politique Agricole dans la VFS.....</b>	<b>50</b>
<b>2.3 La libéralisation de la filière .....</b>	<b>55</b>
<b>2.4 Le Programme National d'Autosuffisance en Riz .....</b>	<b>60</b>
<b>2.5 Le Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise .....</b>	<b>64</b>
<b>2.5.1 Mesures concernant le secteur agricole .....</b>	<b>64</b>
<b>2.5.2 Mesures concernant la filière rizicole .....</b>	<b>66</b>
<b>3. Les aménagements hydro agricoles dans la VFS.....</b>	<b>68</b>
<b>3.1 Historique des aménagements .....</b>	<b>69</b>
<b>3.2 Evolution des superficies aménagées.....</b>	<b>76</b>
<b>4. Conclusions .....</b>	<b>84</b>
<b>Chapitre III : Mesure de l'efficacité technique des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal.....</b>	<b>89</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>89</b>
<b>2. Méthodes d'estimation de l'efficacité technique .....</b>	<b>93</b>
<b>2.1 L'approche non paramétrique.....</b>	<b>93</b>
<b>2.1.1 La méthode du point extrême.....</b>	<b>94</b>
<b>2.1.2 L'indice de Malmquist .....</b>	<b>96</b>
<b>2.2 L'approche paramétrique .....</b>	<b>100</b>
<b>2.2.1 L'approche déterministe .....</b>	<b>100</b>
<b>2.2.2 L'approche stochastique .....</b>	<b>103</b>
<b>3. Revue de la littérature empirique sur l'estimation de l'efficacité technique et l'analyse des déterminants de l'inefficacité.....</b>	<b>106</b>

3.1	En Asie .....	106
3.2	En Afrique de l'Ouest.....	108
4.	Méthode d'estimation utilisée et analyse des données collectées .....	110
4.1	Présentation du modèle .....	110
4.2	Description des données de l'analyse .....	115
4.2.1	Echantillonnage .....	115
4.2.2	Description socio – économique.....	115
4.2.3	Système de propriété foncière .....	118
4.2.4	Typologie des producteurs.....	119
5.	Estimation des fonctions de production et d'inefficacité technique .....	121
5.1	Résultats de l'estimation de la fonction de production stochastique .....	122
5.2	Déterminants de l'inefficacité technique .....	125
6.	Interprétation des résultats d'estimation et discussions.....	127
6.1	La fonction de production .....	127
6.2	La fonction d'inefficacité technique .....	128
7.	Conclusions .....	134
<b>Chapitre IV : Impact des AHAP sur l'efficacité technique et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal.....</b>		
<b>138</b>		
1.	Introduction .....	138
2.	Les méthodes d'évaluation d'impact .....	140
2.1	Les méthodes dites « naïves ».....	141
2.1.1	La méthode avant – après .....	141
2.1.2	La méthode en coupe transversale .....	142
2.1.3	La méthode de la double différence .....	143
2.2	La méthode expérimentale .....	143
2.3	Les méthodes non expérimentales .....	144
2.3.1	L'appariement par le score de propension.....	146

2.3.2	La méthode des variables instrumentales .....	149
2.3.2.1	La méthode de Imbens et Angrist (1994).....	150
2.3.2.2	La méthode de Abadie (2003) .....	152
2.4	La régression sur discontinuités .....	153
2.4.1	La discontinuité nette .....	154
2.4.2	La discontinuité floue .....	154
3.	Evaluation de l'impact des AHAP sur l'efficacité technique de production et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal .....	155
3.1	Présentation du modèle .....	155
3.2	Présentation des résultats des estimations .....	157
3.2.1	La méthode de la différence des moyennes .....	157
3.2.2	La méthode de l'effet moyen de traitement (ATE).....	160
3.2.2.1	L'effet moyen du traitement sur l'efficacité.....	160
3.2.2.2	L'effet moyen du traitement sur le rendement .....	166
4.	Conclusions .....	171
	Conclusions générales .....	176
	Bibliographie.....	186
	Annexes .....	199
A.1	Questionnaire d'enquête sur les riziculteurs .....	199
A.2	Résultats du test d'équilibrage.....	222

## Liste des figures

<b>Figure 1 : Evolution des superficies cultivées en riz de 1965 à 1983 .....</b>	<b>48</b>
<b>Figure 2 : Evolution de la production de riz dans la VFS de 1965 à 1983 .....</b>	<b>49</b>
<b>Figure 3: Evolution des superficies cultivées en riz de 1984 à 1995 .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 4: Evolution de la production de riz dans la VFS de 1984 à 1995 .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 5 : Evolution comparative des importations de riz et de la production de riz dans la VFS de 1996 à 2008 .....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 6 : Rapport entre importations et production de riz de la VFS de 1996 à 2008...</b>	<b>59</b>
<b>Figure 7 : Répartition du budget de l'autosuffisance en riz (en %) .....</b>	<b>67</b>
<b>Figure 8: Evolution des superficies totales aménagées de 1980 à 2011 .....</b>	<b>76</b>
<b>Figure 9: Comparaison des superficies aménagées par l'Etat et par le Privé .....</b>	<b>78</b>
<b>Figure 10: Répartition des superficies aménagées dans la vallée du fleuve Sénégal.....</b>	<b>79</b>
<b>Figure 11: Comparaison entre la production de riz observée et la production maximale .....</b>	<b>82</b>
<b>Figure 12: Evolution du coût des aménagements de 2002 à 2011 (en FCFA).....</b>	<b>83</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Etapes pour l'atteinte de l'autosuffisance en riz .....	61
Tableau 2 : Budget du PNAR de 2009 à 2011 (en millions de francs CFA).....	63
Tableau 3 : Evolution des superficies aménagées, cultivées en riz et de la production de riz dans la VFS.....	63
Tableau 4 : Evolution du taux de mise en valeur de 1991 à 2011 .....	79
Tableau 5 : Caractérisation spatiale et socio-économique des riziculteurs .....	116
Tableau 6 : Description de certaines variables liées à la production.....	117
Tableau 7 : Système de propriété des parcelles détenues par les riziculteurs .....	118
Tableau 8 : Analyse de la variance .....	119
Tableau 9 : Typologie des riziculteurs.....	120
Tableau 10 : Tests d'hypothèses.....	122
Tableau 11 : Résultats de l'estimation de la fonction de production stochastique .....	123
Tableau 12 : Elasticités des facteurs de production .....	124
Tableau 13 : Distribution des niveaux d'efficacité dans la population .....	124
Tableau 14 : Résultats de l'estimation de la fonction d'inefficacité technique .....	125
Tableau 15 : Comparaison du niveau d'efficacité technique au sein de certains groupes socio – économiques .....	126
Tableau 16 : Variables impactant l'inefficacité selon le lieu de résidence .....	131
Tableau 17 : Variables impactant l'inefficacité selon l'instruction .....	132
Tableau 18 : Variables impactant l'inefficacité selon l'ethnie.....	132
Tableau 19 : Variables impactant l'inefficacité par type de producteur .....	133
Tableau 20 : Comparaison de variables quantitatives entre les deux groupes.....	157
Tableau 21 : Comparaison spatiale et socio-économique entre les deux groupes.....	158
Tableau 22 : Estimation des déterminants du traitement .....	160
Tableau 23 : Estimation des déterminants de l'efficacité technique .....	162
Tableau 24 : Estimation des effets moyens du traitement sur l'efficacité technique.....	163
Tableau 25 : Comparaison des effets moyens du traitement sur l'efficacité technique entre hommes et femmes.....	164
Tableau 26 : Estimation des effets moyens du traitement sur l'efficacité technique au sein des différentes classes de producteurs .....	165
Tableau 27 : Estimation des déterminants du rendement rizicole .....	167
Tableau 28 : Estimation des effets moyens du traitement sur le rendement rizicole.....	168

<b>Tableau 29 : Comparaison des effets moyens du traitement sur le rendement rizicole entre hommes et femmes.....</b>	<b>169</b>
<b>Tableau 30 : Comparaison des effets moyens du traitement sur le rendement rizicole au sein des différentes classes de riziculteurs.....</b>	<b>170</b>

## Résumé

Le Sénégal constitue l'un des plus grands pays consommateurs de riz de l'Afrique de l'Ouest. Ce riz consommé provient en majorité de l'Extérieur. En effet la production nationale ne couvre que deux à trois mois de consommation dans l'année. L'Etat, pour pallier ce déficit, a consenti à beaucoup d'efforts au niveau de la vallée du fleuve Sénégal surtout en termes d'aménagements dans le but d'augmenter les moyens de production des riziculteurs afin que la production puisse s'accroître. L'objectif de ce travail est de voir quel est l'effet du fait de cultiver sur un périmètre aménagé par l'Etat sur l'efficacité technique de production et sur le rendement des riziculteurs de la zone précitée. Au préalable, l'estimation de la fonction de production stochastique a permis de trouver que les scores d'efficacité technique des riziculteurs de l'échantillon sont compris entre 14 et 100 % avec une efficacité technique moyenne de 70 %. L'analyse des déterminants de cette efficacité a montré que la localité (département du producteur), le genre, la taille du ménage, le niveau d'instruction, l'ethnie, la distance entre la parcelle et la maison, le nombre de parcelles détenues par le producteur impactent significativement son efficacité. S'agissant de l'objectif poursuivi, il a été découvert que cultiver dans un aménagement de l'Etat, qu'il soit un GA, AI ou PIV, a un effet moyen de 4,91 % sur l'efficacité technique et de 422 kg par hectare sur le rendement de ceux qui s'activent dans ces périmètres. L'analyse des déterminants de l'efficacité technique à partir de l'estimation d'une fonction exponentielle par la méthode des moindres carrés non linéaires a permis de déceler qu'en plus du traitement pris à part, l'effet combiné entre celui-ci et la distance entre la maison et la parcelle et celui entre le traitement et les niveaux d'éducation considérés agissent positivement sur l'efficacité technique alors que celui combiné de la taille du ménage et du genre du chef de ménage contribuent à la réduction de l'efficacité technique. Pour ce qui est du rendement, il a été aussi découvert que le statut d'aménagement, l'effet combiné entre la variable de traitement et la distance entre la maison et la parcelle, et celui entre le traitement et les niveaux d'instruction exercent un effet positif sur le rendement.

**Mots clés : efficacité technique, rendement rizicole, aménagements hydro – agricoles, vallée du fleuve Sénégal.**

## Abstract

Senegal, one of the biggest consumers of rice in West Africa, imports a large portion of its rice. The domestic production of rice can satisfy approximately two or three months of consumption per year. In order to solve this deficit, the Government has expended efforts in the Senegal River valley especially in providing settlements to increase the production means of the rice producers so as to enhance the production volume. This thesis aims at checking out what is the contribution of cultivating in a public settlement on the rice farmers' technical efficiency and on their rice yield in the Senegal River valley. Firstly, by a frontier production function estimation, it's found out that the technical efficiency of the sample ranges from 14 to 100 % with an average of 70 %. The efficiency determinants analysis shows that the location (department of the producer), the gender, the household size, the education level, the ethnicity, the distance between the plot and the house, the number of plots owned by the producer are statistically significant. The main focus of this gives evidence that farming in a public settlement provides an average effect of 4.91 % on the technical efficiency and 422 kg per hectare on the rice yield of those operating in these perimeters. The technical efficiency determinants analysis from an exponential function estimation, using a nonlinear least squares method, reveals that, besides the treatment taken apart, the combined effects between this one and the distance from the house to the plot, the education's level, the household size, the gender are statistically significant on efficiency. Regarding the rice yield, except the gender and the household size which are ruled out from this estimation, all the variables cited earlier records significant coefficients.

**Key words:** technical efficiency, rice yield, hydro – agricultural settlements, Senegal River valley

# **Impact des aménagements hydro – agricoles publics sur l'efficacité technique de production et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal**

## **Introduction générale**

*Que Dieu me préserve d'un jour qui passe sans que je puisse augmenter en connaissance.*

*Mouhamad ibn Abdalah (PSL)*

## **1. Contexte et problématique**

### **1.1 L'agriculture au Sénégal**

Le Sénégal, à l'instar de nombreux pays africains est un pays à vocation agricole. Le secteur primaire occupe près de 70 % de la population active et contribue à hauteur de 17 % au PIB (LADA – Sénégal, 2007). Cependant, l'agriculture au sens strict du terme, ne permet pas de prendre en charge l'ensemble des besoins alimentaires de la population. La consommation nationale est fortement dépendante de l'extérieur. Les importations de produits alimentaires surtout céréaliers occupent la plus grande part des achats internationaux du pays (respectivement 21,45 % et 10,88 % du total des importations en valeur de 2009, (ANSD, 2009)). A cela s'ajoute une population qui est en hausse continue. De 1960 à 2002, le taux d'accroissement naturel de la population a fluctué entre 2,3 et 2,7 %. Cette tendance correspond à un doublement de la population tous les 25 ans (ANSD, 2009). Ce qui contribue à l'accroissement de la demande concernant les biens alimentaires notamment céréaliers. La production toutes céréales confondues durant ces dernières années a évolué en dents de scie. Cette offre de céréales s'avère insuffisante face à une demande qui est en perpétuelle croissance. L'écart entre l'offre et la demande est comblé par les importations et les aides alimentaires.

Au Sénégal, les producteurs cultivent majoritairement durant la saison hivernale. Ce sont généralement de petites exploitations familiales qui interviennent dans des terres héritées de leurs aïeux et pratiquent des systèmes d'assolement traditionnels. C'est ainsi que beaucoup d'entre eux allient les cultures de rente telles que l'arachide et le coton et les cultures de subsistance comme le mil, le sorgho et le maïs. Un élevage de type extensif accompagne cette agriculture mais dans une moindre mesure. La configuration du pays traduit une certaine spécialisation des zones agro écologiques du pays. En effet, au Nord, c'est l'agriculture irriguée mécanisée qui domine. Le Nord-Est, hormis le fleuve, est à vocation pastorale. La zone des Niayes est réputée pour l'horticulture, l'élevage intensif et l'aviculture. Le Bassin Arachidier constitue la principale zone de production de céréales locales et d'arachide. La Casamance, grâce à ses potentialités pluviométriques, est une région propice à la culture du riz de mangrove, à la culture de l'arachide, aux céréales pluviales (maïs, mil) et à l'horticulture (surtout les fruits). Malgré cette grande intensité des populations dans l'agriculture, seuls 19 % de la superficie du pays sont constitués de terres arables, soit 3,8 millions d'hectares. Ces terres sont inégalement réparties dans les zones agro écologiques : 57 % dans le Bassin Arachidier, 20 % en Casamance, 10 % au Sénégal Oriental, 8 % au fleuve Sénégal, 4 % dans la zone sylvo – pastorale et 1 % dans les Niayes. Annuellement les mises en valeur agricoles ne portent que sur 65 % de ces terres. La dépendance vis-à-vis de la pluviométrie fait que l'activité agricole est exposée aux aléas climatiques. Seulement 2 % des superficies cultivées sont mises en valeur grâce à l'irrigation (Faye et al, 2007).

L'intervention publique dans l'agriculture a revêtu plusieurs formes depuis l'accession du pays à l'indépendance. Selon Dieng et Gueye (2005), plusieurs programmes et politiques ont été mises en place depuis cette période : le Programme agricole (1960 – 1980), le Programme de Redressement Economique et Financier (PREF) (1981 – 1984), la Nouvelle Politique Agricole (NPA) (1984 – 1994) et les Programmes, Lettres et Déclaration de Politique de Développement Agricole (1995 – 2000), les politiques agricoles libérales (2000 – 2012). Le Programme Agricole s'inscrit dans le cadre d'une volonté de promotion des exportations et du souci de perpétuer la vision de spécialisation héritée de la colonisation. L'arachide a été la spéculation qui a reçu plus d'attention de la part de l'autorité publique. Le PREF constitue l'une des premières étapes de l'ajustement structurel initié par le FMI et la Banque Mondiale. Ceux-ci ont jugé les résultats obtenus dans l'agriculture insuffisants compte tenu des moyens consentis. De nouvelles mesures s'imposaient. La NPA s'est inscrite dans la lignée des mesures prises dans le cadre de l'ajustement structurel. L'objectif visé était de relancer la

production agricole en impliquant davantage les autres acteurs mais aussi en réduisant au mieux le rôle de l'Etat. Dans le contexte d'après – dévaluation du franc CFA, le désengagement de l'Etat devient total avec la mise en place du Programme d'Ajustement du Secteur Agricole (PASA) dans un souci de libéralisation et de recherche de compétitivité du secteur agricole. Avec l'alternance politique intervenue en 2000, des programmes spécifiques ont été initiés tels que le programme maïs en 2005 dont l'objectif était l'atteinte d'une production d'un million de tonnes. Afin de stopper l'exode rural et l'émigration clandestine, les autorités publiques ont initié en 2006 un plan dénommé Retour Vers l'Agriculture (REVA). Son objectif fut de développer les infrastructures agricoles (la construction de routes en zone rurale, la réhabilitation de puits et l'électrification rurale) et d'apporter de la formation et des moyens de production convenables aux jeunes producteurs et aux femmes (priorité faite aux anciens émigrés clandestins). Le plan projetait de créer 550 sites de production (Ndiaye, 2007). D'autres plans et programmes tels que la Grande Offensive pour la Nourriture et l'Abondance (GOANA) ont été conçus afin de redynamiser la production agricole et de faire face à la crise alimentaire de 2008. Avec le changement de régime politique en 2012, les gouvernants tentent d'insuffler une nouvelle dynamique en instaurant le Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS)<sup>1</sup>.

Les mauvais résultats enregistrés au niveau de la production agricole sont liés en partie à un contexte international défavorable avec la détérioration des termes de l'échange, une agriculture fortement dépendante de la pluviométrie qui est irrégulière et une dégradation des ressources productives. Le désengagement de l'Etat durant les années 1980 a engendré une certaine déstructuration de la filière des intrants dans le domaine de la commercialisation et de la distribution. A cela s'ajoute une dualité frappante entre d'une part, les petites exploitations familiales qui sont à faibles moyens techniques et financiers, constituant plus de 95 % de la population des agriculteurs (Faye et al, 2007) ; et d'autre part, de grands entrepreneurs industriels, issus des familles religieuses et traditionnelles, dotés de moyens conséquents et dont l'activité est tournée vers l'exportation.

---

<sup>1</sup> Une autre signification a été trouvée au niveau des notes conceptuelles émises par le Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural. Dans ces documents, PRACAS signifie Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise. Pour d'amples développements concernant ce programme, consulter la section 2.5 du chapitre II.

## 1.2 La production rizicole au Sénégal

Le riz occupe la plus grande part dans les achats de produits céréaliers du Sénégal. Son poids en termes de volume de consommation céréalière est de 54 % en milieu urbain, 24 % en milieu rural et 34 % au plan national (Kelly et al. 1993 dans Fall, 2010). A nos jours, le pourcentage à l'échelle nationale dépasse 50 % (Gergely et Baris, 2009). En outre, selon l'ISE/PNUE, la consommation moyenne par tête en riz entre 1995 et 2003 au niveau national a été estimée à 74 kg/an, avec une hausse annuelle de 1,56 kg durant cet intervalle de temps (ISRA/DAPS/Centre du Riz pour l'Afrique, 2010). La consommation sénégalaise de riz a progressé régulièrement au rythme de 3,5 % par an entre 1990 et 2008 à cause 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). La valeur de ces achats représente environ 16 % du déficit de la balance commerciale. Du fait de la forte demande, la production nationale ne peut couvrir que deux à trois mois de consommation. Il se pose aussi un problème de préférence et d'habitude de consommation à l'endroit du riz importé. Pourtant, le riz n'a pas toujours été la spéculation la plus importante au Sénégal. Au contraire, durant la période coloniale, il était principalement cultivé en Basse Casamance et servait à payer l'impôt, participant ainsi à l'effort de guerre (Ministère de l'Agriculture, 2009). Plus tard, il est devenu dans certains milieux Diola un des critères de richesse. Le mil était l'aliment de base en dehors du Sud du pays. Par la suite, la forte et rapide urbanisation et la stagnation de la production de mil dominée par celle de l'arachide, ont fait que progressivement, le riz importé s'est substitué au mil (ou alors est devenu fortement majoritaire) dans la ration alimentaire des populations sénégalaises (Diop, 2008). La filière arachidière s'est développée de façon soutenue du fait de l'existence de débouchés et d'infrastructures appropriées. La politique qui en a découlé a été la suivante : « Importer du riz pour consommer et produire de l'arachide pour gagner des devises ». Or cette option s'est avérée non viable. En effet, avec les chocs intervenus durant les années 1970 notamment la sécheresse, la crise pétrolière de 1979 et la détérioration des termes de l'échange, l'arachide peine à être vendue au niveau mondial et les prix des produits importés grimpent sur le marché international. Les devises (issues des exportations) qui devaient permettre la prise en charge des importations, notamment de riz, commencent à faire défaut. Ceci a poussé les autorités étatiques à reconsidérer la filière rizicole et à lui porter un regard plus attentionné,

car convaincues que l'autosuffisance alimentaire et/ou la sécurité alimentaire<sup>2</sup> du pays dépendront de l'extension et de l'intensification de l'agriculture irriguée (Kanté, 1993). La vallée du fleuve Sénégal a été le domaine de prédilection de cette nouvelle orientation concernant la filière rizicole. Ce choix se justifie car cette zone présente de fortes disponibilités physiques<sup>3</sup>, économiques et sociales ; elle comptabilise 65 % de la production nationale de riz sur 34 % des terres cultivées (PINORD, 2007). En plus de ces considérations précitées, cette volonté de l'Etat était sous-tendue par un souci de limiter la marginalisation de cette partie septentrionale du pays afin de mieux l'intégrer dans la politique nationale de développement qui privilégiait le bassin arachidier et les régions côtières du centre – ouest du pays ; ces privilèges étant issus de l'esclavage et de la colonisation. Beaucoup d'initiatives ont été prises par le Gouvernement sénégalais depuis les indépendances afin de renverser cette tendance. Les investissements consentis par l'Etat dans la vallée du fleuve Sénégal par l'intermédiaire de la SAED ont été principalement l'installation d'aménagements hydro agricoles, la fourniture de matériels, l'encadrement des producteurs, etc. Les investissements publics initiaux au niveau de la zone consistaient en la création de périmètres sur fonds publics pour promouvoir l'irrigation et la production rizicole. Ces périmètres sont qualifiés de Grands Aménagements (plus de 1000 ha) ou d'Aménagements Intermédiaires (entre 100 et 1000 ha) suivant leur taille. La SAED, en plus de la charge de la gestion de ces périmètres, avait aussi une politique de suivi de la production et de la commercialisation du riz (Fall, 2010). A partir des années 1980, compte tenu des chocs évoqués précédemment, ce terroir connut un regain d'intérêt de la part des autorités étatiques. C'est ainsi que d'énormes investissements ont été consentis dans la filière rizicole afin d'augmenter sa production dans le but d'instaurer une sécurité alimentaire et de résorber le déficit criard de la balance commerciale. Cependant, malgré les énormes efforts publics consentis, les résultats n'ont pas répondu aux attentes. Le poids de la dette due aux subventions a fait que le Sénégal a été contraint par le FMI et la Banque Mondiale à revoir sa politique agricole. Avec l'instauration du Plan d'Ajustement structurel et de la Nouvelle Politique Agricole en 1984, l'Etat commence à se désengager progressivement de la production et de la commercialisation du riz tout en conservant ses efforts en matière d'aménagements. Malgré le fait que la libéralisation

---

<sup>2</sup> La sécurité alimentaire peut être définie comme étant l'accès de tous et à tout moment, à une alimentation saine et suffisante pour mener une vie saine (Fall et Dieye, 2008). La souveraineté alimentaire désigne le droit des peuples de définir leurs propres politiques en matière d'alimentation et d'agriculture, de protéger et de réglementer la production et le commerce agricole intérieur afin de réaliser leurs objectifs de développement durable, de déterminer dans quelle mesure ils veulent être autonomes et de limiter le dumping des produits sur leurs marchés (Blein, Jedy, 2007 dans Grenade, 2010)

<sup>3</sup> Pour plus de détails sur le choix de la vallée du fait de ses avantages physiques, voir l'étude de la SAED de 1996.

de la production et de la commercialisation soit intervenue en 1996, les effets néfastes de la dévaluation du franc CFA de 1994 ont conduit l'Etat à prendre certaines mesures en 1997. Il s'est agi entre autres de l'initiation d'un programme national de relance basé sur la détaxe du matériel agricole, la baisse du taux d'intérêt du crédit agricole de 12,5 % à 7,5 %, la mise en place d'un moratoire de cinq ans sur les arriérés de paiement des dettes, l'émergence de nouvelles productions de diversification. Ces mesures ont conduit aux effets suivants : le relèvement des superficies cultivées, l'augmentation des productions et des rendements du riz de 3,5 tonnes par hectare en 1992 à 5,5 tonnes par hectare en 1999 (Fall, 2008). La hausse des cours mondiaux de 2007 a suscité une nouvelle relance de la part de l'Etat en matière d'investissements publics sous forme d'appui à la riziculture irriguée et au commerce du riz local (GOANA, PNAR...). L'intensification du système de production de la vallée a permis l'extension des terres cultivables, impossible en zone pluviale. Ainsi, en 2008, 55 000 ha ont été mis en valeur dans cette zone sur les 240 000 ha propices à la riziculture (Ministère de l'Agriculture, 2009). Le Gouvernement du Sénégal, via le Programme National d'Autosuffisance en Riz, a entamé depuis 2008 jusqu'à 2012 des travaux dans les zones irriguées. Ces travaux entrent dans le cadre de l'obtention d'une production d'un million de tonnes de riz blanc. Durant ces cinq années, des opérations d'aménagement et de réhabilitation seront effectuées concernant une superficie de 105 720 ha, pour un coût de 214 022 millions de francs CFA (Ministère de l'Agriculture, 2009). Cette production est censée être supportée par les zones irriguées à hauteur de 70 % et par les zones pluviales pour 30 %. Avec la nouvelle alternance de 2012, la même démarche est conservée concernant le PNAR. Cependant les objectifs quantitatifs ont été modifiés. Il est question de produire, à l'horizon 2017, 1 600 000 tonnes de paddy équivalant à 1 060 000 tonnes de riz blanc. Les contributions des zones irriguées et pluviales seront respectivement de 60 et 40 %.

Malgré le fait que la filière rizicole soit parmi les plus modernes de l'agriculture du pays, le niveau d'équipement des exploitations agricoles reste faible. Cet état de fait peut s'expliquer par la faiblesse des moyens financiers et l'accès difficile au crédit des exploitants.

La culture du riz se fait principalement dans deux zones : en zone pluviale (au Sud-Ouest du Bassin Arachidier, dans le Sénégal Oriental et en Casamance Naturelle) (ISRA/DAPS/Centre du Riz pour l'Afrique, 2010) et en zone irriguée (dans la vallée du fleuve Sénégal et dans le bassin de l'Anambé).

Le riz pluvial est généralement destiné à l'autoconsommation des ménages. Sa culture est restée traditionnelle avec du matériel agricole très rudimentaire. Elle présente d'énormes contraintes surtout en Casamance Naturelle avec le niveau élevé de salinisation des sols qui empêche l'extension des surfaces cultivables. Raison pour laquelle l'Etat et les institutions financières s'impliquent moins dans le financement de la production (Diop, 2008).

La riziculture irriguée a été introduite dans la vallée durant les années 1930. Elle est beaucoup plus intensive en matériels et techniques agricoles ; au niveau de cette localité, sa fonction première est le remboursement des dettes contractées par les producteurs dans le cadre de sa production et celle d'autres spéculations telles que la tomate et l'oignon ; ensuite le reste est autoconsommé. Une possibilité de vente du reliquat s'offre à ceux qui ont satisfait aux deux premières affectations (le remboursement et les besoins de consommation du ménage)

En sus de ces initiatives nationales, d'autres ont été entreprises à l'échelle sous régionale. Il s'agit entre autres du Programme Détaillé pour le Développement de l'Agriculture en Afrique (PDDAA), qui représente le volet agricole du NEPAD, et la Politique Agricole Commune de la CEDEAO (ECOWAP). Le Sénégal a élaboré son Plan National d'Investissement Agricole (PNIA) afin de traduire en actions d'une part, les options auxquelles il a souscrit dans le cadre de l'ECOWAP et du PDDAA, et, d'autre part, les orientations retenues dans ses documents de politique et de stratégie en cours, et en perspective, pour l'agriculture (République du Sénégal, 2010). Ce plan s'étalera de 2011 à 2015. Il prend en charge des activités concernant la filière riz notamment un projet d'appui aux femmes productrices de riz en Casamance continentale pour un coût de 1 836 525 000 francs CFA, la relance de la riziculture des régions de Tambacounda et de Kédougou d'un montant de 4 305 360 000 francs CFA, le développement de la filière riz, estimé à 19 250 000 000 francs CFA, etc. La mise en place du PNIA permettra, selon ses concepteurs, le passage des rendements de 3,23 tonnes à l'ha en 2010 à 6,68 tonnes à l'ha en 2020, la production passera de 622 000 tonnes à 2 138 000 tonnes.

La Coalition pour le Développement de la Riziculture en Afrique (CARD), initiative lancée par le Japon lors de la TICAD IV (Conférence Internationale de Tokyo pour le Développement de l'Afrique), a pour objectif principal de doubler la production de riz de 23 pays de l'Afrique Subsaharienne dont le Sénégal. Cette production devrait passer de 14 millions de tonnes en 2008 à 28 millions de tonnes en 2014. Ainsi 16 priorités ont été mises en avant dont sept sont classées de super priorités en l'occurrence : le développement de la mécanisation, la promotion de la riziculture pluviale, le renforcement pour l'entretien et la

gestion des équipements agricoles, la promotion du riz local, le développement des aménagements hydro agricoles en zone irriguée, l'amélioration de la fertilisation des systèmes de production rizicole, le développement d'un système de crédit à moyen et long terme. Il est à remarquer que ce projet semble prendre en compte l'ensemble des maux qui ont été soulevés ci-dessus dont souffre la riziculture sénégalaise.

Compte tenu de tous ces investissements consentis par l'Etat dans le secteur agricole en général et dans la filière rizicole en particulier, il s'avère nécessaire de se demander à quelle hauteur ces actions de l'Etat en termes d'aménagements hydro agricoles au niveau de la vallée du fleuve Sénégal contribuent-elles dans l'efficacité technique et le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal.

## **2. Objectifs de la recherche**

L'objectif principal de cette thèse est d'évaluer l'effet des aménagements hydro agricoles publics sur l'efficacité technique de production ainsi que sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal. En d'autres termes, ce travail de recherche veut déterminer la contribution en moyenne (en termes de pourcentage pour l'efficacité et en tonnes par hectare pour le rendement) du fait de cultiver dans un périmètre public sur l'efficacité technique et sur le rendement des riziculteurs de la vallée lorsque les autres paramètres sont contrôlés. En effet, la vallée du fleuve Sénégal a été l'objet de beaucoup d'attention tant au niveau privé que public. L'Etat, y a consenti beaucoup d'efforts sur le plan financier, physique et humain. La finalité, surtout en matière de riz, est d'augmenter le niveau de production afin d'accéder à une sécurité alimentaire, voire à une souveraineté alimentaire. Pour augmenter la production, les politiques mises en place tentent d'accroître les rendements et/ou les superficies cultivées. Cependant ce qui nous semble être négligé par les autorités c'est de savoir si les concernés au premier chef, à savoir les producteurs, peuvent mieux faire. Autrement dit, quel est leur niveau potentiel technique de production ? La réponse à cette question préliminaire permettra de mieux traiter la question principale, qui est de savoir quel est l'effet des aménagements hydro agricoles publics sur l'efficacité technique et le rendement des riziculteurs de la vallée. Peu de chercheurs se sont penchés sur cette problématique pour ce qui concerne la vallée. Fall (2008) d'abord, puis Diagne et al (2013) s'y sont attelés mais ont utilisé des méthodes différentes de celle envisagée ici. Il ne suffit pas de doubler les facteurs de production des agents pour voir automatiquement leur production augmenter dans la même proportion. La littérature économique fait état de rendements d'échelle croissants, décroissants ou constants.

Qu'en est-il exactement pour les rendements d'échelle des producteurs de riz de la vallée ? En outre, la plupart des travaux qui ont concerné la filière riz comme ceux de Perrin (2003), Fall (2008) et Gergely et Baris (2009) ont tourné autour de la compétitivité du riz local, des difficultés que rencontrent les producteurs en matière de financement, les transformateurs et les commerçants et dans une certaine mesure les préférences des consommateurs. Des structures de recherches telles que l'ISRA et le Centre du Riz pour l'Afrique procèdent à des évaluations d'impact mais concernant généralement l'adoption de nouvelles variétés par les producteurs. Dumont et Mesple-Somps (2000) ont tenté de déterminer l'impact des infrastructures publiques sur la compétitivité et la croissance au Sénégal. Cependant ils ont fait une analyse en équilibre général calculable. Cabral et al (2009) ont essayé de voir dans quelle mesure il était possible d'atteindre les objectifs fixés dans le cadre du Programme Détaillé pour le Développement de l'Agriculture en Afrique (PDDAA) afin de réduire la pauvreté au Sénégal. Trois types de simulations en matière d'investissements ont été opérés pour déterminer leur effet sur la diminution de la pauvreté d'ici 2007. La méthode utilisée (équilibre général calculable dynamique) se rapproche de celle de Dumont et Mesple-Somps mais celle de Cabral et al prend en compte l'hétérogénéité des ménages et la dimension temporelle. Jusqu'à présent, des études sur le plan micro économique, qui répondent aux méthodes d'évaluation d'impact récentes des aménagements publics consentis dans la vallée semblent faire défaut. Cette thèse souhaite contribuer à combler cette lacune de la littérature dans ce domaine. Une revue de la littérature indique la faiblesse des travaux sur les effets de l'investissement public sur l'activité de production des riziculteurs. Or cette question nous semble importante pour un Etat qui se soucie de l'efficacité de ses investissements.

Par ailleurs l'effet de l'intervention de l'Etat dans l'économie en général et dans l'agriculture en particulier a fait l'objet de nombreuses controverses. Certains penseurs sont convaincus que l'investissement public exerce un impact significatif et positif sur l'output, la productivité et l'efficacité technique (Aschauer, 1989 ; Fan et Rao, 2003) alors que d'autres affirment le contraire (Easterly et Rebelo, 1993 ; Alene et Hassan, 2003). Il s'agira de voir ce qu'il en est exactement pour le cas de l'investissement public agricole sénégalais dans la vallée au niveau de la filière rizicole.

Toutefois, afin de mieux étayer l'analyse, des objectifs spécifiques peuvent être déclinés et qui vont concourir à l'atteinte de l'objectif principal. Il s'agit de :

- Estimer les niveaux d'efficacité technique de certains riziculteurs de la vallée ;

- Analyser les facteurs déterminants de cette efficacité.

### **3. Hypothèses de la recherche**

Compte tenu de l'intervention soutenue de l'autorité publique dans la zone cible durant plusieurs décennies et des disponibilités naturelles qu'elle renferme, il est permis d'avancer les hypothèses suivantes :

- Une efficacité technique moyenne élevée est obtenue dans la vallée ;
- L'action de l'Etat a un effet positif et significatif sur l'efficacité technique et sur le rendement ;
- L'encadrement et la formation des structures d'encadrement et de recherches sont déterminants dans l'explication de l'efficacité technique et de l'impact de l'action publique.

### **4. Plan de travail**

Afin de prendre en charge l'ensemble des préoccupations soulevées dans la problématique, ce travail s'articule autour de quatre chapitres :

Le premier chapitre étudie le lien existant entre d'une part, les investissements publics et d'autre part, l'efficacité technique et la productivité au travers d'une revue de la littérature.

Le deuxième chapitre décrit les différentes mesures publiques les plus importantes depuis les indépendances au niveau de la production rizicole dans la vallée ; il retrace également la typologie et l'historique des aménagements de la zone.

Le troisième chapitre présente les résultats obtenus à l'issue de l'estimation des scores d'efficacité technique et fait une analyse des déterminants de l'inefficacité technique. Il fait aussi une description des données utilisées pour le travail empirique ainsi que la méthode d'échantillonnage et de collecte de ces données.

Le quatrième chapitre fait état des résultats de l'évaluation de l'impact des aménagements publics sur l'efficacité technique et sur le rendement. Il permet aussi de mettre en exergue les facteurs qui déterminent l'impact des aménagements sur les variables endogènes considérées. Il dégage enfin des conclusions et des implications de politique économique compte tenu des résultats obtenus.

# Chapitre I : Investissements publics, production, productivité et efficacité technique : une revue de la littérature

*Besides being used to improve technology, human capital and infrastructure development necessary for growth, public expenditure also aims at providing the incentives and enabling environment to promote private sector investments to promote further growth.*

S. Benin, T. Mogue, G. Cudjoe and J. Randriamamonjy, Public Expenditures and Agricultural Productivity Growth in Ghana, p. 2, 2009.

## 1. Introduction

L'intervention des pouvoirs publics dans la sphère économique a beaucoup alimenté les débats depuis l'émergence de l'économie moderne. Deux courants de pensée ont eu des idées divergentes voire antagonistes sur l'immixtion de l'Etat dans l'activité économique. Les économistes classiques réfutent toute intervention de l'autorité gouvernementale en soutenant que celle-ci ne devrait s'occuper que de ses fonctions régaliennes. Ils considèrent notamment que la puissance publique n'a ni la légitimité, ni l'information nécessaire pour prétendre savoir mieux que les consommateurs ce qu'ils peuvent ou doivent consommer ou pour prétendre savoir mieux que les producteurs ce qu'ils peuvent ou doivent produire. Les néoclassiques ont abondé dans le même sens que leurs prédécesseurs. Ils ont en outre prôné une action de l'Etat en cas d'imperfection des marchés ou de mauvaise distribution des richesses.

La crise économique de 1930 a engendré une autre pensée économique. Cette dernière, d'inspiration keynésienne, était convaincue que seul l'Etat était capable de relancer l'activité économique en stagnation. L'après - second conflit armé du XX<sup>e</sup> siècle est un des cas pratiques de cette théorie. Le gouvernement des Etats Unis, pays libéral par excellence, a dû mettre en place une politique de relance pour sortir de la crise de cette période et par la suite pour reconstruire l'Europe et le Japon au terme du second conflit mondial. Par ailleurs, il fallait mettre en place une sorte d'Etat – Providence qui puisse subvenir aux besoins des

populations. En d'autres termes, l'Etat ne devrait pas simplement se limiter à un rôle d'arbitre mais intervenir en tant qu'acteur dans la sphère économique.

Les investissements publics sont constitués d'une part des dépenses publiques dites de consommation collective, investissements considérés comme « non productifs » et en tout cas comme relevant d'une production « non marchande » (réseau routier, justice, police, éclairage public, enseignement public et recherche, défense nationale, etc.), et d'autre part par la subvention d'une partie de l'accumulation du capital technique des entreprises, qu'elles soient publiques ou privées. Selon Veganzones (2000), Hirschman (1958) a défini les investissements publics comme les biens et les services qui rendent possible l'activité économique. Cette définition, particulièrement large, a été reprise par Hansen (1965) qui fut l'un des premiers à proposer une classification précise. Il distingua les investissements en infrastructures sociales, dont la fonction est d'entretenir et de développer le capital humain (comme l'éducation, les services sociaux et de santé) des investissements en infrastructures économiques, dont la caractéristique est de participer au processus productif. L'investissement public renferme ce qui est convenu d'appeler en comptabilité nationale la Formation Brute de Capital Fixe (FBCF) réalisée par les administrations publiques. Il s'effectue à long terme et son rendement paraît généralement difficile à identifier. Cette identification est encore plus ardue dans le cas de l'investissement en capital humain.

Force est de constater que les Etats dans tous les pays du monde ne se sont pas simplement limités à garantir la sécurité de leurs citoyens comme l'ont suggéré les auteurs classiques, mais ont mis en place des programmes de développement en termes de dépenses et d'investissements dans plusieurs secteurs afin d'améliorer les conditions de vie de leurs populations. Même dans les pays qui se réclamaient libéraux par excellence (Etas – Unis, France, Grande Bretagne, etc.), il est arrivé à un moment donné où l'Etat a été obligé d'agir pour relancer l'économie. Selon la théorie de l'économie publique, seul le secteur public est en mesure de fournir les biens publics de manière efficiente (et en quantité adéquate) car le marché les approvisionne toujours en deçà de l'offre requise. Lorsque ces biens sont offerts au coût optimal, ils vont générer des rendements plus élevés que les investissements dans les inputs privés parce qu'ils vont créer des externalités positives au sein de l'économie dans son ensemble. En effet, les Gouvernements ont la possibilité de collecter les contributions individuelles pour fournir les biens publics, faciliter l'accès au financement et peuvent gérer les risques plus que ne le peuvent les paysans.

L'objectif de ce travail n'est pas de revenir sur l'opposition d'ordre théorique entre les penseurs d'obédience classique et ceux à orientation keynésienne mais surtout de procéder à une revue de la littérature empirique de l'impact que les investissements publics et les dépenses gouvernementales exercent sur le niveau de la production, sur la croissance de la productivité et sur l'efficacité technique. Cette dite efficacité, pour un individu statistique donné, constitue sa capacité à produire le maximum d'output possible compte tenu d'un niveau d'intrants donné. Une unité de production est dite efficace si, à partir du panier d'intrants qu'elle détient, elle produit le maximum d'extrants possible ou si, pour produire une quantité donnée d'extrant, elle utilise les plus petites quantités possibles d'intrants. (Atkinson et Cornwell, 1994 dans Amara et Romain, 2000). Ainsi, cette revue de la littérature s'articulera autour des trois points suivants :

- D'abord il s'agira d'analyser l'effet des investissements publics à l'échelle macroéconomique ;
- Ensuite la revue portera sur l'effet des investissements publics dans l'agriculture, plus particulièrement sur la filière riz ;
- Enfin des enseignements seront tirés à propos du rôle de l'action de l'Etat sur la productivité et l'efficacité technique.

## **2. Effets des investissements publics à l'échelle macroéconomique**

Les théoriciens de la croissance endogène ont été les principaux instigateurs de la relation de long terme entre l'investissement public et la production. Cette théorie est construite autour de l'idée selon laquelle les rendements ne sont pas décroissants lorsque tous les facteurs qui peuvent être accumulés sont pris en compte. Elle se distingue des théories antérieures de la croissance économique parce qu'elle apporte de manière formelle trois nouveautés dans l'analyse : la prise en compte explicite des externalités avec l'hypothèse des rendements d'échelle croissants, la justification de l'efficacité des politiques d'intervention publique et une atténuation sensible de l'opposition entre la nouvelle économie keynésienne et la nouvelle économie classique. Contrairement à Solow, dans la théorie de la croissance endogène, la productivité marginale devient constante, ce qui conduit à des rendements d'échelle croissants. Romer (1986) démontre l'inégalité entre le rendement marginal privé et le rendement marginal social du capital du fait de la prise en compte des externalités. Ce qui

mène à une non coïncidence entre l'optimalité et l'équilibre. Il suggère ainsi une politique de subvention si l'externalité est interprétée comme un savoir induit ou à une aide de l'Etat afin de pallier les défauts de coordination si l'externalité résulte d'une incomplétude des marchés. Selon certains analystes, l'investissement public notamment les infrastructures augmente la productivité des agents privés c'est-à-dire améliore le rendement de leurs investissements. Barro (1990) a montré que le capital public et les dépenses consenties pour son financement permettent de lutter contre la décroissance de la productivité marginale du capital. D'après cet auteur, la littérature concernant la théorie de la croissance endogène peut se subdiviser en deux parties : une partie concernant les modèles où les rendements privés et sociaux de l'investissement divergent de telle sorte que les choix décentralisés conduisent à des taux d'épargne et de croissance sous optimaux ; une autre partie impliquant les modèles sans externalités dans lesquels les choix d'épargne et de croissance déterminés de manière privée sont optimaux au sens de Pareto. Barro a tenté de concilier ces deux approches en incorporant le secteur public dans un modèle de croissance économique simple à rendements constants. La formulation proposée est la suivante (Hénin et Ralle, 1993) :

$$Q = K^a D^{1-a}$$

Avec Q = la production, K = le capital privé et D = la dépense publique.

Il soutient que les dépenses gouvernementales constituent elles aussi, à l'instar du travail et du capital, un facteur de production. Prises de la sorte, les infrastructures publiques jouent le rôle d'externalité. Ce qui est très compréhensible car un réseau de communication performant permettrait ne serait-ce que de gagner du temps et participe à la préservation du matériel de production. Ainsi, il semble établi que le capital physique privé a des effets externes positifs et que le capital public d'infrastructures améliore la productivité du secteur privé (Romer et Barro). Cependant la théorie de la croissance endogène a essuyé des critiques. La justification empirique des modèles théoriques proposés par ses théoriciens fait défaut. Malinvaud estime que la croissance économique était déjà endogène avec Harrod. Elle n'est devenue exogène qu'avec Solow qui a fait aussi appel à l'éducation dans son analyse. Les rendements d'échelle croissants ont été argumentés par Kaldor<sup>4</sup>.

Du point de vue empirique, l'intervention de l'Etat et ses effets dans l'économie ont fait l'objet de plusieurs études à travers le monde. De nombreux travaux ont eu comme cadre

---

<sup>4</sup> La majeure partie des explications a été tirée du cours de master II reçu par l'auteur sur la croissance économique, cours dispensé par le Professeur Adama Diaw.

d'analyse les Etats Unis. Ceci est compréhensible du fait que la majeure partie des précurseurs de la théorie de la croissance endogène étaient américains. De ce fait, ils ont pris comme cadre d'analyse leurs pays d'origine. C'est pourquoi cette section s'appesantit le plus sur le continent américain. Ensuite, un aperçu se fera pour les autres parties du monde.

## 2.1 Aux Etats Unis

Deux positions distinctes peuvent être dégagées au niveau de la littérature concernant les effets qu'exercent les dépenses publiques sur le niveau de l'output et sur l'efficacité technique de production. Certains auteurs, de par leurs travaux, confirment que les investissements publics ont un effet positif et significatif sur l'output alors que d'autres soutiennent le contraire.

Aschauer (1989) a tenté de voir si les dépenses publiques étaient productives. En d'autres termes, les dépenses publiques permettent – elles d'accroître la productivité globale. L'estimation par la méthode des moindres carrés ordinaires montre une forte corrélation positive entre l'output et l'investissement public. Ainsi, Aschauer (1989) soutient que la chute du niveau de la croissance de la productivité totale des facteurs durant les années 1970 est due à la baisse des dépenses publiques. Son étude a trouvé qu'un poids significatif pouvait être attribué aux décisions d'investissements publics (concernant surtout les routes nationales, les rues, les systèmes d'eau et de canalisation) lorsqu'il est question d'évaluer le rôle joué par l'autorité publique dans la croissance économique et l'amélioration de la productivité.

Beaucoup d'autres auteurs ont abondé dans le même sens avant et après les travaux de Aschauer. Ratner (1983) a estimé une fonction de production globale de type Cobb – Douglas pour l'output privé comme fonction de l'emploi, du capital privé et du stock de capital public. Il a trouvé que le stock de capital était productif. Hulten et Schwab (1991) ont tenté de voir si la baisse de la productivité nationale peut être attribuée au déclin de l'efficacité économique dans la Snow Belt<sup>5</sup> par rapport à la Sun Belt<sup>6</sup>, dû à des infrastructures obsolètes et à un stock de capital en détérioration. Ils ont désagrégé la croissance de la valeur ajoutée industrielle des neuf régions Census entre leurs composantes et ont trouvé que la variation régionale dans la croissance de l'output n'était pas due aux différences dans la croissance de la productivité

---

<sup>5</sup> La Snow Belt (« ceinture de neige ») est une région d'Amérique du Nord se trouvant sous les vents dominants passant au-dessus des Grands Lacs dont les côtes méridionales et orientales subissent régulièrement d'importantes chutes de neige.

<sup>6</sup> La Sun Belt (« ceinture du soleil ») se compose des États du sud et de l'ouest des États-Unis présentant un dynamisme économique, un cadre de vie et une zone ensoleillée agréables.

mais plutôt aux variations du taux de croissance du travail et du capital. Helms (1985), da Silva Costa et al. (1987) et Deno (1988) ont tous soutenu que les facteurs publics étaient significativement productifs. Eberts (1986) a découvert que le stock de capital a un effet positif et statistiquement significatif sur l'output industriel. Garcia – Mila et McGuire (1987) ont analysé l'effet du stock de routes nationales et des dépenses en éducation sur des fonctions de production nationales et ont trouvé que tous les deux avaient un effet significatif positif sur l'output. Aschauer (1990) a examiné la relation entre la croissance du revenu et la disponibilité des routes nationales en utilisant des données étatiques. Il a découvert que la capacité en routes nationales et la qualité du pavage avaient des effets significatifs positifs sur la croissance du revenu et ces effets étaient relativement stables à travers les régions. Munnell (1990), en étudiant la chute de la productivité du travail durant les années 1970, a trouvé une forte relation statistiquement significative entre le stock de capital public de la nation et le niveau de la productivité du travail. Il a tenté également de fournir plus de clarification concernant la relation entre l'investissement public en capital et l'activité économique privée. En d'autres termes, il a essayé de mesurer l'impact du capital public sur l'output, la croissance de l'emploi et l'investissement privé au niveau étatique et régional. Selon Munnell (1990), Aschauer (1989) a introduit dans son analyse l'idée selon laquelle le stock d'infrastructures publiques aussi bien que le stock de capital privé pourraient être des facteurs explicatifs du niveau de l'output national dans le secteur privé. Les résultats de Aschauer ont montré une forte corrélation entre l'output par unité de capital privé et le stock de capital public ; il a aussi découvert une relation statistiquement significative entre le niveau de la productivité totale des facteurs et le stock de capital public. L'étude de Munnell (1990) considère le capital public comme un input dont les services augmentent la productivité du capital et du travail. Les résultats de la régression confirment que le capital public a un impact significatif positif sur le niveau de l'output, de même que l'investissement privé.

La critique fondamentale apportée à l'endroit de ces travaux est que la corrélation à laquelle ces auteurs font allusion n'implique pas nécessairement la causalité ((Hulten et Peterson (1984), Musgrave (1990), Hulten et Schwab (1991)). Un coefficient positif et statistiquement significatif pour le facteur public dans une fonction de production estimée indiquerait seulement le degré auquel un revenu augmenté cause une hausse des activités publiques. Dans son article, Munnell (1992) fait allusion à certaines remarques qui ont été formulées à l'endroit des résultats concernant les fonctions de production estimées. Elles sont principalement au nombre de trois :

- Elles soutiennent que les tendances communes au niveau de l'output et de l'infrastructure publique ont conduit à des corrélations fallacieuses ;
- La majeure partie des estimateurs issus de ces études rendent les coefficients douteux quant à leur consistance ;
- Elles suggèrent que cette non consistance n'est pas due aux dépenses publiques mais à d'autres paramètres.

La première critique de taille a été axée sur les séries temporelles agrégées. Des auteurs tels que Aaron (1990), Hulten et Schwab (1991), Jorgenson (1991), Tatom (1991) ont affirmé que les équations devraient être estimées en différences premières. Ils soutiennent que les données ne sont pas stationnaires et il est nécessaire de supprimer cette tendance afin d'éliminer les corrélations fallacieuses pour déterminer la vraie relation entre les dépenses publiques et le capital privé. Lorsque Schwab et Tatom ont régressé sur des données différenciées, la relation apparemment positive entre l'output privé et les facteurs publics a disparu, devenant même négative. Cependant la spécification en différences premières présente des limites : il n'est pas établi que la croissance des dépenses publiques ou du capital privé d'une année donnée soit forcément corrélée à la croissance de l'output de la même année. En d'autres termes, les dépenses gouvernementales peuvent ne pas avoir de relation avec l'investissement privé de la même année mais peuvent être corrélé à celui de l'année suivante, vice versa. Ce qui fait que les équations en différences premières produisent souvent des coefficients non pertinents pour le facteur travail et l'investissement mais aussi pour les dépenses publiques (Evans et Karras (1991), Hulten et Schwab (1991), Tatom, (1991)). Malgré cette mauvaise spécification de ces équations, les auteurs n'en ont pas déduit que les dépenses gouvernementales et le travail ne contribuent pas dans l'output du secteur privé. En outre la différenciation première inhibe toute relation de long terme des données. Au lieu de faire une différenciation première, il serait plus judicieux de faire un test de co-intégration entre les variables. Les chercheurs ne devraient pas se contenter d'examiner si les variables évoluent dans le temps, mais il serait plus intéressant de déterminer si les variables évoluent ensemble dans le temps et convergent vers leur relation de long terme.

La seconde critique majeure est que la panoplie d'estimateurs de l'impact des dépenses publiques sur l'output rend fragile le lien empirique entre l'output et celles-ci. En effet, la majeure partie des travaux trouvent l'impact de l'action gouvernementale sur le secteur privé et sur la productivité positif et statistiquement significatif. Ce qui semble un peu absurde car la plupart des dépenses publiques sont destinées à alléger les problèmes environnementaux ou

pour améliorer le niveau de vie et de ce fait contribuent faiblement à la hausse de l'output national.

La troisième critique fondamentale est que l'effet de causalité pourrait provenir des niveaux élevés de l'output sur les dépenses publiques et non l'inverse. En effet, l'investissement en capital aussi bien que l'action de l'Etat va de pair avec l'activité économique. Pourtant cette influence mutuelle peut exister sans pour autant altérer la valeur du coefficient public ou celle du coefficient de l'investissement privé. Eberts et Fogarty (1987) ont étudié la question de la causalité en analysant les données sur les dépenses publiques et l'investissement privé de 1904 à 1978 pour 40 régions métropolitaines. Ils ont trouvé que la causalité allait dans les deux sens. Leur analyse a montré que l'action publique entraîne l'investissement privé dans les cités qui ont connu un essor économique important avant les années 1950 tandis que l'effet inverse a été constaté dans les cités du Sud et les cités qui ont crû rapidement après 1950.

D'autres critiques ont suggéré que la structure de la fonction de production est inadéquate parce qu'elle omet les prix des inputs (ces prix affectent l'utilisation des facteurs et biaisent les coefficients estimés) et aussi parce qu'elle pose beaucoup de restrictions à l'égard du comportement et de la technologie des firmes (Friedlaender (1990), Morrison et Schwartz (1992)). Ces auteurs pensent que les chercheurs devraient estimer des fonctions de coût, qui permettent de décortiquer les effets des infrastructures, les économies d'échelle, et les effets fixes sur les coûts et la relation coût – output. Dalenberg et Eberts (1992), Morrison et Schwartz (1992) et Nadiri et Mamuneas (1992) ont adopté l'approche de la fonction de coût et ont trouvé que les dépenses gouvernementales réduisent significativement les coûts de la production privée.

A la lecture des analyses ci-dessus, plusieurs travaux ont soutenu un impact positif qu'exerçaient les dépenses publiques sur la productivité privée. Cependant les développements de la seconde moitié des années 1990 qui ont utilisé des données à l'échelle étatique ont produit largement des idées opposées. Holtz-Eakin (1994) indique que ces disparités de résultats sont facilement conciliables. Il rejoint l'idée selon laquelle les Etats les plus prospères ont tendance à dépenser plus en termes d'investissements publics. Ce qui fait qu'il y aura une corrélation positive entre les effets spécifiques à ces Etats et le capital du secteur public. Ceci ne devrait pas être confondu avec le fait que plus de capital public conduit l'Etat à être plus productif. Les estimateurs des fonctions de production de l'Etat n'incluent pas des contrôles pour ces effets tandis que le fait de mettre l'accent sur la

croissance compte tenu des changements à travers le temps exerce un contrôle au niveau des effets concernant l'Etat. L'exclusion de ces considérations des études économétriques antérieures est la source apparente de l'évidence conflictuelle de l'utilisation des données macroéconomiques. La conclusion majeure qu'il faudra retenir de Holtz-Eakin est que la relation entre les dépenses de l'Etat et l'output privé et la productivité privée est nulle. Ce qui fait que vouloir assimiler la baisse de la productivité à une faible accumulation du capital de la part de l'Etat n'est pas soutenable. Les analyses affirmant que l'action de l'Etat avait des effets positifs sur le niveau de la production ou sur la productivité privée étaient dues à une structure économique restrictive et inappropriée. Cela ne veut pas dire que les réalisations publiques (routes, ponts, canalisations, etc.) n'ont aucun rendement, mais juste que leurs effets sur la production privée sont négligeables.

Evans et Karras (1994) s'inscrivent dans le même ordre d'idées que Holtz-Eakin. Après avoir corrigé les mauvaises spécifications des études antérieures, ils ont découvert que les services publics de l'éducation sont productifs mais que rien ne permet d'affirmer que les autres activités publiques sont productives. Le capital public a enregistré une productivité négative et statistiquement significative.

Barro (1991) a trouvé que le ratio entre l'investissement et le produit intérieur brut avait un effet positif mais statistiquement non significatif sur la croissance économique durant la période 1960 – 1985 aux USA.

Easterly et Rebelo (1993) ont trouvé que les dépenses en agriculture n'ont aucun effet statistiquement significatif sur la croissance agrégée (symbolisée par la croissance du PIB par tête) alors que les dépenses en éducation, en infrastructures de logement urbain, de transport et de télécommunication ont un effet positif et statistiquement significatif sur la croissance économique. Beaucoup d'autres études effectuées durant les années 1970 qui ont utilisé le modèle de Swan – Solow avaient abouti aux mêmes conclusions que celles de Easterly et Rebelo.

Puig-Junoy (2000) s'est attelé à mesurer et à expliquer les changements dans l'efficacité technique par l'estimation d'une frontière de production stochastique logarithmique transcendantale. Le cadre d'étude constitue les 48 Etats américains sur la période allant de 1970 à 1983. Le constat qui est sorti de l'analyse est que les Etats ont des scores d'efficacité différents. Les raisons évoquées sont les suivantes :

- Le niveau des dépenses publiques rapporté à l'investissement privé et la proportion des dépenses publiques consacrée aux routes nationales produisent des effets plus importants dans la détermination des niveaux d'inefficacité technique ;
- Le rapport dépenses publiques - investissement privé est corrélé positivement à l'inefficacité technique, impliquant que des hausses dans l'intensité de l'action de l'Etat sont associées à des inefficacités techniques plus importantes. En d'autres termes, l'accroissement de ce ratio entraîne une baisse du niveau d'efficacité technique ;
- La composition des dépenses gouvernementales est aussi un facteur important qui influence les scores d'efficacité. La part allouée à la construction de routes nationales sur l'investissement public global est significative et corrélée négativement aux niveaux d'inefficacité technique. Autrement dit, l'augmentation de la proportion des investissements publics consacrés aux routes nationales, toute chose étant égale par ailleurs, tend à réduire l'inefficacité technique.

A la lumière de ces résultats, Puig-Junoy (2000) conclue que favoriser l'investissement public au détriment de celui privé pourrait influencer négativement l'efficacité technique globale. Cependant cet effet peut être compensé voire renversé si l'investissement public est consacré comme il le faut aux infrastructures qui affectent positivement l'efficacité technique, par exemple les routes nationales qui favorisent l'accès aux territoires les plus reculés.

Boisso et al. (2000) ont voulu voir les effets du business cycle et du capital public sur la productivité et l'efficacité technique aux Etats Unis. Leur technique a permis de décomposer la productivité en deux composantes :

- Des changements dans l'efficacité technique à travers le temps ;
- Des mouvements dans la technologie à travers le temps résultant de l'adaptation de nouvelles techniques.

Les résultats de l'analyse ont montré que le coefficient relatif au rapport routes nationales – capital privé a été négatif et non significatif, ce qui suggère un impact négatif de plus de routes sur le changement technologique. L'implication ici est qu'une proportion plus importante du stock de routes permet aux firmes des Etats d'utiliser de manière plus efficace la technologie disponible mais n'accroît pas la capacité technologique de l'Etat. Le capital public en route des Etats voisins est important dans la productivité totale des facteurs mais il procure des effets différents sur les composantes de l'efficacité et du changement

technologique. Il est important pour l'amélioration de la mesure de la productivité du changement technologique mais reste sans relation avec l'efficacité. Le ratio capital public sur capital privé est positif et significatif, contrairement aux conclusions des travaux de Puig – Junoy (2000) qui estimaient une relation négative entre le capital public et l'output. Ces résultats indiquent que plus fortement le stock de capital public est corrélé au stock de capital du secteur privé, plus important sera l'impact de l'innovation de l'efficacité et de la technologie sur l'output.

Au total, il ressort de cette synthèse qu'aux Etats Unis, les études qui ont porté sur les effets de l'intervention de l'autorité gouvernementale sur la production, la productivité ou sur l'efficacité globale présentent des conclusions divergentes. Les travaux d'avant 1990 semblent soutenir que l'action de l'Etat contribue à l'accroissement de la productivité. Par contre, au-delà de 1990, les analyses ont battu en brèche ces résultats en arguant d'une mauvaise spécification des modèles utilisés. Les Etats Unis comptent 48 Etats. Par conséquent, il est primordial de prendre en compte dans l'analyse les spécificités de chaque Etat. En intégrant ces paramètres, beaucoup de travaux ont abouti à une relation non significative voire négative entre les dépenses publiques et l'output global et l'efficacité technique.

## **2.2 En Europe**

Puig-Junoy et Pinilla (2008) se sont tourné vers l'explication des différences inter régionales dans les niveaux d'inefficacité de production et se sont interrogé sur comment et pourquoi l'efficacité varie à travers les régions avec comme domaine d'étude les régions espagnoles sur la période allant de 1964 à 1996. Leurs conclusions confirment que l'inefficacité régionale est positivement corrélée et de manière significative au ratio investissement public – investissement privé. Ce qui vient corroborer les résultats de Puig – Junoy (2000) dans ses études sur les Etats Unis. Une proportion élevée des industries de services dans l'investissement privé, une proportion élevée de l'investissement gouvernemental allouée aux infrastructures de transport, une grande spécialisation industrielle, et des excédents spatiaux provenant des infrastructures de transport dans les régions voisines ont contribué significativement à améliorer l'efficacité régionale. L'analyse du rôle des composantes de l'action de l'Etat comme étant les déterminants principaux de l'inefficacité concluent avec évidence que la décision publique influencerait la performance économique régionale. La composition du capital public aussi apparaît comme un facteur influençant les niveaux

d'inefficacité étant donné que l'analyse a montré que la proportion de l'action de l'Etat consacrée aux infrastructures de transport dans la région considérée et dans les régions environnantes est corrélée négativement à l'inefficacité technique. Ainsi Puig – Junoy et Pinilla (2008) aboutissent aux mêmes conclusions que dans Puig – Junoy (2000).

L'objectif de l'article de Rodriguez et Alvarez-Ayuso (2003) était d'analyser le comportement de l'efficacité technique dans les pays européens entre 1980 et 2001 en utilisant une fonction de production stochastique qui tient compte de l'importante dissémination technologique de cette période dans les pays de l'Union Européenne. Une première étude a montré que le capital public a une influence positive sur la production privée. Par contre, aucune évidence n'a été trouvée concernant un quelconque effet du capital humain sur la production. Pire, l'élasticité du capital investi dans l'éducation s'est révélée non significative, montrant que le capital humain accumulé via le système éducatif n'est pas déterminant lorsqu'il s'est agi d'expliquer la hausse des niveaux de production. L'argument brandi pour justifier cet état de fait est que tous les savoirs qu'apportent le système éducatif formel n'ont pas les mêmes effets dans la production, et aussi la manière dont le capital humain affecte la production est plus complexe que son inclusion comme un facteur de production. Les résultats de l'estimation simultanée par la méthode du maximum de vraisemblance confirment que les variables publiques analysées montrent que l'inefficacité est corrélée positivement au ratio capital public sur capital privé et corrélée négativement à l'investissement dans l'éducation. Ce qui permet de dire que :

- Au regard du capital public, son effet négatif sur l'efficacité est compatible avec la contribution positive sur la production. Ceci indique que de telles dotations, en plus d'être une externalité positive sur la croissance économique, sont conditionnées par la disponibilité de capital privé pour une allocation efficace des ressources, aussi bien une amélioration dans la performance de l'investissement privé ;
- L'effort d'investissement dans l'éducation a contribué à générer des améliorations dans les niveaux d'efficacité de telle sorte que les pays qui consacrent un plus grand pourcentage de leur production en dépensant dans l'éducation vont atteindre une efficacité plus élevée de leur activité productive, du fait de l'adoption de nouvelles technologies.

Percoco (2004) étend l'approche traditionnelle basée sur la théorie néoclassique de la production et de la croissance à une évaluation de l'impact des infrastructures sur l'efficacité

technique et l'efficacité allocative des régions italiennes. L'estimation donne l'élasticité du capital public positive et significative par rapport à l'output. Pour ce qui est de l'efficacité technique, les résultats suivants ont été enregistrés :

- L'impact du capital public sur l'efficacité technique régionale est sensiblement plus élevé que celui du capital privé ;
- La voie ferrée et les infrastructures maritimes semblent vraisemblablement plus importantes dans la stimulation des économies régionales ;
- Les routes paraissent avoir un effet négatif sur l'efficacité.

Pour ce qui est de l'efficacité allocative, on aboutit aux mêmes conclusions que celles concernant l'efficacité technique.

C'est dans cette même lancée que Mastromarco et Woitek (2006) ont tenté d'expliquer les causes des divergences de croissance entre les régions Nord et Sud italiennes. L'accent est mis sur l'efficacité technique comme étant un aspect partiel de cet enjeu. En définitive, l'étude retient que le capital public est corrélé positivement à l'efficacité technique et est ainsi un facteur important pour la convergence entre les régions italiennes. L'effet du capital public sur l'efficacité dépend de la composition des infrastructures et de la géographie. L'impact des infrastructures de base (routes, aéroports, voies ferrées et métros, ports, électricité, eau, télécommunication) sur l'efficacité est toujours positif. Les infrastructures secondaires (hôpitaux, bâtiments publics et autres) semblent avoir une influence négative sur l'efficacité technique des régions du Sud et un effet positif sur l'efficacité technique des régions du Nord.

## 2.3 En Asie

Yan s'est inspiré aussi de la méthode de Battese et Coelli (1995) pour appréhender l'effet des dépenses gouvernementales sur l'efficacité productive au niveau des provinces chinoises. L'estimation par le maximum de vraisemblance permet d'aboutir aux résultats suivants :

- La hausse des dépenses publiques des provinces du Centre – Ouest ne peut pas augmenter l'efficacité productive locale ;
- La hausse des dépenses publiques des provinces côtières peut augmenter l'efficacité productive locale.

Zhang et Fan (2000) ont soutenu que plusieurs études théoriques et empiriques ont mis l'accent sur la question de savoir si c'est juste un type d'investissement ou l'investissement

public total qui impacte le plus la croissance. Selon Antle (1988) et Griliches (1988) dans Zhang et Fan, étudier un seul type d'investissement public conduit le plus souvent à une surestimation des rendements de celui-ci tandis que l'investissement public agrégé masque l'information concernant quels investissements publics méritent plus de considération que d'autres. L'objectif de leur étude a été de répondre à la question ci-dessus. Ainsi, ils ont développé une structure pour évaluer l'impact de plusieurs types d'investissements publics (routes, éducation, électrification, téléphonie, irrigation et la recherche – développement dans l'agriculture) sur la croissance et sur l'inégalité entre les régions avec la Chine comme domaine d'étude de 1978 à 1995. Tous les coefficients se sont montrés significatifs. Les résultats ont aussi prouvé que la politique d'investissement gouvernemental dans certaines localités au détriment d'autres creuse l'inégalité entre les régions.

L'objectif du travail de Bukhari et al. (2007) est de voir l'existence éventuelle d'une relation de long terme entre l'investissement public et la croissance économique dans les Nouveaux Pays Industrialisés de l'Asie de l'Est à savoir Singapour, Taiwan et la Corée du Sud entre 1971 et 2000 en utilisant un modèle de données de panel à effet dynamiques. La motivation de cette étude est la suivante : bien que le débat concernant le lien entre l'action gouvernementale de long terme et la croissance économique semble être dépassé, trois enjeux demeurent non résolus : le premier est de savoir si une hausse permanente de l'investissement public va induire un accroissement temporaire ou permanent de la croissance économique ; le deuxième est la reconnaissance du fait que l'effet – croissance de l'investissement public dépend des productivités marginales du capital public et privé ; le troisième, l'effet des investissements publics sur la croissance économique dépend aussi de la manière dont cette dépense publique a été financée. L'analyse conclut qu'à la fois le capital public comme celui privé ainsi que la consommation publique ont un impact dynamique de long terme sur la croissance économique dans tous les pays étudiés.

Pour Elahi et Kiani (2011), il était question d'analyser la relation entre les dépenses publiques de long terme et la croissance économique au Pakistan sur la période allant de 1975 à 2009. L'étude utilise des données en séries temporelles et l'approche autorégressive à retards distribués pour estimer les élasticités aussi bien de court que de long terme du modèle. Les résultats concluent que les investissements publics ont un effet négatif sur la croissance économique en courte période mais ont un effet positif sur la croissance économique en longue période. Auparavant Looney (1997) avait trouvé que l'investissement public en

infrastructures stimule l'investissement privé qui à son tour accroît la productivité marginale du capital privé et améliore la croissance du PIB.

## **2.4 Dans les pays en développement**

Anderson et al. (2006) ont voulu explorer les liens entre l'investissement public, la croissance et la réduction de la pauvreté en apportant un aperçu général sur les théories existantes. La conclusion à laquelle ils ont abouti est que la contribution de l'investissement public à la croissance et à la réduction de la pauvreté n'a pas toujours été significative et positive comme souvent prédite. Malgré les méthodes sophistiquées utilisées pour évaluer le besoin de dépenses publiques au cours des années 1970, les larges hausses en matière d'investissements publics dans plusieurs pays en voie de développement entre 1974 et 1982 ont généralement produit des effets minimes (Little et Mirrless, 1990 ; Easterly, 2001). Les raisons sont diverses et peuvent être sans rapport avec les investissements publics comme par exemple la détérioration des termes de l'échange dans les PVD. Néanmoins, une des raisons pourrait être l'usage de méthodes défectueuses et inappropriées pour évaluer ce besoin d'investissement public.

Drezgić (2008) a tenté d'étudier les effets des investissements de l'Etat sur la croissance économique de la République de Croatie sur la période allant de 1997 à 2006 en utilisant plusieurs modèles en données de panel pour tester la robustesse des résultats obtenus. Il a découvert un effet de court terme positif de l'investissement consenti par l'Etat sur la croissance économique spécialement celui dans le secteur de la construction et du transport. Dans le long terme, lorsque le capital public est désagrégé, seul le coefficient relatif au secteur du transport reste significatif et positif.

Alvarez – Ayuso et al (2011) ont analysé l'effet des infrastructures sur la productivité totale des facteurs et sur ses composantes à savoir le changement technique et le changement d'efficacité au Mexique sur la période allant de 1970 à 2003. La méthode DEA (Data Envelopment Analysis) a été utilisée pour calculer le niveau d'efficacité et un modèle à effets fixes a permis de déterminer l'effet des infrastructures sur la productivité totale des facteurs et sur l'efficacité. Les résultats ont montré que l'indicateur des infrastructures incorporant les équipements de transport (routes, ports et aéroports), télécommunications et équipements ménagers (système d'eau et d'électricité) ont un effet positif sur la croissance des facteurs productifs privés et aussi sur le changement technique alors que, pour ce qui est du changement dans l'efficacité technique, le coefficient associé est non significatif. Pourtant

Alvarez – Ayuso et al (2011) avaient déduit que la hausse du capital public affectait l'efficacité technique positivement, indiquant que les investissements par les Etats mexicains dans ces infrastructures en transport, communication et équipements ménagers n'influencent pas l'efficacité des facteurs de production privés. Ils contribuent à déplacer la frontière technologique, mais pas à l'approcher. Becerril et al. (2010) ont soutenu que les infrastructures ne promeuvent pas la convergence dans l'efficacité technique, sauf pour la communication. La conclusion de Alvarez – Ayuso et al est que les infrastructures contribuent à améliorer la productivité des facteurs privés et renforcent le pouvoir d'achat et l'assimilation de l'innovation dans le secteur privé. Néanmoins, elles n'influencent pas la croissance de l'efficacité dans l'utilisation des facteurs privés ; ainsi, elles ne génèrent pas de convergence vers la frontière technologique. La raison principale serait que la distribution des fonds destinés à financer les dépenses de l'Etat ne suit pas un critère d'efficacité comme l'ont illustré Rodriguez – Oreggia et Rodriguez – Pose (2004).

### **3. Effets des investissements publics dans l'agriculture**

Cette section procède à une revue de la littérature concernant les effets de l'intervention publique sur la production, sur la croissance de la productivité et sur l'efficacité technique dans le secteur agricole. Elle s'appesantit particulièrement sur les pays en voie de développement notamment ceux d'Afrique et d'Asie. En effet, l'agriculture occupe une place prépondérante dans les politiques de ces pays pour l'instauration d'une croissance économique, pour la lutte contre la pauvreté et pour l'obtention d'une sécurité voire d'une souveraineté alimentaire. Ces objectifs passent par l'accroissement de l'output agricole via la hausse de la productivité et l'efficacité technique. En effet, dans ce monde marqué par une érosion côtière alarmante et une urbanisation galopante, accroître la production en augmentant les superficies à cultiver ne peut être une solution durable. L'accroissement de la production donc est tributaire du progrès technologique et de l'adoption de bonnes pratiques culturales. Un survol concernant la filière riz sera effectué pour déceler les tendances qui s'y opèrent. Le diagnostic qui ressort de l'étude est que pour la plupart des cas étudiés, l'investissement public impacte positivement et de manière significative la variable résultat.

### **3.1 L'investissement public dans l'agriculture**

Taylor, Drummond et Gomes (1986) ont formulé une fonction de production de type Cobb – Douglas à frontière déterministe pour analyser l'impact d'un programme de crédit financé par la Banque Mondiale (PRODEMATA) sur les efficacités technique et allocative pour un échantillon d'agriculteurs brésiliens. La frontière de production a été estimée en utilisant à la fois la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) corrigés et le maximum de vraisemblance en faisant l'hypothèse que, pour le dernier cas, la distribution du terme d'erreur suivait une loi gamma. Les estimateurs de l'efficacité technique pour les paysans participant au programme contre les non participants n'ont révélé aucune différence majeure entre les deux groupes. Pire, les participants ont enregistré des efficacités allocatives légèrement plus faibles que les membres de l'autre groupe. La conclusion qui en a découlé est que ce programme de crédit n'a pas permis d'améliorer les niveaux d'efficacité de ces paysans.

Le travail de Alene et Hassan (2003) a consisté à évaluer l'impact du Nouveau Programme de Vulgarisation (NEP en anglais : programme de formation de l'Etat) sur l'efficacité technique et l'efficacité allocative des paysans et à identifier les facteurs principaux pouvant influencer le niveau d'efficacité de deux districts dans l'Est de l'Ethiopie. Il était question de mesurer et de comparer ces dites efficacités et l'efficacité économique (le produit entre l'efficacité technique et celle allocative) des paysans participants et ceux non participants au NEP par rapport à leur technologie. Une fonction de production stochastique est estimée pour chaque groupe afin de déterminer les niveaux d'efficacité. Les résultats dans les deux zones agro écologiques confirment l'échec du NEP dans l'augmentation du niveau d'efficacité productive des paysans. En effet, le NEP n'a pas eu d'impact positif significatif sur l'efficacité économique des paysans. Les niveaux d'efficacité technique et allocative des participants et des non participants dans les deux districts ne diffèrent pas considérablement. Malgré que cette participation ne soit pas déterminante dans l'efficacité globale, il a été découvert que la participation antérieure aux programmes de vulgarisation influence positivement et de manière significative la technicité et l'efficacité – prix. Comme Alene et Hassan, Seyoum et al (1998) ont trouvé une efficacité technique dans la production de maïs considérablement élevée au sein des participants au projet SG par rapport aux non participants dans l'Est de l'Ethiopie.

Fan et Rao (2003) ont vu que, contrairement à l'opinion répandue, les Programmes d'Ajustement Structurels (PAS) ont augmenté la taille des dépenses gouvernementales, mais

tous les secteurs n'ont pas reçu le même traitement. Pourtant en Afrique, du fait de l'ajustement structurel, la part des dépenses en agriculture, en éducation et en infrastructures sur les dépenses publiques totales a diminué ; en Asie, la part des dépenses en agriculture en santé a chuté ; en Amérique Latine, c'est en éducation et en infrastructures. L'objectif de leur étude est d'analyser la tendance, la détermination et l'impact de plusieurs types de dépenses publiques dans 43 pays en développement entre 1980 et 1998. Ils s'y sont pris en estimant une fonction de production avec le PIB national comme variable endogène et le travail, l'investissement privé et public en capital et plusieurs types de dépenses publiques comme variables indépendantes. Les coefficients du capital et du travail se sont montrés positifs et statistiquement significatifs pour toutes les régions. Pour les dépenses gouvernementales en agriculture, les coefficients sont positifs et statistiquement significatifs en Afrique et en Asie ; non significatifs bien que positifs en Amérique Latine. S'agissant des dépenses en éducation, les coefficients sont positifs et statistiquement significatifs seulement en Asie. Le coefficient pour les dépenses en santé est positif et statistiquement significatif en Afrique et en Amérique Latine ; non significatif en Asie. Pour la sécurité sociale, le coefficient est statistiquement non significatif pour toutes les régions, idem pour les dépenses en transport et en communication. Les dépenses en défense ont un fort impact négatif sur la croissance économique en Afrique et en Amérique Latine. Ce résultat semble logique du fait que c'est dans ces pays où il y a le plus de conflits armés. Or le budget de l'Etat se fait sous forme d'arbitrage des priorités du fait de besoins illimités et de ressources limitées. Allouer des fonds à l'armement au détriment de la recherche, de l'agriculture ou de l'industrie qui sont plus susceptibles d'impacter positivement la croissance produirait l'effet contraire. Finalement, les PAS ont augmenté la croissance du PIB en Asie et en Amérique Latine mais pas en Afrique. Il a été question de voir l'effet des dépenses consenties dans le secteur de l'agriculture dans la croissance du PIB agricole dans les pays en voie de développement. Pour ce fait, ils ont estimé une fonction de production avec l'output agricole comme variable dépendante, le travail, la superficie, l'engrais, le nombre de tracteurs, le nombre d'animaux de traction et des inputs publics tels que le pourcentage de superficies irriguées, la densité en routes, le taux de scolarisation et un capital variable en dépense agricole. Pour des raisons de manque de données, l'estimation n'a pas pu être effectuée dans toutes les régions. La conclusion qui en est ressortie est que les dépenses publiques totales ont un effet positif et statistiquement significatif sur le PIB agricole. En désagrégeant les dépenses totales en dépenses de recherche ou non, le coefficient des dépenses destinées à la recherche est plus élevé en valeur absolue et est plus statistiquement significatif que celui des autres dépenses. Ce qui implique que les dépenses

dans la recherche contribuent le plus à l'accroissement de la croissance du PIB agricole que les autres types de dépenses.

Fan et al. (2004) ont tenté de montrer l'importance des investissements publics sur la réduction de la pauvreté dans les pays à revenus intermédiaires en évaluant les effets de différents types de dépenses publiques sur la croissance agricole et la pauvreté rurale en Thaïlande par l'estimation d'un système d'équations entre 1977 et 2000. Les résultats ont montré que malgré que la Thaïlande soit un pays à revenu intermédiaire, les investissements publics en recherche et développement agricole, l'irrigation, l'éducation rurale et les infrastructures (les routes et l'électrification) ont un effet positif sur la croissance de la productivité agricole et sur la réduction de la pauvreté. Dépenser dans la recherche – développement agricole a le plus grand effet sur la productivité agricole alors que l'électrification rurale réduit le plus la pauvreté. L'irrigation a l'effet le plus petit à la fois sur la croissance de la productivité et sur la réduction de la pauvreté. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés dans des pays en développement comme l'Inde, la Chine ou l'Ouganda. Les hauts rendements des investissements publics dans la recherche agricole et dans les infrastructures rurales prévalent dans ces pays du fait des échecs des marchés associés à ces types de biens publics.

Fan et al. (2005) ont évalué l'impact des investissements publics sur la croissance et la pauvreté en Tanzanie. Comme avancé précédemment, beaucoup d'études ont été menées dans ce sens en Asie du fait de la disponibilité de données transversales et temporelles. Malheureusement, ce n'est pas le cas pour l'Afrique. La Tanzanie constitue un test pour cette tentative. Comme en Asie, les effets des investissements publics dans la recherche agricole, les routes et l'éducation ont été trouvés considérables. Il est possible d'augmenter la croissance en procédant à des investissements ciblés, spécifiques aux régions concernées. Par exemple des investissements supplémentaires dans l'éducation rurale ont plus d'impact sur toutes les régions, alors que des investissements en routes et en recherche agricole sont plus souhaités dans les régions du Centre et du Sud du pays.

Malgré l'ampleur des dépenses publiques au niveau des pays en développement et une large espérance que les infrastructures constituent une partie intégrante au développement, la preuve de la manière dont les investissements en infrastructures affectent la productivité et le bien-être des personnes n'est pas toujours facile à démontrer (Bank, 1994 dans Duflo et Pande, 2005). C'est sur la base de cette équivoque que Duflo et Pande (2005) ont tenté de

mesurer l'effet des barrages sur la productivité agricole ; ils se sont aussi attelés à voir si l'Etat a réussi à compenser convenablement ceux qui ont été lésés par la construction de ces barrages. L'Inde a été leur cadre d'analyse. Avec la méthode des variables instrumentales et le procédé des doubles MCO, les auteurs ont trouvé un effet positif et significatif des barrages sur la productivité dans les zones irriguées et un effet significatif mais négatif dans celles non irriguées se trouvant en aval des barrages. Pour ce qui est des zones se situant en amont et aux environs des barrages, l'effet a été non significatif. Les auteurs en ont conclu que la construction des barrages est plus bénéfique pour les populations se trouvant en aval de ces infrastructures que celles étant en amont ou aux environs. Ils ont aussi découvert que l'Etat a échoué à indemniser convenablement ceux qui étaient plus lésés par les constructions.

Ashkok et Balasubramanian (2006) ont affirmé que plusieurs études ont montré l'aspect limité du rôle des infrastructures dans l'augmentation de la capacité de l'agriculture à répondre aux défis de la mondialisation. La plupart des études considèrent seulement que les routes et les infrastructures dans l'irrigation en milieu rural sont déterminantes. Leur étude a consisté donc à mesurer l'impact des infrastructures sur la productivité totale des facteurs de l'Etat de Tamil Nadu en Inde sur la période 1998 – 2004. Les résultats ont montré que l'irrigation, les routes, les marchés et l'éducation sont les variables qui ont une influence positive significative sur le niveau de productivité. Les infrastructures dans ces domaines ont été le plus souvent créées via des investissements publics et contribuent indirectement à la croissance de la productivité. Lorsqu'il s'est agi d'estimer les déterminants de l'inefficacité technique, l'éducation, la distance entre la parcelle et la route principale et l'accès au crédit ont enregistré un impact significatif sur l'inefficacité technique des paysans du district de Namakkal tandis que l'éducation et la distance entre la parcelle et l'accès principal ont eu un impact significatif sur l'inefficacité technique des paysans du district de Ramanathapuram. En d'autres termes, plus le producteur n'a pas accès au crédit, est loin de la route, a un niveau faible de scolarisation, moins il devient techniquement efficace. L'accès à la route est une variable importante dans la détermination de l'efficacité technique dans la production agricole car il facilite le déplacement des chargements lourds en ce qui concerne les inputs et les outputs. Les résultats établissent nettement que l'inefficacité technique augmente au fur et à mesure que la distance entre la parcelle et la route augmente et mettent en évidence l'importance d'infrastructures performantes dans le développement de l'agriculture. Le revenu non agricole, les superficies irriguées et l'accès aux routes sont les variables importantes qui affectent la formation du capital privé.

Ninghui (2004) s'est fixé comme objectif de mesurer l'impact des investissements publics sur l'amélioration de la productivité totale agricole, sur la réduction de la pauvreté en général et sur la réduction de la pauvreté à travers l'amélioration de la productivité totale agricole en Chine sur la période allant de 1991 à 2001. Les effets de l'investissement public peuvent prendre du temps pour se faire ressentir sur la croissance de la productivité agricole. C'est pourquoi il est important de bien spécifier leur structure de retard dans le modèle. Au total, les résultats ont montré qu'en moyenne, les inputs des ménages ruraux sont les plus déterminants dans la production agricole que les investissements publics ; les dépenses publiques d'éducation dans l'élémentaire et le moyen en milieu rural contribuent le plus à la réduction de la pauvreté et impactent le plus la réduction de la pauvreté à travers la productivité totale agricole.

Selon Andersen et Shimokawa (2007) dans Llanto (2012), les infrastructures rurales augmentent la productivité agricole, qui en retour induit la croissance dans les zones rurales, engendrant des revenus agricoles plus élevés et améliorent les opportunités en termes de travail non agricole. La hausse de la productivité dans l'agriculture, facteur déterminant de la croissance et de la réduction de la pauvreté, repose sur de bonnes infrastructures rurales, des marchés domestiques fonctionnels, des institutions appropriées et l'accès à une technologie appropriée. L'étude de Llanto s'est fixé comme objectif d'apporter une base empirique concernant un éventuel lien existant entre les infrastructures rurales et la productivité agricole aux Philippines. Il valide l'hypothèse que l'insuffisance en infrastructures rurales dans le domaine du transport et de l'énergie a un impact adverse sur la productivité agricole. L'estimation empirique montre un impact positif et significatif de l'accès à l'électricité et aux routes bitumées sur la productivité du travail agricole. L'irrigation affiche une relation positive mais non significative avec la productivité du travail agricole. Des infrastructures pauvres et inadaptées sont une des contraintes liées à la croissance du PIB agricole.

Shyjan (2007) a tenté de voir le rôle éventuel que le gouvernement a joué dans la stimulation de la productivité durant une longue période dans les Etats de l'Inde. Un aperçu de la littérature existante au sujet de l'investissement public et de la productivité agricole pointe le fait qu'il y a plusieurs facteurs qui influencent l'output agricole et la croissance de la productivité. Ils incluent le crédit, la subvention, la pluviométrie, la population, la technologie, les inputs modernes, les investissements agricoles privés, les investissements publics en capital physique et humain, l'irrigation, les services de vulgarisation et aussi les équipements infrastructurels tels que les routes en zone rurale, l'électrification et les marchés.

La plupart de ces éléments sont, d'une façon ou d'une autre, corrélés à l'investissement public. Le test empirique consiste à examiner la croissance de la productivité des céréales vivrières et de l'investissement public ainsi que la relation de long terme entre les deux dans 50 Etats de l'Inde durant la période 1974 – 2002 en utilisant un modèle de Koyck (1954) autorégressif à retards distribués. Les résultats ont prouvé l'inexistence d'effet contemporain entre l'investissement public et la productivité des céréales vivrières mais l'existence d'un effet positif significatif retardé pour tous les Etats, la durée du retard variant selon les Etats. Il a été démontré que la meilleure performance de ces Etats en termes de productivité, étant donné le retard enregistré, peut être imputée à l'investissement public initial par hectare.

Benin et al. (2009), à l'instar de Fan et al (2005), ont fait remarquer que rares sont les études concernant l'impact de l'action de l'Etat dans le secteur agricole sur la croissance de la productivité agricole dans les pays sous-développés. La raison est un manque de données spatiales et temporelles désagrégées des dépenses publiques. Même si la théorie a été formelle sur les effets de l'intervention de l'Etat sur la croissance et la réduction de la pauvreté, les résultats empiriques restent mitigés du fait des différences dans les méthodes et les données utilisées. La décision d'investir sur un bien public particulier ou un service est influencée par la performance ou le résultat associé à la population ciblée : la dépense publique est donc considérée comme étant endogène. C'est-à-dire, elle est le plus souvent ciblée et émane d'une volonté délibérée de l'autorité publique vers un secteur ou une population bien déterminés. Cet état de fait ignoré, peut biaiser les estimateurs des effets des dépenses publiques (Greene, 1993). Ces dernières et le capital privé sont complémentaires dans le processus de production, leur hausse augmente la productivité de tous les facteurs dans la production (Anderson et al. 2006). Il est aussi possible qu'elles ne soient pas productives de ce fait leur lien avec la productivité agricole devient très faible (Devarajan et al. 1996). Le lien entre l'action publique et la décision de production des ménages peut être qualifié de direct lorsque la première affecte la productivité des facteurs et d'indirect lorsque celle-ci affecte l'utilisation et la quantité d'inputs. Benin et al (2009) ont par la suite utilisé un modèle d'équations simultanées avec des données collectées entre 2001 et 2006 au Ghana. Les résultats témoignent que les dépenses publiques dans le secteur agricole durant ces années ont eu un effet positif significatif sur la productivité agricole, soit directement, soit via des investissements et des inputs plus importants des paysans. Lorsque le pays est divisé en zones agro écologiques, l'impact des dépenses publiques diffère selon les zones. L'effet marginal des dépenses agrégées est positif et statistiquement significatif dans les zones forestières et de savanes ;

alors que cet effet est non significatif dans les zones côtières et dans les savanes du Nord. Lorsque les dépenses publiques sont décomposées, les effets qu'exerce chaque type de dépense sur la productivité de l'ensemble du pays diffèrent, de même si le pays est divisé en zones agro écologiques. Il a été découvert que l'éducation formelle est corrélée négativement à la productivité agricole, bien que non significative.

Armas et al. (2010) ont analysé les tendances et l'évolution des dépenses publiques dans le secteur agricole en Indonésie et son impact sur la croissance de l'agriculture entre 1976 et 2006. Les dépenses gouvernementales dans l'agriculture et l'irrigation ont eu un impact positif sur la croissance agricole tandis que les dépenses publiques en subvention d'engrais ont enregistré l'effet contraire.

Selon Fan et Brzeska (2010), les dépenses publiques affectent la pauvreté rurale par plusieurs canaux. Ces dites dépenses au niveau de la recherche agricole, l'éducation rurale et les infrastructures, accroissent le revenu des agriculteurs directement en augmentant la productivité agricole, qui en retour réduit la pauvreté rurale. Les impacts indirects proviennent des revenus agricoles plus élevés et améliorent les opportunités d'emplois non agricoles induites par la croissance dans la productivité agricole. Ces auteurs ont par la suite regroupé dans leur document des conclusions d'études de trois pays asiatiques à savoir l'Inde, la Chine et la Thaïlande et un pays africain en l'occurrence l'Ouganda. En Inde, ils ont trouvé que la pauvreté en milieu rural a baissé entre 1990 et 2010 du fait de la croissance agricole qui est une réponse aux investissements publics massifs dans l'agriculture et dans les infrastructures rurales. Fan, Hazell et Thorat (2000) ont quant à eux trouvé que les dépenses gouvernementales additionnelles en routes ont eu le plus large impact sur la réduction de la pauvreté et un impact significatif sur la croissance de la productivité : un rupee<sup>7</sup> investi en routes en milieu rural, génère plus de cinq rupees en retour dans la production agricole. Ailleurs Fan et Hazell (2000) ont tenté d'estimer les rendements de plusieurs dépenses publiques dans différentes régions en Inde. Un modèle économétrique a été utilisé pour calculer l'impact de différents types de dépenses sur la production agricole et la pauvreté en milieu rural. Les résultats confirment l'hypothèse selon laquelle l'intervention publique dans les milieux défavorisés est un jeu à somme positive c'est-à-dire toutes les parties y gagnent et que plus d'investissements devraient être orientés vers ces milieux. La Chine a accompli un succès immense en réduisant sa pauvreté rurale durant ces deux dernières décennies. L'Etat y

---

<sup>7</sup> Devise indienne.

a été d'un grand apport dans cette réussite. Fan, Zhang et Zhang (2004) ont voulu estimer les effets de différents types d'investissements publics en développant un modèle d'équations simultanées. Ils ont trouvé que les investissements publics pour améliorer la production tels que la recherche – développement dans l'agriculture, l'irrigation, l'éducation rurale et les infrastructures (routes, électricité, télécommunication) contribuent non seulement à la croissance de la production agricole mais également à la réduction de la pauvreté et les inégalités régionales. Pour ce qui est de la Thaïlande, les résultats figurent dans Fan et al. (2004). La littérature sur l'impact des dépenses publiques en Afrique au Sud du Sahara est quasi inexistante du fait de manque de données concernant l'intervention gouvernementale. Fan, Zhang et Rao (2004) ont quand même pu estimer les effets de différents types de dépenses de l'Etat sur plusieurs secteurs (agriculture, défense, éducation, santé, sécurité sociale et transport, et communication) sur la croissance agricole et sur la pauvreté rurale selon un système d'équations multiples en Ouganda. Le constat est que les fonds consentis par l'autorité publique dans tous ces secteurs réduisent la pauvreté et augmentent la production agricole. C'est pourquoi Mogues (2012) est convaincu que l'intervention de l'Etat dans l'agriculture dans les pays en développement peut avoir des effets profonds sur la productivité mais aussi peut être un instrument de lutte contre la pauvreté et d'amélioration de la santé et des revenus alimentaires. Pour améliorer la performance dans l'agriculture, l'investissement en infrastructures et en capital humain en milieu rural est nécessaire voire capitale. Ces auteurs ne se sont pas limités uniquement à voir l'impact de ces variables sur le niveau de l'output ou sur la productivité agricole, mais ils ont tenté de faire une analyse comparative entre les rendements de chaque type de dépense sur les différents secteurs concernés. A l'unanimité, ils ont conclu qu'investir dans la recherche – développement a l'effet le plus élevé sur la croissance de la productivité agricole. Après cela, l'impact des autres types de dépenses varient selon les pays. En Ouganda et en Inde, dépenser en infrastructures routières génère le plus haut niveau de rendement sur la productivité. En Thaïlande, c'est investir dans l'électrification rurale tandis que ce type d'investissement vient en dernière position en Chine.

Iganiga et Unemhiling (2011) ont rappelé que l'ONUAA recommande que 25 % de l'allocation du budget d'investissement du gouvernement soit orienté vers l'investissement dans l'agriculture. Il a été question d'analyser l'impact des dépenses gouvernementales fédérales dans le secteur agricole et d'autres variables sur l'output agricole au Nigeria sur la période allant de 1970 à 2008 en utilisant un modèle à correction d'erreurs et la technique de co-intégration. Les résultats affirment que les dépenses publiques en agriculture ont un impact

positif sur l'output rural. Cependant cet impact n'est pas instantané, c'est-à-dire une dépense effectuée par l'Etat en une période donnée est pressentie ne pas avoir d'effets dans le présent mais dans le futur.

Dillon et al ont utilisé quatre méthodes différentes (la méthode des variables instrumentales, la méthode de Jacoby, l'estimation par données de panel, le modèle d'équations simultanées) pour générer une gamme d'estimateurs de l'impact des dépenses publiques dans l'agriculture sur le bien – être des ménages et sur le niveau de production agricole par district au Népal durant la période allant de 1998 à 2003. En résumé, les dépenses publiques en irrigation, en routes ont un grand effet sur le niveau de consommation par tête. L'effet des dépenses dans l'agriculture est faible. La robustesse de ces résultats est confirmée par les conclusions de plusieurs méthodes d'estimation.

Udoh (2011) a analysé l'impact de court et de long terme des dépenses publiques, de l'investissement privé sur la croissance de la production agricole au Nigeria en utilisant un modèle à correction d'erreurs. Les résultats ont montré que la hausse des dépenses publiques a un effet positif sur la croissance de l'output agricole. Ceci corrobore l'assertion retenue au niveau de la nouvelle théorie de la croissance à savoir que les dépenses publiques sont un facteur important pour des gains de productivité et pour la croissance de long terme. Il est établi que les dépenses publiques participent à la croissance agricole. Elles créent indirectement des emplois non agricoles et augmente les salaires. Celles en agriculture réduisent la pauvreté en augmentant à la fois la consommation moyenne et en améliorant la distribution des revenus (Fan, Zhang and Zhang, 2000 ; Van de Walle, 1996 ; Galal, 2003).

### **3.2 L'investissement public dans la filière rizicole**

Les publications qui ont trait spécifiquement à la filière rizicole ont eu des conclusions qui ont abondé dans le même sens que celles obtenues dans le secteur agricole en général.

Précédemment, des auteurs ont établi que les rendements que pouvait générer chaque type d'investissement public pouvaient différer selon le secteur considéré. En Indonésie, sur la période allant de 1969 à 1990, Rosegrant, Kasryno, et Perez (1998), ont montré que 85 % de la croissance de la production de riz étaient imputables à la recherche, à la vulgarisation et aux investissements dans l'irrigation ; la vulgarisation ayant le plus grand effet. Ces résultats viennent confirmer ceux obtenus par Fan et al (2004) dans le secteur agricole.

Heytens (1991) a soutenu que les efforts de l'Indonésie pour accroître la production de riz depuis la fin des années 1960 ont bien atteint leurs objectifs. Entre 1969 et 1988, la production de riz s'est accrue à un taux annuel de 4,5 %. Ainsi l'Indonésie est passée du statut de plus grand importateur de riz en 1970 à un stade d'autosuffisance en 1985. Cette percée fulgurante a été le fruit de politiques qui ont mis l'accent sur l'adoption de nouvelles technologies, les investissements en infrastructures et l'application de prix rémunérateurs pour les paysans.

Jaroensathapornkul (2007) a tenté d'estimer l'impact de la recherche publique en matière de riz sur la productivité à l'aide d'une régression d'une fonction de production par la méthode des moindres carrés ordinaires et sur le bien-être social par une approche marshallienne en Thaïlande durant la période 1974 – 2000. Les résultats ont confirmé que l'amélioration du niveau du savoir technique stimule significativement le rendement. Par conséquent, l'investissement public est considéré comme bénéfique pour le rendement par rai<sup>8</sup>. Ce savoir technique est sous la forme de fourniture de variétés certifiées par l'Institut de Recherche en Riz. L'amélioration du savoir résultant de la recherche en riz a un impact significatif sur l'expansion des superficies cultivées et *in fine* sur l'output de paddy. Cette hausse de la production engendrée par le savoir technique a conduit à une hausse du bien-être social à travers une hausse de l'offre. L'analyse par la méthode du coût – bénéfice a permis de déceler une accumulation de surplus économiques entre 1986 et 2000.

La tentative de Glipeo et Ignacio (2005) était de discuter de l'évolution de la politique rizicole en Indonésie, de décrire l'impact du changement de politique sur l'output et la performance du secteur et sur le bien-être des petites exploitations familiales. Ceci semble important du fait que ce pays est le troisième producteur de riz au niveau mondial. Au total, les travaux passés en revue concluent que le rendement a été largement stimulé par les larges investissements publics consentis dans les infrastructures, la recherche et le développement, l'irrigation, l'expansion des superficies, l'application d'engrais et l'utilisation de variétés à haut rendement entre 1970 et 1980.

Jha et al. (2007), s'inspirant de Alene et Hassan (2003), se sont fixé les objectifs suivants : évaluer l'impact du programme de vulgarisation participative sur l'efficacité technique des paysans au Népal ; identifier les facteurs principaux influençant l'efficacité technique au niveau paysan. Selon Bravo-Ureta et Rieger (1991), Bravo-Ureta et Evenson (1994),

---

<sup>8</sup> Unité de mesure thaïlandaise égale à 16 ares.

l'estimation de cette efficacité en deux étapes est plus souhaitée du fait d'un effet indirect des variables sur l'efficacité. Ce que Battese et Coelli (1995) ont réfuté par la suite. Ces derniers ont argué que l'estimation en deux étapes présentait une contradiction. Certaines hypothèses admises dans la deuxième étape venaient en contradiction à d'autres qui étaient admises dans la première étape. Néanmoins le travail de Jha et al. (2007) a consisté à estimer l'efficacité technique au niveau de deux groupes : un groupe de traitement, c'est-à-dire ayant reçu la formation et un groupe de contrôle, sans formation. Les résultats ont montré que le niveau d'éducation du riziculteur, son comportement à l'égard des écosystèmes et les bonnes pratiques adoptées ont un effet significatif positif sur son efficacité technique dans la production de riz. Aussi il a été trouvé que les riziculteurs qui ont participé au programme ont un niveau d'efficacité plus élevé. Ce qui veut dire que le niveau d'efficacité des riziculteurs peut être augmenté par des investissements supplémentaires dans l'éducation incluant la scolarisation, la formation/orientation, la sensibilisation par rapport aux écosystèmes. Ces résultats vont à l'encontre de ceux trouvés par Alene et Hassan (2003) qui n'avaient trouvé aucune différence en termes d'efficacité résultant du fait de participer au programme de formation ou non de l'Etat éthiopien. Auparavant Taylor et al. (1986) ont obtenu une influence positive, bien que non significative, d'un programme de crédit agricole sur l'efficacité technique des paysans au Brésil. Par contre, Xu et Jeffrey (1998) ont obtenu des niveaux d'efficacité plus faibles dans la production de riz pour ceux utilisant des variétés hybrides en Chine par rapport à ceux qui ont employé les variétés conventionnelles.

Ekanayake (2006) a mesuré l'impact de la subvention de l'engrais par l'Etat sur la culture du riz au Sri Lanka en utilisant un modèle de régression de la demande d'engrais. Les résultats de la régression indiquent que les changements dans les prix des engrais et du paddy n'ont pas d'effet significatif sur l'utilisation d'engrais, ce qui induit que subventionner l'engrais n'est pas déterminant dans l'usage de l'engrais dans la culture du riz. L'étude a trouvé qu'il existe une plus grande corrélation entre l'usage d'engrais et le prix du paddy qu'entre l'usage d'engrais et le prix de l'engrais. Ce qui suggère que la subvention devrait être retirée au fil du temps. En remplacement des infrastructures appropriées et des facilités institutionnelles nécessaires pour augmenter la productivité dans la culture du riz devraient être mises en place pour accroître la production.

Bordey (2010) a mesuré, grâce à une approche par la fonction de coût, les contributions des investissements publics dans la recherche – développement, la vulgarisation, la subvention à la production et l'irrigation dans la réduction du coût de production de riz aux Philippines

entre 1996 et 2007. Les résultats indiquent que la recherche – développement a généré des économies de coût et a amélioré la productivité du riz. Ce résultat confirme la conclusion de Nadiri et Mamuneas (1992) concernant les économies de coût. Bordey comme Ekanayake, a aussi trouvé que la subvention à la production est contreproductive et les investissements dans l'irrigation et la vulgarisation étaient inefficaces.

## 4. Conclusions

La question de l'intervention de l'Etat dans l'activité économique a fait l'objet de beaucoup de discussions. La théorie néoclassique justifie l'intervention publique seulement en cas de défaillances du marché et d'existence d'inégalités sociales profondes. Bien que les pouvoirs publics aient toujours été une partie intégrante de la sphère économique, la formalisation de leur action sur la croissance économique est apparue avec les théoriciens de la croissance endogène. Les dépenses publiques sont de ce fait considérées comme des variables explicatives au niveau de la fonction de production. L'enjeu pour les chercheurs était de voir si cette variable en question était significative ou pas dans l'explication de la variation de l'output. En d'autres termes, il était question d'étudier si les dépenses consenties par l'Etat ont un effet positif significatif sur la croissance économique, formalisée par le taux de croissance du produit intérieur brut. Cette synthèse a pour objectif de faire un survol non exhaustif des travaux qui ont tenté de mesurer l'effet des investissements publics et des autres types de dépenses gouvernementales sur la production, la croissance de la productivité et sur l'efficacité. Les conclusions retenues à l'échelle nationale ont été d'abord passées en revue, puis il s'est agi de celles concernant le secteur agricole, incluant la filière rizicole. Les résultats auxquels les auteurs ont abouti ont été divergents selon le cadre spatial et/ou temporel. Pour ce qui est de la deuxième section de ce chapitre, les Etats Unis ont été le cadre spatial prédominant au niveau de la littérature. Ceci pourrait se justifier par le fait que la majeure partie des penseurs qui ont traité ce sujet étaient de nationalité américaine et avaient pris comme domaine d'intervention leur pays d'origine. Les enseignements qui s'y sont dégagés concernant les actions de l'Etat à court comme à long terme couvrent toute la littérature existante et peuvent se diviser en trois ordres d'idées :

- Certains analystes leur confèrent un impact positif sur la variable résultat ;
- D'autres les scindent en plusieurs composantes et attribuent un effet positif sur la variable résultat aux unes et un effet négatif aux autres ;

- D'autres affirment que leur effet sur la variable résultat est non significatif ou même négatif.

Comme l'a souligné Holtz-Eakin, la plus grande source de discordance réside dans la spécification du terme d'erreur. Il est clair que même si des cadres d'étude partagent certaines caractéristiques spatiales et temporelles en commun, d'autres différentes et déterminantes pourraient subsister entre eux. Ce qui fait que la non prise en compte des spécificités de chacun pourrait conduire à des résultats biaisés et à des conclusions erronées.

La troisième section a passé en revue certains travaux qui ont pour objet l'intervention de l'Etat dans le secteur agricole. Elle s'est particulièrement appesantie sur les pays en développement du fait de la place prépondérante qu'occupe ce secteur dans l'économie et dans la vie des populations. La majeure partie de la littérature sur les dépenses en investissements consenties par l'Etat dans le secteur agricole au niveau de ces pays suggère fortement que les rendements concernant la recherche et la vulgarisation sont significatifs. La raison serait que ces Etats ont sous investi dans ce secteur alors que De la Fuente (2002) a conclu que les dépenses de l'Etat contribuent significativement à la croissance de la productivité au moins dans les pays où le point de saturation n'est pas encore atteint. Les rendements de tels investissements sont élevés lorsque les facilités engendrées par ces infrastructures sont limitées et les réseaux de base incomplets, mais chutent aussitôt après. La conclusion de De la Fuente est similaire à celle de Solow (1956) à la différence qu'ici, il est question de l'accumulation du capital public alors que Solow imputait la source de la croissance économique en partie à l'accumulation du capital privé.

A la lumière des résultats obtenus au niveau des pays en voie de développement, des enseignements et des points de vue méritent d'être dégagés concernant l'impact de l'intervention de l'autorité publique sur ces facteurs impactés. La leçon majeure qui peut être tirée est que la recherche – développement constitue un pilier majeur dans l'augmentation de la production, de la croissance de la productivité ou de l'efficacité technique. Le coefficient relatif à cette variable s'est avéré positif et significatif dans la plupart des cas étudiés. Les infrastructures aussi ont contribué de manière directe ou indirecte à l'accroissement de ces variables impactés. L'irrigation a été trouvée significative dans certaines zones et non significative dans d'autres. Ces résultats semblent logiques et pourraient s'expliquer aisément. La recherche – développement met l'accent principalement sur l'utilisation de nouvelles technologies comme l'introduction de nouvelles variétés destinées à augmenter les

rendements agricoles mais aussi la formation et l'encadrement des producteurs aux bonnes pratiques qui pourraient améliorer leur efficacité. Les infrastructures sont généralement constituées de routes, de réseaux d'eau ou d'électricité qui facilitent l'accès aux domaines de culture. L'irrigation quant à elle, permet la double culture indépendamment de la pluviométrie. Or les dépenses relatives à ces travaux sont colossales face à une population rurale caractérisée par un faible niveau de revenu. L'Etat est donc obligé d'engager ces investissements s'il aspire à promouvoir l'agriculture et à développer le niveau de production dans ces pays.

Le Sénégal ne déroge pas à cette réalité décrite ci-dessus. La vallée du fleuve Sénégal constitue le domaine de prédilection pour la riziculture irriguée. Cependant cette culture du riz nécessite des aménagements préliminaires. Le coût de ces derniers à l'hectare varie entre 1 000 000 et 7 000 000 francs CFA (SAED, 2002) selon le mode d'aménagement (aménagement neuf ou réhabilitation) ou le type d'aménagement (périmètre irrigué villageois, aménagement intermédiaire ou grand aménagement). Le mode actuel de conception des aménagements fait que les PIV sont conçus de manière moderne. Ce qui fait qu'il est possible de voir un périmètre petit par la taille mais qui a un coût d'aménagement qui avoisine celui des grands aménagements construits dans le passé. Le revenu moyen annuel total d'un riziculteur dans la vallée est estimé à 692 446 francs CFA<sup>9</sup>. Ce qui veut dire qu'il est inconcevable voire inimaginable que ces producteurs engagent les dépenses sur leurs fonds propres. L'accès au crédit est difficile dans cette zone du fait de plusieurs contraintes (Fall, 2008). C'est ce qui justifie en partie l'intervention de l'Etat dans cette localité. A la question de savoir maintenant ce qu'il faudra faire pour augmenter la production et la productivité en Afrique, un groupe de chercheurs africains y a répondu<sup>10</sup>. Selon eux, il faut un environnement favorable à l'investissement et le gouvernement a besoin d'investir plus dans les biens publics en routes dans les milieux ruraux, dans la recherche agricole et dans les services de développement, l'éducation rurale, l'eau potable et la couverture sanitaire. Les accords de Maputo en 2003, réitérés à Malabo en 2014, ont abouti à ce que les pays africains allouent au moins 10 % de leur budget national pour augmenter la croissance agricole de 6 % par an. La politique de subvention des intrants a été suggérée pour corriger les défaillances du marché.

---

<sup>9</sup> Calcul effectué à partir de la base de données concernant les statistiques sur le riz en 2009 collectées par l'ISRA et le Centre du Riz pour l'Afrique.

<sup>10</sup> Document préparé par le Secrétariat de Africa Progress Panel en collaboration avec le Future Agriculture Consortium lors d'un panel organisé en 2010 et réunissant des chercheurs africains et britanniques. Le thème était « Accroître la productivité agricole en Afrique : options pour action, et le rôle des subventions ». Les auteurs principaux sont Steve Wiggins et Henri Leturque

Il faut aussi reconnaître que ce travail de synthèse présente des limites. La majeure partie des résumés qui y figurent ont le plus traité de l'impact de l'intervention de l'Etat sur la production et sur la croissance de la productivité que sur l'efficacité technique. La raison est que les travaux ayant étudié l'effet des investissements publics sur l'efficacité technique semblent manquer. Il est important de remarquer que ce concept d'efficacité n'est apparu qu'avec les travaux de Koopmans (1951) et de Debreu (1951). Plus tard, Farrell (1957) distingua la notion d'efficacité technique à celle d'efficacité allocative. Du point de vue sémantique, ces termes sont proches de la productivité qui est plus étudiée. Les travaux qui se sont intéressés à la notion d'efficacité se sont majoritairement focalisés sur sa méthodologie d'estimation ainsi que sur ses déterminants. Et généralement les facteurs déterminants de la croissance de la productivité le sont aussi pour l'efficacité. L'autre limite de taille est l'insuffisance d'études qui ont spécifiquement traité l'impact des dépenses publiques sur ces variables résultats dans la filière riz. La production agricole peut renfermer plusieurs spéculations qui parfois peuvent ne pas suivre la même logique de production et les mêmes exigences. Cependant beaucoup d'études synthétisées ont porté sur des pays comme la Chine, l'Inde, la Thaïlande, le Pakistan dans le domaine de l'agriculture. Or ces pays constituent les plus grands producteurs mondiaux de riz qui est leur culture principale. Ce qui veut dire que les conclusions obtenues dans le domaine de l'agriculture en général sont applicables dans la filière riz pour ces pays. La dernière critique formulée à l'endroit de ce travail va dans le sens de la méthodologie élaborée par les auteurs des travaux étudiés pour évaluer l'impact des investissements publics. En effet, la plupart d'entre eux ont utilisé des données macroéconomiques en séries temporelles et ont fait une évaluation à l'aide de modélisation paramétrique. Les principales méthodes d'estimation ont été la méthode des moindres carrés ordinaires, le modèle à correction d'erreurs, l'estimation en données de panel, etc. Or le problème fondamental de l'évaluation demeure l'impossibilité d'observer le contrefactuel correspondant à tout changement induit par une intervention quelconque. En d'autres termes, quelle serait la situation d'un individu donné, soumis à un traitement, s'il ne l'avait pas été ? vice versa. Pour mesurer l'impact d'une intervention sur une variable bien donnée, il est important de savoir ce qu'aurait été cette dite variable si l'intervention n'avait pas eu lieu. La non prise en compte de ce contrefactuel dans l'évaluation pourrait conduire à une sous-estimation ou une surestimation de l'effet de l'intervention sur le facteur impacté. Alene et Hassan (2003), de même que Jha et al (2007) et antérieurement Taylor et al. (1986) ont utilisé une approche comparative en faisant intervenir deux groupes distincts. Cependant leur méthodologie n'a pas été assez rigoureuse pour prendre en compte les caractéristiques

observables et inobservables relatives aux membres de chaque groupe. Autrement dit, il fallait s'assurer au préalable que les deux groupes sont identiques ou pas en termes de caractéristiques observables et que la différence de résultat serait induite par le traitement. Ou à défaut, utiliser la méthode de la variable instrumentale si l'accès au programme repose sur des caractéristiques que l'évaluateur ne peut observer. Or cette non prise en compte de ces paramètres est source d'un biais de sélection qui pourrait altérer la valeur des résultats obtenus ainsi que leur significativité.

# Chapitre II : L'intervention publique dans la production rizicole de la vallée du fleuve Sénégal

*Loin de plaider pour un État minimal, il nous paraît hors de doute que, dans une société évoluée, le gouvernement doit se servir de son pouvoir fiscal pour assurer un certain nombre de services qui, pour diverses raisons, ne peuvent être fournis, de façon adéquate par le marché.*

Friedrich von Hayek, Droit, législation et liberté, p. 49, [1979] 1983.

## 1. Introduction

Depuis l'indépendance à nos jours, le Sénégal a mis en œuvre une série de politiques macro-économiques aux implications diverses pour le secteur agricole, et suivant des séquences temporelles déterminées par des contraintes et des mutations internes et externes auxquelles le pays, à chaque étape, a dû s'ajuster (Dieng et Gueye, 2005). Ces mesures visaient en grande partie à améliorer les conditions de vie des populations par l'augmentation de leur niveau de revenu et l'instauration d'une sécurité (voire souveraineté) alimentaire. En dehors de celle arachidière, la filière céréalière a été celle qui a reçu le plus d'attention de la part du secteur public. Le concept de filière peut s'interpréter comme étant un système d'agents qui concourent à produire, transformer, distribuer et consommer un type de produit (Duteurtre et al, 2008). En effet les céréales (mil, riz et sorgho) constituent les principales cultures de subsistance des populations rurales. Le riz en particulier, tel susmentionné, a fait l'objet d'une discrimination positive dans le cadre des politiques mises en œuvre par les différents gouvernements. Le cadre spatial ciblé a été la vallée du fleuve Sénégal du fait du potentiel physique qu'il renferme.

L'objectif de ce chapitre est de décrire les différentes formes d'intervention effectuées par l'Etat du Sénégal dans la vallée du fleuve Sénégal pour accroître la production rizicole. Ainsi, ce travail est organisé en deux parties :

- D'abord il sera question de passer en revue les mesures prises par l'Etat au niveau de la vallée concernant le secteur rizicole ;
- Ensuite il s'agira d'étudier les investissements publics en termes d'aménagements hydro agricoles consentis dans cette zone Nord du pays.

## **2. Les politiques publiques menées dans la filière rizicole**

Depuis son accession à la souveraineté internationale, le Sénégal, de par ses gouvernants, a mené plusieurs politiques dans l'agriculture en général et dans la filière rizicole en particulier afin d'atteindre les objectifs fixés en matière de croissance économique et d'amélioration du niveau de vie des populations. Cette section fait un survol des mesures qui ont semblé être les plus cruciales dans le domaine rizicole.

### **2.1 Avant la Nouvelle Politique Agricole**

Cette période s'intègre dans ce qu'il est convenu d'appeler la période des filières administrées qui s'étend depuis l'accession du pays à la souveraineté internationale jusqu'à l'instauration de la Nouvelle Politique Agricole. Le mode opératoire de l'Etat en matière d'intervention est le recours à la planification économique pilotée par un Etat promoteur du développement agricole (Duteurtre et Dieye, 2010).

Le système de production de la vallée du fleuve Sénégal est intensif, faisant appel à des aménagements hydro agricoles et à des techniques améliorées et orientées vers le marché (Fall, 2010). Cette intensification de la culture irriguée à savoir généralement le recours à la motorisation exigeait de gros moyens et des changements importants dans les modes de production paysanne. L'intensification dans le domaine de la riziculture date des années 1970 et est due à un concours de circonstances. Pour ce qui est de la culture irriguée, déjà en 1957, la faiblesse de la pluviométrie dans le Delta (200 à 300 mm) et l'existence de grandes cuvettes argileuses et salées ont favorisé son développement en milieu paysan (Le Gal et Dia, 1991). Elle a été initiée afin de promouvoir une production de substitution des importations. À partir de 1974, se développe l'intensification de l'agriculture irriguée, avec la maîtrise de l'eau, et surtout son extension à l'ensemble de la vallée (Le Roy, 2011). Ce qui change avec cette intensification à partir de 1975, est l'apparition, puis l'extension rapide, d'une production agricole insérée dans les circuits monétaires et dépendante de facteurs de production

(motopompes, gasoil, engrais, pesticides) marchands et importés (Mathieu, 1991). Cette production s'effectue sous une forme sociale hybride : ni vraiment traditionnelle, ni vraiment marchande ou capitaliste, quoiqu'elle dépende directement de facteurs de production modernes (gasoil, engrais, motopompes) et marchands. L'introduction de la culture irriguée répondait plus à l'origine à un objectif national qu'à une volonté de développement régional (Jamin, 1986). Cette vision découlait d'un souci politico économique visant à asseoir fortement le développement de la culture irriguée dans un milieu où les traditions agraires s'articulaient autour du pluvial et de la décrue. La culture irriguée, grâce aux rendements escomptés, devait à la fois couvrir les besoins vivriers et fournir les revenus monétaires que l'on allait chercher habituellement à l'extérieur (Lericollais et Sarr, 1993). Elle résultait également de la volonté de l'Etat de contrôler et d'orienter le processus de développement vers la réalisation des objectifs économiques fixés à travers les différents plans (Lericollais et Dia, 1995). Il s'agissait de produire dans des grands aménagements du riz pour nourrir le Sénégal ; le développement de l'agriculture des paysans du fleuve était un aspect plutôt secondaire, puisque l'essentiel des efforts fut porté sur le Delta, relativement peu peuplé. Ce qui faisait qu'il existait moins de litiges fonciers, contrairement à la Moyenne Vallée. En outre, le choix du Delta n'était pas fortuit car cette contrée offrait des conditions naturelles jugées plus favorables. La mise en valeur du Delta poursuivait principalement deux objectifs : d'une part, une option de colonisation agricole et de peuplement de la zone et d'autre part, une intervention massive de l'Etat à travers de grandes sociétés publiques (Seck, 2009). Tout était question de formation, d'organisation et de gestion, autrement dit, de mise au travail de la population riveraine. Le mil et le sorgho qui étaient les spéculations majeures de la zone battent de l'aile du fait de la mauvaise pluviométrie et de la faible décrue des années 1970. Les habitudes culturelles et de consommation changent alors en faveur du riz. Cependant cette entrée dans l'ère de l'irrigation nécessitait des moyens colossaux pour prendre en charge certains coûts afférant à la production (coûts d'aménagements, d'irrigation, achat de matériels agricoles, etc.), mission quasi impossible pour les exploitations familiales à cause de la faiblesse de leurs disponibilités financières. C'est ainsi que l'Etat est intervenu dans la filière à différents niveaux (Bonfond et Raymond, 1983) :

- Il subventionne les engrais en prenant en charge une part importante des charges de production des paysans ;
- Il finance le fonctionnement de la Société Nationale d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED) ;

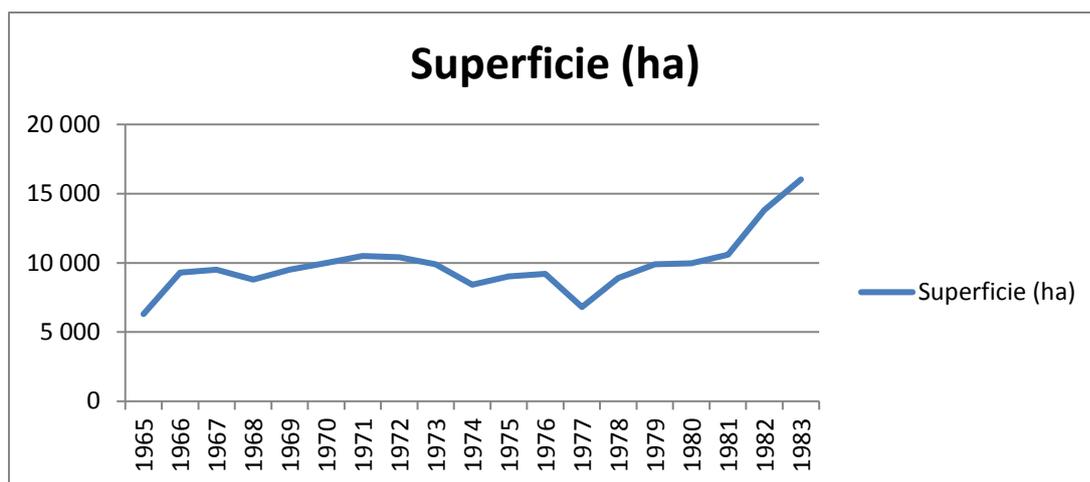
- Il intervient dans la formation du prix du riz au consommateur par le biais de la Caisse de Péréquation et de Stabilité des Prix (CPSP).

La SAED, instrument d'intervention de l'Etat, a été créée sous forme d'établissement public à caractère industriel et commercial avec comme objectif de développer la riziculture irriguée dans le Delta pour sécuriser l'approvisionnement en riz des populations, en particulier des populations urbaines (Quatrida, 2009). Elle remplissait plusieurs fonctions : choix des sites à aménager et l'aménagement proprement dit, fonction d'encadrement, d'irrigation et façons culturales, de battage, d'usinage et d'encadrement. Elle prenait ainsi en charge les opérations culturales motorisées, les semences, les engrais, les produits phytosanitaires. En d'autres termes, elle fournissait les intrants (semences, engrais, herbicides, etc.) et le travail du sol (labour, travail avec l'offset<sup>11</sup>). A partir de 1972, son intervention s'est étendue jusqu'en Moyenne Vallée et en Haute Vallée en 1974 pour répondre à la grande sécheresse des années 1970 et aux politiques étatiques visant l'autosuffisance alimentaire notamment pour les céréales (Quatrida, op.cit.). L'ensemble des dépenses d'exploitation s'effectuaient à crédit et le total était facturé en fin de campagne. Le recouvrement des dettes était assuré par les intendants de la société qui effectuaient après chaque campagne, des tournées répétées dans tous les villages auprès des présidents de coopératives ou de Sections d'Utilisation du Matériel Agricole (SUMA). Il a été instauré le phénomène de la double riziculture, l'extension des terres cultivables et l'augmentation de l'intensité culturale afin de stimuler la production. L'irrigation s'est développée en Haute et Moyenne Vallée via la SAED sous le modèle de Périmètres Irrigués Villageois (PIV). Selon Lavigne – Delville, ces derniers sont de petits aménagements de 20 ha environ, de pompage sur fleuve, divisés en parcelles familiales et gérés par un groupement de producteurs d'une cinquantaine de membres.

La figure 1 retrace l'évolution des superficies cultivées en riz depuis la création de la SAED jusqu'à la période d'avant l'instauration de la Nouvelle Politique Agricole (NPA).

---

<sup>11</sup> Pulvérisateur à disques



**Figure 1 : Evolution des superficies cultivées en riz de 1965 à 1983**

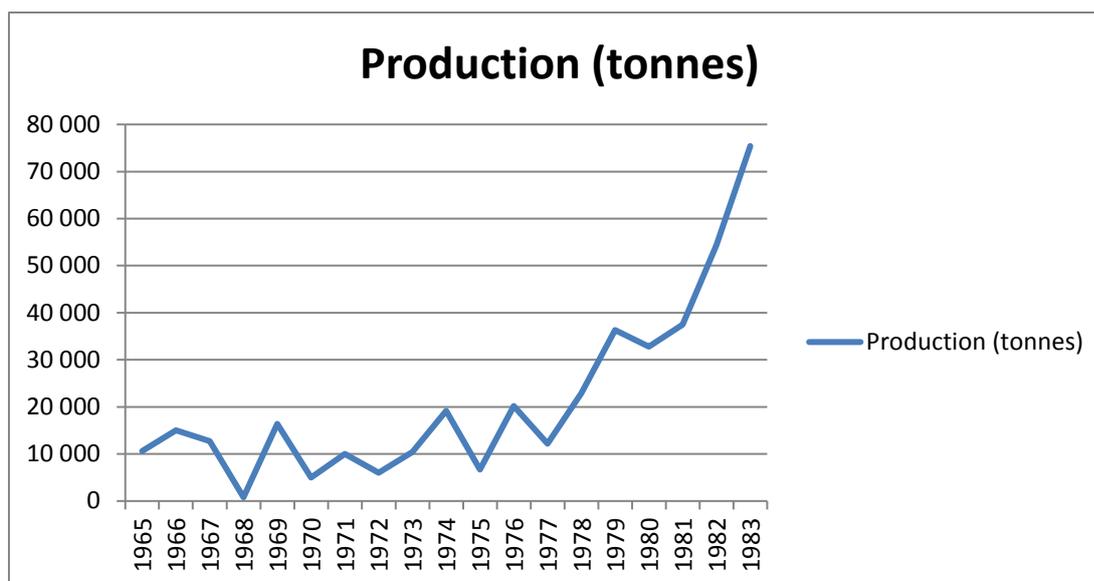
**Source : d'après données de la SAED**

Trois tendances peuvent être dégagées au vu de la courbe :

- Une phase ascendante de 1965 à 1967 ;
- Une phase descendante de 1967 à 1977 ;
- Une phase ascendante de 1977 à 1983.

Le paradoxe ici réside dans le fait que l'un des objectifs de l'Etat était l'augmentation des terres cultivées en riz. Or le constat est tout autre sur l'intervalle de temps le plus long (1967 – 1977). Les raisons de ce phénomène seront abordées dans les développements à venir. Il est important de faire la distinction entre les terres potentiellement exploitables (aménagées) et celles effectivement mises en valeur. L'objectif d'extension des terres cultivables que s'était fixé la SAED n'a pas été atteint. Force est de reconnaître que la culture irriguée n'a pris de l'envergure qu'à partir de 1974. Il est probable que les effets des activités de la SAED puissent être ressentis bien après.

La figure 2 fait état de l'évolution de la production rizicole dans la vallée du fleuve Sénégal durant la période considérée antérieurement.



**Figure 2 : Evolution de la production de riz dans la VFS de 1965 à 1983**

**Source : d'après données SAED**

L'évolution de la production s'est faite en dents de scie avec une tendance ascendante durant la période d'étude. La production moyenne s'élève à 21 288 tonnes avec des extrema de 8000 tonnes en 1968 et 75 409 en 1983. L'écart type est de 18 806. Cet indicateur de dispersion élevé vient confirmer le caractère irrégulier de l'évolution de la production. L'enseignement qui pourrait en découler serait une non maîtrise du cycle de production ; En effet, malgré l'encadrement de la SAED, la fourniture d'intrants et les aménagements effectués, la production reste toujours tributaire de certaines contraintes notamment l'insuffisance de moyens et le manque de formation des riziculteurs<sup>12</sup>. Le choc pétrolier intervenu en 1979 n'a pas semblé provoquer un effet de substitution du riz importé par celui local. La production locale a même diminué entre 1979 et 1980. La politique d'extension de la riziculture irriguée aussi a échoué car comme constaté précédemment, les superficies cultivées ont diminué durant l'intervalle de temps le plus long. Les attentes devraient être une hausse remarquable du niveau de la production du fait de cet élargissement. Or la production a évolué de manière erratique. Sur les périmètres gérés par la SAED, les paysans ont été organisés en groupements de producteurs à l'échelle de la maille hydraulique, eux-mêmes inclus dans des sections villageoises relevant du système coopératif national. Les relations entre les structures de développement et les adhérents individuels devaient s'en trouver facilitées. Cette organisation

<sup>12</sup> Un président d'OP nous a fait part lors d'un atelier qu'un producteur lui avait avoué qu'il s'était rendu compte qu'il n'avait jamais cultivé correctement du riz après avoir reçu une formation sur les bonnes pratiques culturales.

laissait peu d'autonomie aux agriculteurs et posait de nombreux problèmes : endettement des producteurs, retards d'approvisionnement, mauvais entretien des aménagements, charges de structures et coûts de productions élevés, etc. Ce qui a poussé l'Etat à réagir en instaurant différentes mesures qui ont conduit à son désengagement et la mise en place de la NPA.

## **2.2 La Nouvelle Politique Agricole dans la VFS**

La NPA a été définie par le gouvernement du Sénégal lors des conseils interministériels du 25 mars et du 16 avril 1984 (NPA, 1984). Le constat qui a sous-tendu cette réflexion est que le progrès dans l'agriculture était jugé insuffisant par rapport à l'ensemble des moyens consentis dans ce secteur. Il fallait donc s'asseoir et faire le bilan des politiques menées jusque-là afin de réorienter l'intervention publique pour une redynamisation de l'agriculture en général. Cette nouvelle mesure initiée par l'Etat marque son désengagement et son choix pour des mécanismes de régulation des échanges centrés sur le fonctionnement « idéal » des marchés : vérité des prix d'équilibre, correction des distorsions induites par les subventions, etc. Cette idée semblait épouser la théorie néoclassique qui soutient que le marché possède des mécanismes d'ajustement naturels et que toute forme d'intervention publique serait synonyme de rigidités et donc d'imperfections. Une posture adoptée par l'autorité publique qui va à l'encontre du courant de pensée économique qui prévalait et de la forme d'Etat en vigueur. C'est ainsi qu'il a été redéfini dans le chapitre 2 de la deuxième partie du document le mode d'encadrement et l'organisation des structures de développement rural. Naturellement le rôle de la SAED va changer au niveau de la vallée. Sa mission qui était de réaliser les aménagements et d'encadrer les producteurs va être transformée en une mission de service public centrée principalement sur le pilotage du développement et de la gestion des grosses infrastructures hydro – agricoles dont elle assure, pour le compte de l'Etat, la maîtrise d'ouvrage déléguée. Les grands aménagements qu'elle mettait en place sont redimensionnés en PIV et sont confiés aux populations. Le processus de désengagement est alors enclenché. C'est une politique de décentralisation que la société va mener en responsabilisant davantage les paysans tout en réduisant ses coûts d'intervention et d'investissements. La Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal (CNCAS) a été créée en 1987 pour prendre en charge de manière plus responsable et plus organisée les besoins financiers des producteurs de la vallée en général et des riziculteurs en particulier. En effet, comme souligné plus haut, la SAED fournissait les intrants aux riziculteurs qui se devaient de payer à la récolte. Les problèmes qui en ont découlé ont été des défauts et des incapacités de paiement. Par la suite, l'Etat s'est rendu compte que cette situation ne pouvait plus continuer. Pour ce qui est des

aménagements, la SAED les faisait sans aucune contrepartie financière de la part des riziculteurs bénéficiaires. Un producteur par exemple de Dagana pouvait bénéficier d'un aménagement de 10 ha d'une valeur de 40 millions sans rembourser aucun franc, l'ensemble des charges étaient supportées par l'Etat, donc par le contribuable sénégalais. Or ce dernier n'est pas censé percevoir directement les retombées de cet investissement. Ce qui non seulement accroît le poids de la dette publique mais également peut susciter un phénomène d'aléa moral de la part du bénéficiaire. Il est impossible de jauger le degré de motivation du bénéficiaire pour l'entretien et l'exploitation de cet investissement. Ne fournirait-il pas plus d'efforts s'il avait utilisé ses propres moyens pour l'aménagement ? Avec la CNCAS, la donne va changer. L'Etat trouve les moyens financiers à partir de ses bailleurs extérieurs pour doter la CNCAS. Celle-ci demande aux producteurs de s'organiser en groupements pour pouvoir bénéficier de crédit pour leurs activités. Chaque producteur s'engage par l'intermédiaire du groupement auquel il appartient à rembourser une partie de ce crédit. Toutefois c'est toujours l'Etat qui s'occupe du financement de l'aménagement des périmètres de culture. En cas de défaut de paiement, la parcelle du concerné est soit confisquée par le groupement et confiée à quelqu'un d'autre, soit il est sommé au concerné d'y cultiver mais il sera déduit, à la récolte, la valeur de la dette avant qu'il ne puisse en faire quoi que ce soit. Le principe de la caution solidaire est appliqué, c'est-à-dire même si quelqu'un ne peut pas payer la part du crédit qui lui incombe, l'organisation paysanne est obligée de trouver les moyens pour honorer l'engagement tenu avec l'institution financière. Après cela, en interne, elle applique le schéma décrit plus haut pour faire rembourser le débiteur incapable. L'Etat finalement ne sert en quelque sorte que d'intermédiaire et de garant de paiement entre les bailleurs de fonds extérieurs que sont les partenaires techniques et financiers et les producteurs débiteurs. Six ans après l'instauration de la NPA, les grands aménagements et les aménagements intermédiaires qui n'étaient pas neufs ont été réhabilités avant d'être transférés aux producteurs. Au préalable, les exploitants sont regroupés en unions hydrauliques comprenant plusieurs OP issues de plusieurs villages. L'union hydraulique qui a en charge le périmètre est liée à la SAED par un contrat de concession. Elle doit s'occuper de la maintenance des infrastructures hydrauliques et des stations de pompage, la gestion et la fourniture de l'eau aux irrigants. En contrepartie, les exploitants lui paient une redevance hydraulique à l'hectare par campagne (le règlement se fait avant le début de la campagne) et doivent approvisionner en plus un compte de dépôt à terme pour le renouvellement des

équipements. Il arrive des cas où ce dépôt à terme s'avère insuffisant pour acheter un nouveau matériel ou remplacer un matériel complètement défectueux<sup>13</sup>.

Les figures 3 et 4 ci-dessous retracent respectivement l'évolution des superficies cultivées et le niveau de la production de riz après l'instauration de la NPA jusqu'à l'année d'avant la libéralisation des importations. Le constat visuel est que les superficies cultivées et la production ont connu quasiment le même rythme de croissance. La nouvelle organisation de la filière proposée par les services publics semble porter ses fruits. Il a été enregistré une augmentation plus que proportionnelle de la production par rapport aux superficies. D'où une amélioration des rendements. Entre 1965 et 1983, la production moyenne à l'hectare était de 2,01 tonnes avec un rendement minimal de 0,09 tonne à l'ha en 1968 et un maximum de 4,71 tonnes à l'ha en 1983. De 1984 à 1995, la production moyenne à l'hectare se situe à 4,73 tonnes avec un rendement minimal de 4,22 tonnes à l'ha en 1995 et un maximum de 5,19 tonnes à l'ha en 1991. Selon Lavigne – Delville (1989), les mesures prises après l'instauration de la NPA ont engendré en l'espace de deux ou trois ans, une augmentation de 50 % des charges monétaires de l'irrigation dans les PIV. Comment se fait – il que la production et les superficies cultivées aient augmenté alors que les producteurs ont supporté davantage de coûts de production du fait du transfert vers eux de certaines charges par la SAED ?

---

<sup>13</sup> Une collègue m'a raconté que lors d'une de ses missions dans la vallée, certains producteurs de Gaya, Gambou Thillé et Bokhol qui sont dans le périmètre Dagana B lui ont confié que cela va faire deux ans qu'ils n'ont pas cultivé. La raison est que leur pompe est tombée en panne. Ils ont vidé leur compte à terme qui s'élevait à 15 millions pour les réparations. Malheureusement, la machine n'a pas été réparée et il leur faut 80 millions pour acquérir une nouvelle. La CNCAS refuse de leur octroyer un crédit car elle affirme qu'elle n'est pas habilitée à fournir un crédit d'investissement et la SAED fait la sourde oreille.

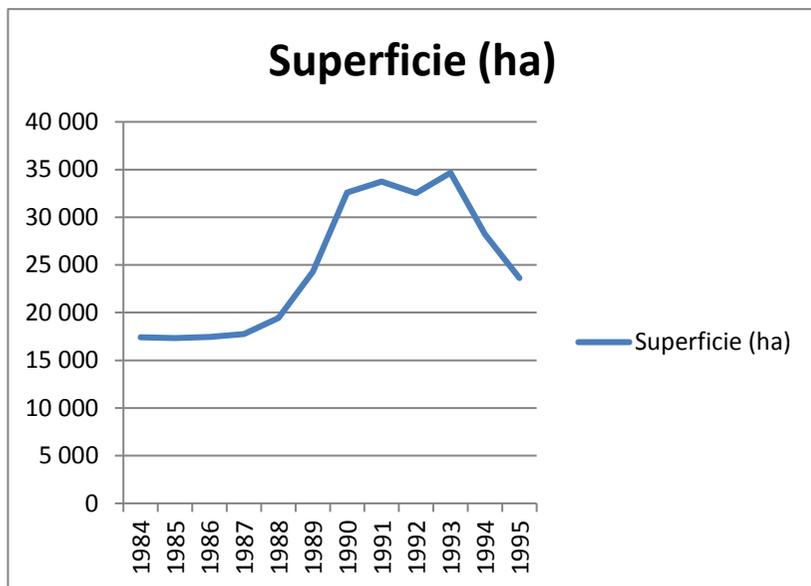


Figure 3: Evolution des superficies cultivées en riz de 1984 à 1995

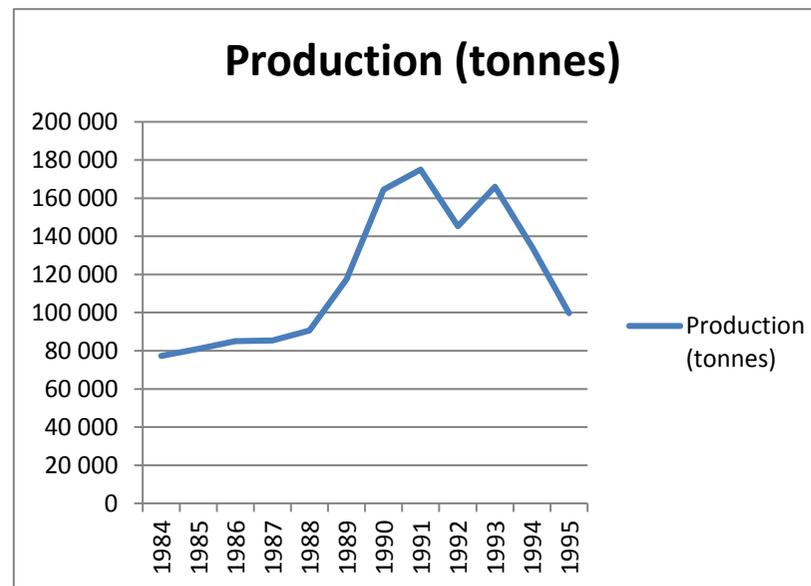


Figure 4: Evolution de la production de riz dans la VFS de 1984 à 1995

Source : d'après données de la SAED

Lavigne – Delville a trouvé un élément de réponse. Le riz a fini de prendre une place prépondérante dans les habitudes de consommation des autochtones. Duesenberry (1949) avance une théorie selon laquelle les ménages sont tentés de garder constant leur niveau de consommation même si leurs revenus diminuent du fait de l'habitude. Dans la vallée du fleuve Sénégal, la production de riz sert d'abord à rembourser le crédit contracté, le reste est autoconsommé, si les besoins de consommation du ménage sont couverts, la production non contrainte selon Gergely et Baris (2009) à savoir le reliquat est vendu. Les deux premières affectations sont donc primordiales et peuvent être assimilées à la consommation incompressible chez Keynes. Il ne fallait donc aucunement la réduire. La réponse de Lavigne – Delville est que les flux financiers provenant des émigrés ont été d'un soutien remarquable et ont permis de prendre en charge les coûts d'irrigation. Et aussi la hausse des coûts a été jugée brutale car la vérité des prix n'était pas appliquée du fait de l'intervention de la SAED. Après son allègement de certaines charges, les coûts ont retrouvé leur niveau normal qui devrait être supporté par le producteur en dehors de toute subvention. La mise en place d'organisations paysannes dynamiques a aussi fortement contribué à l'augmentation de la production après la NPA (Duruflé, 1995). En effet celles-ci ont été et continuent d'être les gages d'accès à un crédit de campagne ou d'autres formes d'intervention de l'Etat pour les riziculteurs membres. Elles ont été le socle des réussites enregistrées dans la zone au niveau de la filière rizicole. Dans tous les milieux où l'autorité publique choisit d'intervenir, elle demande au préalable aux concernés de s'organiser pour avoir d'abord un interlocuteur crédible et officiel, ensuite pour optimiser ses ressources allouées en touchant le maximum de population.

La dévaluation du franc CFA est intervenue en janvier 1994. Elle marque le passage au double de la parité entre le franc français et le franc CFA. La monnaie locale perd la moitié de sa valeur et celle des importations doublent. Les anticipations devraient être une baisse drastique des importations de riz au profit de la production. Or il semblerait que c'est l'effet contraire qui s'est produit. La production nationale (respectivement celle de la vallée) qui était sur une pente ascendante depuis 1992 a commencé à chuter à partir de 1994 jusqu'en 1997. Par contre le volume des importations est passé de 327 814 tonnes en 1993 à 387 516 tonnes en 1994 pour se retrouver à 627 215 tonnes en 1995. L'enseignement à tirer est qu'il n'y a pas eu d'effet de substitution conséquent entre le riz importé et le riz local qui aurait permis aux riziculteurs d'augmenter de manière importante leur offre. Les conséquences de la dévaluation au niveau de la filière ont été les suivantes selon Fall (2010) : le renchérissement

du coût des facteurs de production de 40 %, la déstabilisation de la filière, la baisse des marges des producteurs, le manque de moyens de concertation, de coordination et d'information. Ces effets ont conduit à une baisse des superficies cultivées, des rendements et de la production, à l'abandon de la plupart des aménagements sommaires réalisés par les producteurs privés dans le delta. Ce qui veut dire que ce choc de 1994 a plus impacté les prix des facteurs de production que celui du riz importé. Ce qui fait que le report de la consommation du riz importé sur le riz local ne s'est pas produit automatiquement.

Malgré toutes les réformes occasionnées par l'instauration de la NPA, les décideurs publics n'ont pas eu les effets escomptés et d'autres mesures s'imposaient selon leur appréciation.

## **2.3 La libéralisation de la filière**

Elle a été instaurée par l'Etat du Sénégal dans un souci de revitalisation de l'économie et de lutte contre la pauvreté (PNUE, 2005). La libéralisation constitue une suite du processus de désengagement de l'Etat de l'ensemble des charges concernant les différents maillons de la chaîne du riz local, de la production à la consommation en passant par la transformation et la commercialisation. Pour rappel, le désengagement enclenché à partir de 1987 concernait principalement la production. A partir de 1996, le processus est achevé à la suite de mesures prises par l'Etat concernant la transformation du riz local et la commercialisation du riz importé et local. Avant la libéralisation, des mesures incitatives (en faveur de la production locale) et contraignantes (à l'endroit des importations de riz) avaient été prises afin de faire croître le niveau de production du riz local :

- Des taxes ad valorem ont été appliquées sur les importations de riz brisé pour favoriser la production locale ;
- Le quota des importations était fixé à 340 000 tonnes par an, le monopole de l'achat du riz brisé étant détenu par la Caisse de Péréquation et de Stabilité des Prix (CPSP) ;
- L'Etat, via la CPSP, achetait l'intégralité de la production locale. Les producteurs locaux parvenaient donc à écouler l'intégralité de leurs stocks.

Cependant, l'Etat et les bailleurs de fonds se sont rendus compte de l'inefficacité de ces mesures pour atteindre les objectifs recherchés dans la NPA. En plus, même si l'ajustement structurel a permis dans une certaine mesure d'assainir les finances publiques des pays concernés, il n'a pas réussi à les rendre plus compétitifs au niveau du marché international. L'idée a été de dévaluer le franc CFA de moitié afin de relancer les exportations pour

favoriser l'entrée supplémentaire de devises. A partir de 1994, suite à ces constats d'échec et aux conséquences drainées par cette nouvelle parité, l'Etat, dans sa Lettre de Politique de Développement Agricole, a mis en place le Programme d'Ajustement Sectoriel Agricole (PASA). Les grandes orientations de politique de Développement Agricole pour les moyen et long termes ont été définies en cohérence avec la stratégie de développement macro-économique mise en œuvre dans le nouveau contexte de modification de la parité du franc CFA en Janvier 1994 (PASA, 1995). Le programme s'est fixé un certain nombre d'objectifs en vue de rendre l'agriculture plus productive et plus compétitive. Il s'agit de réaliser un taux de croissance annuel agricole de 4 %, d'améliorer la sécurité alimentaire et d'accroître les revenus en milieu rural et de générer des emplois. Les engagements du Gouvernement ont été les suivants :

- Libéraliser les prix et la commercialisation intérieure et extérieure des produits et des intrants agricoles ;
- Se désengager au profit du secteur privé de toutes les activités marchandes afin de se consacrer aux missions de service public telles que la définition de politiques, la recherche agricole, la vulgarisation, le suivi-évaluation, les missions de police et de gestion des calamités naturelles ;
- Définir et mettre en place un cadre juridique assurant la sécurisation foncière des exploitations agricoles ;
- Favoriser la création d'un cadre incitatif à l'investissement privé ;
- Veiller à la mise en œuvre et au suivi de programmes de dépenses agricoles d'investissement et de fonctionnement compatibles avec les ressources budgétaires disponibles.

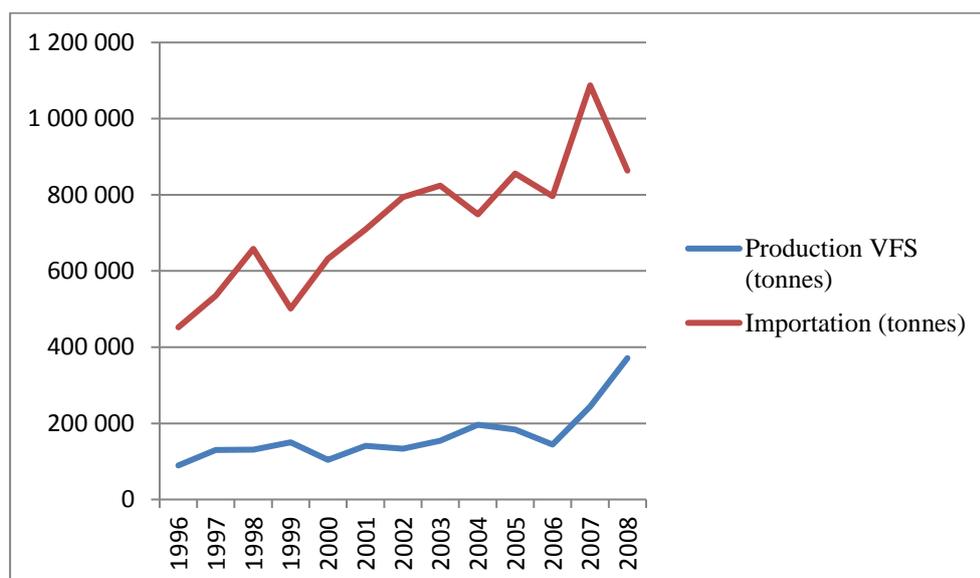
En juin 1994, la SAED et la CPSP se sont totalement déchargées de toute intervention au niveau de la filière du riz local. La libéralisation des importations du riz brisé est effective en février 1996 avec la suppression du monopole de la CPSP. Cette dernière sera dissoute par la suite avec l'instauration du Programme d'Ajustement Sectoriel de la filière Riz (PASR).

Il est important de signaler le changement de stratégie de l'Etat pour la satisfaction des besoins alimentaires des populations. L'objectif visé jusqu'avant la libéralisation était la réalisation de l'autosuffisance alimentaire. Cela veut dire que les besoins alimentaires de la population sont couverts grâce à la production nationale. Cette orientation correspondait au paradigme dichotomique qui prévalait durant cette période dans le monde. Après la fin de la

seconde guerre mondiale, deux blocs idéologiques se sont formés et ont dominé le monde : le bloc socialiste et celui capitaliste. Le Gouvernement sénégalais d'après indépendance était d'obédience socialiste. Cela sous entendait l'instauration de l'Etat – Providence qui est une forme d'État qui se dote de larges compétences réglementaires, économiques et sociales en vue d'assurer une panoplie plus ou moins étendue de fonctions sociales au bénéfice de ses citoyens. Cette nouvelle forme d'État s'affranchit de la conception libérale d'un État limité à des fonctions d'ordre et de sécurité. Cependant cette vision nécessitait beaucoup de moyens face aux multitudes de problèmes que rencontrait la population sénégalaise qui est à près de 70 % rurale et paysanne. L'Etat s'est endetté et a été contraint par les institutions de Bretton Woods d'abandonner certaines de ses pratiques. Ainsi, à un Etat – Providence, succède un Etat – Gendarme tel prôné par les classiques qui lui confèrent au plus trois fonctions à savoir la protection de la société contre la violence et l'invasion en provenance des autres sociétés, la protection de chaque citoyen contre l'injustice ou l'oppression de la part de tous les autres et enfin la construction et l'entretien des institutions et des ouvrages publics dont on ne peut pas attendre qu'un individu ou un petit nombre d'individus puissent les construire et les entretenir.

Avec la libéralisation, c'est le concept de sécurité alimentaire qui est mis en exergue. Ce qui veut dire que l'essentiel est de couvrir les besoins alimentaires des populations quelle que soit la provenance des biens de consommation. Les achats extérieurs de riz sont confiés à des opérateurs privés. Désengagement et libéralisation aussi étaient des tentatives de solutions apportées aux problèmes de leur temps. Le Sénégal, à l'instar d'autres pays, s'est confronté à des difficultés budgétaires chroniques au début des années 1980 pour les raisons évoquées plus haut. Ces pays ont fait appel aux bailleurs de fonds étrangers qui ont accepté de les aider sous condition de la mise en place de certaines mesures en l'occurrence l'ajustement structurel et la dévaluation du franc CFA. Bien que le vœu le plus ardent des gouvernants fût d'atteindre une autosuffisance alimentaire, cet objectif s'est révélé incompatible avec l'instauration d'une sécurité alimentaire car le haut niveau de protection nécessaire pour soutenir la production rizicole imposait un lourd tribut sur les couches les plus démunies du pays (Christensen, 1996).

La figure 5 fait une analyse comparative entre la production de la vallée et le volume des importations de riz sur la période allant de 1996 à 2008.

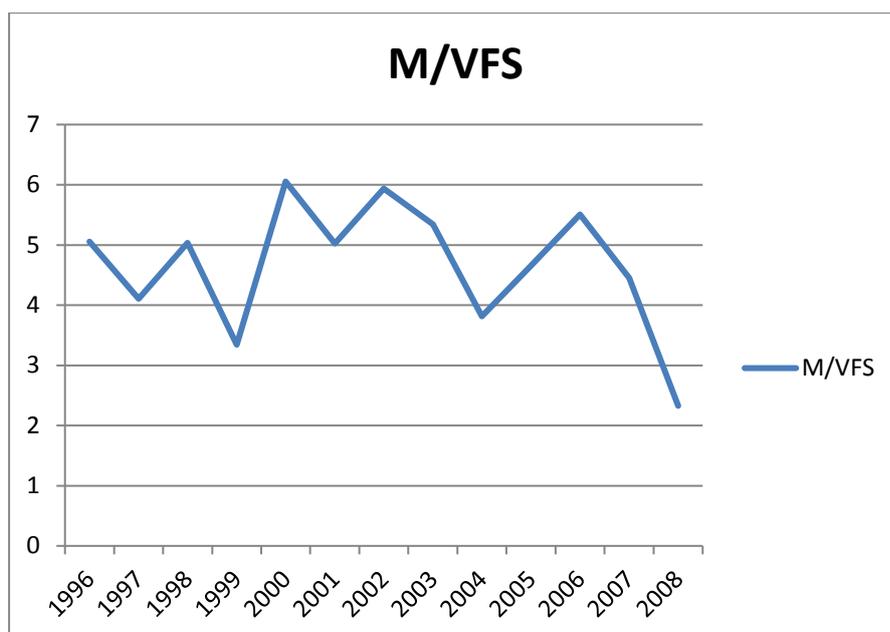


**Figure 5 : Evolution comparative des importations de riz et de la production de riz dans la VFS de 1996 à 2008**

**Source : d'après données SAED/DAPS/ANSD**

Force est de reconnaître que la production de riz au niveau de la VFS a connu et continue de connaître une hausse depuis 1996. Elle a été multipliée presque par quatre en l'espace de moins de 20 ans. La libéralisation n'a pas semblé avoir une incidence très néfaste sur la production de riz dans la VFS car elle n'a pas inhibé sa progression ascendante. Cependant malgré tous ces efforts consentis dans cette localité, la marche vers l'autosuffisance alimentaire qui est réapparue dans le discours des gouvernants depuis 2000 comme une priorité semble être un objectif difficile à atteindre. La VFS qui concentre l'essentiel de la production nationale est très loin de couvrir la demande nationale en riz. La zone de l'Anambé où se pratique la riziculture irriguée n'est pas compétitive (Perrin, 2003). Contrairement à l'Anambé, la Basse Casamance l'est mais la culture du riz est essentiellement pluviale et ne sert généralement qu'à l'autoconsommation. La production obtenue est très faible par rapport à la demande. Ce qui fait que le Sénégal est toujours obligé d'avoir recours à des importations massives de riz pour combler ce déficit en riz.

La figure 6 ci-dessous établit l'évolution du rapport entre les achats extérieurs de riz et l'output de la vallée du fleuve Sénégal sur la même période considérée précédemment :



**Figure 6 : Rapport entre importations et production de riz de la VFS de 1996 à 2008**

**Source : d'après données SAED/DAPS/ANSD**

Cette figure renseigne de l'évolution du rapport entre le volume des importations et celui de la production d'une même année depuis la libéralisation complète. L'allure décroissante de la courbe signifie une baisse du rapport au fil des années. La figure 5 a fait état de la même évolution croissante entre les importations et la production de riz dans la vallée. Ce qui veut dire que la baisse du rapport est imputable à une hausse plus que proportionnelle de la production locale par rapport aux importations. Est-ce un indicateur de performance de la riziculture dans la vallée ou le fruit d'un choc exogène ? La réponse peut être trouvée dans ces deux termes de l'alternative. Les paragraphes antérieurs ont essayé de montrer les performances enregistrées en termes d'augmentation de la production de riz dans la vallée depuis le début des années 1980 malgré les mesures d'austérité prises par l'Etat à l'égard du secteur rizicole. Les statistiques ont montré que cette production a presque quadruplé entre 1996 et 2008. Pour ce qui est des importations, le volume n'a même pas doublé durant cette période. Cette baisse de la croissance des importations ne résulte pas d'un engouement nouveau pour le riz local au détriment de celui importé mais plutôt d'une raréfaction de ce dernier au niveau du marché mondial. La commercialisation du riz sur la scène internationale est à caractère résiduel, c'est-à-dire que les pays exportateurs, à l'instar des autres biens alimentaires, satisfont leurs besoins en riz d'abord et vendent le reste (s'il y'en a) ensuite. Le riz importé est pour l'essentiel du riz brisé. Ce dernier constitue un sous-produit du riz entier.

Aujourd'hui la filière rizicole est régie par le chapitre 7 de la Loi d'Orientation Agro Sylvopastorale (LOASP) du 04 juin 2004 portant le décret d'application numéro 2008.1260. Elle regroupe l'ensemble de ses acteurs au sein d'une interprofession : le Comité Interprofessionnel de la filière Riz (CIRIZ). C'est un groupement d'organisations professionnelles représentatives de la production, de la transformation et de la commercialisation de produits (Duteurtre et al, 2008). Ce système d'organisation est soumis au système fiscal national en vigueur. Toutefois certaines facilités peuvent être consenties en vue de dynamiser un secteur comme le souligne l'article 36 de la LOASP.

## **2.4 Le Programme National d'Autosuffisance en Riz**

Le Sénégal est un pays à forte consommation de riz. La demande nationale pour cette denrée s'élevait à près de 800 000 tonnes en 2007, avec 106 milliards de F CFA pour les importations nettes. Le riz, à lui seul, est responsable pour 16 % du déficit de la balance commerciale. Depuis le début des années 2000, le marché mondial du riz est marqué par une forte baisse de l'offre. Seul 4 à 7 % de la production mondiale est commercialisée. Pire, la Chine est devenue importatrice et cliente de la Thaïlande qui approvisionne le Sénégal à hauteur de 75 % de ses importations. Avec la crise alimentaire intervenue en 2008, marquée par une raréfaction et un renchérissement des produits agricoles au niveau du marché mondial, l'Etat du Sénégal a tenté d'apporter réponse à cette crise alimentaire. C'est dans ce contexte que la GOANA, vaste plan d'urgence et programme stratégique visant à augmenter la production agricole afin de garantir la sécurité alimentaire et l'abondance, a été initiée par les autorités publiques en avril 2008. En prenant comme cadre institutionnel la LOASP et se fondant sur les orientations de politique contenues dans le deuxième Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté (DSRP2) et la vision émanant de la Stratégie de Croissance Accélérée (SCA), l'idée qui en a découlé était de nourrir le pays grâce à la production locale. Considérant les potentialités physiques, techniques et humaines des différentes zones agroécologiques du pays, le Gouvernement a mis en place une Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture à laquelle il adossa le PNAR. Dans ce cadre, un objectif de production de 1 000 000 tonnes de riz blanc compétitif et répondant aux goûts et exigences des consommateurs, à l'horizon 2012 est assigné à ce programme pour couvrir les besoins du Sénégal. Au-delà de l'autosuffisance alimentaire, la création d'un environnement incitatif pour l'implication du secteur privé constitue un défi majeur pour la croissance économique et

l'éradication de la pauvreté. Le constat sous-jacent est que malgré les progrès notoires enregistrés durant les dernières décennies, la filière rizicole nationale (irriguée et pluviale) présentait un certain nombre de contraintes à lever. Pour ce qui est de la filière irriguée (VFS et Anambé), les obstacles à l'obtention d'une riziculture performante sont les suivants : inaccessibilité au foncier et mauvaise gestion ; coûts d'aménagement élevés et vétusté des aménagements et des équipements d'irrigation ; pannes récurrentes du matériel agricole et absence de renouvellement ; dysfonctionnements dans l'approvisionnement en intrants ; difficultés de transformation ; difficultés d'accès au crédit ; attaques d'oiseaux granivores causant d'énormes pertes ; difficultés de commercialisation. Compte tenu de tous ces paramètres, la SNDR s'est fixée à la fois des objectifs quantitatifs et qualitatifs en vue de réduire graduellement (jusqu'à une suppression totale) les importations afin d'assurer une souveraineté alimentaire mais aussi de satisfaire les préférences des consommateurs et les exigences de compétitivité sur la scène internationale. Ainsi, pour atteindre l'autosuffisance en riz en 2012, l'Etat s'est assigné les objectifs quantitatifs ci-dessous :

- 2008 : 364 000 tonnes de riz blanc, soit 535 000 tonnes de paddy ;
- 2010 : 623 000 tonnes de riz blanc, soit 916 320 tonnes de paddy ;
- 2012 : 1 000 000 tonnes de riz blanc, soit 1 500 000 tonnes de paddy.

La stratégie à mettre en œuvre concernant les aménagements est de procéder durant ces cinq années à des activités de création, de réhabilitation, de récupération et de réfection d'aménagements tant au niveau de la VFS que dans le Bassin de l'Anambé. Ces travaux permettront d'aboutir aux résultats suivants :

**Tableau 1 : Etapes pour l'atteinte de l'autosuffisance en riz**

Année	Irrigué						Pluvial		TOTAL	
	VFS		Anambé		Total irrigué		Superf	Prod	Superf	Prod
	Superf (ha)	Prod (T)	Superf	Prod	Superf	Prod				
2008	55 000	341 000	7 500	34 000	62 500	375 000	80 000	160 000	142 500	535 000
2010	105 720	655 464	9 500	35 856	115 220	691 320	90 000	225 000	205 220	916 320
2012	175 580	1 088 596	20 500	87 884	196 080	1 176 480	131 000	327 500	327 080	1 503 980

Source : d'après données du PNAR 2009

La contribution de la VFS à la production totale sera respectivement de 64, 72 et 72 %. Ce qui atteste de l'importance des espoirs mis dans cette zone.

Pour ce qui est des objectifs qualitatifs, la finalité visée est double : satisfaire les exigences des consommateurs et assurer l'écoulement de la production locale. De ce fait il est envisagé de mettre en place un label qualité basé sur l'obtention d'un riz brisé et d'un riz entier homogènes et en quantité suffisante, disponible dans toutes les parties du pays durant toute l'année ; disposer d'un riz compétitif parce que de bonne qualité, à des prix concurrentiels par rapport au riz importé et rémunérateurs pour tous les acteurs de la filière. La quête de prix rémunérateurs surtout pour les producteurs reste une condition capitale pour la survie de la filière. En effet, le prix du kilogramme de paddy local est déterminé par arrimage au prix du kilogramme de riz importé<sup>14</sup>. Le motif brandi est de mesurer la compétitivité du produit local par rapport à celui importé. Ce qui fait que le premier est fortement dépendant des fluctuations du second. Ce qui suscite même des conflits d'intérêt entre consommateurs et producteurs locaux. Le consommateur sénégalais, fortement habitué au riz importé, a souvent tendance à revendiquer une baisse de prix. Ce qui n'arrange pas le producteur local. Cette diminution du prix du riz importé, entraînant la chute du prix du paddy, peut susciter un sentiment de découragement et une décision de quitter la branche au niveau du riziculteur s'il constate qu'il risque de ne même pas couvrir ses charges d'exploitation. Aussi le paradoxe est qu'il est fréquent de voir des riziculteurs exporter leur production vers la Mauritanie pour des raisons de mévente mais aussi parce que le prix proposé est plus rémunérateur. A l'opposé, en cas de conjoncture défavorable pour le consommateur (manque de riz, hausse du prix), le producteur local tire son épingle du jeu. Le cas de la crise de 2008 l'illustre, les consommateurs ne trouvant pas de riz importé, se sont rabattus sur le riz local. Ce qui a engendré une hausse considérable du prix de ce dernier.

Afin de parvenir aux objectifs fixés par le programme, il est aussi nécessaire de prendre en charge certaines préoccupations liées à la transformation par la création, le renforcement et la mise en place d'unités de transformation modernes et performantes capables d'assurer un triage, un calibrage et un blanchiment irréprochables du riz local. Les mesures d'accompagnement envisagées concernent la facilitation de l'accès au crédit d'investissement et de campagne, la poursuite de la politique de subvention des intrants et le développement d'une politique semencière adaptée. Le tableau 2 récapitule les dépenses prévisionnelles à engager pour atteindre les objectifs du PNAR :

---

<sup>14</sup>  $X = (PCH + VS - SR) * CT - (A + B + C + D)$  avec X = Prix de cession du paddy + sacherie ; PCH = Prix carreau usine en vrac du riz brisé (homologué) ; VS = Valorisation du son ; SR = Sacherie du riz blanc ; CT = Coefficient de transformation ; A = Transport du paddy par l'industriel du magasin de stockage à la rizerie ; B = Manutention, chargement et déchargement estimé à 700 francs CFA/ tonne ; C = Taux d'impureté prélevé par les industriels ; D = Prestation à façon des riziers.

**Tableau 2 : Budget du PNAR de 2009 à 2011 (en millions de francs CFA)**

<b>Rubrique</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
<b>Aménagement des terres</b>	12 362	53 160	72 000	137 522
<b>Subventions intrants</b>	8 063	10 478	14 800	33 341
<b>Réhabilitation ISRA/Djibélor</b>	915	0	0	915
<b>Fonds d'appui à la mécanisation</b>	2 000	0	0	2 000
<b>Total</b>	23 340	63 638	86 800	173 778

**Source : d'après données document du PNAR**

La réhabilitation de la station de Djibélor concerne spécifiquement le système pluvial en vue de produire des semences de qualité et de lever les contraintes de salinisation et d'acidification des terres en Casamance. Au vu du tableau, le constat qui se dégage est que l'Etat mise principalement sur l'augmentation des superficies et la réduction du coût des intrants pour stimuler la production rizicole nationale. La part des dépenses d'aménagement représente plus de 80 % du budget global prévu. Ce qui pousse à se demander si une augmentation des superficies entraîne une hausse de la production, et dans quelles proportions ?

En guise de comparaison le tableau 3 fait état des différentes données observées concernant les superficies aménagées (en ha), cultivées (en ha) et le niveau de production (en tonnes) de riz dans la VFS.

**Tableau 3 : Evolution des superficies aménagées, cultivées en riz et de la production de riz dans la VFS**

<b>Année</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Superficies aménagées</b>	99 875	102 525	109 977	114 121	116 391
<b>Superficies cultivées</b>	60 183	52 850	56 075	61 860	56 346
<b>Production</b>	371 170	281 733	336 316	368 469	330 930

**Source : d'après données SAED**

Les périmètres aménagés ne sont pas exclusivement destinés à la riziculture. Le maraichage (production d'oignon et de tomate) occupe une place non négligeable dans les activités de production des populations de la VFS. En ce qui concerne les superficies cultivées, même si l'objectif a été légèrement dépassé en 2008, il existe un fossé énorme entre ce qui a été prévu et ce qui est obtenu pour 2010 et 2012. En 2010, l'objectif d'emblavement a été atteint à

hauteur de 53 % alors qu'en 2012, un taux d'achèvement de 32 % a été obtenu. Ce qui se traduit forcément sur les productions obtenues. Les taux de réalisation pour la production sont respectivement de 51 et 30 %.

## **2.5 Le Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise**

### **2.5.1 Mesures concernant le secteur agricole**

Avec le changement de régime politique en 2012, les nouvelles autorités politiques se sont fixées comme défis à relever de réduire la pauvreté rurale (à défaut de l'éradiquer), d'instaurer une sécurité alimentaire et nutritionnelle et de mettre en place une agriculture durable. En outre, elles ont constaté que, depuis la crise alimentaire de 2008, malgré tous les investissements qui ont été consentis dans le secteur agricole, les résultats obtenus n'ont pas satisfait les objectifs fixés au préalable. D'où la nécessité de revoir et/ou réorienter les politiques mises en œuvre jusque-là. C'est dans ce contexte que le PRACAS a été instauré. Le programme vise les objectifs suivants :

- Renforcer la sécurité alimentaire du Sénégal et rééquilibrer une balance commerciale dégradée par les importations de produits alimentaires ;
- Développer des filières intégrées compétitives, à haute valeur ajoutée ;
- Préserver les équilibres socio-économiques et dynamiser l'économie rurale.

Les finalités recherchées par le programme à travers ces objectifs sont de nourrir au mieux et durablement sur une base endogène les populations, de tirer profit des avantages du commerce international, de sécuriser et augmenter les revenus des ruraux, de procurer des emplois agricoles et non agricoles et d'améliorer l'état nutritionnel des populations.

Pour accélérer significativement la cadence dans un contexte de raréfaction des ressources financières, le Gouvernement du Sénégal a choisi de faire un effort de priorisation. Ce qui fait que les filières ciblées constituent celles qui présentent un fort impact potentiel sur les activités (production ou consommation) de la majorité des populations. Ainsi l'Etat envisage de réaliser les objectifs quantitatifs suivants : l'autosuffisance en riz en 2017 avec une production de 1 600 000 tonnes de paddy ; l'autosuffisance en oignon en 2016 avec une production de 350 000 tonnes ; l'optimisation des performances de la filière arachidière avec une production de 1 000 000 tonnes et un volume d'exportation de 100 000 - 150 000 tonnes

par an ; le développement des filières fruits et légumes de contresaison avec un volume d'exportation de 157 500 tonnes. Le besoin de financement pour la réalisation de ces objectifs est fixé à 581 milliards de francs CFA.

L'obtention d'une grande production demeure une condition nécessaire pour l'atteinte d'une autosuffisance alimentaire, mais pas suffisante. En effet, il est important de lever certains goulots d'étranglement pour que le produit convoité soit accessible pour les populations. Ainsi le programme ambitionne de mettre en place une importante politique de désenclavement des sites de production à travers des travaux de réfection et de réalisation de pistes de production et de création de pistes de désenclavement. D'autres mesures complémentaires se situant en aval de la production vont être prises également. Il s'agit entre autres de mener une politique d'appui à la gestion de la qualité des produits agricoles (de consommation et d'exportation) ; de procéder au suivi de l'impact environnemental des traitements phytosanitaires ; de mettre en place des infrastructures de stockage, de transformation, de conditionnement et de conservation des produits ciblant le marché domestique et l'export ; de faire la promotion et la valorisation des produits du terroir et leur labellisation.

Dans le but de quantifier au mieux les effets du PRACAS, un dispositif de suivi – évaluation a été mis en place. Le suivi est assuré par un comité de pilotage composé, pour chacune des filières retenues, de l'interprofession concernée et de la structure étatique rattachée (respectivement CIRIZ et SAED pour la filière rizicole). Les objectifs poursuivis sont les suivants : le suivi des activités à mener et de la production, à travers leurs indicateurs respectifs ; le suivi et l'évaluation des résultats intermédiaires, finaux et les niveaux de réalisation de ces résultats par rapport aux objectifs ciblés, selon le principe de la gestion axée sur les résultats ; la mise en place d'un système d'information. Les indicateurs suivis durant la période d'exécution du PRACAS sont : le taux de pauvreté national, rural, urbain et à Dakar ; le volume et le taux de croissance annuel du PIB agricole ; le taux de couverture des besoins alimentaires pour les filières retenues ; le solde de la balance commerciale agricole ; la contribution du PRACAS sur le solde de la balance commerciale ; le taux de couverture des besoins céréaliers ; le nombre d'hectares irrigués ; le niveau et le taux de croissance des rendements des différentes filières retenues ; la part des productions agricoles transformées par les industries locales ; le nombre d'associations de producteurs et de vulgarisateurs formés ; l'évolution du nombre de km de pistes de production construites ainsi que du nombre des autres infrastructures réhabilitées ou nouvellement réalisées.

## 2.5.2 Mesures concernant la filière rizicole

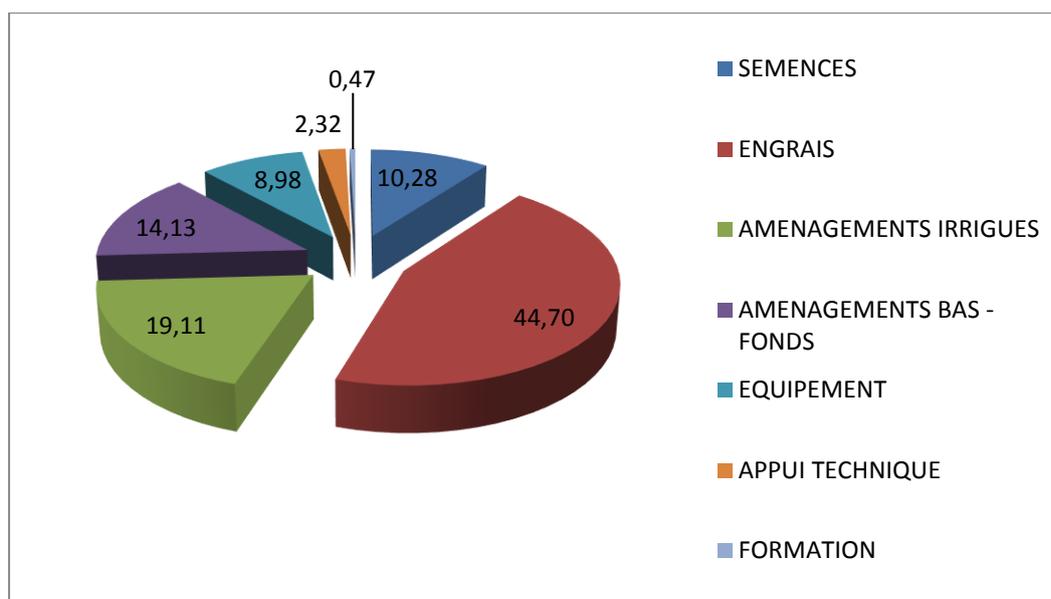
Tel avancé dans les paragraphes antérieurs le programme ambitionne d'atteindre l'autosuffisance en riz d'ici 2017 grâce à l'obtention de 1 600 000 tonnes de paddy, soit 1 080 000 tonnes de riz blanc. L'idée est de supprimer graduellement la dépendance en riz du pays vis-à-vis du Reste du Monde. Ceci passe d'abord par la levée de certaines contraintes qui sont communes à toutes les zones de cultures et d'autres contraintes spécifiques à chaque zone. S'agissant des contraintes communes, il a été noté une dégradation des aménagements et des infrastructures hydro-agricoles ; une vétusté des équipements d'irrigation ; une insuffisance et une vétusté du matériel de préparation du sol, de récolte et de battage ; une faiblesse voire une absence ou inadéquation du financement sur toute la chaîne de valeur ; une insuffisance des infrastructures de stockage et de conditionnement ; une insuffisance d'unités de transformation (rizeries à Anambé, décortiqueuses en zones pluviales) ; un mécanisme de commercialisation du riz sénégalais peu performant ; une insuffisance du dispositif d'appui conseil ; un enclavement des zones de production ; une problématique du foncier ; une divagation des animaux ; une prolifération des mauvaises herbes ; une dégradation des terres (salinisation et acidification). Pour le cas spécifique des zones irriguées (VFS et Anambé), les contraintes suivantes doivent être levées : prolifération des végétaux aquatiques au niveau des axes hydrauliques et chenaux<sup>15</sup> ; insuffisance des aménagements hydro-agricoles ; endettement excessif des producteurs vis-à-vis de la CNCAS conduisant souvent à la rupture de relation entre certains d'entre eux et la structure ; cherté de l'électricité (coût, prime fixe<sup>16</sup> et TVA) ; forte pression aviaire.

Afin de lever les contraintes et d'atteindre les objectifs visés, l'Etat du Sénégal prévoit de dégager une enveloppe de 424,7 milliards de F CFA entre 2014 et 2017 ; ce qui représente 73 % du montant global du PRACAS. La figure 7 présente la répartition des dépenses à consentir par rubrique durant la période de mise en œuvre.

---

<sup>15</sup> Des chercheurs de l'ISRA ont constaté que la plupart des chenaux dans la vallée sont conçus par simple creusement du sol. Le passage de l'eau à travers ces chenaux conduit à des pertes d'eau et d'humidité et favorise la prolifération des herbes. Leur recommandation est alors de cimenter les chenaux pour empêcher l'eau de s'infiltrer.

<sup>16</sup> En avril 2016, une nouvelle mesure a été prise par les autorités de la SENELEC, de concert avec la SAED et les producteurs : désormais, la facturation du coût de l'électricité va concerner uniquement la durée de l'exercice de l'activité agricole.



**Figure 7 : Répartition du budget de l'autosuffisance en riz (en %)**

**Source : d'après données du document PRACAS**

Un regard porté à l'endroit du graphique ci-dessus permet de déceler aisément que le montant alloué à l'achat d'engrais (44,7 % du budget) occupe de loin la part la plus importante. Il s'ensuit celle dédiée aux aménagements (irrigués et bas – fonds) qui représente au total 33,24 % de l'enveloppe globale prévue. L'appui technique et la formation ferment la marche en représentant respectivement 2,32 et 0,47 %. Aucun justificatif n'a été apporté dans le document concernant cette distribution. En se référant à la Note Conceptuelle numéro 3 du MAER, il est mentionné qu'au niveau de la VFS, 83 % des sols sont très pauvres en matière organique, 88 % des sols sont pauvres ou très pauvres en azote, 50 % des sols sont très pauvres en phosphore, plus de 23 % des sols sont pauvres en potassium. En Casamance, il a été constaté une diminution du stock organique et une baisse des teneurs en azote au fil du temps. Ce qui fait que le programme ambitionne spécifiquement de restaurer et de régénérer la base productive des terres rizicoles. Ceci va contribuer à l'augmentation de la productivité rizicole. En outre, parmi les intrants de bases (semences, engrais et produits phytosanitaires), l'engrais constitue l'élément le plus coûteux pour les paysans. Un appui dans ce sens (distribution de sacs d'engrais ou subvention sur le prix) serait bénéfique pour les riziculteurs. Ces motifs justifieraient la part considérable des dépenses en engrais. Cependant, en comparant les contraintes listées et la répartition du budget, il se dégage un certain paradoxe. Parmi les 13 goulots d'étranglement communs cités, quatre (aménagements ; stockage et conditionnement ; accessibilité des zones de production ; foncier) sont liés aux infrastructures

et trois (irrigation ; matériel de préparation du sol, de récolte et de battage ; unités de transformation) aux équipements. Dans la logique de priorisation, il aurait été plus judicieux d'orienter en majorité ces ressources vers ces deux rubriques (42,22 % contre 44,7 %) d'autant plus qu'il est naïf de croire que l'augmentation du niveau de fertilisation conduit systématiquement à une hausse de la productivité de la terre.

D'ici 2017, le programme projette d'emblaver une superficie totale de 331 308 hectares dont 140 308 ha au niveau de la vallée, 8000 ha dans l'Anambé et 183 000 ha en milieu pluvial. La production totale attendue se chiffre à 1 600 502 tonnes de paddy. Les contributions de la VFS de l'Anambé et des zones pluviales sont respectivement de 912 002 tonnes, 48 000 tonnes et 640 500 tonnes. En se référant au document du PRACAS, les nouveautés apportées par rapport au document de 2009 sont les suivantes :

- Redéfinition de la contribution des zones de production : 60 % de production en zone irriguée (57 % VFS et 3 % Anambé) et 40 % et en zone pluviale au lieu de 80 % en zone irriguée et 20 % en pluviale<sup>17</sup> ;
- Redéfinition de la mission des zones de production pour l'approvisionnement du Sénégal en riz : la VFS approvisionne les grands centres urbains (Dakar, Thiès, Touba, ...). Les zones au-dessus de 800 mm se prennent en charge ;
- Reconstitution du capital semencier ;
- Maîtrise de l'eau avec l'augmentation du rythme de réalisation des aménagements hydro-agricoles ;
- Intensification de la double culture ;
- Augmentation du coefficient de transformation et amélioration de la qualité.
- Révision de la stratégie de mécanisation en vigueur.

### **3. Les aménagements hydro agricoles dans la VFS**

Les investissements publics consentis dans la vallée ont été de plusieurs types : fourniture de matériels agricoles, construction de barrages, formation et encadrement de paysans, installation d'infrastructures hydro agricoles autres que les barrages, etc. A l'exception du dernier type, les autres sont soit des programmes ponctuels bien délimités dans le temps, soit des activités par la suite abandonnées avec la redéfinition du rôle de la SAED. Les deux barrages à savoir celui de Diama et de Manantali qui ont été construits afin de remédier aux

---

<sup>17</sup> Bien que les pourcentages exacts au niveau du document de 2009 soient respectivement 78 et 22 %.

difficultés entraînées par la baisse de la pluviométrie et la sécheresse ont complètement bouleversé la dynamique naturelle du fleuve. En amont du barrage de Diama, les eaux sont douces tout au long de l'année ; alors qu'au début des années 1980, l'invasion saline pouvait remonter jusqu'à Podor, à 250 kilomètres plus en amont. En aval, l'estuaire est alternativement envahi par les eaux marines après la fermeture du barrage de Diama en fin de crue. Cependant, l'ouverture périodique des vannes empêche, par simple dilution, une salinisation excessive des eaux sous l'effet de l'évaporation. Manantali, en amont du fleuve, jouant le rôle de réservoir, permet d'écarter les crues et rend possible la culture irriguée à grande échelle et la navigation sur le fleuve en plus du potentiel hydro – électrique important qu'il offre. Ces deux installations favorisent la pratique de la culture irriguée et offrent, pour la première fois dans l'histoire des grands projets hydrauliques en Afrique Sahélienne, l'occasion d'améliorer un système de production préexistant, tout en générant un autre système de production agricole plus ambitieux techniquement (Nutall, 1991). Il s'agit alors de concevoir un nouveau type d'aménagement qui, sans perturber les logiques spatiales préexistantes, permet l'émergence de nouvelles logiques qui, à terme, puissent recevoir l'adhésion des populations. Cette section s'appesantit exclusivement sur les aménagements hydro agricoles autres que les barrages. En effets, l'aménagement de ces périmètres est devenu le domaine d'intervention principal de la SAED en termes d'investissements publics depuis le désengagement de l'Etat et la libéralisation de la filière.

### **3.1 Historique des aménagements**

Dans sa volonté de développer les cultures irriguées, l'Etat s'est appuyé sur la loi du domaine national pour la mise en valeur des terres inondées du Waalo (Seck, 1998 dans Fall 2008). En effet, l'intégration à l'économie de marché et les options d'intensification des productions agricoles dans « les zones où l'eau est maîtrisée » ont poussé l'État à introduire des infrastructures hydro-agricoles de base dans les systèmes de cultures de la vallée du fleuve Sénégal. Ces systèmes de cultures irriguées sont réalisés autour des aménagements (Fall, 2008). La typologie des aménagements hydro-agricoles relève à la fois de la taille des périmètres, de la structuration du réseau et de l'équipement (Mar, 2011). Considérant la taille et le statut, trois catégories d'aménagements peuvent être listées à savoir les grands aménagements, les aménagements intermédiaires et les périmètres irrigués.

Les grands aménagements (GA) : ils couvrent des superficies supérieures à 1000 ha. Ce sont de grandes parcelles qui comprennent une station de pompage fixe, régulée et électrifiée,

équipée de pompes et d'armoire de commande ; un réseau d'irrigation en ligne d'eau haute en terre compactée et comportant des ouvrages d'alimentation, de répartition, de sécurité, de régulation et de franchissement ; un réseau de drainage primaire et secondaire collectant les eaux de ruissellement des périmètres et les eaux de drainage des parcelles par l'intermédiaire de colatures longeant les parcelles ; un réseau de pistes d'accès, de service et d'exploitation permettant l'accès des engins et des exploitants dans les périmètres ; un parcellement régulier avec planage à  $\pm 5$  cm pour les parcelles rizicoles ; un endiguement en terre compactée pour protéger contre les crues si nécessaire ; des Unités Autonomes d'Irrigation (UAI) de 10, 20, à 30 ha desservies par les prises modulaires.

Les aménagements intermédiaires (AI) : leur taille est comprise entre 100 et 1000 ha. Ce sont des domaines proches des grands aménagements dont ils se distinguent par le mode de gestion avec parfois une subdivision du périmètre en Unités Autonomes d'Irrigation (UAI) d'environ 60 ha (Fall, 2008). Ces UAI sont desservies par des canaux tertiaires à travers des prises modulées (modules à masque) sur des canaux principaux ou secondaires. Les tertiaires alimentent les parcelles à partir de tubes PVC ou des siphons. L'irrigation dans l'UAI est faite au tour d'eau. Les AI fonctionnent avec une station de pompage fixe refoulant dans un canal primaire dont le niveau est contrôlé par un déversoir situé au droit du bassin de dissipation. Le long de ce canal sont placées des cuvettes alimentant des canaux tertiaires dont le niveau est réglé par un déversoir de sécurité de tête.

Les périmètres irrigués : ils comprennent les périmètres irrigués villageois (PIV) dont la taille est inférieure à 100 ha et les périmètres irrigués privés (PIP) à dimensions variables. Ces deux types de périmètres répondaient respectivement à l'objectif de « faire petit pour pas cher » et de « faire grand pour rien du tout ».

Les PIV sont des aménagements très sommaires effectués le long de la rive du fleuve. Ils comprennent un bassin de dissipation en tête de réseau servant de tampon entre le refoulement et le canal d'amenée qui transite le débit nécessaire pour satisfaire les besoins des cultures ; un réseau de canaux principaux et secondaires comportant des ouvrages de régulation et des ouvrages partiteurs pour desservir les tertiaires ; des arroseurs qui alimentent les parcelles à travers des buses PVC ou des siphons ; des barrages vannés servant à relever le plan d'eau garantissant une charge suffisante pour l'alimentation des parcelles situées en amont ; un réseau de colature et de drains de surface permettant l'évacuation des eaux de pluie et de vidange des parcelles ; des parcelles planées, des pistes d'exploitation et un endiguement

compacté. La petite taille de ces périmètres et l'absence de régulation dynamique constituent la grande différence avec les aménagements intermédiaires. Dans ce type de périmètre, il n'y a pas de drainage prévu. Beaucoup de travail est demandé pour le dessouchage d'abord, puis pour le terrassement, pour construire le réseau hydraulique et les diguettes, et enfin pour couler les petits ouvrages en béton ou en ciment.

Les PIP ont un modèle de conception similaire avec les PIV. Ils n'ont aucune norme précise d'aménagement et sont conçus en dehors de toute structure administrative (Tarrière – Diop, 1993). Ce sont des périmètres aménagés et financés exclusivement par le privé depuis les années 1980 et destinés à la production vivrière. Ils ont connu un essor à la suite du développement et de la réorganisation des groupements paysans, notamment les Groupements d'Intérêts Economiques (GIE). En fait, ces genres de périmètres existaient bien avant la libéralisation mais étaient regroupés sous la nomenclature « hors casier » au niveau des statistiques officielles. Leur taille est très variable (moins de 10 ha à plus de 100 ha) suivant les terres attribuées et les moyens financiers des promoteurs. Ces types d'aménagement sont sommaires avec l'implantation d'un groupe moto – pompe (GMP) en bordure d'une source d'eau aisément accessible. Le réseau se limite souvent à un canal d'amenée et à des diguettes construites à la niveleuse sans compactage.

Ces types d'aménagement ne sont pas en compétition mais se complètent afin d'occuper de manière rationnelle l'espace et impliquer prioritairement et majoritairement les populations de la vallée. En effet, les grands périmètres (GA et AI) permettent d'exploiter efficacement les grandes dépressions qui sont les plus favorables à la riziculture et difficilement fractionnables. Ils facilitent l'accès au foncier au plus grand nombre des habitants des terroirs concernés et permettent l'apprentissage des techniques de l'irrigation et de la riziculture modernes. Les PIP se sont naturellement développés dans les zones les plus faciles à aménager du fait de la proximité de la source d'eau, d'une topographie favorable et d'un environnement économique actif. Les PIV ont été proposés aux populations rurales de la vallée dont les terroirs bordent le fleuve ou l'un de ses défluent. L'objectif social est prédominant et se traduit par l'ambition d'assurer par l'exploitation irriguée les besoins familiaux en céréales.

Ces aménagements n'ont pas été implantés ex nihilo dans la vallée mais ont connu une évolution historique dans le temps. Avec les indépendances, la Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS) qui avait comme objectif principal la production locale de riz par irrigation et qui était jusque-là administrée par les colons est remplacée par l'Organisation Autonome du

Delta (OAD) et l'Organisation Autonome de la Vallée (OAV)<sup>18</sup>. Les aménagements en submersion hérités de la MAS n'ont pas produit les effets escomptés. Compte tenu de cette situation, en 1965, l'OAD est remplacée par la SAED. Les aménagements passent du stade primaire (submersion contrôlée) au niveau secondaire marqué par des diguettes et des canaux adducteurs. Enfin, dans les aménagements tertiaires, la maîtrise de l'eau est rendue totale par la présence d'une station de pompage, de digues, d'un réseau d'adduction jusqu'aux parcelles et d'un système de drainage. Cette maîtrise de l'eau s'entend sous le double aspect de la maîtrise de l'eau à l'aménagee comme à la répartition. Le périmètre est grand (GA) et est géré de manière industrielle afin de dégager un surplus commercialisable. Les parcelles d'abord collectives furent ensuite distribuées aux paysans organisés en groupements de producteurs plus connus sous le vocable d'Association d'Intérêt Rural (AIR). Le mode de création de ces groupements était basé sur des critères d'affinité sociale entre les producteurs (liens de parenté, ethnique, ou voisinage) qui sous entendaient bonne entente et compréhension. Ceux-ci sont tenus de faire appliquer les consignes de la SAED quant à la gestion de l'eau et au calendrier cultural. Un individu avait droit à une parcelle s'il était membre d'une AIR et s'il s'était acquitté de sa cotisation sociale fixée à 1 000 francs CFA. Jusqu'en 1967, la redistribution des parcelles se faisait chaque année, ce qui fait qu'un attributaire peut passer d'une parcelle à une autre au fil des ans. C'est la monoculture qui prévalait à cette période mais la vision était de tendre vers la double culture annuelle. L'aménagement n'est pas intégré dans le système de production des paysans, c'est-à-dire que ces derniers élaboraient leur programme de production sans se soucier de l'aménagement de la parcelle où ils devaient cultiver car celui-ci était pris en charge par la SAED. Les grands aménagements de ce type, créés dans les années 1970, étaient Dagana et Nianga sur la rive gauche.

Selon Seck (1991), La naissance et la diffusion des PIV sont liées à la conjonction de trois facteurs : une crise climatique et vivrière grave et prolongée dans un milieu fortement peuplé ; la mise en évidence de vecteurs de changement à savoir l'introduction de la riziculture et l'utilisation de la motopompe pour l'irrigation ; l'action de quelques leaders paysans capables de faire passer l'innovation sans faire éclater les traditions socio – culturelles. Les PIV SAED ont été créés dans un grand programme SAED – SATEC (Société d'Aide Technique Et de Coopération) lancé à partir de 1976 dans le contexte de la sécheresse. La culture irriguée à cette échelle modeste devait permettre d'initier les paysans de la Moyenne Vallée à tester les

---

<sup>18</sup> Pour une analyse plus détaillée de l'historique des aménagements publics dans la vallée depuis l'abolition de l'esclavage, voir l'étude de l'OMVS de 1980 disponible au centre de documentation du siège de ladite organisation à Saint Louis.

cultures à promouvoir, de sécuriser la production vivrière et d'organiser les exploitants au niveau du village. Durant les années 1980, certains paysans, de leur propre chef, ont aménagé des terres à faible pression foncière appelées fondé. Faible pression foncière peut s'entendre dans le sens où ces terres ne suscitaient pas une grande convoitise entre agriculteurs et pasteurs. Ces terrains avaient la particularité d'être rarement inondés, donc hostiles a priori à la riziculture. Ces PIV ont connu un succès éclatant pour plusieurs raisons (Nutall, 1991) :

- Sur le plan technique, ces aménagements, très sommaires et sans investissements trop onéreux, permettent leur récupération par les paysans ;
- Sur le plan social, l'organisation interne des PIV est entièrement entre les mains des paysans qui gèrent comme bon leur semble leurs affaires, en harmonie avec leurs hiérarchies et leurs valeurs sociales ;
- Sur le plan territorial, les PIV occupent les berges du fleuve, qui dans la gestion traditionnelle du territoire ne font pas l'objet de très fortes revendications foncières individuelles, il n'y a pas de conflit d'intérêt. Le seul élément à respecter est de s'assurer que le terrain sur lequel est aménagé le PIV se situe bien dans l'aire territoriale du village d'où seront issus les futurs bénéficiaires ;
- Sur le plan économique, l'ensemble des intrants (gasoil, semences, engrais et produits phytosanitaires) qui était en partie, voire en totalité subventionné, offre aux yeux des paysans un système de production rentable. Cependant, les revenus des émigrés, s'il y a impossibilité d'accès aux autres systèmes de production, eu égard aux conditions climatiques, peuvent combler les comptes d'exploitation malgré tout déficitaires, afin d'assurer à leur famille restée sur place, une certaine autonomie alimentaire.

Face aux succès inattendus enregistrés dans ces terroirs (plus connus sous le nom de PIV), le Gouvernement (en l'occurrence la SAED) et les bailleurs de fonds ont étendu leur domaine d'intervention à toute la rive gauche. A la différence des GA orientés vers la commercialisation, les PIV avaient pour mission de prendre en charge la satisfaction des besoins de consommation des producteurs. Ils ont été créés suite à la sécheresse des années 1970 afin de faire face à la pénurie alimentaire qui sévissait durant cette période (Lericollais et Dia, 1995). Le matériel installé était sommaire car l'objectif était de maintenir les coûts d'aménagement faibles. Ces types d'aménagements ont connu une grande réussite durant la période allant de 1975 à 1989. Par contraste avec la situation à l'aval, les PIV de Bakel ont été établis par suite d'initiatives locales (Bloch, 1991). Des migrants revenant de France souhaitaient employer les économies de leur émigration à des fins utiles chez eux, pour

préparer l'ère inévitable où la demande française en main d'œuvre africaine disparaîtrait. Une ONG française a aidé à aménager des petits systèmes d'irrigation dans plusieurs villages en 1975, et a fait une démarche auprès de l'Agence des Etats Unis pour le Développement International (USAID) afin d'obtenir un financement pour l'équipement de pompage.

Un des paradoxes des PIV d'après Mathieu est que la forme d'agriculture irriguée qui concerne le plus grand nombre de paysans, et qui a connu la croissance la plus forte entre 1975 et 1984 (en termes de surfaces, mais aussi pour les rendements réalisés), est économiquement non viable sans un soutien financier et technique très important de la part de l'Etat et de l'aide extérieure : la sécurité alimentaire ainsi réalisée par les paysans entraîne donc en contrepartie une dépendance considérable de ces mêmes paysans à l'égard des organismes d'Etat, et de l'Etat, à l'égard de l'Extérieur. D'une dépendance sociale personnalisée et à base locale pour l'accès aux terrains de culture, les paysans passent ainsi à une dépendance abstraite d'ordre technique et financier, à l'égard du capital international et de l'Etat national, pour l'accès aux aménagements irrigués. C'est comme qui dirait que les raisons de la réussite engendrent aussi l'effet contraire.

Les dettes contractées par l'Etat pour les aménagements hydrauliques ont entraîné la nécessité de promouvoir l'irrigation sur une base commerciale à grande échelle. Une des raisons de l'échec de la politique des grands périmètres est que la SAED s'y est profondément investi en assurant toutes les phases de sa réalisation jusqu'à la mise en eau sans pour autant y associer les producteurs. Ce qui fait que ces derniers ont cru que ces aménagements étaient ceux de l'Etat et non les leurs. Ainsi la motivation de leur part qui aurait permis d'entretenir ces grandes surfaces a manqué car les producteurs ne se sont pas sentis responsables de l'entretien et de la maintenance. Depuis 1980, la SAED construit des périmètres dits intermédiaires devant associer les avantages de gestion des périmètres villageois aux économies d'échelle des grands périmètres. Sur ces périmètres de l'ordre de 500 à 1000 ha, le maillage hydraulique correspond au maillage villageois : le périmètre est divisé en cuvettes autonomes (UAI) qui regroupent 30 à 50 parcelles de superficies comprises entre 0,5 et 1 ha, attribuées aux familles d'un même village. Les producteurs d'une ou de plusieurs cuvettes constituent des groupements qui ont sensiblement autant de responsabilités que sur les petits périmètres avec en plus la gestion d'un parc de matériel d'exploitation.

Dans le contexte de la NPA et du désengagement de la SAED, l'initiative privée est encouragée. L'Etat intervient de moins en moins dans le domaine foncier. Les terres sont

attribuées aux communautés rurales qui tiennent compte des prérogatives et des pratiques foncières anciennes. Les exploitants peuvent traiter directement avec la CNCAS sans passer par la SAED pour se faire financer. Cependant c'est la SAED qui apprécie le dossier de crédit de chaque producteur intéressé et indique à la CNCAS si celui-ci est solvable ou pas. La CNCAS approuve ou non la demande du producteur sur la base de la recommandation formulée par la SAED. Toutefois, la majeure partie des exploitants se sont constitués en GIE mais en s'affranchissant de toute forme de tutelle avec les structures de développement rural. Le mode d'organisation dépend des membres qui composent le groupement. Si ce dernier est constitué de membres issus d'une même famille, alors ceux-ci se solidarisent pour aménager et mettre en exploitation des terres qui relèvent de leurs domaines fonciers. Il peut arriver des cas où le groupement se forme à l'initiative d'un entrepreneur issu du village. Le chef du groupement qui est le plus souvent l'entrepreneur est choisi parce qu'il a un certain niveau de formation technique, ou il dispose de moyens financiers conséquents ou alors d'autres moyens qui peuvent lui permettre d'accéder au financement, aux intrants ou au marché. Le problème ici est que le devenir de l'aménagement est lié aux ambitions, aux capacités et à la constance de l'entrepreneur. Maintenant si l'entrepreneur n'est pas issu du village et par conséquent n'a pas accès à la terre, alors son projet se fonde sur sa compétence, ses moyens financiers ou son accès au financement. Un contrat le lie aux villageois qui le laissent aménager une partie de leurs terres. Il exploite lui-même une portion du casier (l'espace aménagé) et donne des parcelles aux paysans du village. Il s'engage à rétrocéder le tout au bout de quelques années. Cette nouvelle organisation place le paysan au centre de l'activité avec deux variantes possibles : s'il est riche et puissant politiquement, il peut devenir l'acteur dominant d'un ensemble de parcelles agricoles ; s'il est pauvre, alors il risque de devenir un salarié prolétaire au service et sous la dépendance du premier (Crousse et al. 1991). Il est clair que l'instauration de ces nouveaux rapports sociaux peut susciter des frustrations qui pourraient aboutir à de vives tensions sociales étant donné que la question du foncier reste très sensible du fait des multiples considérations religieuses et ethniques qui prévalent au niveau de la zone.

Etant entendu que tout progrès entraîne son propre envers, l'installation des aménagements n'a pas dérogé à la règle et a provoqué aussi des effets non désirés. Selon Ba, du fait de l'introduction de la culture irriguée et de ces installations, il été constaté la disparition de certains biotopes ainsi que certaines activités économiques traditionnelles (cultures liées aux crues du fleuve, pêches dans les mares, chasses, élevage du petit bétail autour des villages).

Le développement de la culture du riz s'est fait au détriment du mil et d'autres cultures vivrières. De plus les populations rurales ont une faible maîtrise des techniques agricoles liées à l'exploitation des champs de riz. D'autres problèmes surgissent, par exemple, l'accès au cours d'eau devient difficile pour les éleveurs qui souhaitent abreuver leurs troupeaux. En fait, la construction de digues, de canaux d'irrigation et l'agrandissement des champs de riz le long des cours d'eaux ont porté préjudice aux pistes pastorales. Aussi les tensions entre paysans et éleveurs sont-elles récurrentes dans la vallée du fleuve Sénégal. Les cultures irriguées ont par ailleurs complètement modifié le rythme de travail des paysans et ont introduit des changements dans les rapports sociaux. D'autres problèmes ont accompagné l'introduction des cultures irriguées, notamment le développement des maladies parasitaires comme le paludisme, l'onchocercose, la bilharziose, etc. du fait de la stagnation des eaux. Il y a aussi le phénomène de la pollution des nappes phréatiques et des rivières engendrées par l'utilisation des pesticides, des rejets de gasoil et d'huile des GMP installés le long des cours d'eaux.

### 3.2 Evolution des superficies aménagées

Telle décrite ci haut, l'intervention de l'Etat en termes d'aménagements s'est intensifiée durant la période des indépendances avec la création de la SAED. Pendant plus d'une vingtaine d'années, cette structure publique avait le monopole des installations hydro agricoles dans la vallée. Avec la libéralisation intervenue en 1987, une place est cédée aux entrepreneurs privés qui désirent aménager. Ce fut la naissance des premiers périmètres privés.

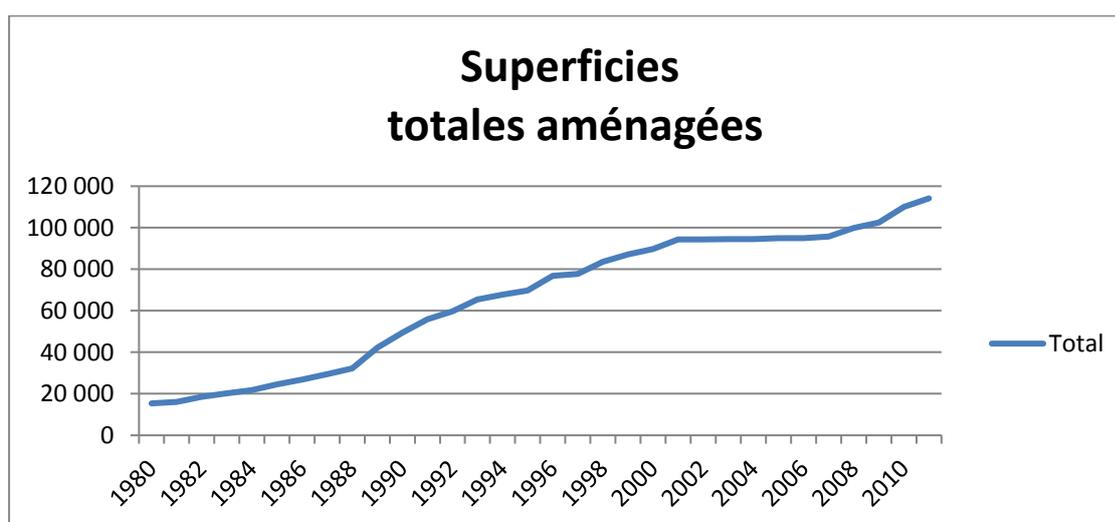
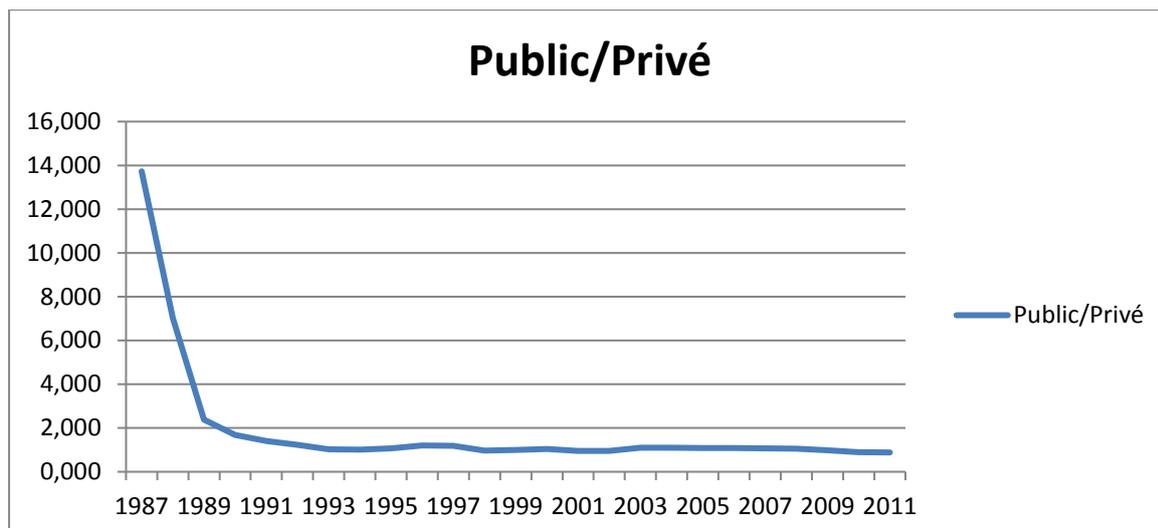


Figure 8: Evolution des superficies totales aménagées de 1980 à 2011

Source : d'après données SAED

La figure 8 ci-dessus témoigne d'une évolution croissante des superficies aménagées en l'espace de plus de 30 ans avec une moyenne annuelle de 66 250 ha et un maximum de 114 121 ha atteint en 2011. L'initiative publique comme privée ont permis d'enregistrer ces performances.

Il est important de signaler que les superficies aménagées par les privés ont connu un essor fulgurant durant ces dernières décennies, dépassant même parfois celles aménagées par l'Etat. En effet, entre 1987 et 2011, elles sont passées de 2 000 à 60 635 ha, soit un coefficient multiplicateur de 30 en moins d'un quart de siècle. Les premiers aménagements privés ont été enregistrés à partir de 1987, date du début du désengagement de la SAED concernant certaines activités relatives à la production. La figure 9 ci-dessous retrace l'évolution du rapport entre les superficies aménagées par le public et celles du privé. L'allure de la courbe est descendante. Ce qui veut dire qu'au fil des ans, le privé est parvenu à arriver à la hauteur du public voire le dépasser en termes de superficies aménagées. Cette montée en puissance du privé a été favorisée par l'assouplissement de la réglementation coopérative, le reversement des zones pionnières en zones de terroirs, la mise en place du crédit agricole et la réalisation des deux barrages. Entre 1987 et 1991, plus de 25 000 ha ont été attribués et aménagés à rizières parce qu'il y avait de la terre, de l'eau et beaucoup de crédit (Quatrida, 2009). En moins de cinq ans, les privés ont réalisé le travail abattu par la SAED en 25 ans en termes de superficies aménagées. Une rapidité en besogne et une certaine euphorie conduiraient à s'interroger sur l'action de l'Etat dans ce sens. Est – il toujours pertinent pour l'Etat de continuer à aménager alors que certains privés peuvent faire plus en termes de superficies ? Autrement dit, ne serait – il pas plus bénéfique à l'Etat de laisser le soin de l'aménagement aux privés ? A y regarder de plus près, le constat est que ces PIP ont été loin du compte en matière de qualité des aménagements. En effet, il n'existait aucune disposition de type financier ou technique pour favoriser ou inciter les producteurs à réaliser des aménagements techniquement durables (Bélières et Kane, 1995, dans Quatrida, 2009). Leurs problèmes se situaient à la fois dans leur conception (manque d'études topographiques, aménagement sommaire) et dans leur exploitation (manque de crédit, défaut d'approvisionnement en intrants, problèmes techniques).

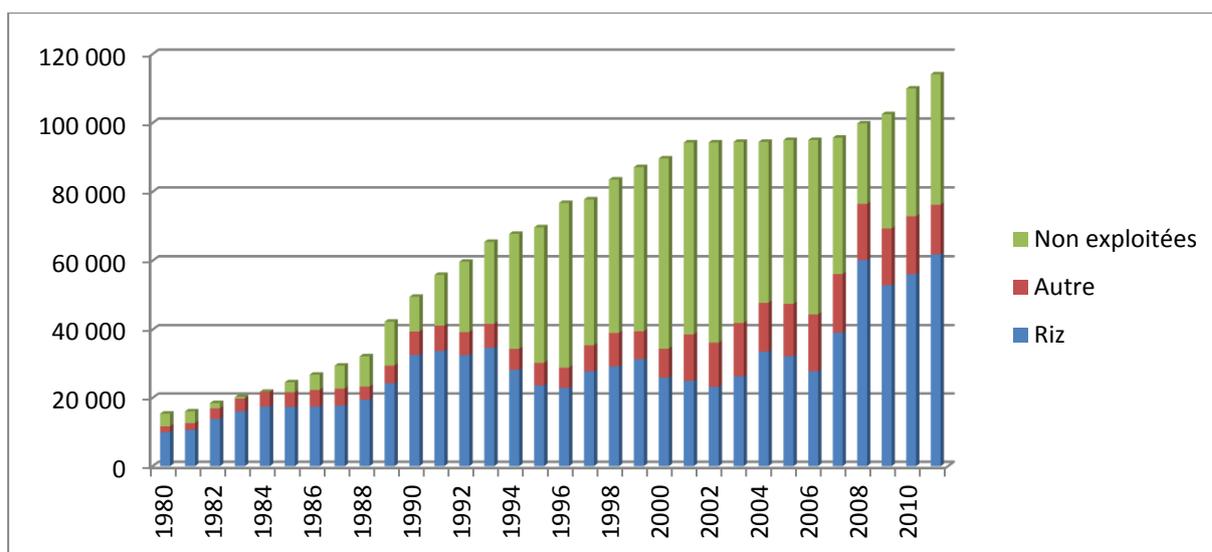


**Figure 9: Comparaison des superficies aménagées par l'Etat et par le Privé**

**Source : d'après données SAED**

Le constat est que le rapport a drastiquement chuté deux ans seulement après l'entrée en matière de l'initiative privée dans l'aménagement. Ce qui témoigne d'un engouement manifeste des promoteurs privés. En supposant l'hypothèse de rationalité des agents économiques, la déduction est que ces opérateurs économiques ont anticipé un surplus en valorisant ces terres. De 1998 à 1999, de 2000 à 2001 et à partir de 2009, le ratio est devenu inférieur à l'unité. Autrement dit, durant ces intervalles de temps, les superficies aménagées par le privé ont dépassé celles du public. Pendant les dernières années, une tendance continue à la baisse a été constatée. Ce qui laisserait présager que ce rythme pourrait rester inchangé durant les années à venir.

Par contre aménagement n'est pas synonyme de mise en valeur. En effet, le premier concept désigne juste le fait de mettre le terrain dans des conditions propices à l'agriculture en y mettant les installations qui conviennent. La mise en valeur est l'exploitation du terrain par la pratique de l'agriculture. Ce qui veut dire qu'une chose est d'aménager mais une autre aussi est de pouvoir faire la mise en valeur de la superficie aménagée. Or cette dernière constitue un problème majeur dans la vallée. La figure 10 ci-après renseigne sur la manière dont les superficies déjà aménagées (public et privé confondus) ont été exploitées en l'espace d'une trentaine d'années.



**Figure 10: Répartition des superficies aménagées dans la vallée du fleuve Sénégal**

**Source : d'après données SAED**

La culture du riz occupe de loin la place la plus importante dans les superficies emblavées. Les autres spéculations sont généralement la tomate et l'oignon concernant le système irrigué. Cependant une attention particulière mérite d'être portée sur les superficies non exploitées. Elles ont atteint des proportions fulgurantes, dépassant même pour certaines années, celles mises en valeur. Le taux de mise en valeur (TMV) désigne le rapport en pourcentage entre les superficies mises en valeur et celles aménagées.

**Tableau 4 : Evolution du taux de mise en valeur de 1991 à 2011**

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
TMV	73	66	64	51	44	38	46	47	45	38	40	39	45	50	50	47	59	76	68	66	67
Part riz	60	55	53	42	34	30	36	35	36	29	26	25	28	35	34	29	41	60	52	51	54
Part Autre	13	11	11	9	10	8	10	12	9	9	14	14	17	15	16	18	18	16	16	15	13

**Source : d'après données SAED**

L'analyse de ce tableau affiche une sous exploitation drastique des superficies aménagées. En effet, en 20 ans, l'agriculture (toutes spéculations confondues) n'a même pas occupé 80 % des terrains aménagés. Pire même, de 1995 à 2006, les superficies non exploitées ont été supérieures à celles mises en valeur. Ce qui se ressent forcément sur les productions obtenues. Une sous exploitation de ce potentiel cultivable disponible est l'une des explications qui peut être apportée concernant le paradoxe subsistant entre la volonté d'extension des terres et le recul des superficies cultivées durant la période d'avant l'instauration de la NPA. Même si l'Etat aménage davantage de superficies, il faut que les producteurs s'en chargent pour les

mettre en valeur. Pourtant l'objectif de l'Etat depuis son accession à la souveraineté internationale est la satisfaction des besoins alimentaires des populations par l'accroissement de la production agricole. Bien que certains penseurs arguent que l'Etat devrait plus s'appesantir sur la recherche – développement par l'introduction de nouvelles technologies et la formation des paysans que sur l'accroissement des superficies. D'autres militent pour un autre type de révolution technologique par l'introduction de matériels modernes et adaptés dans le monde rural<sup>19</sup>. L'intégralité des domaines aménagés n'est pas entièrement exploitée. Selon Seguis, la faiblesse du taux de mise en valeur peut être attribuée à des problèmes organisationnels (arrivée tardive des semences, des intrants), de maintenance (station de pompage) et de vieillissement précoce des périmètres. Ces raisons ont conduit à un découragement des paysans qui sont obligés d'abandonner leurs parcelles pour d'autres ou pour se convertir à d'autres activités. Les superficies abandonnées sont celles qui ont été aménagées de manière très sommaire (sans étude préalable, réseau d'irrigation peu fiable, sans drainage, etc.) ou celles dont les gestionnaires ont trop longtemps négligé la maintenance (SAED, Charte du Domaine Irrigué). Le type d'aménagement a aussi posé problème. Après les indépendances, les périmètres étaient réalisés en submersion contrôlée. C'est une technique originaire d'Asie du Sud – Est qui consiste à protéger les cuvettes à mettre en valeur des eaux sauvages provenant du fleuve et de ses différents défluent ; l'idée était de rendre le plan d'eau des cuvettes indépendant de celui du fleuve pendant sa crue par l'édification d'une digue de protection (OMVS, 1980). Cette méthode était intéressante en période de bonne pluviométrie, mais avec la baisse de celle-ci à l'entame des années 1970, l'eau est devenue insuffisante au niveau des parcelles, faisant ainsi chuter les rendements. Beaucoup de producteurs, colons de surcroît, ont dû délaisser leurs nouveaux champs et retourner vers leurs villages d'origine et leurs anciennes activités. Ce qui justifie en partie la baisse des superficies cultivées entre 1967 et 1977. Faye et al (2007) sont catégoriques en soutenant que le recul des superficies cultivées pour le riz s'explique essentiellement par l'abandon et la reconversion des aménagements secondaires au profit des aménagements en maîtrise totale de l'eau. Le cas des périmètres aménagés par l'Office Africain pour le Développement et la Coopération (OFADEC) dans le département de Podor en 1981 est aussi une autre illustration de cet abandon. En effet, cette structure s'est érigée comme un concurrent de la SAED à l'entame de ses activités. Elle s'est fixé une feuille de route différente de celle l'organisme public et a pu coopter certains producteurs. Cependant elle ne

---

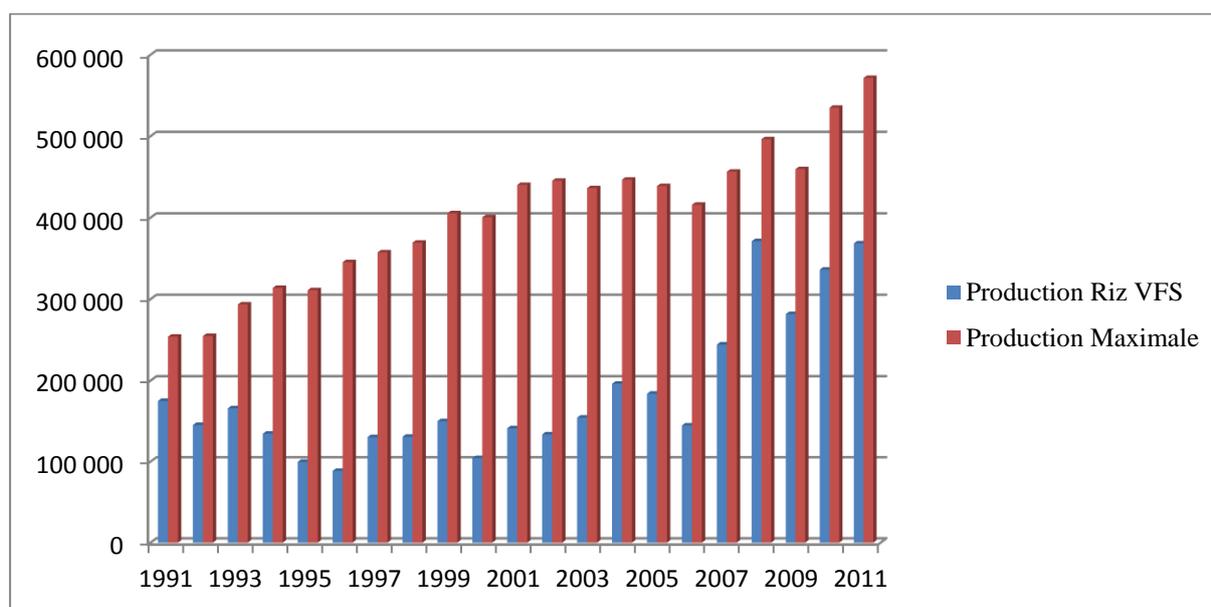
<sup>19</sup> Professeur Fatou Sow Sarr, sociologue.

fera pas long feu car six ans plus tard, elle fit faillite et se retrouva dans l'incapacité d'honorer les engagements tenus vis-à-vis des producteurs. Ces derniers ont été obligés d'abandonner leurs parcelles, faute de moyens financiers et techniques. En cas d'amélioration de la pluviométrie, certains paysans locataires des parcelles sommairement aménagées les abandonnent pour s'adonner aux cultures pluviales ou de crue. Il y a aussi les difficultés de commercialisation du paddy dues notamment au fait que le marché national est parfois inondé de riz importé à très faible coût. En outre, la faiblesse des moyens de la part des populations locales fait qu'il devient impossible d'exploiter de grands espaces. Le revenu moyen annuel total d'un riziculteur par exemple dans la vallée est estimé à 692 446 francs CFA<sup>20</sup> alors que l'ensemble des charges à supporter pour cultiver un hectare de riz s'élève approximativement à 430 341 francs CFA (SAED, 2009). Ce qui signifie que chaque producteur ne peut même pas exploiter deux ha par année s'il décidait d'allouer tout son revenu à la culture du riz. Le caractère de subsistance et non à des fins commerciales de la culture du riz n'est pas à négliger. Comme souligné précédemment, les producteurs cultivent du riz soit pour se nourrir, soit pour payer leurs dettes. Le reste est commercialisé. Ce qui fait qu'ils n'ont pas besoin de grosses superficies pour atteindre leur objectif. Une autre raison est aussi le manque de gros promoteurs privés dotés de moyens conséquents pour mettre en valeur les terrains non exploités. Pourtant, la Charte du Domaine Irrigué précise, dans les alinéas un et deux de son article quatre, que tout attributaire de terre du domaine irrigué est tenu, dans le cadre des aménagements hydro-agricoles publics, de réaliser un taux d'exploitation annuelle au moins égale à 100 % ; dans le cadre des aménagements privés, hydro-agricoles ou autres, de mettre en valeur toute la superficie affectée dans un délai maximum de cinq ans. Toutefois, la moitié de cette superficie doit être aménagée dans un délai strict de trois ans. Il est clair que ces dispositions n'ont pas été respectées par les bénéficiaires de terres. Nutall (op.cit.) a aussi évoqué une autre cause de l'abandon de ces périmètres : un PIV fraîchement aménagé, non seulement apporte une certaine garantie technique mais offre la gratuité des frais des premières campagnes. Les paysans des premiers périmètres, constatant la dégradation des aménagements et des équipements de leur périmètre, demandent à la SAED l'aménagement d'un second PIV. Ils usent d'un prête – nom pour faire la demande, se présentant comme de nouveaux adhérents du PIV à aménager. En fin de compte, les membres du premier PIV qui avaient élaboré une liste d'adhérents fictifs se retrouvent avec un second PIV tout neuf sans assumer les frais d'une première campagne. Les agriculteurs finissent par abandonner leur

---

<sup>20</sup> Calcul effectué à partir de la base de données concernant les statistiques sur le riz en 2009 collectées par l'ISRA et le Centre du Riz pour l'Afrique.

premier PIV tout en demandant sa réhabilitation. On finit par aboutir à un type de « culture irriguée extensive et itinérante » (Nutall, 1989) qui explique d'une part, un engouement artificiel pour la culture irriguée et d'autre part son échec. Aussi une bonne crue entraîne l'abandon des PIV. Elle détourne les agriculteurs des PIV vers les cultures du Waalo (cultures céréalières de décrue nécessitant peu de préparation et d'entretien), moins astreignantes en termes de présence, de travail et de financement mais qui garantit une récolte minimale. Les conséquences de cette sous exploitation et du manque à gagner en termes de production rizicole sont résumés dans la figure 11 ci-après :



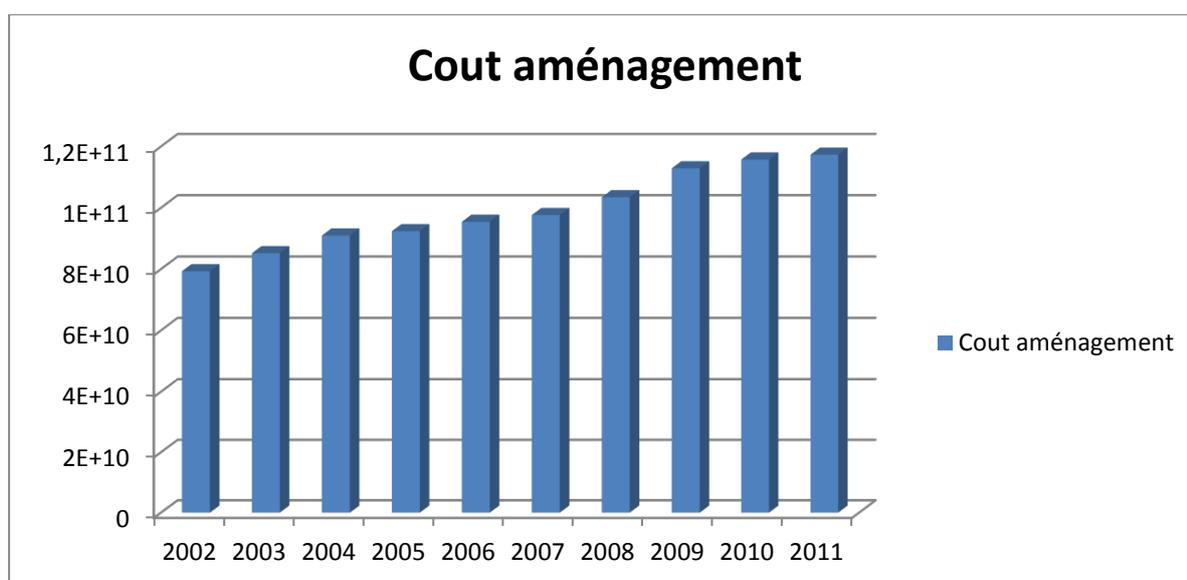
**Figure 11: Comparaison entre la production de riz observée et la production maximale**

**Source : d'après données SAED**

La production additionnelle est calculée avec les hypothèses que les superficies non mises en valeur sont allouées entièrement à la culture du riz avec un rendement moyen égal à celui obtenu durant la période 1996 – 2011 à savoir 5,36 tonnes à l'ha, les rendements d'échelle sont supposés constants (car c'est l'hypothèse la plus courante en économie). La production additionnelle est égale au produit entre les superficies aménagées non exploitées et le rendement moyen. La production maximale est équivalente à la somme de la production observée pendant une année et la production additionnelle de la même année. Le diagnostic permet de déceler que la production rizicole pourrait être doublée voire triplée durant la période allant de 1994 à 2005 rien qu'en exploitant les terrains qui ont été déjà aménagés dans les mêmes conditions que ceux mis en valeur. Le manque à gagner est énorme considérant la production qui pourrait être obtenue et les montants dépensés dans ces investissements tant

par le public que par le privé dans ces aménagements. Par exemple, la production de riz dans la vallée en 1996 et 1997 auraient pu atteindre respectivement 345 305 tonnes et 357 357 tonnes au lieu de 88 595 tonnes et 130 302 tonnes si les espaces non valorisés l'avaient été. Cette production supplémentaire aurait contribué au soulagement du déficit commercial du pays en réduisant les importations de riz.

La figure 12 fait état des montants consentis par l'Etat dans la vallée du fleuve Sénégal en termes d'aménagements hydro agricoles.



**Figure 12: Evolution du coût des aménagements de 2002 à 2011 (en FCFA)**

**Source : d'après données SAED**

En moyenne, depuis 2002, l'Etat dépense chaque année 99 022 000 000 F CFA en termes d'aménagements hydro agricoles, soit un coût moyen à l'hectare de 1 971 186 F CFA. Le coût des aménagements peut être scindé en trois rubriques à savoir le coût du terrassement et du génie civil, le coût des équipements qui vont intervenir dans le périmètre et le contrôle. Le terrassement et le génie civil constituent l'ensemble des actions de mobilisation de terres, de débroussaillage, de décapage, de remblais et de déblais sur les différents réseaux de planage, de levées topographiques, et de toutes les opérations d'expertise (Mar, op.cit.). Le coût de l'équipement englobe l'ensemble des dépenses afférentes aux matériels à installer dans le périmètre aménagé tels que les équipements électriques et de pompage. En ce qui concerne le contrôle, il peut faire l'objet d'un appel à candidatures pour choisir l'entreprise qui sera chargée de suivre le travail d'aménagement. Le coût élevé des aménagements est dû principalement à celui du terrassement et du génie civil. En effet la mise en valeur d'un terrain

vierge nécessite des moyens financiers et matériels considérables pour le rendre exploitable. Comme évoqué ci-dessus, la majeure partie des exploitations familiales n'ont pas assez de moyens financiers pour engager de tels travaux d'aménagements. Ce soin est laissé aux structures publiques ou aux gros promoteurs privés. Ces derniers ne respectent pas toujours les règles d'un bon aménagement d'un périmètre du fait du coût élevé qu'il implique. Les ménages se chargent juste de la valorisation. Le coût de l'aménagement varie en fonction de la taille de celui-ci, du type d'aménagement et de la source du financement (Wackermann, 1993). Les programmes d'aménagement des grandes cuvettes prévus par les bailleurs de fonds sont généralement les plus coûteux car ils utilisent les techniques d'aménagement les plus modernes. Un des périmètres de Ngallenka (périmètre irrigué villageois considérant la taille) d'une superficie de 593 hectares, localisé dans le département de Podor a été aménagé en 2002 à hauteur de 2 706 337 996 F CFA soit un coût à l'hectare de 4 563 808 FCFA, alors que le périmètre de Nieurba qui couvre une superficie de 1 833 hectares (grand aménagement) a été aménagé entre 1999 – 2000 pour un montant de 14 134 852 099 FCFA soit un coût à l'hectare de 7 716 777 FCFA. En faisant le rapport entre les superficies aménagées et les coûts à l'hectare à Ndieurba et au Ngallenka, les résultats sont respectivement 3,091 et 1,69. Ceci signifie que les proportions ne sont pas gardées entre la superficie à aménager et le coût d'aménagement au niveau des localités. L'explication est que la tendance au niveau de l'Etat durant ces dernières décennies est de moderniser les PIV en les aménageant à l'image des grands aménagements et des aménagements intermédiaires. C'est pourquoi le coût à l'hectare d'un périmètre irrigué villageois aménagé récemment est très proche de celui d'un grand aménagement ou d'un aménagement intermédiaire d'antan.

## 4. Conclusions

Depuis son accès à la souveraineté internationale, l'une des principales priorités de l'Etat a été la satisfaction des besoins alimentaires de la population. Cet objectif s'est traduit à travers les différentes politiques menées. Cependant les stratégies ont changé au fil des années. Dans la zone Nord du pays, la culture irriguée et son intensification ont été instaurées suite aux méfaits engendrés par la sécheresse du début des années 1970. Le mot d'ordre était de faire de la vallée « le grenier » du pays qui permettrait d'atteindre l'autosuffisance alimentaire. La SAED a été le maître d'œuvre de ce projet en fournissant du matériel, de l'encadrement et des intrants aux riziculteurs qui produisaient pour leurs propres comptes. Apparemment cette stratégie a causé plus de problèmes qu'elle n'a fourni de solution. La production a été loin du compte pour satisfaire les besoins des populations et l'Etat s'est énormément endetté. Un

premier choc intervint à partir de 1984, date à laquelle l'Etat mit en place la NPA suite aux raisons évoquées antérieurement. Pour l'Etat sénégalais et les institutions de Bretton Woods, les réformes économiques et institutionnelles ainsi que la politique de libéralisation et de désengagement sont censées libérer les producteurs des contraintes de l'encadrement directif des sociétés publiques et débrider leurs initiatives entrepreneuriales (Seck, 2009). La SAED se décharge de certaines des coûts qu'elle supportait et les transfère aux riziculteurs. En 1987, le processus de désengagement est en marche alors que la CNCAS a été créée pour prendre en charge les préoccupations financières des producteurs en leur imposant une ligne de conduite à suivre. Pourtant la production, les superficies cultivées et même les rendements ont augmenté après l'instauration de ces nouvelles mesures. Le second choc constitue la dévaluation du franc CFA de 1994. La réaction de l'Etat face à ses conséquences a été l'élaboration du Programme d'Ajustement Sectoriel Agricole. Les mesures qui ont concerné la filière ont été entre autres la libéralisation des importations du riz qui seront confiées à des opérateurs privés. La SAED et la CPSP qui sera dissoute se désengagent complètement de toutes leurs activités de production, de transformation et de commercialisation du riz local. A partir de ce moment, c'est le concept de sécurité alimentaire qui est mis en exergue. La production continue son évolution croissante malgré l'ouverture des frontières de même que les superficies et les rendements. En 2008, le monde connaît une crise alimentaire, le riz se raréfie et la Chine est devenue importatrice. Face à ces menaces, l'Etat initie la GOANA et le PNAR dans le but d'atteindre l'autosuffisance alimentaire, surtout en riz à l'horizon 2015. Avec le PRACAS instauré en 2014, l'horizon est étendu jusqu'à 2017. Il est à noter une certaine tergiversation dans les politiques pour résoudre les priorités. Le va et vient entre autosuffisance – sécurité – autosuffisance illustre ce propos. Pire, selon Dieng (2006), malgré toutes les politiques menées depuis 1960, les objectifs fixés par les décideurs publics pour améliorer la couverture céréalière nationale n'ont pas été atteints. La raison est que ces dirigeants ont voulu apporter des solutions conjoncturelles à des problèmes structurels. Aussi la source de financement de ces mesures initiées pose problème. Bonnefond avait argué durant les années 1980 que l'objectif de satisfaction de la demande en riz par la production locale restait très éloigné de la réalité et ne présentait une alternative ni à court terme, ni à moyen terme. Il s'agissait plutôt d'une solution complémentaire intéressante pour l'économie régionale. Engelhard (1991) confirme ce propos. Pour lui, la recherche de l'autosuffisance alimentaire céréalière, le plus rapidement possible, est vouée à l'échec. En supposant même qu'un tel objectif soit réalisable, il porterait préjudice au développement de l'agriculture familiale. La conséquence en serait la disparition des paysanneries du fleuve et l'apparition de

nouvelles poches de chômage et de pauvreté qu'aucune politique de transfert ne pourra jamais compenser. Il argumente que l'option en faveur de la riziculture semble dangereuse pour trois raisons : Elle favorise l'agrobusiness au détriment de l'agriculture paysanne qui semble la plus appropriée pour l'atteinte d'une autosuffisance alimentaire ; Le coût de l'option pour le riz est coûteux pour l'Etat ; La vallée ne va pas être en mesure de dégager des surplus rizicoles commercialisables significatifs compte tenu du rythme de l'évolution des aménagements et de leur coût. Il conclue en soutenant que l'agriculture irriguée doit juste être considérée comme un moyen parmi tant d'autres de réaliser la promotion de l'agriculture paysanne.

La NPA et le PASA ont été élaborés par le Sénégal sous la pression du FMI et de la Banque Mondiale. Il est clair que ces derniers ont été plus préoccupés par le rééquilibrage budgétaire que par l'augmentation de la production agricole. Les théoriciens du développement endogène de l'Afrique ont toujours soutenu que la seule issue de développement pour le continent est de compter sur ses propres ressources en s'affranchissant des modèles importés ou imposés qui ne correspondaient pas aux réalités africaines. L'initiative de 2008 a été courageuse mais jugée trop ambitieuse et coûteuse pour que les objectifs fixés puissent être atteints (Cadre National de Concertation et de Coopération des Ruraux (CNCR)).

L'investissement public dans la vallée du fleuve Sénégal a revêtu plusieurs formes : de la fourniture de matériels agricoles à l'aménagement de périmètres en passant par la formation et l'encadrement d'agriculteurs. L'Etat, soutenu par certains de ses bailleurs de fonds, a aménagé des parcelles pour promouvoir l'agriculture irriguée et augmenter ainsi le niveau de production dans le but d'instaurer une sécurité alimentaire voire atteindre l'autosuffisance alimentaire surtout en riz. Depuis sa création, la SAED a eu le monopole de l'aménagement des terres faisant partie du domaine national. Avec la loi relative à ce dernier, promulguée le 17 juin 1964, dans son article premier, le Gouvernement précise que constituent de plein droit le domaine national, toutes les terres non classées dans le domaine public, non immatriculées et dont la propriété n'a pas été transcrite à la Conservation des hypothèques à la date d'entrée en vigueur de la présente loi. Ne font pas non plus partie de plein droit du domaine national, les terres qui, à cette même date, font l'objet d'une procédure d'immatriculation au nom d'une personne autre que l'Etat. Dans son article 2, l'Etat certifie détenir les terres du domaine national en vue d'assurer leur utilisation et leur mise en valeur rationnelles, conformément aux plans de développement et aux programmes d'aménagement. Forte de cette loi, la SAED, de concert avec les conseils ruraux respectifs, a eu la possibilité de mettre en place des

installations hydro agricoles dans les milieux qu'elle jugeait propices à l'agriculture irriguée qui remplissaient la condition énoncée dans l'article premier. A partir de 1987, elle se départit de certaines des charges afférentes à la production et abandonne la détention de l'exclusivité de l'aménagement. C'est à ce moment que certains promoteurs privés ont pris l'initiative d'aménager des terres qui étaient sous leur autorité. L'aménagement privé, tel décrit ci-dessus, a pris des proportions fulgurantes en moins d'un quart de siècle dépassant même à certaines périodes celui public à telle enseigne qu'il est normal de se demander si les autorités publiques ne devraient-elles pas céder le soin de l'aménagement au secteur privé. A partir de 1996, le processus de désengagement est achevé et l'Etat a transféré certains périmètres aux producteurs après les avoir réhabilités. La tendance actuelle est que ce n'est pas seulement l'Etat qui choisit les domaines à aménager mais aussi les populations, de leur propre chef, peuvent demander aux autorités publiques l'aménagement d'un périmètre faisant partie de leur terroir. L'Etat peut satisfaire à leur requête après avoir effectué une étude de faisabilité de ce terrain. La position de Gal et Dia est que malgré toutes les difficultés rencontrées, l'Etat ne peut pas totalement se désengager. Trois grandes fonctions paraissent relever de sa compétence : une fonction technique couvrant les questions d'aménagement régional et d'environnement ; une fonction économique à travers la fixation des prix du riz blanc et du paddy, la juridiction et la fiscalité nécessaires à la transparence des filières ; une fonction sociale en aidant à l'organisation globale du milieu professionnel agricole : structures à mettre en place, répartition des responsabilités, etc. Le riz constitue la spéculation la plus cultivée bien qu'elle ne sert généralement qu'à rembourser des dettes et à nourrir la famille. A lui seul, il occupe presque plus de la moitié des terres aménagées. C'est pourquoi Engelhard préconise de faire de l'agriculture familiale l'objectif essentiel et de renoncer au dogme de l'autosuffisance alimentaire ainsi qu'aux grandes exploitations. Le point sur lequel il faut s'arrêter est le faible taux de mise en valeur des superficies aménagées en général. Ce taux reste borné entre 38 et 76 % sur la période allant de 1991 à 2011. Le riz, pris à part, mobilise 29 à 60 % des terres aménagées. Les raisons de cet abandon ont été abordées plus haut. Le manque à gagner de cette inutilisation des terres aménagées est énorme. Ces superficies, au cas où elles avaient été allouées à la culture du riz, auraient permis de doubler la production rizicole durant certaines années. Ce qui, peut-être, contribuerait à réduire le déficit commercial provoqué par l'achat à l'Extérieur de biens alimentaires notamment celui de riz. La question n'est pas simplement une préférence du riz importé vis-à-vis du riz local, mais ce dernier est nettement insuffisant pour combler la demande. Devant cette situation, il est normal de parler de gaspillage économique en tenant compte des sommes colossales

dépensées dans l'aménagement de périmètres neufs ou la réhabilitation d'anciens périmètres. Ces dits périmètres finissent par s'user ou sont abandonnés après quelques campagnes. Il est à noter un certain manque de patriotisme national à l'égard de la production locale. En effet, dans la plupart des pays asiatiques, les populations préfèrent consommer local plutôt que d'acheter des produits étrangers, quel en soit le prix. Chez nous, surtout en milieu urbain, la préférence est portée sur le riz importé au détriment du « riz cultivé »<sup>21</sup>.

La recherche – développement qui a été trouvé comme ayant un effet positif et significatif sur le niveau de production dans beaucoup de pays en développement n'est pas à négliger. En effet, il faut des institutions de recherches fortes capables de mettre en place des stratégies adaptées au mode paysan pour pouvoir répondre aux attentes des populations. Ces dites stratégies peuvent prendre la forme de fourniture de variétés à haut rendement et à cycle court qui permettrait aux paysans de cultiver deux à trois fois dans l'année. L'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) évolue dans ce sens mais reste très limité du fait des moyens financiers et matériels dont il dispose. La majeure partie de ses interventions se limite dans le Delta, la Basse Vallée et la Moyenne Vallée. Il lui est difficile voire impossible de mettre en place des projets en Haute Vallée. Encore que la majeure partie des projets qu'il conduit est financée par des bailleurs de fonds étrangers. Ce qui fait que sa marge de manœuvre est très réduite car il doit se conformer aux objectifs visés par le projet et au canevas d'exécution décliné par le bailleur. Ces dits objectifs ne sont pas toujours censés entrer en droite ligne avec les aspirations des populations locales. La SAED et l'ANCAR, chargées de l'encadrement des paysans et de la vulgarisation des résultats de la recherche, tentent tant bien que mal d'honorer leurs objectifs fixés. Une solution serait alors de doter de moyens conséquents ces organismes pour qu'ils puissent mener à bien leurs missions compte non tenu des conventions qu'ils décrocheraient avec des partenaires étrangers car ce sont des questions de souveraineté nationale auxquelles ils tentent d'apporter réponses.

---

<sup>21</sup> Pour traduire littéralement le nom donné en Wolof.

## **Chapitre III : Mesure de l'efficacité technique des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal**

*Si le potentiel technologique ainsi dégagé s'accompagnait des réformes institutionnelles nécessaires pour libérer les capacités productives de l'agriculture, il serait possible aux pays en développement d'accroître suffisamment leur production pour satisfaire les besoins alimentaires de base des populations les plus pauvres.*

Y. Hayami et V. W. Ruttan, Agriculture et développement, une approche internationale, p. 485, 1998

### **1. Introduction**

Le riz constitue l'aliment de base pour plus de trois milliards d'individus à travers le monde. Il est probablement la spéculation la plus importante dans la nutrition humaine et l'apport en calorie, contribuant à plus d'un cinquième des calories consommées à travers le monde par les individus. En Afrique Sub – Saharienne, il est consommé à grande échelle dans presque tous les pays et est cultivé dans toutes les écologies.

En ce moment où la population mondiale dépend fortement des fluctuations du marché des biens alimentaires, beaucoup de pays ont déjà supprimé ou réduit leurs exportations de riz. Ce qui renchérit considérablement les prix alors que les quantités vendues s'avèrent insuffisantes pour la consommation. Un grand nombre de pays africains s'attèlent à accroître leur production et réduire les quantités importées. Ces efforts se sont malheureusement soldés par des échecs et la facture des importations augmente, contraignant ces pays à des achats extérieurs massifs au détriment d'investissements dans d'autres secteurs plus productifs. Aussi, le changement climatique avec comme conséquence les catastrophes naturelles, l'accès difficile à l'eau et l'érosion des sols menacent les rendements rizicoles surtout au niveau des pays asiatiques qui sont les principaux producteurs au niveau mondial (la Chine, l'Inde, et l'Indonésie) et les plus grands exportateurs (la Thaïlande et le Vietnam) (statistiques ONUAA, 2009). D'où la nécessité d'exploiter au maximum les ressources disponibles.

Le Sénégal constitue l'un des plus grands pays consommateurs de riz de l'Afrique de l'Ouest. Ce riz consommé provient en majorité de l'Extérieur. En effet la production nationale ne couvre que deux à trois mois de consommation dans l'année. Le volume des importations de riz en 2014 a été estimé à 959 330 tonnes (ANSD, 2014) alors que la production de riz paddy local sur l'ensemble du territoire national s'est élevée à 559 021 tonnes durant la même année (d'après statistiques ONUAA, 2014). Cette production locale, après transformation, donnerait une quantité de près de 363 364 tonnes de riz blanc pouvant être consommé, face à une demande nationale en riz de plus d'un million de tonnes. Depuis les indépendances le secteur public a consenti à beaucoup d'efforts au niveau de la vallée du fleuve Sénégal afin de renverser la tendance et d'instaurer une sécurité voire une souveraineté alimentaire. La vallée du fleuve Sénégal constitue un milieu stratégique pour cette vision du fait des ressources physiques et hydrauliques que renferme cette zone.

L'enseignement qui pourrait être tiré de la plupart des interventions de l'Etat relatées au niveau du deuxième chapitre est que celui-ci mise sur plus de superficies cultivables pour obtenir une plus grande production. Il est clair que cette option pourrait être une solution mais est-elle la plus efficace ? Cette question mérite d'être posée car la démarche a été la même depuis l'introduction de la culture irriguée dans cette zone vers les années 1940 (Jamin, 1986). Alors que jusqu'à présent la production nationale couvre à peine trois mois de consommation. Une hausse annuelle de 8 % de la production de paddy a été certes notée au niveau de la VFS entre 1981 et 2007 (Gergely et Baris, 2009). Considérant les données officielles, beaucoup d'efforts et d'argent ont été consentis par l'Etat du Sénégal dans le domaine de l'agriculture en général et dans la filière rizicole en particulier. Cependant les résultats n'ont pas répondu aux attentes de sécurité ou de souveraineté alimentaires. Pourtant, l'Etat continue à investir dans la vallée du fleuve Sénégal sans pour autant faire une évaluation rigoureuse de l'impact de ses politiques ou de ses programmes dans les filières dans lesquelles il intervient. Il ne s'agit pas simplement d'avoir plus de superficies à cultiver ou de fournir du matériel aux producteurs pour que la production puisse augmenter de manière drastique dans un court délai. L'interrogation qui émerge dès lors est de savoir si le riziculteur a atteint son niveau potentiel de production grâce à l'utilisation efficace de ses facteurs de production avant de songer à engager d'autres dépenses. Autrement dit, le producteur de riz peut – il augmenter son niveau de production actuel tout en gardant inchangés l'ensemble de ses facteurs de 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). Selon ces auteurs, la dernière option est la plus appropriée à court terme parce qu'elle ne nécessite pas davantage de superficie, une intensité culturale plus élevée et le développement de nouvelles technologies. Si les riziculteurs sont déjà techniquement efficaces, alors la hausse de leur productivité nécessite de nouveaux facteurs de production et une nouvelle technologie pour déplacer leur frontière de production vers le haut. Toutefois, si des opportunités significatives existent pour améliorer la productivité via une utilisation plus efficace des ressources et des facteurs de production existantes considérant la technologie en vigueur, un cas plus intéressant peut être envisagé pour l'investissement public dans l'offre d'inputs, les infrastructures, le système de vulgarisation, les services de gestion rurale, et les capacités des paysans dans le but de promouvoir l'efficacité technique de l'utilisation des ressources au niveau de l'exploitation (Ali et Chaudhury, 1990 dans Abedullah et al, 2007). 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. Ce qui signifie que la production a évolué moins que proportionnellement par rapport à la superficie malgré les efforts consentis. Or, si un rendement de 8 tonnes à l'ha avait été obtenu<sup>22</sup> en 2011, en gardant la même superficie que 2010, la production serait égale à 448 600 tonnes. Ce qui aurait permis non seulement d'améliorer la solvabilité et la sécurité alimentaire des producteurs<sup>23</sup>, mais également aurait accru leurs revenus. La différence de superficie entre 2010 et 2011 à savoir 5785 ha aurait permis d'entretenir d'autres spéculations surtout en saison chaude telles que la tomate et l'oignon qui constituent les principales cultures de rente de la zone. En outre, l'aménagement seul des périmètres (effectué à grands frais) pour une maîtrise de l'eau dans l'objectif d'accroître la production de riz ne saurait garantir une viabilité à long terme de la riziculture. Il est indispensable de mener des actions d'amélioration des performances des producteurs pour accroître les rendements et l'offre de riz pour satisfaire une demande en croissance soutenue. En particulier, il s'agit entre autres d'améliorer l'efficacité technique (ET) des producteurs rizicoles (Kaboré, 2007).

Cette interpellation renvoie à la notion d'efficacité de production. Selon la théorie micro-économique traditionnelle, les études d'efficacité technique ou économique n'ont pas leur

---

<sup>22</sup> Ce qui est fort possible car la variété de riz la plus utilisée dans la vallée (sahel 108) a un rendement potentiel de 10 tonnes à l'hectare.

<sup>23</sup> Le riz sert le plus souvent à rembourser les crédits de campagne et à nourrir la famille.

raison d'être car le producteur est supposé être rationnel et « maximisateur » de profit. Par conséquent, chaque exploitant se trouverait toujours sur la frontière de production ou sur la frontière de coût. Mais dans la réalité, les études montrent le contraire. En fait, l'expérience indique que les producteurs ou les productrices en général ne se situent jamais, du moins dans leur majorité, sur les frontières de production et de coût (Nuama, 2006). Il est aussi reconnu que la plupart des agriculteurs issus des pays à revenu faible et des pays en développement opèrent en deçà de leur capacité de production potentielle (Keane et al, 2009). Dans le contexte de forte concurrence du riz local par le riz importé qui prévaut au niveau de la vallée du fleuve Sénégal, il s'avère essentiel de prêter une attention particulière sur les comportements de production et de faire en sorte que la riziculture s'adapte à l'efficacité technique et économique de l'agent producteur (Fall, 2008). C'est pourquoi ce travail, avec comme cadre d'étude la vallée du fleuve Sénégal, se fixe comme objectif : estimer d'abord les scores d'efficacité technique des riziculteurs de la zone et ensuite étudier les facteurs déterminant cette efficacité technique.

Certaines estimations font état d'un rendement potentiel au niveau de la VFS de 8 à 10 tonnes à l'hectare alors que les rendements réels atteignent à peine 5 tonnes à l'hectare (Poussin et al. 2005). Une des sources avancées par ces auteurs concernant cet écart de rendement serait le mauvais calage du calendrier cultural. D'autres facteurs peuvent être cités en l'occurrence le retard de l'obtention des intrants, les aléas climatiques, les mauvaises pratiques qu'adoptent les producteurs, etc. Ainsi le relèvement de la technicité des producteurs pourrait passer par le respect du calendrier cultural, le maintien du planage et la maîtrise de l'enherbement (SAED, 1996).

Le reste de ce travail est organisé de la manière suivante :

La prochaine section retrace les méthodologies d'estimation de l'efficacité technique et d'analyse de ses déterminants ; la section suivante fait une revue de la littérature empirique de certains travaux ayant trait à l'estimation de l'efficacité technique et à l'analyse des déterminants de l'inefficacité ; la quatrième section décrit la méthode utilisée dans ce travail et fait une analyse des données collectées ; la cinquième section présente les résultats obtenus à l'issue des différentes estimations ; l'avant dernière section procède à une interprétation et à une discussion des résultats et la dernière section conclut le travail.

## 2. Méthodes d'estimation de l'efficacité technique

La possibilité qu'une firme ne puisse pas allouer de manière efficace ses facteurs de production afin d'obtenir la production maximale n'a été prise en compte qu'à partir des années 1950. Dès lors il a été question de définir ce nouveau concept et de l'estimer. Selon Farrell (1957), l'efficacité d'une firme signifie sa réussite à produire aussi large que possible un output à partir d'un ensemble d'inputs donnés (output expanding oriented). Elle peut aussi symboliser la capacité de la firme à produire une quantité donnée en utilisant la quantité la plus infime de facteurs de production possible (input saving oriented). Cette quête de la production maximale interpelle l'idée des productions potentielles que la firme est censée obtenir compte tenu des facteurs de production dont elle dispose. La courbe qui joint l'ensemble de ces possibilités de production a été intitulée fonction de production frontière.

Deux grandes familles de méthodes sont concurrentes dans la manière de construire la frontière et donc de calculer les efficacités techniques : les méthodes non paramétriques et les méthodes paramétriques. Dans les méthodes non paramétriques, on ne spécifie pas de manière analytique particulière la frontière, mais plutôt les propriétés formelles que l'ensemble de production est supposé satisfaire (Taffé 1998, cité par Ambapour 2001). Dans l'approche paramétrique par contre, on suppose que la frontière est représentable par une fonction analytique dépendant d'un nombre fini de paramètres. Au sein des frontières paramétriques aussi peut s'opérer une autre forme de distinction entre frontières déterministes et frontières stochastiques.

### 2.1 L'approche non paramétrique<sup>24</sup>

Elle a été introduite par Farrell (1957). La frontière, généralement de type déterministe, n'est pas liée à une forme fonctionnelle et l'isoquant frontière est estimé par les ratios intrants/extrant de chaque firme. L'isoquant convexe qui reflète la fonction de production efficace est ainsi construit à partir d'un nuage de points de sorte qu'aucune observation ne se situe ni à gauche ni en dessous de cet isoquant. L'analyse au niveau de la littérature, dans le cas simplifié, fait allusion à ces deux hypothèses :

- Une firme produit un output à partir de deux inputs à rendements d'échelle constants ;
- La fonction de production efficace est connue.

---

<sup>24</sup> Cette section est tirée en grande partie de l'article de Amara et Romain (2000)

L'hypothèse des rendements d'échelle constants est la plus usitée par les chercheurs car elle semble la plus simple et la plus réaliste. En effet, une firme qui produit une quantité de biens donnée à l'aide de quantités d'inputs bien données, il est facilement concevable que si l'on multiplie par exemple l'ensemble des quantités de ses facteurs de production par un coefficient  $\phi$ , que sa production soit multipliée par ce même coefficient  $\phi$ .

La deuxième hypothèse fait que plusieurs approches ont été données à cette fonction :

- Une fonction théorique spécifiée par les ingénieurs ;
- Une fonction empirique basée sur les meilleurs résultats observés dans la pratique.

Cependant des inconvénients sont liés à ces suppositions car il est très difficile de spécifier une fonction théorique efficace pour un processus très complexe. Même s'il arrivait à un ingénieur de négliger certains problèmes, il lui sera très difficile d'estimer a priori les besoins d'une usine, le travail indirect. Ainsi, plus le problème est complexe, moins précise sera la fonction théorique.

Farrell utilise un standard empirique. Autrement dit, il estime une fonction de production efficace à partir d'observations d'inputs et d'outputs d'un certain nombre de firmes. En plus il utilise l'hypothèse de la convexité : il est supposé que, si deux points sont réalisables en pratique, alors n'importe quel point représentant une moyenne pondérée d'eux l'est aussi. La méthode utilisée pour déterminer l'efficacité peut se résumer de la manière suivante : il s'agit de comparer une firme à une autre hypothétique qui utilise les facteurs dans les mêmes proportions. Cette hypothétique firme est construite comme étant une moyenne pondérée de deux firmes observées, au sens où chacun de ses inputs et outputs est la moyenne pondérée de ceux des firmes observées, les poids étant choisis de telle sorte à donner les proportions de facteurs désirées. Le raisonnement est le même pour la généralisation à plusieurs inputs et un output. C'est une situation où chaque firme observée est représentée par un point dans un espace à  $n$  dimensions et peut s'écrire sous la forme d'un vecteur - colonne  $x_i$ . Une facette est définie comme étant une partie d'un hyperplan dont les points peuvent être exprimés comme des moyennes, avec des poids positifs ou nuls, de  $n$  points. L'isoquant efficace est maintenant une surface  $S$  en  $n$  dimensions, composée de facettes telles décrites plus haut.

### **2.1.1 La méthode du point extrême**

La méthode DEA (Data Envelopment Analysis) (ou méthode du « point extrême ») introduite par Charnes et al en 1978 a permis d'étendre par la suite l'analyse de l'efficacité technique

(ET) à des situations comportant plusieurs produits et à des rendements d'échelle non constants. Ces auteurs la définissent comme étant un modèle de programmation mathématique appliquée aux données observées qui procure une nouvelle manière d'obtenir des estimateurs empiriques des relations extrêmes telles que les fonctions de production et/ou les surfaces de possibilité de production efficace. La méthode consiste à utiliser la programmation mathématique (PM) pour construire une frontière en fragments à partir de l'ensemble des données des unités de production. L'efficacité d'une unité de production est calculée par rapport à cette frontière en fragments.

Le modèle à rendements d'échelle constants proposé par Charnes et al se résume comme suit : soient  $K$  = nombre de firmes,  $M$  = nombre d'intrants et  $N$  = nombre d'outputs. Le DEA réduit les paniers d'intrants et d'extrants à un couple d'extrant fictif et d'intrant fictif. Ce ratio mesure l'ET de la firme  $i$ . Cette mesure est obtenue en résolvant le modèle de PM suivant :

$$\text{Max (en } \alpha, \beta) \frac{\alpha Y_i}{\beta X_i} \leq 1 \text{ sous contrainte } \frac{\alpha Y_j}{\beta X_j} \leq 1 \text{ pour } j = 1, \dots, K \quad (2.1.1.1)$$

Sachant que  $\alpha$  et  $\beta$  sont les vecteurs des coefficients à estimer ;  $Y_i$ , et  $X_i$  sont respectivement les vecteurs extrants et intrants de  $i$ .

Le problème d'optimisation (2.1.1.1) permet de maximiser le ratio en le contraignant de ne pas dépasser 1. Les firmes sont forcées d'être sous la frontière d'efficacité.

La transformation développée par Charnes et Cooper en 1962 pour les modèles de programmation fonctionnels permet de reformuler le modèle précédent de la manière suivante :

$$\text{Min } \theta \text{ sous contraintes } (\lambda Y \geq Y_i, \theta X_i - \lambda X \geq 0, \theta \text{ quelconque}, \lambda \geq 0) \quad (2.1.1.2)$$

Avec  $Y = [Y_1, \dots, Y_K]$  la matrice  $N \times K$  d'extrants ;  $X = [X_1, \dots, X_K]$  la matrice  $M \times K$  d'intrants ;  $\theta$  = scalaire ;  $\lambda$  = vecteur de dimension  $K$  de coefficients à estimer. La résolution de ce problème donne la solution optimale  $\theta_i$  qui constitue une mesure de son efficacité technique.

Par la suite Banker et al. (1984) ont proposé un autre modèle qui permet de relâcher l'hypothèse des rendements d'échelle constants (REC) au profit de rendements d'échelle variables (REV). La justification est la suivante : L'hypothèse des REC est appropriée si et seulement si toutes les firmes opèrent à l'échelle optimale. En cas de concurrence, l'échelle

optimale est inopérante (Coelli et al. 1998). Le modèle à REV constitue une extension de celui à REC tenant compte de rendements d'échelle non constants (RENC). Lorsque les entreprises n'opèrent pas à l'échelle optimale, ceci amène des confusions de mesure entre l'ET et l'efficacité d'échelle (EE). L'utilisation d'un modèle de DEA du type REV permet d'obtenir une mesure de l'efficacité technique exempte de l'effet d'échelle.

On ajoute à (2.1.1.2) une contrainte de convexité  $N1'\lambda = 1$ . Ce qui fait qu'une firme inefficace ne peut être comparée qu'à d'autres firmes opérant sur une échelle similaire. Ainsi le problème de programmation linéaire devient :

**Min  $\theta$  sous contraintes ( $\lambda Y \geq Y_i, \theta X_i - \lambda X \geq 0, \theta$  quelconque,  $\lambda \geq 0, N1'\lambda = 1$ )**

Où  $N1$  est un vecteur de  $N*1$  unités.

Indice  $ET_{REV}$  – Indice  $ET_{REC}$  constitue une bonne mesure de l'EE selon Coelli (Coelli et al. 1998). Pour cela, ces auteurs suggèrent de faire un DEA REC et un DEA REV sur une même base de données pour une même firme  $i$  donnée ensuite faire le calcul ci-dessus. Si l'écart est différent de zéro, cela signifierait que  $i$  n'opère pas à l'échelle optimale.

## 2.1.2 L'indice de Malmquist

L'indice de Malmquist (IM) mesure le changement de productivité totale des facteurs en distinguant le changement d'efficacité dans le temps du progrès technique (Färe et al, 1994 dans Djimasra, 2011). Ces composantes renseignent respectivement sur l'identification du phénomène de rattrapage et de celui de l'innovation. Les fonctions – distance qui sont les principales composantes de l'IM sont calculées en utilisant des méthodes de programmation non paramétriques. Elles mesurent le rayon entre un vecteur de production donné et la production maximale possible. Cette production maximale se situe à la limite de la technologie de référence ou frontière de référence (Dachraoui et Harchaoui, 2003). Le principe est de construire une frontière universelle basée sur les données tirées de plusieurs unités statistiques (ces unités peuvent être des pays, des branches, des secteurs, des firmes, etc.). Chaque unité est comparée à la frontière. Le phénomène de rattrapage est symbolisé par la manière dont une unité se rapproche de la frontière alors que le changement technologique ou l'innovation traduit le déplacement de la fonction de production d'une unité entre la période  $t$  et  $t + 1$ . En se référant à Färe et al (1994), La fonction – distance de l'output est définie au temps  $t$  par la formule suivante :

$$D_o^t(x^t, y^t) = \inf\{\theta : \frac{(x^t, y^t)}{\theta} \in S^t\} = [\sup\{\theta : \frac{(x^t, y^t)}{\theta} \in S^t\}]^{-1} = [F_o^t(x^t, y^t)]^{-1} \quad (2.1.2.1)$$

Avec  $x^t$  = le vecteur d'inputs,  $y^t$  = le vecteur d'outputs,  $S^t$  la technologie de production qui représente la transformation des inputs,  $x^t \in \mathbb{R}^N_+$  en outputs  $y^t \in \mathbb{R}^M_+$ ,  $\theta$  tel défini au niveau de la section précédente.

$F_o^t(\cdot)$  représente la mesure de l'efficacité technique de production de Farrell (Djimasra, 2011). Pour calculer l'IM, il est important de définir les fonctions – distance à deux périodes de temps différentes. Caves, Christensen et Diewert (CCD) (1982) ont utilisé la formulation suivante pour l'IM :

$$M^t_{CCD} = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (2.1.2.2)$$

Dans cette formulation, la technologie de référence est celle de la période  $t$ . Alternativement, il est possible de calculer l'IM pour la période  $t + 1$ . On a :

$$M^{t+1}_{CCD} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (2.1.2.3)$$

Afin d'éviter le choix d'une référence arbitraire (faut-il choisir la période  $t$  ou  $t + 1$  comme période de référence ?), on spécifie l'IM basé sur l'output comme étant la moyenne géométrique de deux types d'IM CCD :

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \left( \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \right) \left( \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.1.2.4)$$

En suivant la démarche de Färe et al (1989, 1992), l'indice peut s'écrire de la manière suivante (Färe et al, 1994) :

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} X \left[ \left( \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left( \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right] \quad (2.1.2.5)$$

Le ratio en dehors des crochets c'est-à-dire  $\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)}$  mesure le changement relatif à l'efficacité entre la période  $t$  et  $t + 1$  (le changement d'efficacité). La moyenne géométrique

des deux ratios entre les crochets à savoir  $\left[ \left( \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left( \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$  capture

le déplacement de technologie entre t et t+1 (le changement technologique).

La croissance de la productivité est la résultante du produit du changement d'efficacité et du changement technologique. Ces composantes sont interprétées de la manière suivante : les améliorations du changement d'efficacité sont considérées comme étant la preuve d'un rattrapage à l'égard de la frontière universelle, les améliorations du changement technologique sont considérées comme étant l'évidence d'une innovation. Une valeur du changement d'efficacité et du changement technologique supérieure à 1 traduit respectivement une amélioration de l'efficacité technique et du progrès technique entre les deux périodes. Une valeur de  $M_o(\cdot)$  supérieure à 1 traduit un gain de productivité.

En considérant une fonction de production de type Cobb – Douglas, l'IM est obtenu en faisant le rapport entre la productivité totale des facteurs entre deux périodes.

Selon Djimasra (2011), Sur la base de rendements d'échelle constants (REC), Färe et al. (1994) ont décomposé l'efficacité technique en efficacité technique pure et efficacité d'échelle à l'image de Farrell. L'efficacité d'échelle fait référence à la taille de l'unité de production. L'inefficacité d'échelle met en évidence une taille inadéquate de cette dernière alors que l'inefficacité technique pure fait référence à l'utilisation non optimale des ressources par les gestionnaires de l'unité de production. Sous l'hypothèse des rendements d'échelle constants, les quatre programmes linéaires à orientation output de composante de la fonction – distance se présentent de la manière suivante :

$$[D_o^t(y^t, x^t)]^{-1} = \text{Max}_{\theta, \lambda} \theta,$$

$$S/c \begin{cases} -\theta y^t + Y^t \lambda \geq 0 \\ x^t - X^t \lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (\text{PL1})$$

$$[ D_o^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}) ]^{-1} = \text{Max}_{\theta, \lambda} \theta,$$

$$S/c \begin{cases} -\theta y^{t+1} + Y^{t+1} \lambda \geq 0 \\ x^{t+1} - X^{t+1} \lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (\text{PL2})$$

$$[ D_o^t(y^{t+1}, x^{t+1}) ]^{-1} = \text{Max}_{\theta, \lambda} \theta,$$

$$S/c \begin{cases} -\theta y^{t+1} + Y^t \lambda \geq 0 \\ x^{t+1} - X^t \lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (\text{PL3})$$

$$[ D_o^{t+1}(y^t, x^t) ]^{-1} = \text{Max}_{\theta, \lambda} \theta,$$

$$S/c \begin{cases} -\theta y^t + Y^{t+1} \lambda \geq 0 \\ x^t - X^{t+1} \lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0, \end{cases} \quad (\text{PL4})$$

L'indice de productivité de Malmquist présente deux principaux avantages :

- Aucune hypothèse n'est faite sur la forme fonctionnelle de la technologie de production sous-jacente ;
- Les données sur les prix des outputs et des inputs ne sont pas indispensables contrairement aux indices de Tornqvist.

Néanmoins, il a l'inconvénient d'être sensible à l'échantillon choisi, plus l'échantillon est restreint, plus l'apparition d'inefficacités est improbable.

En guise de résumé, l'approche par une fonction non paramétrique déterministe présente, selon Kalaitzandonakes et al (1992), les avantages suivants :

- Elle n'impose aucune forme fonctionnelle ad hoc à la fonction de production ;
- Elle n'impose aucune restriction à la distribution de l'efficacité comme c'est le cas par exemple pour la procédure paramétrique stochastique ;
- Elle permet l'estimation des frontières de production dans des situations multi produits et pour plusieurs intrants sans imposer de restrictions complémentaires.

Elle souffre de quelques manquements aussi selon Amara et Romain :

- La fonction de production obtenue pour les procédures non paramétriques est déterministe, c'est-à-dire tout écart affiché par  $i$  par rapport à la frontière est imputé à l'inefficacité ;
- La fonction frontière estimée n'a aucune propriété statistique permettant de tester des hypothèses ;
- La fonction frontière estimée est très sensible aux observations extrêmes (trop petites ou trop grandes) qui sont en grande partie responsables de la détermination de cette frontière.

## 2.2 L'approche paramétrique

### 2.2.1 L'approche déterministe

L'approche déterministe paramétrique sous-entend une comparaison entre la production observée et la production potentielle issue d'une fonction de production estimée. Tout écart entre production observée et production potentielle reflète strictement l'inefficacité de l'utilisation des inputs.

Farrell (1957) fut aussi le principal instigateur. Il s'agit d'une approximation de la fonction de production efficace par une forme fonctionnelle connue a priori. Farrell utilise une fonction de production du type Cobb – Douglas. Le modèle est le suivant :

$$x_1^{\alpha_1} * x_2^{\alpha_2} * x_3^{\alpha_3} = k \text{ avec } \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \quad (2.2.1.1)$$

Sachant que  $x_1 = \frac{b}{a}$  ;  $x_2 = \frac{c}{a}$  ;  $x_3 = \frac{d}{a}$  ;  $x_4 = \frac{e}{a}$  et  $a =$  l'output : recettes issues de l'agriculture + valeur de la consommation familiale en milliards de dollars ;  $b =$  la terre : terre dans les champs – les forêts boisées et autres terres non pâturées en milliers d'ha ;  $c =$  le travail : hommes au champ incluant les fermiers, les cultivateurs et les familles y travaillant sans rémunération ;  $d =$  les matériels : dépenses en alimentation, bétail et en achat de semences en milliers de dollars ;  $e =$  le capital : valeur des aménagements et des machines en milliers de dollars.

L'équation définit une surface convexe à l'origine et est similaire à la fonction de production efficace. En linéarisant, elle devient :  $\alpha_1 \log x_1 + \alpha_2 \log x_2 + \alpha_3 \log x_3 + \alpha_4 \log x_4 = \log k$ .

Aigner et Chu (1968) ont continué sur cette lancée en utilisant la fonction Cobb – Douglas mais en relâchant l'hypothèse des REC en conservant celle plus générale qu'est l'homogénéité de la fonction de production. Le modèle suivant a été proposé :

$$\ln (Y_i) = X\beta - U_i \quad i = 1, \dots, N \quad (2.2.1.2)$$

Où  $\ln (Y_i)$  = le logarithme de la production de  $i$  ;  $X$  = le vecteur - ligne d'ordre  $K + 1$  dont le premier élément est 1 et les autres sont les logarithmes  $K$  des quantités d'intrants utilisées par  $i$  ;  $\beta$  ( $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K$ ) = le vecteur - colonne des paramètres à estimer ;  $U_i$  = la variable aléatoire positive ou nulle, traduisant l'inefficacité technique, en termes de production de  $i$ . Le ratio entre la production observée et la production estimée sur la frontière d'une firme parfaitement efficace utilisant le même vecteur d'intrants,  $X$ , donne une estimation de l'efficacité technique ( $ET_i$ ). Cette dernière est comprise entre 0 et 1 et est donnée par la formule suivante :

$$ET_i = \frac{Y_i}{e^{X_i\beta}} = \frac{e^{(X_i\beta - U_i)}}{e^{(X_i\beta)}} = e^{-U_i}$$

$Y_i$  représente la production observée de la firme  $i$  et  $e^{X_i\beta}$  est la production frontière estimée.

La production possible est limitée au – dessus (la frontière) par la quantité déterministe  $e^{X_i\beta}$ . Ce qui fait que le modèle est interprété comme étant une fonction de production frontière déterministe. La contrainte  $Y_i \leq e^{X_i\beta}$  a été spécifiée en premier lieu par les auteurs dans le contexte d'une fonction de type Cobb – Douglas. L'idée était que les paramètres du modèle soient estimés en utilisant des algorithmes de programmation linéaire ou quadratique (soit  $\text{Min} \sum_{i=1}^N U_i$  sous contrainte  $U_i \geq 0$ ).

Timmer (1971), inspiré par Aigner et Chu (1968), a mis en place un modèle probabiliste pour pallier la sensibilité de la fonction frontière par rapport aux observations extrêmes. C'est une méthode en trois étapes :

- Estimation de la fonction frontière pour tout l'échantillon ;
- Réduction de la taille de l'échantillon à un certain nombre de firmes  $i$  choisies a priori parmi les plus proches de la frontière ;
- Estimation d'une nouvelle frontière à partir de l'échantillon réduit.

Le constat est qu'il existe une meilleure stabilité des coefficients rattachés à la fonction de production.

Une autre façon d'estimer la frontière de production déterministe, qui s'inscrit dans l'esprit de l'approche probabiliste de Timmer (1971), consiste à estimer de façon économétrique, dans un premier temps, une fonction de production moyenne. Ensuite, plusieurs autres estimations successives sont répétées en éliminant chaque fois un certain pourcentage d'observations parmi les moins efficaces. Plus précisément, à chaque itération, seules les observations dont les résidus issus de l'estimation précédente sont positifs ( $\varepsilon > 0$ ) sont considérées. Ces estimations vont permettre de faire en sorte que la fonction de production sera continuellement poussée vers la frontière qui reflétera les firmes les plus efficaces de l'échantillon. Par Supposition, après plusieurs régressions successives, la fonction de production frontière est atteinte. Une estimation de l'efficacité de la firme  $i$  est donnée par le ratio  $\frac{Y_{io}}{Y_{if}}$  où  $Y_{io}$  est la production observée et  $Y_{if}$  est la production estimée située sur la frontière. La firme  $i$  sera efficace à 100 % si  $\frac{Y_{io}}{Y_{if}} \geq 1$ . Par contre, si  $\frac{Y_{io}}{Y_{if}} < 1$ , alors son indice d'efficacité est donné par l'expression  $\frac{Y_{io}}{Y_{if}} * 100$ .

Le modèle frontière suivant a été proposé en premier lieu par Afriat (1972) :

$$Y_i = f(X_i; \beta) e^{(-u_i)} \text{ avec } i = \{1, \dots, N\} \quad (2.2.1.3)$$

L'auteur a utilisé la méthode du maximum de vraisemblance pour estimer les paramètres. Richmond (1974) a considéré le modèle ci-dessus sous l'hypothèse que le terme d'inefficacité suivait une loi gamma. Il utilise la méthode des moindres carrés ordinaires corrigés (MCOOC) à savoir :

- Estimer la fonction de production moyenne pour tout l'échantillon ;
- Ajuster l'origine en lui ajoutant la valeur de la plus grande erreur positive.

Cela suppose qu'une seule entreprise est efficace et que l'efficacité des autres est calculée en fonction d'elle. Greene (1980) a prouvé que les estimateurs obtenus par cette méthode sont consistants si les termes d'erreurs aléatoires sont indépendants et possèdent une distribution identique. La critique principale dont est sujette cette pratique est la sensibilité de la correction de l'ordonnée à l'origine par rapport à la distribution assignée au terme d'erreur.

Les résultats de l'estimation de l'ET diffèrent selon que le terme d'erreur suit la loi gamma ou exponentielle.

Schmidt (1976) a soutenu que les estimateurs du maximum de vraisemblance pouvaient être obtenus grâce à des techniques de programmation linéaire ou quadratique si l'inefficacité technique a respectivement une distribution exponentielle ou semi – normale. Considérant l'équation (2.2.1.3), la production frontière de la firme  $i$  est  $Y_i^* = f(X, \beta)$ .

Kopp et Diewert (1982) ont proposé qu'au lieu de se focaliser sur la comparaison entre production observée et potentielle, ce serait une autre solution d'essayer de minimiser les intrants pour mesurer l'ET tout en ayant le même niveau de production (input oriented saving). On pose comme hypothèse  $X^t = \lambda X^o$  avec  $X^t$  = les vecteurs intrants efficaces ;  $X^o$  = les vecteurs intrants observés ;  $\lambda$  = une constante reflétant le pourcentage de l'utilisation efficace des intrants. Il s'agit de résoudre simultanément un système de  $n$  équations formé de la fonction de production frontière et des ratios d'intrants  $(X_i^t / X_1^t) = (X_i^o / X_1^o)$  lorsque  $i > 1$ . Le ratio entre le vecteur d'intrants efficaces et le vecteur d'intrants observés ( $X^t / X^o$ ) est une mesure de l'efficacité de la firme.

L'approche paramétrique déterministe a aussi essuyé un certain nombre de critiques que sont :

- La nature déterministe de la frontière de production ;
- Sa sensibilité par rapport aux observations extrêmes ;
- L'attribution d'une forme fonctionnelle à la fonction frontière est restrictive car chaque forme fonctionnelle traduit implicitement un certain nombre d'hypothèses.

## 2.2.2 L'approche stochastique

Cette méthode proposée par Aigner, Lovell, et Schmidt (1977), Meusen et Van Den Broeck (1977), a été améliorée par la suite par Jondrow et al. (1982) pour permettre l'estimation d'indice d'ET spécifique à chaque firme. Le terme d'erreur est composé de deux parties indépendantes : une composante purement aléatoire ( $V$ ) se trouvant dans n'importe quelle relation et se distribuant dans chaque côté de la frontière de production (two sided error term) ; une composante représentant l'inefficacité technique ( $U$ ) se situant d'un seul côté de la frontière (one sided error term). La fonction de production prend alors la forme suivante :

$$Y_i = f(X_i; \beta) e^{(V_i - U_i)} \text{ avec } i = \{1, \dots, N\} \quad (2.2.2.1)$$

Avec  $f(X_i; \beta) e^{(V_i)}$  = fonction de production frontière et  $e^{(-U_i)}$  = la fonction d'inefficacité avec  $U_i \geq 0$  et  $\beta$  tel défini précédemment.  $V$  est une variable aléatoire de moyenne nulle, associée aux facteurs aléatoires qui ne sont pas sous le contrôle de la firme.

Le modèle est tel que la production possible est limitée par  $f(X_i; \beta) e^{(V_i)}$  la quantité stochastique (d'où le terme frontière stochastique). Les erreurs aléatoires  $V_i$ , suivant  $N(0, \sigma^2_v)$ , sont supposées être identiquement et indépendamment distribuées par rapport aux termes  $U_i$  qui sont supposées être des troncations positives ou nulles ayant une distribution (exponentielle ou semi - normale)  $N(0, \sigma^2)$ .

Cette méthode marque ainsi une rupture conséquente avec la méthode déterministe qui attribuait toute déviation de la production observée par rapport à la production potentielle à une utilisation non efficace des facteurs de production. Elle permet, de ce fait, de prendre en compte certains changements de conjoncture non maîtrisés par la firme tels que les aléas climatiques, les changements de prix des facteurs, etc. Etant données les hypothèses du modèle stochastique, l'estimation des paramètres peut s'effectuer grâce à la méthode du maximum de vraisemblance parce que les conditions standard de régularité sont vérifiées (Battese, 1991). Les autres paramètres associés aux termes aléatoires sont  $\sigma^2 = \sigma^2_u + \sigma^2_v$  et  $\gamma = \sigma^2_u / (\sigma^2_u + \sigma^2_v)$ . L'expression de l'efficacité technique est identique à celle dans le cas de la fonction déterministe.

La genèse de la modélisation des facteurs d'inefficacité peut se faire en deux temps :

Jusqu'au début des années 1990, la modélisation comportait deux étapes :

- Estimation de la frontière stochastique ;
- Spécification d'un modèle de régression mettant en relation l'indice d'ET de  $i$  au temps  $t$  ( $U_{it}$ ) et une série de variables socio-économiques.

Cette procédure a été contestée parce que l'estimation des paramètres de la seconde étape contredit une hypothèse faite dans la première, notamment l'indépendance des termes d'erreur lors de l'estimation de la frontière. En effet l'évaluation en deux étapes a été battue en brèche par plusieurs auteurs (Amara et Romain, 2000 ; Wang et Schmidt, 2002 ; Bamlaku et al.) après les années 1990. Wang et Schmidt (2002) ont affirmé que la procédure en deux étapes comportait un biais et que ce dernier pouvait provenir de deux sources : d'une part, les résultats obtenus peuvent être biaisés si les variables qui expliquent la fonction de

production et celles qui expliquent la fonction d'inefficacité sont corrélées (ce qui est fort probable) ; d'autre part même si ces deux groupes de variables précitées sont indépendantes, les inefficacités estimées sont sous distribuées lorsque l'effet des variables socio – économique qui expliquent l'inefficacité n'est pas pris en compte, ce qui conduit à une sous-estimation de cet effet. En outre, Ogundele et Okoruwa (2006) ont pointé la violation de l'hypothèse faite sur le terme d'erreur. Selon ces auteurs, dans la fonction de production stochastique, les effets de l'inefficacité sont supposés être indépendants et identiquement distribués. Pourtant dans la seconde étape, les scores d'efficacité obtenus sont assumés dépendre d'un certain nombre de facteurs spécifiques à la firme, ce qui implique que les effets d'inefficacité ne sont pas indépendamment distribués.

Après 1990, pour pallier cela, deux types de modèle ont été proposés :

- Battese et Coelli (1992) : estimer la frontière stochastique tout en tenant compte de la possibilité que l'inefficacité puisse varier dans le temps : modèle d'inefficacité à variation temporelle (time varying inefficiency model) c'est-à-dire les indices d'inefficacité des périodes antérieures puissent être dépendants de celui dans la dernière période T.

$$U_{it} = [e^{-\eta(t-T)}]^{U_i}$$
 où  $\eta$  est un paramètre à estimer et les  $U_i$  sont des variables aléatoires indépendantes, positives ou nulles, qui possèdent une distribution normale tronquée ayant une moyenne  $\mu$  et une variance  $\sigma^2$  inconnues. Ce modèle ne tient cependant pas compte des caractéristiques socio-économiques propres à chaque firme.

- Huang et Lin (1994) : tenir compte des interactions entre les variables qui caractérisent l'inefficacité et les inputs : modèle des fonctions frontières stochastiques non neutres (non neutral stochastic frontier model). Ce type de modèle fait donc en sorte que la frontière stochastique de production ne traduise plus seulement qu'un déplacement neutre de l'ordonnée à l'origine selon la firme ou la période considérée ; l'impact marginal des facteurs de production est fonction des caractéristiques spécifiques de chaque entreprise. Ce modèle est défini de la façon suivante :  $U_{it} = \delta Z_{it} + \delta^* Z^*_{it} + W_{it}$ , où  $Z_{it}$  est le vecteur de variables susceptibles d'expliquer les variations des indices d'efficacité technique des firmes;  $Z^*_{it}$  est le vecteur des variables traduisant les interactions entre les variables qui caractérisent

l'inefficacité et les facteurs de production;  $\delta$  et  $\delta^*$  sont deux vecteurs de paramètres à estimer; et  $W_{it}$  est un vecteur de variables aléatoires indépendantes possédant une distribution normale tronquée de moyenne nulle et de variance inconnue  $\sigma^2$ , tel que  $U_{it}$  soit positive ou nulle (i.e.,  $W_{it} \geq -\delta Z_{it} - \delta^* Z^*_{it}$ ).

Il faut noter que, compte tenu du type de données en possession (coupe transversale ou données de panel), les hypothèses faites à l'endroit du terme d'inefficacité diffèrent. Lorsqu'il s'agit de données concernant une seule période, le terme d'inefficacité est supposé soit suivre une loi exponentielle, soit une loi semi – normale. Le concepteur du programme FRONTIER qui permet d'estimer en même temps la fonction frontière et la fonction d'inefficacité en l'occurrence Coelli a seulement considéré dans la programmation l'hypothèse que le terme d'inefficacité suivait une distribution semi – normale. Lorsqu'il s'agit de données de panel, l'inefficacité est supposée être constante ou variant dans le temps. Dans ce cas, cette hypothèse est vérifiée en testant la significativité du paramètre  $\eta$ . Si ce dernier est significatif, alors  $U_i$  diminue, reste constante ou augmente lorsque respectivement  $\eta > 0$ ,  $\eta = 0$  ou  $\eta < 0$ .

### **3. Revue de la littérature empirique sur l'estimation de l'efficacité technique et l'analyse des déterminants de l'inefficacité**

Le calcul du niveau d'efficacité technique et l'analyse de ses déterminants dans le domaine de la riziculture n'est pas un exercice nouveau dans la littérature économique. Avant de passer à l'analyse du cas de la vallée du fleuve Sénégal, cette sous – section fait un survol non exhaustif d'études qui ont traité cette question dans certains pays d'Asie et d'Afrique de l'Ouest afin d'établir une comparaison entre ce qui se passe dans la zone Nord du Sénégal et dans les autres parties du monde.

#### **3.1 En Asie**

Les principaux pays concernés ont été l'Inde, le Taiwan, la Chine, le Pakistan, la Malaisie et le Bangladesh. Ces pays constituent les plus grands producteurs de riz ; le riz y est l'aliment de consommation de base et beaucoup d'études ayant trait à l'efficacité technique y ont été effectuées.

Bravo – Ureta et Pinhero (1993) ont fait une revue critique de la littérature ayant trait à la frontière de production et au niveau d'efficacité paysan dans les pays en voie de

développement. Au total 30 études concernant différents pays ont été examinées. L'Inde a été le pays qui a reçu le plus d'attention et le riz a été la spéculacation la plus étudiée. L'efficacité technique moyenne des études revues est de l'ordre de 72 %. Ce résultat suggère qu'il y a une marge considérable pour augmenter l'output agricole sans inputs additionnels et étant donné le niveau de technologie existant. Les variables les plus usitées ont été l'éducation du producteur et son expérience, le contact avec les structures, l'accès au crédit et la taille de la parcelle. Sauf cette dernière, les résultats ont révélé que ces variables tendent à avoir un impact positif et statistiquement significatif sur l'ET. Les données dans Revilla – Molina et al. (2000) ont été obtenues à partir d'un échantillon de 259 ménages de quatre comtés de la province de Yunnan en Chine durant la période juillet – octobre 2000. Les auteurs ont utilisé une fonction de production stochastique et ont obtenu une efficacité moyenne globale de 87 %. Par ailleurs, ils ont constaté que l'expérience en riziculture et le contact avec les agents de développement affectaient négativement et significativement l'inefficacité. Abdedullah et al. (2007) ont tenté d'établir une relation entre les dotations en ressources et l'efficacité technique dans la production de riz dans le milieu pakistanais. L'objectif principal était d'estimer l'inefficacité technique des riziculteurs qui peut contribuer à expliquer l'écart entre la production réelle et celle potentielle et de déterminer le rôle des institutions dans l'amélioration de l'ET et de la productivité. Au total, 200 producteurs appartenant au gouvernement du Punjab ont été mobilisés pour la campagne agricole de 2005. Les auteurs ont utilisé une fonction de production stochastique et ont obtenu une efficacité technique moyenne de 91 % avec des scores d'efficacité variant entre 53 et 98 %. Ce qui constitue un niveau de performance très élevé. En outre l'âge du répondant et la taille de la parcelle impactent significativement et positivement l'inefficacité alors que les coefficients du niveau d'éducation, de la distance entre deux plants et de l'utilisation de tracteur sont significatifs mais négatifs. Un exercice similaire a été fait par Javed et al. (2010). Au total, 200 producteurs appartenant au système riz – blé dans le Punjab ont été enquêtés en 2007. La méthode du DEA a permis d'obtenir une efficacité technique moyenne de 83 % avec des niveaux d'efficacité compris entre 32 et 100 %. Le modèle Tobit a été utilisé pour analyser les déterminants de l'inefficacité. Les résultats ont montré que la taille de la parcelle, l'âge du producteur, la distance entre la parcelle et le marché ont un impact significatif et positif sur l'inefficacité alors que le nombre d'années d'instruction, l'accès au crédit et le contact avec les agents de vulgarisation sont corrélés significativement et négativement à l'inefficacité. Les données de Bäckman et al ont été collectées à la suite d'une enquête effectuée entre juin et août 2009 dans 12 villages du Nord – Ouest et du Centre – Nord du Bangladesh. L'enquête a

concerné 360 producteurs. Une fonction de production log quadratique a été utilisée. Cette fonction prend en compte la spécification Cobb – Douglas et la forme log linéaire translog de second ordre. Les résultats d'efficacité varient entre 16 et 94 % avec une efficacité moyenne de 83 %. Concernant la fonction d'inefficacité, l'expérience en riziculture a été significative et négative tandis que le nombre de parcelles s'est révélé significatif et positif. L'efficacité technique des riziculteurs du Vietnam a été estimée par Khai et Yabe (2011) dans une première étape par la méthode du maximum de vraisemblance. Les résultats ont affiché des niveaux d'efficacité compris entre 16 et 98 % avec une efficacité moyenne de 82 %. Dans une seconde étape, l'analyse des déterminants de l'efficacité technique à l'aide d'un modèle Tobit a permis de déceler que l'ethnicité, la taille du ménage, le genre, l'expérience en riziculture, le niveau d'études, le revenu agricole du riziculteur, l'irrigation, la monoculture du riz (pratiquait-il seulement la riziculture), l'amélioration des conditions de vie, le ratio travail sur la superficie, le pourcentage du revenu non agricole se sont révélés positifs et statistiquement significatifs. L'un des objectifs de l'étude de Ghee – Thean et al. (2012) était de voir si le niveau d'ET des producteurs de riz Malaisiens pouvait être considéré comme étant une conséquence du fossé entre le rendement actuel et celui potentiel. L'étude a examiné aussi les facteurs déterminant l'inefficacité de ces riziculteurs. Les données concernent 230 producteurs choisis de manière aléatoire dans cinq Etats durant l'année 2010. Les auteurs ont utilisé une fonction de production stochastique et ont obtenu une efficacité moyenne d'environ 86 %. Seule la variable dichotomique traduisant le fait que le producteur ait au moins participé à un séminaire ou à un atelier de formation concernant la production de riz a été statistiquement significative dans l'explication de l'inefficacité ; le coefficient étant négatif.

### **3.2 En Afrique de l'Ouest**

Les pays passés en revue ont été le Nigeria, le Ghana, le Burkina Faso, la Guinée et le Sénégal. Ces pays sont reconnus par leur taux élevé de consommation de riz importé d'Asie. Le constat est que la question de l'estimation de l'efficacité technique et l'analyse de ses déterminants a été très peu abordée par les chercheurs dans cette partie de l'Afrique. L'absence de travaux dans ce sens est plus sévère en Afrique de l'Ouest francophone. Le Nigeria est le pays qui a enregistré le plus grand nombre d'études dans ce domaine.

L'étude de Ogundele et Okoruwa (2006) s'est attelée à déterminer l'ET dans la production de riz au Nigeria en couvrant les deux principales écologies de la culture du riz. Elle a été menée

dans les quatre principaux Etats producteurs de riz au Nigeria à savoir Kaduna, Ebonyi, Niger et Ekiti durant la campagne agricole 2003. Au total 320 producteurs ont été enquêtés. Une fonction de production stochastique a été utilisée. Une comparaison a été effectuée entre les producteurs utilisant une technologie traditionnelle et ceux utilisant une technologie améliorée. Chez les producteurs traditionnels, une efficacité technique moyenne de 90 % a été obtenue. La taille du ménage et l'expérience sont corrélés significativement et positivement à l'inefficacité alors que l'éducation est corrélée négativement à l'inefficacité. Chez les producteurs modernes, le niveau d'efficacité moyen est de 91 % ; seule la taille du ménage est corrélée significativement à l'inefficacité (le signe du coefficient étant positif). L'objectif du travail de Umeh et Ataborh consistait à déterminer l'efficacité des riziculteurs au Nigeria et les potentialités d'expansion de l'output. Les données proviennent de 282 riziculteurs issus de l'Etat de Kogi dans la partie Centre – Nord du Nigeria. Une fonction de production stochastique a été utilisée. Les auteurs ont trouvé une efficacité technique moyenne de 54 % avec un score minimal de  $17.10^{-8}$  % et un maximum de 91 %. L'âge, la taille du ménage et la variété de riz cultivée ont eu des effets significatifs et négatifs sur l'inefficacité. L'étude de Kaboré (2007) a examiné l'efficience technique des producteurs sur trois types d'aménagement du Burkina Faso où la riziculture est pratiquée (au fil de l'eau (Kou), en aval de barrage (Bagré) et par pompage (Sourou)). Les moyennes sont respectivement 83, 76 et 83 %. Les scores enregistrés se situent entre 27 et 98 %. L'efficacité technique est influencée par l'utilisation de la fumure organique, le taux de dépendance (le nombre d'enfants de moins de 10 ans rapporté aux individus de plus de 10 ans), le type de ménage (petite ou grande), le niveau d'instruction et le nombre d'années de présence du chef de ménage dans la parcelle. Fontan (2008) a utilisé des données provenant du Recensement National de l'Agriculture sur la période 2000 – 2001 concernant 828 exploitations en Guinée. Une efficacité technique moyenne de 66 % a été obtenue. Le régime hydrique (pluvial ou irrigué), la pratique de la monoculture, le recours à un crédit, le nombre total de champs, la propriété de champs (être propriétaire ou non) ont des effets significatifs et négatifs sur l'inefficacité. Dans Al – hassan (2012), les données concernent 440 riziculteurs de la région haute de l'Est du Ghana pour la campagne agricole 2002 – 2003. L'auteur a utilisé une fonction de production stochastique et une estimation en deux étapes pour obtenir la production frontière et les déterminants de l'inefficacité. L'efficacité technique moyenne est estimée à 47 % avec des extrema de 10 et 98 %. La régression dans une seconde étape entre l'inefficacité technique et certaines variables socio – économiques à l'aide de la méthode des moindres carrés ordinaires a permis de déceler que le crédit, la taille du ménage et le nombre d'heures passées en dehors du

champ ont été significatifs et négatifs dans la fonction d'inefficacité. Donkoh et al. (2013) ont abondé dans le même sens que leur homologue précédent. Les informations employées concernant 85 producteurs d'un district de la région haute du Nord du Ghana durant la campagne 2007 – 2008. Les scores d'efficacité technique obtenus sont compris entre 40 et 100 % avec une moyenne de 81 %. Le genre et le niveau d'éducation ont été significatifs et négatifs dans l'explication de l'inefficacité. Dans la vallée du fleuve Sénégal, Fall (2008) en estimant la productivité marginale pour les intrants variables de base (semence, engrais, produits phytosanitaires et main d'œuvre), a calculé l'efficacité technique de producteurs rizicoles issus du Delta et de la Moyenne Vallée. Il a obtenu une moyenne de 63 %. Concernant les facteurs impactant l'inefficacité, il a découvert que l'âge, l'accès au crédit, le niveau d'instruction de minimum secondaire et le nombre d'années en riziculture sont statistiquement significatifs et négativement corrélés à l'inefficacité technique alors que l'obtention d'une seconde profession et la taille du ménage ont un effet statistiquement significatif et positif sur l'inefficacité technique. Plus tard, Diagne et al. (2013) ont calculé les niveaux d'efficacité technique de riziculteurs choisis aléatoirement dans le Delta et dans la Moyenne Vallée. Ces auteurs ont utilisé des données de panel et un modèle à effets fixes. Ils ont obtenu des scores moyens annuels compris entre 55 et 60 %. Les déterminants de l'efficacité sont l'utilisation d'engrais, d'herbicides, de la batteuse ASI (ADRAO – SAED – ISRA), des variétés Sahel, la date du semis, la chasse aux oiseaux et les coûts des services (bien que ceux-ci réduisent l'efficacité).

## **4. Méthode d'estimation utilisée et analyse des données collectées**

### **4.1 Présentation du modèle**

Selon Bosman et Frecher (1992) cités par Ambapour (2001), dans le cas du secteur agricole, l'estimation économétrique des frontières de production paramétrique est la plus appropriée. C'est pourquoi l'attention est portée sur ce type de fonction dans cette analyse. Au sein des frontières paramétriques aussi peut s'opérer une autre forme de distinction entre frontières déterministes et frontières stochastiques. La limite principale de la spécification déterministe est qu'elle attribue toute déviation de la production observée par rapport à la production potentielle à l'inefficacité de l'agent producteur. Autrement dit elle ne prend pas en compte les chocs exogènes qui sont non contrôlables par le producteur. Or il est clair que ce dernier

est parfois confronté à des contraintes qui sont indépendantes de sa volonté comme par exemple une pompe d'irrigation tombée en panne, une invasion d'oiseaux dévastateurs, etc. C'est pourquoi l'analyse retient une fonction stochastique ayant la forme suivante :

$$Y_i = f(X_i; \beta) e^{(V_i - U_i)} \text{ avec } i = \{1, \dots, N\} \quad (2.3.1)$$

Les paramètres ont été définis au niveau de la section précédente. Le terme aléatoire  $V$  est maintenant associé aux facteurs aléatoires qui ne sont pas sous le contrôle de l'individu. Les erreurs aléatoires  $v_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) sont supposées indépendamment et identiquement distribuées, suivant  $N(0, \sigma_v^2)$  alors que les  $u_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) sont supposées être positives ou nulles suivant une distribution semi – normale ou exponentielle (Battese, 1991).

Battese et Coelli (1995), à la suite des travaux de Huang et Liu (1994), ont supposé que le terme  $u_i$  suit une distribution normale  $N(z_i\delta, \sigma^2)$  et ont proposé un modèle d'expression de l'inefficacité technique par la formule suivante :

$$u_i = z_i\delta + w_i \quad (2.3.2)$$

Le vecteur  $z$  regroupe l'ensemble des variables qui sont supposées déterminer l'inefficacité technique ;  $\delta$  est le vecteur de paramètres inconnus à estimer ;  $w_i$  est un terme aléatoire suivant  $N(0, \sigma^2)$ . Il est important de remarquer que les variables caractérisant la fonction de production sont distinctes de celles caractérisant l'inefficacité bien que toutes les variables participent dans la détermination du niveau d'efficacité.

Dans le cadre de cette analyse, la frontière de production considérée est une fonction transcendante logarithmique simplifiée. L'avantage de cette dernière est qu'elle est flexible, elle n'impose aucune hypothèse restrictive à l'égard de la constante ou des élasticités de la fonction de production (Donkoh et al, 2013). En outre, elle permet de déceler si la combinaison entre deux facteurs de production a un effet significatif sur le niveau de production. Toutefois, la fonction translog connaît en général certaines limites : le risque de colinéarité est sévère lorsque le nombre de variables explicatives dépasse trois. Elle ne décrit la « vraie » technologie qu'au point d'approximation et à son voisinage, ce qui limite la portée des résultats obtenus. Alors que les fonctions Cobb-Douglas et CES (Constant Elasticity of Substitution) satisfont certaines conditions de régularité, une forme flexible telle que la fonction translog ne peut les remplir. Dans ce travail, La fonction translog simplifiée a été préférée à la fonction translog classique car cette dernière, dans la plupart des cas, présente de

graves problèmes de multi colinéarité provoquée par l'introduction des carrés des variables (Ahmad et Bravo – Ureta, 1996).

La fonction retenue prend donc la forme suivante :

$$\log Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^5 \beta_j \log X_{ji} + \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^5 \beta_{jk} \log X_{ji} \log X_{ki} + v_i - u_i \quad (2.3.3)$$

Avec  $\beta_{jk} = 0$  lorsque  $j = k ; j < k$ .

On a pour le producteur  $i$  :

$Y_i$  = la production totale de riz (en kilogrammes)

$X_{1i}$  = la superficie totale (en ares) cultivée

$X_{2i}$  = la quantité totale d'engrais utilisé (en kilogrammes)

$X_{3i}$  = la quantité totale de semences utilisées (en kilogrammes)

$X_{4i}$  = la main-d'œuvre totale utilisée (en personnes - jours)

$X_{5i}$  = les autres coûts liés à la production (achat herbicides, machinerie, autres)

Avec  $\beta$  le vecteur de paramètres à estimer et  $v_i$  et  $u_i$  tels définis précédemment.

Ces variables ont été retenues en considérant la littérature existante qui a trait à l'estimation de la fonction de production mais également ce sont généralement ces inputs qui sont utilisés par les riziculteurs de la vallée. Il serait intéressant d'inclure la quantité d'herbicides et le coût de l'irrigation dans le modèle mais ces variables ne figurent pas dans la base de données utilisée. Pour l'irrigation, le coût se fait par cotisation en début de campagne selon l'organisation paysanne à laquelle le producteur appartient. Ce dernier n'a aucune influence sur cette cotisation. Cependant les dépenses en herbicides sont incluses dans « autres coûts ».

L'inefficacité technique est représentée par la formulation suivante :

$$u_i = \delta_0 + \sum_{j=1}^9 \delta_j z_{ji} + w_i \quad (2.3.4)$$

Pour le chef de ménage  $i$ , on a :

$z_{1i}$  = son lieu de résidence (0 = Podor, 1 = Dagana)

$z_{2i}$  = la taille de son ménage

$z_{3i}$  = son genre (0 = femme, 1 = homme)

$z_{4i}$  = son âge

$z_{5i}$  = son niveau d'instruction (0 = aucune instruction, 1 = instruit)

$z_{6i}$  = son ethnie (0 = autre, 1 = wolof)

$z_{7i}$  = la distance (en kilomètres) entre sa maison et sa parcelle

$z_{8i}$  = le nombre de parcelles cultivées

$z_{9i}$  = le nombre d'années de pratique de la riziculture dans la parcelle

Avec  $\delta$  le vecteur de paramètres à estimer et  $w_i$  tel défini plus haut.

La première explication donnée pour le choix des variables explicatives de la fonction de production reste valable ici. Ces variables font partie de celles qui sont les plus couramment utilisées dans la littérature pour expliquer l'inefficacité technique.

Deux restrictions ont été opérées concernant le niveau d'instruction et l'ethnie du chef de ménage qui sont devenues des variables dichotomiques. Etre instruit veut dire être alphabétisé ou ayant fréquenté un type d'école, qu'elle soit arabe, coranique ou française. La nouvelle variable ethnie prend la valeur 1 si le producteur est wolof et 0 sinon. Le tableau 5 de la sous-section suivante apporte plus de détails concernant la répartition ethnique ainsi que le niveau d'instruction au sein de l'échantillon.

A partir de ce moment,  $U_i$  est supposée suivre une distribution normale  $N(z_i\delta, \sigma^2)$  (Battese et Coelli, 1995). Les autres paramètres associés aux termes aléatoires sont  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$  et  $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$

La méthode du maximum de vraisemblance est utilisée pour estimer à la fois la fonction de production et la fonction d'inefficacité. L'estimation sera effectuée à partir du programme FRONTIER 4.1 implémenté par Coelli qui permet d'évaluer les paramètres de la fonction de production et ceux de la fonction d'inefficacité en une seule étape.

Avant de passer aux résultats de l'estimation des coefficients du vecteur  $\delta$ , quelques hypothèses sont émises concernant l'effet des variables sur l'inefficacité : un signe négatif d'un coefficient signifie que la variable en question exerce un effet négatif sur l'inefficacité donc contribue à augmenter l'efficacité de l'agent ; vice versa.

Lieu de résidence : effet négatif, beaucoup d'interventions ont été effectuées dans ces zones par les structures de recherches et de développement en vue de sensibiliser les producteurs aux bonnes pratiques et leur fournir de nouvelles technologies de production ;

Genre : effet négatif, dans ces zones, le chef de ménage est généralement de genre masculin. Ainsi ils bénéficient la plupart du temps de l'accès à la terre, des sessions de stage et de formation organisées par les structures d'encadrement et de développement et d'autres activités liées aux processus de production.

Niveau d'instruction : effet négatif, l'instruction permet au producteur d'assimiler les formations qui lui sont dispensées et de maîtriser l'itinéraire technique ;

Ethnie : effet négatif, du fait des mentalités et des attitudes différentes, les communautés diffèrent de par leur réaction face à l'influence extérieure ;

Taille du ménage : effet négatif car elle peut constituer une main d'œuvre supplémentaire qui pourrait aider le chef de ménage ;

Age : effet positif, plus le chef de ménage prend de l'âge, plus ses facultés physiques et mentales s'amenuisent ;

Distance : effet positif, rares sont les riziculteurs qui disposent de véhicules, la plupart des moyens de locomotion sont des charrettes, une distance importante conduirait à saper la motivation des riziculteurs ;

Nombre de parcelles : effet positif, jouer sur plusieurs tableaux est parfois difficile compte tenu du matériel rudimentaire dont disposent ces producteurs ;

Années de pratique : effet négatif, beaucoup d'années de pratique conduisent à la maîtrise du terrain, des techniques de production et des bonnes pratiques.

## **4.2 Description des données de l'analyse**

### **4.2.1 Echantillonnage**

Les données ont été recueillies à la suite d'une enquête effectuée dans le cadre d'un projet conduit par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles en partenariat avec l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA en anglais) dans les départements de Dagana et de Podor sur la période allant du 07 avril au 06 août 2012. L'objectif de ce projet, intitulé « Une analyse empirique de l'accroissement de la production de riz en Afrique Subsaharienne », est d'analyser l'impact de l'initiative de la Coalition pour le Développement de la Riziculture en Afrique (CARD en anglais) sur la productivité rizicole et sur la réduction de la pauvreté et d'évaluer l'efficacité des nombreux moyens d'amélioration de la productivité agricole tels que les nouvelles technologies agricoles et leur dissémination.

En ce qui concerne le choix des sites, du fait de la diversité des zones de production et de l'hétérogénéité des systèmes, une approche en plusieurs étapes (multi stage) a été retenue. La première étape a été de choisir les sites à étudier sur la base des différentes caractéristiques des acteurs impliqués et de leur système de production respectif. A partir de données secondaires, les zones de production ont été caractérisées. Les sites ont été choisis au sein des villages les plus représentatifs. La seconde étape a porté sur le choix aléatoire des unités d'observation.

Deux questionnaires ont été élaborés pour prendre en charge les objectifs visés par le projet. Un questionnaire « enquête sur les organisations paysannes » qui essaie de décrire ces structures ainsi que leurs activités agricoles durant la période de recherche. Un questionnaire « enquête sur les riziculteurs » qui résume la situation agricole et sociale du producteur interviewé.

L'enquête a mobilisé 559 producteurs de riz. Après nettoyage de la base de données, l'échantillon utilisé dans le cadre de ce travail comporte 493 riziculteurs cultivant 642 parcelles répartis dans 120 organisations de producteurs (OP).

### **4.2.2 Description socio – économique**

Le tableau 5 retrace quelques caractéristiques socio – économiques ayant trait aux riziculteurs de l'échantillon :

**Tableau 5 : Caractérisation spatiale et socio-économique des riziculteurs<sup>25</sup>**

	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
Dagana	268	63
Podor	159	37
<b>Homme</b>	<b>413</b>	<b>97</b>
<b>Femme</b>	<b>14</b>	<b>3</b>
<b>Aucune instruction</b>	<b>73</b>	<b>17</b>
<b>Primaire</b>	<b>90</b>	<b>21</b>
<b>Secondaire</b>	<b>38</b>	<b>9</b>
<b>Supérieur</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Arabe/Coranique</b>	<b>202</b>	<b>47</b>
<b>Alphabétisé</b>	<b>21</b>	<b>5</b>
<b>Wolof</b>	<b>164</b>	<b>38</b>
<b>Peul</b>	<b>169</b>	<b>40</b>
<b>Toucouleur</b>	<b>46</b>	<b>11</b>
<b>Maure</b>	<b>30</b>	<b>7</b>
<b>Sérère</b>	<b>16</b>	<b>3</b>
<b>Autre ethnies</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Source : d'après données d'enquête**

L'échantillon a été tiré majoritairement au niveau du département de Dagana. Ceci est logique du fait que ce terroir concentre la majeure partie des riziculteurs et des champs de riz de la vallée. Aussi la plupart des regroupements paysans sont localisés dans ce département. Les chefs de ménages de genre masculin sont largement dominants. Cette configuration reflète les réalités sociales du pays en général et de la zone en particulier. Les rares chefs de ménage féminins sont généralement des veuves ou des divorcées. Concernant le niveau d'instruction des répondants, plus du tiers de la population affirme avoir fréquenté l'école coranique. En effet la population est majoritairement de confession musulmane et l'ethnie hal pulaar (Peul et Toucouleur confondus) qui domine est réputée être fortement ancrée aux valeurs et fondements culturels islamiques. A part l'instruction coranique, la plupart des autres individus ont affirmé ne pas avoir bénéficié d'aucune forme d'instruction ou se sont arrêtés à l'école primaire française.

<sup>25</sup> Le cumul des pourcentages se fait selon les modalités de même couleur.

Le tableau 6 ci-dessous résume le reste des variables relatives à l'activité de production de riz :

**Tableau 6 : Description de certaines variables liées à la production**

	Moyenne	Ecart – type	Minimum	Maximum
<b>Production (tonnes)</b>	4,21	5,54	0,05	65,5
<b>Superficie (ha)</b>	0,97	1,06	0,0095	10
<b>Rendement (tonnes/ha)</b>	4,19	1,57	0,53	10,91
<b>Semence (kg)</b>	111,95	133,47	4	1400
<b>Main d'œuvre</b>	107	100	4	900
<b>Engrais (kg)</b>	308,52	344,12	12	2800
<b>Taille ménage</b>	11	6	1	38
<b>Age</b>	47,64	13,74	17	86
<b>Distance (km)</b>	3,58	5,19	0,03	52,71
<b>Nbre parcelles</b>	1,3	0,63	1	5
<b>Années de pratique</b>	10,58	8,91	1	42

**Source : d'après données d'enquête**

La main d'œuvre est exprimée en nombre de personnes / jour et « années de pratique » désigne le nombre d'années maximal qu'a effectué un riziculteur dans au moins une de ses parcelles. Elle pourrait symboliser en quelque sorte l'expérience du producteur en riziculture. La lecture de ce tableau rend compte d'une population très hétérogène. Ceci est confirmé par la valeur élevée de l'écart – type qui avoisine la moyenne, voire la dépassant dans certains cas. La quantité de semence semble respecter la norme – SAED qui est de 120 kg à l'ha alors que la quantité d'engrais est loin du compte car la SAED préconise 400 kg à l'ha (300 kg d'urée et 100 kg de DAP). Le nombre de personnes/jour est relativement plus élevé car celui suggéré est de 90 personnes / jour pour une parcelle d'un hectare. Le respect de ces recommandations techniques permettrait d'aboutir à un rendement de 6 tonnes à l'ha selon la SAED.

### 4.2.3 Système de propriété foncière

Bénéficiaire d'une terre aménagée au niveau de la vallée répond à certaines exigences. Comme mentionné plus haut, la terre en question peut soit relever du domaine national soit appartenir à un individu ou à une famille bien donnée. Lorsque l'aménagement public est effectué dans le domaine national, il est nécessaire d'appartenir à une organisation paysanne pour espérer bénéficier d'une parcelle. Lorsque la SAED cible des zones appartenant à une communauté rurale ou à des individus bien déterminés, la répartition des terres aménagées se fait en concertation avec les conseils ruraux concernés. S'agissant de l'aménagement privé, dès lors qu'un individu dispose légalement d'une terre, il peut aménager sans passer par la société publique mais tout en respectant les règles établies par la Charte du Domaine Irrigué. L'aménagement d'une zone par la SAED obéit à une certaine procédure. Avec sa base de données, la SAED peut savoir la superficie potentielle à aménager. Lorsque le milieu est déterminé, elle établit un Avant-Projet Sommaire (APS) qui décrit sommairement les travaux à engager pour l'aménagement. Lorsque le projet retenu est jugé réalisable, la société élabore un Avant-Projet Détaillé (APD) qui détermine de manière plus précise et plus détaillée avec une budgétisation à l'appui les travaux à effectuer. Durant ces deux phases, elle demande au conseil rural en charge du périmètre ciblé de lui transférer momentanément les droits de propriété de celui-ci pour qu'elle puisse mener à bien ses activités. Parallèlement, une étude socio-économique est effectuée pour définir les ayants droit du périmètre après l'achèvement total de l'aménagement ; une clé de répartition du périmètre aménagé aux futurs bénéficiaires est proposée par la SAED au conseil rural concerné qui est chargé de la valider.

Le tableau 7 reflète le système de propriété foncière qui prévaut au niveau de l'échantillon étudié :

**Tableau 7 : Système de propriété des parcelles détenues par les riziculteurs**

Désignation	Effectif	Pourcentage
Terre familiale possédée	174	27
Terre familiale attribuée	233	36
Terre louée	7	1
Terre possédée par le CV <sup>26</sup>	11	2
Terre gouvernementale	182	29
Autre	35	5

<sup>26</sup> Chef de Village

<b>Total</b>	<b>642</b>	<b>100</b>
--------------	------------	------------

**Source : d'après données d'enquête**

La majeure partie des parcelles sont obtenues après attribution (que ce soit dans le public comme dans le privé). Généralement les riziculteurs exploitent les périmètres en étant affiliés à des OP. C'est à partir de ces regroupements qu'ils bénéficient de terres à cultiver. D'autres ont obtenu des superficies via leur ascendant.

#### 4.2.4 Typologie des producteurs

Afin de mieux étayer l'analyse, une catégorisation des riziculteurs de l'échantillon a été effectuée en tenant compte des indicateurs (choisis de manière discrétionnaire) suivants pour chaque riziculteur : le niveau de production (en kg), la superficie (en ha), la main d'œuvre utilisée, la taille du ménage, l'âge, le nombre d'années de pratique de riziculture dans au moins une des parcelles, le cheptel et le stock de matériels. La classification par nuées dynamiques effectuée permet d'obtenir le tableau d'analyse de la variance (ANOVA) ci-dessous. Le terme « gros matériel » désigne les matériels lourds tels que les tracteurs, les charrues, les batteuses et les bâtiments de stockage de la production. Le vocable « petit matériel » regroupe les pulvérisateurs, les groupes moto pompe (GMP) et les houes. Ces indicateurs, centrés et réduits, affichent tous un niveau de significativité au seuil de 1 %. Ce qui permet d'affirmer qu'ils peuvent servir de manière appropriée à classer les riziculteurs.

**Tableau 8 : Analyse de la variance**

	Classe		Erreur		F	Signification
	Moyenne des carrés	ddl <sup>27</sup>	Moy. carrés	ddl		
Production totale	137,366	2	0,443	490	309,796	0,000
Superficie totale	147,309	2	0,403	490	365,973	0,000
Main d'œuvre	32,651	2	0,871	490	37,494	0,000
Taille du ménage	33,508	2	0,867	490	38,641	0,000
Age	17,434	2	0,933	490	18,686	0,000
Années pratique	5,635	2	0,981	490	5,744	0,003
Bovins	24,393	2	0,905	490	26,968	0,000
Caprins	21,113	2	0,918	490	23,000	0,000
Ovins	18,381	2	0,929	490	19,788	0,000
Asins	65,665	2	0,736	490	89,239	0,000
Equins	19,567	2	0,921	490	21,234	0,000

<sup>27</sup> Degré de liberté

Volaille	18,046	2	0,931	490	19,392	0,000
Charrette	91,551	2	0,631	490	145,056	0,000
Gros matériel	25,151	2	0,904	490	27,819	0,000
Petit matériel	54,680	2	0,781	490	70,025	0,000

Ainsi trois classes ont été obtenues et se répartissent de la manière suivante :

**Tableau 9 : Typologie des riziculteurs**

Classe	Effectif	Pourcentage
<b>Grands producteurs</b>	<b>59</b>	<b>12</b>
<b>Producteurs moyens</b>	<b>130</b>	<b>26</b>
<b>Petits producteurs</b>	<b>304</b>	<b>62</b>
<b>Total</b>	<b>493</b>	<b>100</b>

**Les grands producteurs** : ils sont caractérisés par une production, une superficie et une main d'œuvre élevées avec des moyennes respectives de 19,6 tonnes, 4,1 ha et 279 hommes/jour. Le nombre de bovins y est relativement élevé.

**Les producteurs moyens** : ils enregistrent une production et une superficie moyennes largement en deçà de celles obtenues par les premiers. Cependant, hormis les bovins, ils ont un cheptel et un stock de matériels plus fournis que les premiers.

**Les petits producteurs** : ce sont les moins nantis en considérant les moyens de production dont ils disposent.

La domination de la dernière catégorie en termes d'effectif traduit la faiblesse en dotation factorielle surtout en matériels agricoles à laquelle les riziculteurs de la zone sont confrontés. Rares sont ceux qui disposent de matériels lourds nécessaires pour une bonne exécution de l'itinéraire technique. Parfois les producteurs ont recours à la location de matériels ou en cas de manque de matériel, sautent l'activité concernée. Par exemple, beaucoup d'entre eux se limitent uniquement à l'offset et pratiquent très rarement le labour.

## 5. Estimation des fonctions de production et d'inefficacité technique

Avant de passer aux résultats obtenus à l'issue de l'estimation, il est important de procéder à trois tests afin de voir si le modèle retenu est approprié et si l'analyse est pertinente. Il s'agit de voir si :

- La fonction translog est la plus appropriée dans cette analyse ;
- Il y a une présence d'inefficacité technique ;
- L'inefficacité technique peut être expliquée par des variables socio-économiques.

Ces vérifications sont opérées en posant respectivement les hypothèses suivantes :

$H_{01}$  : la fonction stochastique est de type Cobb – Douglas ( $\beta_{12} = \beta_{13} = \beta_{14} = \beta_{15} = \beta_{23} = \beta_{24} = \beta_{25} = \beta_{34} = \beta_{35} = \beta_{45} = 0$ ).

$H_{02}$  : Le modèle ne comporte pas d'effets d'inefficacité ( $\gamma = 0$ ).

Dans ce cas de figure le modèle est considéré comme une fonction de production ordinaire dans laquelle les variables censées déterminer l'inefficacité sont intégrées dans la fonction de production estimable par la méthode des MCO.

$H_{03}$  : Les variables socio-économiques ne déterminent pas l'inefficacité ( $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = \delta_6 = \delta_7 = \delta_8 = \delta_9 = 0$ ).

Le test de ces hypothèses est effectué en calculant une statistique  $\lambda$  dont la formule est la suivante :  $\lambda = -2 * \{ \ln [L(H_0)] - \ln [L(H_1)] \}$  sachant que  $[L(H_0)]$  et  $[L(H_1)]$  sont respectivement les valeurs de la fonction de vraisemblance sous l'hypothèse nulle  $H_0$  et sous l'hypothèse alternative  $H_1$ . Le paramètre  $\lambda$  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 (Fontan, 2008 ; Bäckman et al ; Donkoh et al, 2013). La valeur de  $\lambda$  calculée est comparée à la valeur critique tabulée par Kodd et Palm (1986) avec un seuil de tolérance de 5 %. Le tableau 10 fait état des résultats qui ont été obtenus :

**Tableau 10 : Tests d'hypothèses**

Hypothèse nulle	$\lambda$	Valeur critique	Décision
H <sub>01</sub>	28,82	17,67	H <sub>01</sub> rejetée
H <sub>02</sub>	258,94 <sup>28</sup>	2,7	H <sub>02</sub> rejetée
H <sub>03</sub>	357,03	16,27	H <sub>03</sub> rejetée

Le premier test consiste à voir quelle est la spécification la plus appropriée entre la fonction Cobb – Douglas et la fonction transcendante logarithmique. La valeur de la fonction de vraisemblance obtenue après estimation de la fonction Cobb – Douglas et celle obtenue après estimation de la fonction translog<sup>29</sup> permettent d'avoir la statistique  $\lambda$  ci-dessus (28,82). Cette dernière est supérieure à la valeur critique, ce qui permet de rejeter l'hypothèse nulle. Ainsi c'est la fonction translog qui est la plus appropriée pour ce travail.

La valeur de la fonction de vraisemblance obtenue après estimation de la fonction translog par la méthode des MCO et celle obtenue après estimation par la méthode du maximum de vraisemblance permettent d'avoir la statistique  $\lambda$  ci-dessus (258,94). Les estimations sont faites en tenant compte uniquement des variables qui entrent dans la fonction de production. Le test conduit aussi à un rejet de l'hypothèse nulle.

Pour le troisième test, le même principe que dans le deuxième test est retenu mais ici les estimations sont effectuées en considérant à la fois les variables qui expliquent la fonction de production et la fonction d'inefficacité. Les résultats obtenus aboutissent également à un rejet de l'hypothèse nulle.

En résumé, la fonction de production peut être représentée par une fonction translog, il est noté la présence d'une inefficacité technique et que cette dernière peut être expliquée par certaines variables socio – économiques. Ce qui donne une pertinence aux estimations qui vont suivre.

## **5.1 Résultats de l'estimation de la fonction de production stochastique**

Le tableau 11 récapitule les résultats générés par le programme FRONTIER 4.1 à la suite de l'estimation de la fonction de production stochastique :

<sup>28</sup> Cette valeur est directement donnée par le programme frontière avec le nombre de restrictions qui va avec.

<sup>29</sup> Ces valeurs ont été calculées ailleurs mais ne figurent pas dans le document pour des soucis de simplification.

Tableau 11 : Résultats de l'estimation de la fonction de production stochastique

Variables	Paramètres	Coefficients
Constante	$\beta_0$	4,372(23,8) ***
LogX <sub>1</sub>	$\beta_1$	1,563(28,35) ***
LogX <sub>2</sub>	$\beta_2$	-0,193(-2,02) **
LogX <sub>3</sub>	$\beta_3$	0,063(1,23)
LogX <sub>4</sub>	$\beta_4$	-0,181(-5,34) ***
LogX <sub>5</sub>	$\beta_5$	-0,18(-8,91) ***
LogX <sub>1</sub> logX <sub>2</sub>	$\beta_{12}$	-0,035(-3,4)
LogX <sub>1</sub> logX <sub>3</sub>	$\beta_{13}$	0,047(6,95) ***
LogX <sub>1</sub> logX <sub>4</sub>	$\beta_{14}$	-0,007(-0,56)
LogX <sub>1</sub> logX <sub>5</sub>	$\beta_{15}$	-0,075(-13,92) ***
LogX <sub>2</sub> logX <sub>3</sub>	$\beta_{23}$	0,02(-2,95) ***
LogX <sub>2</sub> logX <sub>4</sub>	$\beta_{24}$	0,008(3,05) ***
LogX <sub>2</sub> logX <sub>5</sub>	$\beta_{25}$	0,046(4,09) ***
LogX <sub>3</sub> logX <sub>4</sub>	$\beta_{34}$	-0,051(-7,7) ***
LogX <sub>3</sub> logX <sub>5</sub>	$\beta_{35}$	0,025(3,48) ***
LogX <sub>4</sub> logX <sub>5</sub>	$\beta_{45}$	0,037(7,79) ***
Sigma carré	$\sigma^2$	0,607(11,9) ***
Gamma	$\gamma$	0,99(509640032,6) ***
Log fonction MV		-29,79

Les valeurs entre parenthèses sont les ratios de student

\*\*\* : significatif au seuil de 1 %

\*\* : significatif au seuil de 5 %

\* : significatif au seuil de 10 %

Il est important de signaler que, contrairement à la fonction de type Cobb – Douglas, les paramètres ci-dessus estimés ne sont pas directement interprétables. Il convient de calculer les élasticités pour chaque facteur de production considéré en vue d'une interprétation (Lévêque et Roy, 2004, Fontan, 2008). Ceci est donné par la formule suivante :

$$\varepsilon_j = \frac{\partial \log(Y)}{\partial \log(X_j)} = \beta_j + \sum_j [\beta_{jk} \log(X_k)]$$

Avec  $\varepsilon_j$  l'élasticité du facteur j et les autres paramètres sont tels définis précédemment. Le tableau 12 ci-dessous retrace les statistiques descriptives pour chaque input donné.

**Tableau 12 : Elasticités des facteurs de production**

Facteur de production	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart type
Superficie totale	0,72	0,48	0,92	0,07
Quantité totale d'engrais	0,25	0,14	0,38	0,04
Quantité totale de semence	0,1	- 0,02	0,25	0,05
Main d'œuvre totale	0,23	0,11	0,36	0,04
Autres coûts <sup>30</sup>	- 0,18	-	-	-

Pour les besoins de l'interprétation les valeurs moyennes sont considérées (Ahmad et Bravo – Ureta, 1996 ; Fontan, 2008). Le test de student effectué permet de conclure que tous les paramètres sont au minimum, significatifs au seuil de 5 %. Cependant aucune conclusion ne peut être émise sur le coefficient des autres coûts. La valeur des rendements d'échelle est obtenue en faisant la somme des élasticités :  $\varepsilon = \sum \varepsilon_j$

La somme des élasticités est égale à 1,12. Cette valeur est supérieure à l'unité. Ainsi les riziculteurs de la zone bénéficieraient de rendements d'échelle croissants. Cela signifie que si un riziculteur augmente simultanément l'ensemble de ses facteurs de production de 1 %, alors sa production de riz va s'accroître de 1,12 %.

Le tableau 13 retrace la distribution des scores d'efficacité au sein de l'échantillon :

**Tableau 13 : Distribution des niveaux d'efficacité dans la population**

Niveau d'efficacité (%)	Effectif	Pourcentage
0 – 25	11	2
25 – 50	84	17
50 – 75	149	30
75 – 100	249	51
<b>Total</b>	<b>493</b>	<b>100</b>
<b>ET moyen</b>		<b>70</b>
<b>Minimum</b>		<b>14</b>
<b>Maximum</b>		<b>100</b>

<sup>30</sup> En appliquant la formule des élasticités pour cet input,  $\sum_j [\beta_{jk} \ln(x_k)] = 0$  car  $\beta_{jk} = 0$  lorsque  $j = k$  et  $j < k$ . Ce qui fait que  $\varepsilon_5 = \beta_5$  et les autres paramètres (minimum, maximum et écart type) ne peuvent pas être obtenus.

Ecart – type

22

Les résultats de l'estimation des niveaux d'efficacité technique renseignent que 15 producteurs sont techniquement efficaces (leur score d'efficacité technique est égal à 100 %) ; soit seulement 3 % de la taille de l'échantillon. Autrement dit, ces producteurs ont atteint leur niveau maximal de production compte tenu des intrants et de la technologie dont ils disposaient. Les autres ont enregistré des efficacités techniques inférieures à l'unité et sont par conséquent considérés comme techniquement inefficaces. Par analogie à Bravo – Ureta et Pinheiro (1997), si le producteur moyen avait atteint son niveau maximal d'efficacité, il aurait pu faire une certaine économie de ressources. Cette économie de ressources (er) est donnée par la formule suivante :  $er = [1 - (70/100)] * 100 = 30 \%$ . Le producteur le moins performant aurait réalisé une économie de ressources de  $[1 - (14/100)] * 100 = 86 \%$ .

Le paramètre  $\gamma$  est significatif et est différent de zéro. Ce qui permet de déduire que toute déviation de la production réelle par rapport à celle potentielle est due en partie à une inefficacité de l'agent. Ce qui justifie tous le sens de la détermination des facteurs impactant cette inefficacité.

## 5.2 Déterminants de l'inefficacité technique

L'estimation de la fonction d'inefficacité permet d'obtenir les résultats confinés dans le tableau 14 ci-dessous :

**Tableau 14 : Résultats de l'estimation de la fonction d'inefficacité technique**

Variables	Paramètres	Coefficients
Constante	$\delta_0$	-1,484(-2,7)*
Localité	$\delta_1$	-0,353(-2,92)*
Taille du ménage	$\delta_2$	0,023(2,56) **
Genre	$\delta_3$	1,038(2,34) **
Age	$\delta_4$	0,001(0,03)
Niveau d'instruction	$\delta_5$	-0,238(-1,83) **
Ethnie	$\delta_6$	-0,659(-4,98)*
Distance	$\delta_7$	-0,056(-3,84)*

<b>Nombre de parcelles</b>	$\delta_8$	<b>0,163(2,21) **</b>
<b>Années de pratique</b>	$\delta_9$	<b>0,005(0,9)</b>

Dès lors, l'inefficacité technique peut s'exprimer sous la forme suivante :

Une analyse comparative conduit à séparer l'échantillon entre habitants de Dagana et de Podor ; entre instruits et non instruits ; entre wolofs et autres ethnies et entre grands producteurs, producteurs moyens et petits producteurs afin d'estimer le niveau d'efficacité technique au sein de chaque groupe. Le tableau 15 ci-après résume les résultats obtenus au sein de chaque groupe :

**Tableau 15 : Comparaison du niveau d'efficacité technique au sein de certains groupes socio – économiques**

	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Effectif</b>
<b>Dagana</b>	<b>74</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>301</b>
<b>Podor</b>	<b>66</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>192</b>
<b>Instruits</b>	<b>72</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>393</b>
<b>Non instruits</b>	<b>77</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>97</b>	<b>100</b>
<b>Wolofs</b>	<b>78</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>206</b>
<b>Autres ethnies</b>	<b>66</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>287</b>
<b>Grands producteurs</b>	<b>80</b>	<b>18</b>	<b>31</b>	<b>99</b>	<b>59</b>
<b>Producteurs moyens</b>	<b>72</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>130</b>
<b>Petits producteurs</b>	<b>71</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>304</b>

## 6. Interprétation des résultats d'estimation et discussions

### 6.1 La fonction de production

L'estimation de la production potentielle grâce à une fonction transcendante logarithmique a permis de déceler une relation significative lorsque les variables sont croisées entre elles. Ceci est confirmé par le rejet de l'hypothèse nulle (le coefficient est égal à zéro) des paramètres  $\beta_{jk}$  sauf  $\beta_{14}$ . Ce qui veut dire que la restriction en une fonction de production de type Cobb – Douglas demeure insuffisante dans ce cas de figure. En outre, les rendements d'échelle sont croissants alors que la fonction Cobb – Douglas fait l'hypothèse de rendements d'échelle constants. Choisir une fonction de type Cobb – Douglas au détriment d'une fonction translog pourrait occulter ces deux éléments. Même s'il est difficile de tester la significativité du paramètre obtenu pour les rendements d'échelle du fait de la forme fonctionnelle utilisée et des transformations opérées pour calculer les élasticités, la vérification empirique pourrait se faire en se contentant des propos avancés par les producteurs eux-mêmes<sup>31</sup>. En guise d'interprétation des élasticités, concernant la superficie, une augmentation supplémentaire de 1 % de la taille de la parcelle induit une hausse de la production de 0,72 %, toute chose étant égale par ailleurs. Le même raisonnement est applicable pour les autres élasticités vis-à-vis de la production. Les résultats montrent aussi que la superficie, la quantité d'engrais et la main-d'œuvre dans une moindre mesure ont un effet beaucoup plus important sur la production. Un respect des normes prescrites par la SAED contribuerait sans doute à stimuler le volume de la production. En effet, cette dernière préconise une quantité d'engrais égale à 400 kg (100 kg pour le DAP et 300 kg pour l'urée) pour une superficie d'un hectare. Il est vrai certes que la superficie moyenne de l'échantillon n'est que de 0,96 hectare. La quantité d'engrais devrait avoisiner 384 kg normalement mais n'est que de 303 kg. Il est important de rappeler que l'épandage de l'engrais doit se faire à une période bien précise pour que la plante puisse utiliser les fertilisants à bon escient. Malheureusement pour les producteurs, parfois ils sont confrontés à un retard de financement qui les empêche d'acheter le produit et de l'épandre au moment opportun. Ce retard peut engendrer un manque d'efficacité sur la production. Les coûts exercent un impact négatif sur la production. Ce qui veut dire qu'il est impératif pour le

---

<sup>31</sup> L'ex Président de l'Union d'un village de Dagana a confié lors d'un atelier qu'il est impossible d'obtenir une production qui permet de nourrir la famille, de rembourser le crédit et de vendre avec une parcelle de petite taille. Par contre plus la taille de la parcelle est grande, plus le producteur a des chances d'atteindre ces objectifs.

producteur de trouver le niveau optimal pour les autres coûts afin de dépenser de manière efficace son argent. Le croisement entre les variables renseigne sur la nature de l'effet de la combinaison de ces variables dans la production (Donkoh et al, 2013). Lorsque le signe du coefficient associé aux variables en question est positif, cela veut dire que ces deux variables ont des effets complémentaires dans la production. Dans le cas contraire, les effets sont substituables. C'est ainsi que les effets entre l'engrais et les semences, la main d'œuvre et les autres coûts sont complémentaires. L'effet de la superficie et celui des autres coûts sont substituables, etc.

En outre, les résultats ont montré que le producteur moyen n'utilise que 70 % de ses capacités de production pour arriver au niveau auquel il est présentement. En d'autres termes, il peut augmenter de 30 % son niveau actuel de production sans facteurs de production additionnels. En guise de comparaison, ce score est supérieur à ceux obtenus par Fall (2008) et Diagne et al. (2013) au niveau de la vallée. Par ailleurs, Tijani (2006) a analysé l'efficacité technique de la production de riz dans l'Etat d'Osun au Nigéria (le plus grand importateur de riz en Afrique de l'Ouest) durant la campagne agricole 2002 – 2003. Il a trouvé des scores compris entre 29,4 et 98,2 % avec une moyenne de 86,6 % et aussi une valeur de  $\gamma$  égale à 51 %. Ce qui sous-entend que l'écart entre la production observée et la production frontrière est dû en partie à l'inefficacité. Srisompun et Isvilanonda (2012) ont calculé le niveau d'efficacité technique en Thaïlande (fournisseur principal de riz du Sénégal) sur deux intervalles de temps (1987 – 1988 et 2007 – 2008). Ils ont trouvé des valeurs respectives de 88 et 73 % et une valeur de  $\gamma$  égale 99 % (à l'instar de ce travail – ci).

Les résultats antérieurs ont montré que le producteur moyen n'utilise que 70 % de ses facteurs de production pour arriver à son niveau de production actuel. Ce qui veut dire qu'il lui reste une marge non négligeable à combler. Quelles sont les raisons de cet écart ? La réponse peut être trouvée dans l'explication des déterminants de l'inefficacité.

## **6.2 La fonction d'inefficacité technique**

En dehors de l'âge et du nombre d'années de pratique de riziculture dans la parcelle, les autres variables ont enregistré des coefficients significatifs. La non significativité de la variable âge pourrait être imputée à la corrélation positive qui est souvent décelée entre cette variable et la variable taille du ménage (Tijani et Bakari, 2014). Les producteurs âgés disposent le plus souvent au sein de leur ménage d'assez de bras valides qui peuvent les suppléer dans les champs. Ce qui fait qu'ils ne sont pas aussi motivés que ceux qui ne bénéficient pas de cette

assistance. En ce qui concerne le nombre d'années de pratique de riziculture dans la parcelle, son assimilation à l'expérience est donc fautive. Ainsi le modèle retenu permet d'apporter des explications concernant l'écart de 30 % qui prévaut entre la production observée et la production potentielle.

Les variables qui agissent positivement sur l'efficacité technique sont le lieu de résidence, le niveau d'instruction, l'ethnie et la distance entre la maison et la parcelle tandis que le genre du chef de ménage, la taille du ménage et le nombre de parcelles détenues par le chef de ménage exercent un effet négatif sur son efficacité technique.

Pour ce qui est du lieu de résidence, le département de Dagana qui abrite la majorité des riziculteurs de l'échantillon se trouve dans le Delta qui est la zone de la vallée la plus proche des structures de recherches et de développement (ISRA, Centre du Riz pour l'Afrique, SAED, etc.). Ces dernières sont parfois confrontées à des problèmes de moyens matériels et financiers qui les empêchent de parcourir toute la vallée. Ce qui fait que la plupart de leurs interventions se limitent dans le Delta. C'est aussi dans ce département que la culture du riz est la plus développée du fait des multitudes actions de l'Etat depuis les indépendances (Lericollais et Dia, 1995). En outre, recevoir une instruction permet au producteur d'être plus efficace. Même si la plupart des campagnes de formation et de sensibilisation qu'effectuent les organismes de recherches et de développement se font en langue locale, l'instruction semble permettre aux individus de mieux assimiler les nouvelles connaissances qui leur sont présentées, ce qui peut augmenter la probabilité d'adopter de nouvelles technologies. L'instruction peut permettre également au riziculteur de choisir les quantités d'intrants convenables et de faire un bon choix compte tenu des techniques culturales disponibles. L'ethnie aussi participe à la réduction de l'inefficacité de l'agent. Les Wolofs sont dominants au niveau de l'échantillon. Par rapport aux peuls et aux toucouleurs, ils sont connus pour être beaucoup plus ouverts et réceptifs. De plus, ils capitalisent une expérience de plus d'une cinquantaine d'années de pratique de riziculture car, du fait de leur implantation géographique, ils ont été les premiers à bénéficier des aménagements publics après les indépendances. Ils se sont installés sur les terres du Delta avec l'appui de l'Etat dont l'objectif était (est toujours d'ailleurs) de promouvoir la riziculture. Enfin, contrairement à ce qui avait été attendu, la distance entre la maison et la parcelle contribue à l'amélioration du niveau d'efficacité technique du riziculteur. L'explication qui peut être apportée est que les producteurs qui habitent loin de leurs champs y passent la journée alors que ceux qui ont des

champs proches de leur habitation peuvent aller et venir plusieurs fois dans la journée. Ceux qui sont éloignés consacreront donc plus de temps aux activités culturelles.

Par ailleurs, les résultats ont montré que le fait que le chef de ménage soit une femme contribue à la diminution de l'inefficacité. L'explication qui pourrait être avancée après investigation est que les femmes sont plus présentes au niveau des champs et assurent la plus grande partie des activités culturelles même sur les champs possédés par les hommes. Il est donc compréhensible qu'elles maîtrisent mieux les pratiques culturelles que les hommes. En outre elles sont les plus dynamiques au sein des regroupements d'agriculteurs. Ceci implique que l'accès difficile des femmes à la terre dans la zone serait un handicap dans la promotion de l'efficacité technique. Concernant la taille du ménage, il est important de signaler que son effet sur la productivité dépend plus de la qualité et des aptitudes des membres du ménage que de l'effectif du ménage (Ogundele et Okoruwa, 2003). Si ceux-ci ont un certain niveau d'instruction et une expérience avérée en matière de riziculture, cela va aider le chef du ménage à être plus performant. Dans le contexte de la vallée, la main d'œuvre familiale (qui constitue la plus importante) est souvent constituée de femmes et d'enfants qui ne sont pas souvent dotés d'une grande expertise ou qui n'ont pas atteint un niveau d'instruction élevé. Enfin, il a été découvert que plus le chef de ménage dispose de parcelles à entretenir, plus il doit fournir d'effort physique et financier, moins il devient efficace.

L'analyse comparative reportée au niveau du tableau 15 vient confirmer les résultats obtenus antérieurement et les interprétations faites précédemment. En effet en moyenne, les producteurs de Dagana et les wolofs sont respectivement plus efficaces que les producteurs de Podor et les autres ethnies. Cependant, un résultat contraire a été enregistré entre les instruits et les non instruits. En tenant compte de la typologie effectuée, les grands producteurs enregistrent une efficacité moyenne largement supérieure à celle des autres classes. La possession de moyens de production conséquents semble influencer positivement sur le niveau d'efficacité technique des riziculteurs de la zone. Les tableaux 16 à 19 font état des déterminants de l'inefficacité au sein de chaque groupe ainsi que des solutions proposées pour améliorer le niveau d'efficacité.

- Variables impactant l'inefficacité par groupe

Tableau 16 : Variables impactant l'inefficacité selon le lieu de résidence

Groupes	Variables augmentant l'inefficacité (+)	Variables réduisant l'inefficacité (-)	Mesures sectorielles préconisées
Dagana	Nombre de parcelles cultivées par le chef de ménage (CM) **, nombre d'années de pratique de riziculture dans au moins une des parcelles **	Ethnie ***, distance entre la maison et la parcelle **	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire le nombre de parcelles au profit d'une parcelle plus grande</li> <li>• Pratiquer la jachère et le système de rotation au niveau des parcelles</li> <li>• Développer l'esprit d'ouverture au sein des producteurs</li> </ul>
Podor	Taille du ménage *, genre du CM ***	Niveau d'études du CM *, ethnie ***, distance entre la maison et la parcelle***	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encourager l'entrée des femmes dans la branche</li> <li>• Rationaliser la main d'œuvre dans les parcelles</li> <li>• Former davantage les producteurs aux métiers de la riziculture</li> <li>• Développer l'esprit d'ouverture au sein des producteurs</li> </ul>

**Tableau 17 : Variables impactant l'inefficacité selon l'instruction**

<b>Groupes</b>	<b>Variables augmentant l'inefficacité (+)</b>	<b>Variables réduisant l'inefficacité (-)</b>	<b>Mesures sectorielles préconisées</b>
Instruits	Taille du ménage ***, genre du CM ***, nombre de parcelles cultivées par le CM***	Localité ***, ethnie***, distance entre la maison et la parcelle ***	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encourager l'entrée des femmes dans la branche</li> <li>• Former davantage les producteurs instruits de Dagana aux métiers de la riziculture</li> <li>• Rationaliser la main d'œuvre dans les parcelles</li> <li>• Réduire le nombre de parcelles au profit d'une parcelle plus grande</li> <li>• Développer l'esprit d'ouverture au sein des producteurs</li> </ul>
Non instruits	Genre du CM **	Distance entre la maison et la parcelle*, nombre de parcelles cultivées par le CM **	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encourager l'entrée des femmes dans la branche</li> <li>• Réduire le nombre de parcelles au profit d'une parcelle plus grande</li> </ul>

**Tableau 18 : Variables impactant l'inefficacité selon l'ethnie**

<b>Groupes</b>	<b>Variables augmentant l'inefficacité (+)</b>	<b>Variables réduisant l'inefficacité (-)</b>	<b>Mesures sectorielles préconisées</b>
Wolof	Nombre d'années de pratique de riziculture dans au moins une des	Distance entre la maison et la parcelle*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pratiquer la jachère et le système de rotation au niveau des parcelles</li> </ul>

parcelles *			
Autre ethnies	Genre du CM ***	Localité **, distance entre la maison et la parcelle ***	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encourager l'entrée des femmes dans la branche</li> <li>• Former davantage les autres ethnies de Dagana aux métiers de la riziculture</li> </ul>

**Tableau 19 : Variables impactant l'inefficacité par type de producteur**

Groupes	Variables augmentant l'inefficacité (+)	Variables réduisant l'inefficacité (-)	Mesures sectorielles préconisées
Grands producteurs	Niveau d'études du CM *, ethnies ***	Localité **, distance entre la maison et la parcelle ***, nombre d'années de pratique de riziculture dans au moins une des parcelles **	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Former davantage les grands producteurs de Dagana aux métiers de la riziculture</li> </ul>
Producteurs moyens	Genre du CM **, niveau d'études du CM **, nombre de parcelles cultivées par le CM **	Localité **, ethnies ***, distance entre la maison et la parcelle ***	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encourager l'entrée des femmes dans la branche</li> <li>• Réduire le nombre de parcelles au profit d'une parcelle plus grande</li> <li>• Développer l'esprit d'ouverture au sein des producteurs</li> <li>• Former davantage les producteurs moyens de Dagana aux métiers de la riziculture</li> </ul>

Petits producteurs	Taille du ménage ***, nombre de parcelles cultivées par le CM *	Age *, niveau d'études du CM **, ethnie ***, distance entre la maison et la parcelle **	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rationaliser la main d'œuvre dans les parcelles</li> <li>• Réduire le nombre de parcelles au profit d'une parcelle plus grande</li> <li>• Chercher conseil auprès des producteurs âgés</li> <li>• Former davantage les petits producteurs aux métiers de la riziculture</li> </ul>
--------------------	---	---	---

Les trois variables qui reviennent fréquemment comme déterminants de l'efficacité des producteurs sont la distance entre la maison et la parcelle, l'ethnie (celles-ci augmentent l'efficacité) et le genre (celui-ci diminue l'efficacité). Ces variables ont le même effet que celui constaté dans la fonction d'inefficacité de l'ensemble des producteurs réunis. Ce qui fait que les explications apportées précédemment tiennent toujours.

## 7. Conclusions

Les paragraphes précédents ont fait état de la place importante qu'occupe le riz dans les habitudes de consommation des ménages sénégalais et du poids qu'il représente au niveau de la balance commerciale du pays. Afin d'instaurer une sécurité voire une souveraineté alimentaire et en même temps combler le déficit de la balance du commerce extérieur, les autorités sénégalaises ont opté pour la promotion d'une riziculture extensive au détriment d'une augmentation de la production via une hausse de la productivité des facteurs de production et des producteurs. Or, en se référant à l'hypothèse de Borlaug, de meilleurs rendements conduiraient à une baisse des prix des denrées agricoles en raison du surcroît d'offre relativement à la demande et à de moindres investissements. Ainsi, ce postulat a été la base de l'instauration de la Révolution Verte dans les pays en développement. Ce qui a permis à beaucoup de pays asiatiques et sud-américains de transformer leur agriculture.

Ce chapitre s'est attelé principalement à estimer les scores d'efficacité technique de certains riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal localisés dans les départements de Dagana et de Podor et à analyser les déterminants de leur inefficacité. Auparavant, les différentes méthodes d'estimation de l'efficacité technique et d'analyse des déterminants de l'inefficacité ont été passées en revue. Un survol de la littérature a permis de faire une synthèse non exhaustive de certains travaux qui ont eu trait à ce sujet en Asie et en Afrique de l'Ouest. Pour le Sénégal, Fall (2008), de même que Diagne et al (2013) ont effectué une tâche similaire. Cependant ils ont utilisé d'autres méthodes d'estimation différentes. Ce travail – ci a fait usage de données en coupe transversale (sur une seule période) en estimant en une unique étape les scores d'efficacité technique et les déterminants de cette dite efficacité. Un score moyen supérieur à ceux constatés dans les deux études précédentes a été obtenu (70 % contre 63 % et 55 à 60 %). En outre, une explication supplémentaire des raisons de l'inefficacité technique a été apportée par l'introduction dans le modèle des variables lieu de résidence (zone, chez Fall et Diagne et al et non significative), genre, niveau d'instruction, ethnie (non significative chez Fall), taille du ménage, distance entre la maison et la parcelle, nombre de parcelles détenues par le producteur qui se sont révélées statistiquement significatives. L'âge et le nombre d'années de pratique de la riziculture n'ont pas été significatifs dans les deux études (significatifs chez Fall). Il est important de noter qu'au niveau de la littérature, ceux qui ont effectué une analyse en deux étapes ont obtenu des niveaux d'efficacité moyens très faibles par rapport aux autres. Ce qui vient confirmer les propos de Wang et Schmidt (2002). L'intérêt de cette recherche est qu'elle constitue un supplément pour la littérature économique qui a trait à l'estimation du niveau d'efficacité technique des riziculteurs de la vallée ; cette littérature qui est quasi inexistante. Par ailleurs, la limite principale qui frappe cette analyse est la non prise en compte explicite du coût d'irrigation supporté par chaque producteur au sein de l'organisation paysanne. En effet, la cherté du prix de l'eau a été déplorée par la majeure partie des agriculteurs et ils sont obligés de payer le coût de l'irrigation avant le démarrage de la campagne. Son intégration dans le modèle aurait permis d'analyser l'effet qu'il exerce sur la production.

A la question de savoir si les riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal sont – ils techniquement efficaces, l'étude permet d'avancer une réponse négative. En effet une efficacité moyenne de 70 % a été trouvée. Ce qui veut dire que le producteur moyen a une marge de 30 % pour améliorer sa production sans inputs additionnels. En plus, du fait de la place prépondérante qu'occupe le riz dans les habitudes de consommation des ménages

sénégalais et compte tenu des efforts consentis par l'Etat dans la vallée du fleuve Sénégal, le score obtenu semble insuffisant. Le Nigeria qui se trouve être le plus grand importateur de riz a enregistré un score moyen plus élevé. Le score de la Thaïlande est légèrement supérieur à celui de la vallée même si Fall affirme que le Sénégal est aussi compétitif que la Thaïlande en termes de production de riz. Les conclusions peuvent – elles être étendues au niveau de la vallée dans son ensemble ? Ce travail a mobilisé 493 producteurs de Dagana et de Podor. Ces deux départements génèrent environ 89 % de la production totale de la zone (d'après SAED, 2007 dans Diagne et al, 2013) sur 79 % des superficies aménagées par l'Etat (d'après données SAED, 2007). Il est admissible donc que les conclusions dégagées puissent être étendues pour les autres terroirs (Matam et Bakel). Dans les pays en voie de développement, les petites exploitations dominent le secteur agricole en termes d'effectif. Le passage d'une agriculture traditionnelle à une agriculture moderne repose sur l'efficacité de ces petites exploitations et leur changement d'objectif de production de subsistance en objectif de commercialisation à grande envergure. Maintenant comment faire pour améliorer le niveau d'efficacité technique des producteurs de la zone ? Les déterminants de l'efficacité trouvés impliquent un certain nombre de mesures à mettre en œuvre pour parvenir à cette finalité :

L'augmentation des campagnes de sensibilisation et de formation : en effet il a été découvert que le niveau d'instruction contribue à l'amélioration du niveau d'efficacité. Ce qui fait qu'il est souhaitable à la limite d'accroître les séances de formation et de sensibilisation pour les producteurs afin qu'ils puissent savoir l'utilité de l'itinéraire technique et répondre aux exigences du calendrier cultural. Du fait de l'âge moyen avancé dans l'échantillon, il semble inapproprié de proposer l'augmentation du nombre d'écoles, de collèges ou de lycées dans le court terme afin d'élever le niveau d'instruction de la zone. La formation donc ne peut passer que par des ateliers utiles et pragmatiques pour que les paysans ne puissent pas perdre beaucoup de temps. Toutefois, pour des perspectives de long terme, l'enseignement technique et la formation professionnelle aux métiers agricoles permettront de renforcer les capacités surtout des jeunes et des femmes de la zone pour qu'ils puissent mieux comprendre et respecter l'itinéraire technique et le calendrier cultural.

La quête de la bonne information par les producteurs : l'étude a montré que toute la déviation de la production réelle par rapport à la production potentielle était quasiment imputable à leur inefficacité. Dès lors ils ne doivent plus se contenter d'attendre d'autant plus que la majeure partie de la production sert soit à rembourser des dettes, soit à nourrir la famille. En plus l'hypothèse que les producteurs wolofs étaient plus efficaces que les autres a été confirmée.

Une des raisons évoquées est qu'ils se familiarisent plus rapidement avec les étrangers. Ce qui leur permet de côtoyer les agents de développement. Ainsi, les producteurs gagneraient à développer plus de stratégies proactives qui leur permettraient d'augmenter leur production.

La rationalisation du nombre de parcelles à cultiver : même si plusieurs parcelles permettent d'avoir une production plus importante, elles jouent en défaveur de l'efficacité. Par contre augmenter la taille de la parcelle serait plus intéressant car il a été découvert que la superficie est corrélée positivement à la production.

La dotation de moyens supplémentaires aux organismes de recherches et de développement rural : Cette proposition vient compléter la première car sa mise en œuvre permettra aux chercheurs et aux vulgarisateurs des acquis de la recherche d'étendre leurs interventions aux milieux les plus reculés. Ce qui servira à mieux percevoir les contraintes auxquelles les producteurs sont confrontés et y apporter les solutions idoines.

## **Chapitre IV : Impact des AHAP sur l'efficacité technique et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal**

*Si vous ne mesurez pas les résultats, vous ne pouvez pas faire la différence entre réussite et échec. Si vous n'êtes pas capable d'identifier la réussite, vous ne pouvez pas en tirer d'enseignements. Si vous ne reconnaissez pas l'échec, vous ne pouvez pas le corriger. Si vous êtes capable de démontrer vos résultats, vous pouvez gagner l'appui du public.*

Tiré et adapté de Osborne & Gaebler, 1992

### **1. Introduction**

Les paragraphes antérieurs ont largement débattu sur l'ensemble des actions menées par l'Etat dans la vallée dans le but d'accroître le niveau de production. La recherche sur l'efficacité a montré que le riziculteur moyen n'utilise que 70 % de ses inputs pour arriver à sa production actuelle. Ce qui fait qu'une augmentation de cette dernière est possible sans pour autant faire usage de facteurs de production additionnels. En termes d'activités menées, depuis 2008, le Gouvernement du Sénégal, via le Programme National d'Autosuffisance en Riz, a entamé jusqu'à 2012 des travaux dans les zones irriguées. Ces travaux entrent dans le cadre de l'obtention d'une production d'un million de tonnes de riz blanc. Durant ces cinq années, des opérations d'aménagement et de réhabilitation seront effectuées concernant une superficie de 105 720 ha, pour un coût de 214 022 millions de francs CFA (Ministère de l'Agriculture, 2009). En moyenne, depuis 2002, l'Etat dépense chaque année 99 022 000 000 F CFA en termes d'aménagements hydro agricoles, soit un coût moyen à l'hectare de 1 971 186 F CFA. Les superficies aménagées entre 1981 et 2011 s'élèvent en moyenne à 66 250 ha par année (d'après données SAED). En 2014, avec le PRACAS, l'objectif de production a été porté à 1 080 000 tonnes de riz blanc à l'horizon 2017 pour un cout global de 81 168 000 000 F CFA en termes d'aménagements en zones irriguées (Ministère de l'Agriculture et de l'Equipement Rural, 2014).

A présent l'enjeu est d'essayer de mesurer l'effet de cet aménagement public sur l'efficacité technique de production des riziculteurs mais aussi sur leur niveau de rendement rizicole. En d'autres termes, le travail à venir tente de répondre à la question suivante : quelle est la contribution d'une zone aménagée par l'Etat dans l'efficacité technique et dans le rendement rizicole si tous les autres facteurs explicatifs sont contrôlés ? C'est ainsi que l'échantillon a été scindé en deux groupes : le groupe dit « traité » regroupe les producteurs qui exercent dans un aménagement public alors que le groupe de « contrôle » désigne ceux qui sont dans des aménagements privés. La méthode d'évaluation d'impact a été expérimentée en premier lieu dans le milieu médical. C'est pourquoi le jargon clinique est employé le plus souvent. Traité signifie être bénéficiaire (ou ayant subi une intervention) d'une intervention ou participant à un programme. Le statut du traitement est une variable dichotomique qui prend la valeur 1 si l'individu cultive dans un périmètre public et 0 sinon. Le terme aménagement public regroupe les grands aménagements, les aménagements intermédiaires et les périmètres irrigués villageois conçus en partenariat avec la SAED. Aménagement privé sous-entend les périmètres irrigués privés.

Les effets de l'intervention de l'Etat dans l'agriculture ont été abordés par beaucoup d'auteurs mais sous plusieurs angles en termes méthodologiques. Pour ce travail, l'estimation de cet impact se fera en s'inscrivant dans le cadre du modèle canonique de l'évaluation de l'effet d'un traitement introduit par Rubin en 1974. Ce modèle, assez général, basé sur la notion de « résultats potentiels », est adapté à la situation à laquelle un traitement peut être administré ou non à un individu (Fougère, 2010). Selon Givord (2010), de nombreuses méthodes économétriques ont été développées pour traiter les questions d'évaluation de l'impact d'une intervention publique sur une population donnée au cours des deux dernières décennies. Ces méthodes se distinguent des usages classiques de l'économétrie appliquée sur au moins deux points. D'une part, une grande attention est portée aux hypothèses nécessaires pour identifier un effet causal, ce qui pousse à plus de rigueur dans l'analyse empirique ; d'autre part, une attention particulière est portée au fait que les effets puissent être différents selon les personnes.

Le reste du chapitre est organisé de la manière suivante : la prochaine section fait une revue des méthodes d'évaluation d'impact qui sont fréquemment utilisées en faisant ressortir leurs avantages et leurs inconvénients ; la section suivante présente les résultats des estimations de l'impact des AHAP sur l'efficacité technique et sur le rendement ; la dernière section conclut le chapitre.

## 2. Les méthodes d'évaluation d'impact

L'évaluation de l'effet d'un programme sur un individu  $i$  suppose une comparaison entre deux situations différentes auxquelles cet individu est confronté : l'individu participe au programme ( $T = 1$ ) contre l'individu ne participe pas au programme ( $T = 0$ ). Soient  $Y_{0i}$  le résultat de l'individu  $i$  s'il ne bénéficie pas de l'intervention et  $Y_{1i}$  son résultat s'il bénéficie de l'intervention. L'effet du traitement ( $D$ ) est mesuré par la différence entre ces deux résultats ( $D = Y_{1i} - Y_{0i}$ ). Une hypothèse cruciale est faite concernant le cadre de Rubin susmentionné : il n'existe pas d'externalités dans l'analyse, c'est-à-dire que le traitement administré à l'individu  $i$  n'a d'effet que sur son résultat et ne peut influencer sur le résultat d'autrui : the Stable Unit Treatment Value Assumption (SUTVA) ou l'hypothèse d'absence d'effets de diffusion. Le succès du modèle canonique de Rubin selon Fougère (2010), provient du fait qu'il permet de définir clairement tout à la fois l'effet causal de la politique que l'on souhaite évaluer et la nature du biais de sélectivité. Les deux caractéristiques importantes de l'effet causal tel qu'il est défini dans ce cadre, sont, d'une part, son hétérogénéité dans la population et, d'autre part, son caractère inobservable. Cependant le problème fondamental de l'inférence causale (pour reprendre la terminologie de Holland, 1986a, cité par Chabé – Ferret, 2008) réside dans le fait qu'un seul résultat n'est observable. Autrement dit il n'est pas possible de connaître en même temps le résultat d'un individu qui participe à un programme et son résultat s'il n'avait pas participé au programme (malgré que le programme ait eu lieu), vice versa. L'autre difficulté pour obtenir l'inférence causale individuelle est le fait qu'il est impossible d'étudier toute la population d'intérêt mais juste un échantillon de cette population. Le résultat observé, écrit en fonction des résultats potentiels ( $Y_{0i}$  et  $Y_{1i}$ ), s'exprime ainsi :  $Y = TY_{1i} + (1 - T) Y_{0i}$  avec  $T = 0$  ou  $T = 1$ . Ce qui fait que l'évaluateur est confronté à un problème de données manquantes. Ainsi comme la différence ne peut être effectuée pour chaque individu du fait des données manquantes, l'Effet de Traitement Moyen (Average Treatment Effect ou ATE en anglais) est calculé en faisant la différence entre les moyennes des résultats entre le groupe de traitement et un groupe de contrôle ( $ATE = E(Y_1 - Y_0)$ ). L'effet moyen de traitement sur les traités ( $ATE1 = E(Y_1 - Y_0) | T = 1$ ). La comparaison entre les résultats moyens des groupes donne les égalités suivantes :

$$E(Y_1 - Y_0) = E(Y_1 | T = 1) - E(Y_0 | T = 0) = E(Y_1 | T = 1) - E(Y_0 | T = 0) + E(Y_0 | T = 1) - E(Y_0 | T = 1) = E(Y_1 | T = 1) - E(Y_0 | T = 1) + E(Y_0 | T = 1) - E(Y_0 | T = 0) = ATE1 + E(Y_0 | T = 1) - E(Y_0 | T = 0) = ATE1 + \text{biais de sélection.}$$

Le biais de sélection est causé par une sélection endogène au niveau du traitement. En général, il est différent de zéro parce que des résultats potentiels anticipés pourraient affecter la sélection au niveau du traitement.

Le problème fondamental de l'évaluation peut se résumer à la question suivante : qu'aurait été la situation de l'individu  $i$  participant au programme s'il n'avait pas participé ? Vice – versa. La réponse à cette question nécessite la construction d'une situation dite contrefactuelle (celle non observable). Cette construction est importante car l'effet du programme est approximé par la différence entre le résultat observé et celui construit (généralement supposé). Les méthodes diffèrent selon l'hypothèse faite pour la construction. Une mauvaise construction engendre un biais. Le biais de sélection trouve son origine dans le fait que la situation moyenne des individus qui ont reçu le traitement n'aurait pas été la même en l'absence de traitement que celle des individus n'ayant pas reçu le traitement lorsque l'intervention a bel et bien eu lieu.

## 2.1 Les méthodes dites « naïves »

### 2.1.1 La méthode avant – après

L'effet du programme est évalué en faisant la différence entre les résultats moyens du groupe avant le programme et après le programme. L'égalité suivante est ainsi obtenue :

$$D = E(Y|T = 1, t = 1) - E(Y|T = 1, t = 0) \quad (2.1.1.1)$$

$D$  = l'effet du traitement ;  $Y$  = la variable résultat ;  $t$  = la période ( $t = 1$  signifie après le programme et  $t = 0$  signifie avant le programme).

Cette méthode requiert des données relatives uniquement au groupe traité. Elle peut aussi être représentée par la formulation suivante :

$$Y_t = \alpha + \beta VAR_t + \varepsilon_t \quad (2.1.1.2)$$

$Y_t$  = le résultat de l'individu  $i$  au temps  $t$  ;  $VAR_t$  = Une variable binaire égale à 1 si  $t = 1$  et 0 sinon ;  $\varepsilon_t$  = un terme aléatoire.

L'effet du traitement ( $\beta = D$ ) est mesuré par la valeur estimée du coefficient  $\beta$  à l'aide de la méthode des moindres carrés ordinaires. Le principal inconvénient avec cette spécification est qu'elle attribue tout changement au niveau du résultat du groupe intégralement au

programme. Elle ignore les autres interventions qui ont eu lieu durant cet intervalle de temps. C'est pourquoi elle est taxée de méthode naïve et biaisée car elle conduit à une sous-évaluation ou à une surévaluation de l'effet du traitement. Un autre inconvénient est que l'identification du paramètre d'impact à estimer s'affaiblit en présence de constantes spécifiques temporelles, le rendant impossible à séparer les effets du programme d'autres effets temporels sur les résultats (Todd, 2006). Cette méthode peut aussi être très sensible au choix des périodes de temps utilisées pour construire l'estimateur (faut – il considérer une période de temps avant, deux, trois, etc.). Un avantage de la méthode avant – après par rapport aux autres est qu'elle peut être implémentée même quand les données sont uniquement disponibles pour les participants au programme, l'essentiel est d'avoir des données avant et après l'implantation du programme pour le groupe de traitement.

### 2.1.2 La méthode en coupe transversale

L'effet du traitement est obtenu par la différence entre les résultats moyens du groupe de traitement et du groupe de contrôle après la mise en place du programme. La formule est la suivante :

$$D = E(Y/T = 1, t = 1) - E(Y/T = 0, t = 1) \quad (2.1.2.1)$$

D équivaut à l'estimation par les moindres carrés ordinaires de la valeur de  $\beta$  dans la formulation suivante :

$$Y = \alpha + \beta T + \varepsilon \quad (2.1.2.2)$$

$T = 1$  si  $i$  traité ou 0 sinon. Dans ce cas de figure les données utilisées concernent une seule période mais interpellent deux groupes différents.

La limite de cette méthode réside dans la constitution des deux groupes. Le résultat des participants est assimilé à celui des non participants alors que la participation elle-même peut ne pas être le fruit du hasard. Elle peut dépendre de plusieurs facteurs : la perception des individus vis-à-vis du programme, des caractéristiques socio – économiques intrinsèques aux individus. Si les deux groupes étaient déjà différents avant la mise en place du programme ou si ce dernier a été instauré du fait d'une différence constatée entre ceux - ci, alors l'effet du traitement est mal évalué. Cette forme d'estimation est donc naïve et biaisée. Toutefois, son avantage réside dans la collecte des données. Il n'est pas nécessaire de faire une situation de référence pour évaluer l'effet d'un programme lorsque cette méthode est utilisée.

### 2.1.3 La méthode de la double différence

Un moyen d'améliorer la méthode de la différence simple (c'est-à-dire les deux premières méthodes) est de comparer les résultats avant et après l'intervention entre le groupe traité et celui non traité (Duflo, 2002). En d'autres termes, avec des données sur deux périodes pour le groupe traité et un groupe comparable qui n'est pas affecté par le traitement (contrôle), il est possible de combiner les deux approches décrites ci-dessus et d'estimer l'effet du traitement en comparant la différence des résultats dans le temps, entre les groupes de traitement et de contrôle. L'effet du traitement est ainsi donné par la formule suivante :

$$DD = [E(Y|T = 1, t = 1) - E(Y|T = 1, t = 0)] - [E(Y|T = 0, t = 1) - E(Y|T = 0, t = 0)] \quad (2.1.3.1)$$

Le premier terme entre crochets de cette équation est la différence de résultat pour les traités entre les deux périodes. Le deuxième terme de l'équation est le changement observé dans les résultats du groupe de contrôle entre les deux périodes. L'idée est de corriger la différence simple avant et après pour le groupe de traitement en soustrayant la différence simple pour le groupe de contrôle.

L'équation (2.1.3.1) est équivalente en termes de résultats à la suivante :

$$Y_t = \alpha + \beta VARAV_t + \gamma RAV + \delta VAR_t + \varepsilon_t \quad (2.1.3.2)$$

RAV = 1 si l'individu  $i$  est traité ou 0 sinon ; VAR <sub>$t$</sub>  a été définie plus haut ;

$$VARAV_t = RAV * VAR_t$$

L'effet du traitement, estimé par la méthode des moindres carrés ordinaires est capté par la valeur du coefficient  $\beta$ . L'estimateur obtenu est sans biais si l'hypothèse des tendances parallèles est respectée, c'est-à-dire que si l'intervention n'avait pas eu lieu, la différence entre les moyennes empiriques des résultats entre les groupes serait nulle. C'est pourquoi il est important de bien déterminer le groupe de contrôle si cette méthode est envisagée.

## 2.2 La méthode expérimentale

Elle peut aussi être intitulée expérience aléatoire ou randomisée. Cette méthode consiste à choisir un groupe bien déterminé où les membres sont potentiellement aptes à subir l'intervention (le choix de ce groupe peut ne pas être aléatoire). Ensuite ce groupe est divisé de manière aléatoire en deux sous-groupes où l'un va recevoir le traitement et l'autre sera le

groupe de contrôle. C'est une méthode conçue avant même la mise en place du programme (ex – ante). L'effet du traitement est mesuré alors par la différence entre les moyennes empiriques de ces deux sous-groupes, c'est-à-dire :

$$\widehat{D} = \widehat{E}(Y/T = 1) - \widehat{E}(Y/T = 0) \quad (2.2.1)$$

L'expérimentation repose sur le tirage au sort des individus traités et non traités, indépendamment de ce que sera leur résultat à l'expérience. L'assignation aléatoire assure que les distributions des caractéristiques observables et celles inobservables sont équilibrées entre les unités de traitement et de contrôle (Ravallion, 2005). La régression à mettre en place est la suivante :

$$Y = \alpha + D \cdot I(i \in T) + \varepsilon \quad (2.2.2)$$

$I(i \in T)$  est une variable binaire traduisant le fait d'être traité (Duflo, 2002).

Cette méthode est la plus efficace dans la suppression du biais de sélection car la randomisation élimine ce dernier induit par le choix du contrefactuel. Cependant elle présente quelques inconvénients :

Sa mise en œuvre nécessite parfois des moyens financiers élevés ; il est parfois difficile de maintenir tous les traités dans leur groupe jusqu'à la fin de l'expérience (effet d'attrition) ; les membres des deux groupes peuvent se comporter différemment de leurs habitudes du simple fait qu'ils savent qu'ils sont observés (effet de Hawthorne) ; l'effet obtenu peut juste être local mais n'est pas toujours généralisable ; le fait que le tirage au sort ajoute de l'incertitude dans le processus d'accès au programme peut conduire les individus les plus adverses au risque à ne pas se porter candidats. Parallèlement, si les agences chargées de la mise en œuvre des programmes ou interventions offrent un nombre de places limité ou si elles sont évaluées sur la base des résultats de l'expérimentation, elles peuvent être de ce fait incitées à sélectionner les candidats les plus qualifiés ou ceux pour lesquels le programme est potentiellement le plus bénéfique.

## 2.3 Les méthodes non expérimentales

L'approche non expérimentale est utilisée lorsqu'il n'est pas possible de sélectionner un groupe de contrôle par randomisation comme dans le cas d'une expérimentation. L'approche est basée sur l'observation et le contrôle des variables qui causent le phénomène de sélection par les méthodes de régression (paramétrique et non paramétrique). Elle permet ainsi de

minimiser les biais potentiels dans l'estimation des impacts (Fall 2008). Rubin (1974) l'a justifiée en ces termes : « *Même si l'idée selon laquelle l'effet causal d'un traitement peut seulement être établi à partir d'expériences aléatoires est seulement valide aux sciences sociales dans lesquelles les relations causales ne sont pas bien spécifiées, son implication pourrait être contre-productive. Souvent, les seules données immédiatement disponibles sont celles observées (non aléatoires) et soit (a) le coût de mettre en place une expérience aléatoire équivalente pour tester tous les traitements est exorbitant ; soit (b) il existe parfois des raisons d'éthique qui font que le traitement ne puisse pas être assigné de façon aléatoire ; soit (c) les estimateurs basés sur des résultats d'expériences pourraient être retardés de plusieurs années. Dans des cas pareils, il semble plus raisonnable d'essayer d'estimer les effets des traitements à partir d'études non aléatoires que d'ignorer ces données et de « rêver d'une expérience idéale » ».*

Plusieurs méthodes ont été proposées au niveau de la littérature économétrique et statistique afin d'éliminer les effets des biais apparents et cachés et ces dites méthodes renseignent à propos du problème de non-conformité ou d'endogénéité. Ces méthodes peuvent être classifiées en deux catégories générales basées sur les hypothèses qui nécessitent d'aboutir à des estimateurs consistants des effets causaux (Dontsop-Nguezet et al, 2011). D'abord, il existe des méthodes destinées à éliminer le biais apparent seulement. Elles sont basées sur l'hypothèse de méconnaissance ou d'indépendance conditionnelle (ou d'exogénéité) qui postule l'existence d'un ensemble de variables exogènes observées, qui, lorsque contrôlées, rendent le statut de traitement indépendant des deux résultats potentiels. L'idée est que parmi les individus de la population qui présentent les mêmes caractéristiques observables, l'effet du traitement est distribué de manière aléatoire. Les estimateurs utilisant l'hypothèse d'exogénéité sont soit une pure méthode de régression paramétrique où les variables exogènes interagissent éventuellement avec le statut de traitement pour expliquer les réponses hétérogènes, soit ils sont basés sur une procédure d'estimation en deux étapes où la probabilité conditionnelle de traitement (le score de propension) est estimée dans la première étape et l'effet moyen du traitement (ATE, Average Treatment Effect), l'effet moyen du traitement sur les traités (ATE1, Average Treatment Effect on Treated) et l'effet moyen du traitement sur les non traités (ATE0, Average Treatment Effect on Untreated) sont estimés dans la seconde à l'aide de méthodes de régression paramétrique ou non paramétrique. Ces dernières incluent les estimateurs de la méthode d'appariement dont plusieurs auteurs ont fait appel.

Par ailleurs, il existe les méthodes basées sur les variables instrumentales (VI) qui sont censées éliminer à la fois le biais apparent et caché et étudient le problème d'endogénéité. Les méthodes basées sur les VI supposent l'existence au moins d'une variable, appelée instrument, qui explique le statut de traitement mais qui est redondant dans l'explication des résultats (il est à la fois instrument et variable explicative), une fois que les variables exogènes sont contrôlées. Différents estimateurs basés sur les VI sont disponibles, dépendant des hypothèses de la forme fonctionnelle et des hypothèses concernant la distribution du traitement au sein de la population. L'estimateur non paramétrique de Wald proposé par Imbens et Angrist (1994) nécessite uniquement la variable – résultat observée, la variable du statut de traitement et l'instrument. Il peut être mesuré en utilisant les doubles moindres carrés. Un autre estimateur par la méthode des VI est la généralisation de Abadie (2003) de l'estimateur LATE de Imbens et Angrist (1994) aux cas où l'instrument va devenir conditionnel à un vecteur de variables exogènes qui déterminent le résultat observé. Autrement dit, le LATE (Local Average Treatment Effect) de Abadie est utilisé dans les cas où l'instrument n'est pas distribué de manière aléatoire au sein de la population mais est indépendant des résultats potentiels (le statut du traitement inclus), conditionnel à un vecteur de variables exogènes déterminant le résultat observé.

Dans ce document, l'attention est portée sur la méthode de l'appariement par le score de propension (Propensity Score Matching (PSM)) qui permet de constituer deux groupes semblables en termes de caractéristiques observables et la méthode des variables instrumentales destinée à minimiser à la fois les biais induits par les caractéristiques observables et inobservables.

### **2.3.1 L'appariement par le score de propension**

La méthode de l'appariement fut initialement proposée par Rubin en 1977. Selon cet auteur, c'est la méthode qui se rapproche le plus des expérimentations contrôlées parce que la mise en œuvre de ces deux méthodes (expérimentation et appariement) ne dépend pas directement de la valeur prise par les variables de résultat permettant d'évaluer l'efficacité du dispositif. C'est une méthode d'échantillonnage à partir d'un large réservoir d'unités de contrôle potentielles pour produire un groupe de contrôle de taille modeste dans lequel la distribution des variables est similaire à la distribution dans le groupe de traitement. En d'autres termes, elle cherche à créer un groupe de comparaison qui soit semblable au groupe de traitement en termes de

caractéristiques observées (Bassole, 2004). En effet, la méthode de l'appariement associe à chaque individu traité un individu non traité dont les caractéristiques sont identiques. L'idée de cette technique est de supposer que si on dispose du vecteur  $X$  de caractéristiques pour décrire les groupes, le biais de sélection dû à  $X$  sera approximativement nul. Cet appariement sur les caractéristiques ne définit pas bien le groupe de comparaison lorsque les caractéristiques  $X$  sont de formes continues et que le nombre de ces caractéristiques est important. Pour faire face à cela, Rosenbaum et Rubin (1983) ont proposé la technique d'appariement par le score de propension. Cette méthode est basée sur l'hypothèse d'indépendance conditionnelle (appelée également hypothèse de sélection sur les observables). Cette dernière suppose que l'affectation au traitement soit indépendante des résultats escomptés conditionnellement à un certain nombre de variables observables et aussi le terme d'erreur ne soit pas corrélé aux variables observables. Cette hypothèse signifie que le fait qu'un individu soit traité et pas un autre n'est pas dû à des différences escomptées dans les résultats potentiels. Le résultat de la personne non traitée est donc un bon contrefactuel de celui de la personne traitée, si elle n'avait pas été traitée ; et vice versa. La comparaison des deux permet donc d'obtenir un estimateur non biaisé de l'effet du traitement (conditionnel à ces observables). Lorsque  $E(u_t | X) = 0$ , alors on parle d'exogénéité stricte, c'est-à-dire le terme d'erreur est non corrélé aux variables exogènes quelle que soit la période de temps considérée. Lorsque  $E(u_t | x_t) = 0$ , on parle d'exogénéité faible. Le score de propension est la probabilité de participation au programme d'un individu  $i$  compte tenu des caractéristiques observées  $X_i$  avant la mise en place du programme. Si ce score est bien construit, il joue le rôle du tirage au sort dans les expériences contrôlées : plus précisément, il rend les caractéristiques observables (âge, sexe, qualification, etc.) des individus, tout au moins celles qui sont censées agir sur l'accès au dispositif, indépendantes du résultat du passage par ce dispositif. Ce score permet donc avant tout d'équilibrer la distribution de ces variables dans les groupes de traitement et de contrôle, c'est-à-dire de rendre ces deux groupes semblables du point de vue de la distribution des variables agissant sur la probabilité d'accès au dispositif. Un score de propension adapté est avant tout un outil d'équilibrage des distributions des variables individuelles, autres que les variables de résultat, dans les deux groupes de traitement et de contrôle. Rosenbaum et Rubin ont abouti à la formulation suivante pour le score de propension :

$$e(X) = p(T = 1 | X) \tag{2.3.1.1}$$

Avec  $p(T = 1 | X)$  = la probabilité pour que l'individu  $i$  soit traité compte tenu de ses caractéristiques observables.

Dans une expérience non aléatoire, la fonction du score de propension est presque toujours inconnue de telle sorte qu'il n'existe pas de spécification qui soit acceptée pour  $e(X)$ . L'hypothèse de forte méconnaissance (strong ignorability) est en vigueur lorsque ces deux conditions sont remplies :

$$(Y_0, Y_1) \perp T | X \text{ et } 0 < p(T = 1 | X) < 1.$$

Le signe  $\perp$  signifie « indépendant ». Dans ce cas le traitement est fortement méconnu (strongly ignorable) ou méconnu au sens de Rubin (1978). Rosenbaum et Rubin ont abouti aux conclusions suivantes :

Le score de propension est un score d'équilibrage ; si l'assignation au traitement est fortement méconnue étant donné  $X$ , alors elle l'est étant donné le score d'équilibrage ; à n'importe quelle valeur du score d'équilibrage, la différence entre les moyennes dans le groupe de traitement et de contrôle est un estimateur sans biais de l'effet de traitement moyen à cette valeur du score d'équilibrage si l'assignation au traitement est fortement méconnue. Par conséquent, avec une assignation au traitement fortement méconnue, l'appariement par couple suivant un score d'équilibrage, la sous classification suivant un score d'équilibrage et l'ajustement de la covariance compte tenu d'un score d'équilibrage peuvent tous produire des estimateurs sans biais des effets du traitement.

Cox (1970), cité par Rosenbaum et Rubin (1983) a soutenu que le score de propension peut être modélisé en utilisant un modèle logit approprié. Il aboutit à la formule suivante :

$$e(X) = p(T = 1 | X) = \frac{p(T = 1)p(X|T = 1)}{p(T = 1)p(X|T = 1) + p(T = 0)p(X|T = 0)} \quad (2.3.1.2)$$

Le score de propension, comme indiqué précédemment, permet de bien choisir le groupe de contrôle. Ce qui fait qu'il peut être combiné avec une autre méthode (la double différence par exemple) pour estimer l'impact d'une politique publique. Un des principaux avantages des estimateurs de la méthode d'appariement est qu'ils ne nécessitent pas la spécification d'une forme fonctionnelle de l'équation du résultat et de ce fait ne sont pas susceptibles à un biais dû à une mauvaise spécification du modèle.

L'appariement par le score de propension ; comme les autres méthodes, présente des limites : il est difficile à mettre en place car il repose sur l'hypothèse d'indépendance conditionnelle qui est difficile à vérifier (Heckman et al, 1998) ; la propriété d'indépendance conditionnelle nécessite en général la prise en compte d'un nombre important de variables de conditionnement ; il n'est pas possible de décrire les propriétés asymptotiques de l'estimateur lorsque le nombre de traités devient grand ; l'estimateur est biaisé si la sélection s'opère à partir de caractéristiques inobservables. La théorie de la méthode du score de propension n'est pas très explicite concernant le choix des variables. Ce dernier devrait se baser sur la théorie et /ou sur les faits concernant le programme et sa mise en place qui semblent importants pour comprendre les facteurs économiques, sociaux et politiques qui ont influencé l'assignation du programme.

### **2.3.2 La méthode des variables instrumentales**

L'hypothèse d'indépendance conditionnelle postule que le terme d'erreur et les variables explicatives ne sont pas corrélés. Ce postulat n'est pas toujours vérifié. Il arrive des situations où le modèle présente une endogénéité c'est-à-dire  $E(u_t | X) \neq 0$ . Dans ce cas la méthode d'appariement par le score de propension devient inopérante pour estimer l'effet moyen d'un programme sur le groupe de traitement. Cette situation peut survenir lorsque le modèle est mal spécifié ou certaines variables explicatives ont été omises. L'évaluateur a donc recours à l'usage d'un instrument pour prendre en charge cette endogénéité. La méthode des VI est couramment invoquée dans le cas où il est suspecté que les individus participent dans des programmes sur la base de facteurs non observables qui affectent les résultats mais qui ne sont pas dus au programme ou au traitement à évaluer (Heckman, 1997). Une variable Z est considérée comme instrument si elle remplit au moins les deux conditions suivantes :

- 1) Z n'est pas corrélée au terme d'erreur  $Cov(U, Z) = 0$  ;
- 2) Z est corrélée aux variables exogènes  $Cov(X, Z) \neq 0$ .

Ces conditions font que la dépendance du résultat sur la VI n'opère qu'à travers le traitement. Autrement dit, la VI ne peut agir sur le résultat qu'à travers le traitement. Soit l'équation suivante  $Y = \beta X + U$ . Si X et U sont corrélés, alors l'estimateur de  $\beta$  obtenu par la méthode des moindres carrés ordinaires est biaisé. Si une telle variable Z existe, alors l'estimateur de  $\beta$  est obtenu par la méthode des doubles moindres carrés ordinaires.

$$\hat{\beta} = (X'P_ZX)^{-1} (X'P_ZY) \quad (2.3.2.1)$$

Avec  $P_Z = Z(Z'Z)^{-1}Z'$  ;  $X'$  et  $Z'$  sont respectivement les matrices transposées de  $X$  et  $Z$ . Lorsque le nombre d'instruments est égal au nombre de variables exogènes, l'estimateur de  $\beta$  prend la forme suivante :  $\hat{\beta} = (Z'X)^{-1}(Z'Y)$ .

Il existe deux principales sources pour choisir un instrument : en se basant (i) sur des faits empiriques ou (ii) sur les arguments théoriques concernant les déterminants de la mise en place du programme et ceux des résultats. Lorsqu'une variable binaire est utilisée comme instrument l'estimateur de  $\beta$  est appelé estimateur de Wald et a la valeur suivante :

$$\hat{\beta} = \frac{\hat{E}(Y|Z=1) - \hat{E}(Y|Z=0)}{\hat{E}(D|Z=1) - \hat{E}(D|Z=0)}$$

Les développements récents au niveau de la littérature ont fait que des auteurs comme Imbens et Angrist (1994) et plus tard Abadie (2003) ont utilisé la méthode des variables instrumentales pour estimer l'effet moyen de traitement localisé d'une intervention sur une population bien déterminée appelée « les conformes ». Une variable binaire est généralement utilisée en guise d'instrument. L'hypothèse qui est faite dans ces deux configurations est que le traitement à évaluer produit le même effet au niveau de chacun des individus compte tenu d'un certain nombre de caractéristiques observables. En d'autres termes l'effet engendré par le programme est le même pour tout le monde, c'est-à-dire l'effet est homogène. Ceci constitue une hypothèse forte qui a été remise en question par plusieurs auteurs (Björklund et Moffitt, 1987 ; Heckman et Vytlacil, 1999 ; Carneiro, 2003 ; etc.) qui ont soutenu l'hétérogénéité de l'effet du traitement. Il peut arriver des cas où les individus choisissent de participer à un programme en se basant sur des informations privées concernant les gains qu'ils anticipent. Dans ce cas la méthode des VI, telle décrite devient inappropriée.

### 2.3.2.1 La méthode de Imbens et Angrist (1994)

Une variable instrumentale est une variable indépendante des résultats potentiels et corrélée à l'indicateur de traitement (Imbens et Angrist, 1994). Ces auteurs ont montré que même lorsqu'il n'existe pas de sous population pour qui la probabilité de recevoir le traitement est nulle, il est possible d'identifier un effet de traitement moyen sous des conditions de restriction plus faibles. Ceci constitue un avantage de cette méthode. Cet effet moyen est local

et est appelé effet moyen de traitement localisé (Locale Average Treatment Effect ou LATE). Ainsi une variable quelconque est considérée comme une variable instrumentale pour un effet causal d'un traitement sur le résultat si son effet moyen sur le traitement est non nul, elle satisfait l'hypothèse de restriction d'exclusion et de monotonicité, elle est assignée de manière aléatoire et l'hypothèse SUTVA est en vigueur (Angrist et al, 1996). A partir de là, il est possible de scinder la population en quatre groupes. Ceux qui ne participent pas au programme quand bien même le traitement leur soit assigné : ils sont appelés dans la littérature les « jamais preneurs » ou « never takers ». Ceux qui s'arrangent toujours pour participer au programme même si le traitement ne leur est pas assigné : les « toujours preneurs » ou « always takers ». Ceux qui participent au programme lorsque le traitement leur est assigné et ne participent pas sinon : les « conformes » ou « compliers ». Ceux qui ont tendance à ne pas participer au programme lorsque le traitement leur est assigné ou trouvent les moyens de participer lorsque le traitement ne leur est pas assigné : « les non conformes » ou « defiers ». La restriction d'exclusion suppose que le statut de traitement et les résultats potentiels sont conjointement indépendants de l'instrument. La monotonicité veut dire que si  $Z$  est une variable muette représentant l'assignation au groupe de traitement, toute personne dans la population qui aurait pu être, en l'absence d'assignation, dans le groupe de traitement, le serait aussi s'il était assigné à ce groupe via  $Z$ . Et les « non conformes » ne satisfont pas cette hypothèse. Lorsque ces deux hypothèses (monotonicité et restriction d'exclusion) sont violées, l'estimateur obtenu par la méthode des VI est biaisé. Le LATE est calculé uniquement sur la population qui respecte ces deux conditions. Cette population est celle des « conformes ». Le résultat obtenu s'interprète comme étant l'effet du traitement sur ceux qui sont amenés à changer leur situation en réponse à un changement de la valeur de l'instrument. Ils ont abouti à l'égalité suivante :

$E(Y_1 - Y_0 | T_{(z)} = 1, T_{(z')} = 0)$  avec  $z \neq z'$  et  $T_{(z)}$  est la variable aléatoire conditionnelle  $T$  étant donné  $Z = z$ .

Cependant les critiques formulées à l'endroit de cet estimateur ont été les suivantes : l'effet n'est identifié que sur une sous-population particulière. Cette population n'est pas connue : a priori, il n'est pas possible de déterminer si tel ou tel individu appartient à la population des conformes ; l'estimation dépend de l'instrument utilisé : si l'instrument est changé, la valeur du LATE change aussi ; le calcul du LATE ne tient pas compte des autres variables exogènes qui peuvent affecter les résultats potentiels. Ce dernier point sera pris en charge par la méthode de Abadie.

### 2.3.2.2 La méthode de Abadie (2003)

Cet auteur a introduit une nouvelle classe d'estimateurs en utilisant des variables instrumentales pour des modèles linéaires et non linéaires. L'importance de mettre l'accent sur des modèles non linéaires est que, si la variable dépendante est muette ou discrète, ou si l'effet du traitement varie en fonction des variables exogènes, alors un modèle non linéaire est approprié. Les hypothèses de validité de l'instrument posées sont les suivantes :

i) Indépendance de l'instrument : le vecteur  $((Y_{00}, Y_{01}, Y_{10}, Y_{11}, T_0, T_1) | X)$  est indépendant de  $Z$  ;  $Y_{00}$  = le résultat potentiel de l'individu si  $Z = 0$  et  $T = 0$ .

ii) Exclusion de l'instrument :  $P(Y_{1t} = Y_{0t} | X) = 1$  pour  $t \in \{0, 1\}$  ;

iii) Première étape (*first stage*) :  $0 < P(Z = 1 | X) < 1$  et  $P(T_1 = 1 | X) > P(T_0 = 1 | X)$  ;

iv) Monotonicité :  $P(D_1 \geq D_0 | X) = 1$

La première hypothèse postule que l'instrument est assigné de manière aléatoire étant donné le vecteur  $X$ . Autrement dit, il est indépendant aux résultats potentiels conditionnellement à un certain nombre de variables explicatives qui déterminent le résultat observé. La deuxième hypothèse signifie que la variation de la valeur de l'instrument n'affecte le résultat potentiel qu'à travers le traitement. La troisième hypothèse garantit que  $Z$  et  $T$  sont corrélés conditionnellement à  $X$ . La quatrième hypothèse élimine l'existence des « non conformes » et définit une partition de la population en « toujours preneurs », « conformes » et « jamais preneurs ».

Avec ces hypothèses, les égalités ci-dessous peuvent être montrées comme étant la fonction réponse conditionnelle de résultat moyen pour les potentiels traités  $f(X, T) \equiv E(Y | X, T ; T_1 = 1)$  et pour n'importe quelle fonction  $g$  de  $(Y, X, T)$  (Abadie 2003, dans Dontsop-Nguezet et al, 2011) :

$$f(X, 1) - f(X, 0) = (Y_1 - Y_0 | X, T_1 = 1) \quad (2.3.2.2.1)$$

$$E(g(Y, T, X) | T_1 = 1) = \frac{1}{P(T_1 = 1)} E(k * g(Y, T, X)) \quad (2.3.2.2.2)$$

Sachant que  $k = 1 - \frac{Z}{P(Z=1|X)} (1 - T)$  est une fonction de poids étant égale à l'unité pour les traités potentiels et 0 sinon.

En suivant la terminologie de Imbens et Angrist, Abadie a dénommé  $f$  la Fonction Réponse Moyenne Localisée (Locale Average Response Function ou LARF). Cette fonction décrit les réponses de traitement moyennes pour les potentiels traités conditionnelles au vecteur  $X$  (Abadie, 2003).

$$LARF = E(Y|X, T = 1, T_1 > T_0) \quad (2.3.2.2.3)$$

L'estimation sous-entend une paramétrisation du LARF en posant l'égalité suivante :

$f(\theta, X, T) = E(Y|X, T; T_1 = 1)$ . Avec  $g(Y, T, X) = (Y - f(\theta, X, T))^2$  le paramètre  $\theta$  est estimé à l'aide d'une méthode de moindres carrés pondérées qui minimise l'échantillon analogue à  $E\{\kappa(Y - f(\theta, X, T))^2\}$ . La probabilité conditionnelle  $P(Z = 1|X)$  est estimée dans un premier temps par un modèle Probit. Une fois  $\theta$  estimé, l'équation (2.3.2.2.2) est utilisée pour calculer l'effet de traitement moyen conditionnel  $E(Y_1 - Y_0|X, T_1 = 1)$ . Le LATE s'obtient en calculant la moyenne à travers les  $X$  via la fonction (2.3.2.2.3).

A quelques exceptions près, les mêmes critiques formulées à l'endroit de la méthode de Imbens et Angrist (1994) peuvent être reconduites pour celle-ci. L'évolution est qu'ici, il est possible d'avoir la taille des « conformes » dans l'échantillon et que l'effet du traitement est calculé en tenant compte des caractéristiques socio – économiques des individus.

## 2.4 La régression sur discontinuités

Selon Lee et Lemieux (2010), cette méthode a été introduite pour la première fois par Thistlethwaite and Campbell en 1960. Ces derniers ont tenté de mesurer l'impact de recevoir une certaine consécration universitaire sur les résultats académiques futurs des étudiants. Cette méthode sous-entend l'existence d'une variable de sélection qui exerce un effet discontinu sur la probabilité d'être traité (Givord, 2010). L'idée de base de ce modèle est que l'assignation du traitement est déterminée, soit totalement, soit partiellement, par la valeur du prédicteur situé d'un côté du seuil commun (Imbens et Wooldridge, 2008). Plus précisément, il s'agit d'exploiter le fait que de nombreux dispositifs institutionnels présentent des règles d'affectation «à seuils» : allocation sous condition de ressources par exemple, contrainte d'âge pour certains dispositifs, carte scolaire (dans certaines rues, des enfants dépendent d'écoles plus ou moins «cotées»), etc. Un individu peut avoir accès au traitement lorsqu'il atteint un certain seuil qui a été fixé. L'intuition est qu'autour de ces seuils, les individus sont «presque» identiques (ceux qui sont immédiatement en deçà et au-delà du seuil requis), et pourtant seuls certains d'entre eux bénéficieront de ce dispositif. Il est donc possible d'identifier l'effet

causal du traitement en comparant ces deux groupes. La participation au programme découle souvent de décisions administratives où les motivations des individus à participer à un programme sont justifiées par des contraintes de ressources ou des critères bien définis à remplir plutôt que par le simple bon vouloir d'un agent à vouloir participer. Deux cas sont généralement présentés au niveau de la littérature concernant la régression sur discontinuités : la discontinuité nette (sharp design) et la discontinuité floue (fuzzy design).

### 2.4.1 La discontinuité nette

Dans ce cas de figure, l'assignation au traitement  $T_i$  est une fonction déterministe d'une des covariables en l'occurrence la variable  $X_i$  qui détermine le traitement. En d'autres termes, la participation au programme dépend de la valeur prise par la variable de sélection. Ainsi la participation au programme doit remplir la condition suivante :

$T_i = 1[X_i \geq k]$  avec  $1[\cdot]$  une fonction indicatrice égale à 1 lorsque la condition entre les crochets est remplie et 0 sinon. Toutes les unités dont la valeur de la covariable égale ou dépasse le seuil  $k$  sont éligibles à participer au programme. Il est important de noter que le choix des deux groupes (traitement et contrôle) par rapport au seuil considéré est fondamental pour l'obtention de résultats non biaisés. Pour obtenir un effet moyen sans biais, il faut bien définir le support commun entre le groupe de traitement et le groupe de contrôle, c'est-à-dire l'intersection entre le groupe de traitement et le groupe de contrôle. Au niveau de cette intersection, les membres du groupe de traitement et ceux du groupe de contrôle se ressemblent en termes de caractéristiques observables, leur seule différence est que certains sont bénéficiaires du programme, d'autres non. Cette condition n'est remplie qu'en considérant les individus qui ont un score avoisinant  $k$  en plus ou en moins. Formellement, en prenant  $\varepsilon > 0$  et suffisamment petit (cela dépend aussi de la nature du seuil), le groupe de traitement est choisi en considérant les individus qui ont un score égale à  $k + \varepsilon$  et le groupe de contrôle regroupe les individus qui enregistrent un score égale à  $k - \varepsilon$ .

### 2.4.2 La discontinuité floue

La discontinuité nette suppose que la règle de décision est clairement définie et que les agents n'ont pas la possibilité de la manipuler pour entrer ou sortir du programme. Dans le cas de la discontinuité floue, l'assignation au traitement n'est pas une fonction déterministe parce qu'il existe des variables inobservables qui pourraient influencer cette assignation (Todd, 2006). La variable de sélection affecte la probabilité d'être traité mais cette affectation n'est pas parfaite.

L'accès au traitement est alors une variable aléatoire conditionnée par la covariable  $X_i$  et la probabilité de participer au programme sachant que  $X_i = x$ , c'est-à-dire :

$\Pr (T = 1|X = x) = E (T|X = x) \equiv f(x)$  où  $f(x)$  est discontinue en  $x_0$  (Fougère, 2010).

### **3. Evaluation de l'impact des AHAP sur l'efficacité technique de production et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal**

#### **3.1 Présentation du modèle**

Les développements précédents ont fait état de la majeure partie des méthodes qui permettent de mesurer l'effet moyen d'une intervention sur une population bien donnée en prenant comme cadre d'analyse le modèle de Rubin. Dans ce cas d'espèce, il est question d'évaluer l'effet moyen qu'exerce le fait de cultiver dans un aménagement public sur l'efficacité technique et sur le rendement des riziculteurs de l'échantillon. Beaucoup d'espoirs ont été portés au niveau de la vallée du fleuve Sénégal pour l'atteinte d'une sécurité voire d'une autosuffisance alimentaire en riz. C'est pourquoi beaucoup d'argent y a été investi par les autorités publiques. Diagne (2014)<sup>32</sup> distingue deux types d'attributs qui déterminent le choix de la méthode d'estimation de l'impact : l'attribut de comportement et l'attribut stochastique ou de distribution de la population. Le premier est relatif au degré de contrôle que les individus ont sur la réception du traitement. S'ils en ont un certain contrôle, alors le traitement est qualifié d'endogène ; sinon, le traitement est dit exogène. Le deuxième attribut renvoie à la manière dont le traitement est distribué au sein de la population : de façon aléatoire ou non aléatoire. En faisant le croisement de ses alternatives, quatre situations sont possibles : le traitement est aléatoire et exogène ; non aléatoire et exogène ; aléatoire et endogène ; non aléatoire et endogène. Pour chacun de ces cas, une méthode d'estimation de l'impact appropriée doit être retenue.

S'agissant de la vallée du fleuve Sénégal, le choix du milieu n'est pas fortuit car il est considéré comme approprié à la riziculture du fait du potentiel hydraulique dont il dispose. En ce qui concerne la distribution des parcelles aménagées, la SAED propose une clé de

---

<sup>32</sup> Dr Aliou Diagne, économiste en évaluation d'impact ; ancien Chef du Programme Politiques, Systèmes d'Innovation et Evaluation d'Impact du Centre du Riz pour l'Afrique ; présentation effectuée en aout 2014 sur la méthodologie d'évaluation d'impact.

répartition aux conseils ruraux concernés qui ont les prérogatives de la valider ou non. Le producteur, quant à lui, ne reçoit qu'une parcelle « clé en main » et n'a aucune emprise sur le système d'attribution des parcelles. Ces éléments permettent d'affirmer que même si la distribution du traitement se fait de manière non aléatoire, les riziculteurs n'ont aucun contrôle sur la réception du traitement qui est donc non aléatoire et exogène. Ainsi c'est l'hypothèse de sélection sur les observables qui prévaut dans ce cas de figure et selon Diagne (2014),  $ATE \neq ATE1 \neq ATE0$ . Par contre  $ATE = LATE$  car tout le monde est « conforme ». Le modèle retenu apporte une explication concernant le traitement ainsi que les deux variables résultats en l'occurrence le score d'efficacité technique du riziculteur ainsi que le rendement rizicole. Pour respecter l'hypothèse avancée et garantir la participation exogène au traitement, ceux qui ont loué des parcelles dans le public et ceux qui ont utilisé d'autres formes d'appropriation foncière non précisées ont été supprimé de l'échantillon. Ce qui fait que ce dernier compte maintenant 467 producteurs au total.

### **Les variables explicatives :**

Pour le traitement : le nombre d'années de résidence dans le village, le lieu de résidence, la taille du ménage, le genre du chef de ménage, l'âge du chef de ménage, le statut matrimonial « marié », la distance entre la maison et la parcelle, le nombre d'année de pratique de riziculture dans la parcelle.

Pour l'efficacité technique : le nombre d'années de résidence dans le village, la taille du ménage, le genre du chef de ménage, l'âge du chef de ménage, le statut matrimonial « marié », le statut matrimonial « célibataire », la distance entre la maison et la parcelle, le nombre d'années de pratique de riziculture dans la parcelle, le fait de n'avoir reçu aucune instruction, être alphabétisé, école primaire, secondaire, supérieure, arabe, coranique, ethnie toucouleur.

Pour le rendement : le nombre d'années de résidence dans le village, le genre du chef de ménage, l'âge du chef de ménage, le statut matrimonial « marié », le statut matrimonial « célibataire », la distance entre la maison et la parcelle, le nombre d'année de pratique de riziculture dans la parcelle, le fait de n'avoir reçu aucune instruction, être alphabétisé, école primaire, secondaire, supérieure, arabe, coranique, ethnie toucouleur.

## 3.2 Présentation des résultats des estimations

### 3.2.1 La méthode de la différence des moyennes

Cette méthode consiste à comparer les valeurs moyennes des variables retenues entre les deux groupes et de tester la significativité des différences constatées. Pour les variables résultats, la différence est considérée comme étant l'effet du traitement.

Les tableaux 20 et 21 tentent d'établir une comparaison entre les deux groupes en question :

**Tableau 20 : Comparaison de variables quantitatives entre les deux groupes**

Variables	Traité				Contrôle				Test de différence
	Moy	ET <sup>33</sup>	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Ecart
<b>Efficacité</b>	<b>70,99</b>	21,39	14	100	<b>67,48</b>	22,85	22	100	3,51
<b>Rendement</b>	<b>4,17</b>	1,36	0,83	6,75	<b>3,87</b>	1,41	1,18	6,55	0,3 **
<b>Taille ménage</b>	<b>10</b>	5	1	26	<b>10</b>	6	1	38	0
<b>Age</b>	<b>47,6</b>	13,86	17	86	<b>46,31</b>	13,61	20	80	1,49
<b>Distance</b>	<b>4,21</b>	3,99	0,03	39	<b>6,24</b>	7,48	0,2	52,71	- 2,03 ****
<b>Années de pratique</b>	<b>14,22</b>	9,14	1	42	<b>12,46</b>	8,08	2	34	0,96 **

Un aperçu sur les deux variables résultats permet de constater que les moyennes du groupe traité sont plus élevées que celles du groupe de contrôle. Aussi le groupe de traitement est plus homogène que celui de contrôle. La méthode de comparaison par la différence des moyennes consiste à considérer tout écart entre les moyennes des deux groupes comme étant l'effet moyen du traitement.

S'agissant de l'efficacité technique, la comparaison renseigne d'un écart de 3,51 % entre le groupe de traitement et le groupe de contrôle. Le test de significativité effectué fait savoir que cet écart n'est pas statistiquement différent de zéro. En d'autres termes, une analyse basée sur cette unique comparaison conclurait qu'il n'existe pas de différence du niveau d'efficacité entre les riziculteurs opérant dans un milieu aménagé par les services publics et ceux exerçant

<sup>33</sup> Ecart – type

dans un domaine privé. Autrement dit, la contribution de l'aménagement de l'Etat sur l'efficacité technique des riziculteurs de la vallée est nulle.

Par contre, en ce qui concerne le rendement, un écart de 0,298 tonne à l'hectare entre les deux groupes a été enregistré. Cet écart est statistiquement significatif au seuil de 5 %. Ce qui voudrait dire que l'effet des aménagements publics sur le rendement au niveau de la vallée est de 0,298 tonne à l'hectare, c'est-à-dire, le groupe de riziculteurs ayant des parcelles dans des périmètres publics a une production moyenne supérieure à la production moyenne du groupe des riziculteurs n'ayant pas cultivé dans des domaines publics grâce aux aménagements publics.

Or cette forme d'analyse de comparaison des moyennes a été battue en brèche précédemment parce qu'elle était biaisée. Qu'est ce qui prouve que les groupes sont identiques même en l'absence du traitement ? Le test de significativité de la différence des moyennes des variables socio-économiques considérées dans l'analyse permet de répondre à cette question. Les résultats montrent que la différence de moyennes pour certaines variables des deux groupes est statistiquement significative. Ce qui permet de dire que les deux groupes seraient différents même en l'absence de l'intervention. C'est pourquoi il est important de pousser l'analyse en faisant appel à d'autres méthodes plus sophistiquées qui prennent en compte le biais de sélection.

**Tableau 21 : Comparaison spatiale et socio-économique entre les deux groupes**

	Traité		Contrôle		Test de différence
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage	Ecart (%)
<b>Podor</b>	<b>115</b>	<b>32</b>	<b>61</b>	<b>54</b>	<b>- 22 ***</b>
<b>Dagana</b>	<b>240</b>	<b>68</b>	<b>51</b>	<b>46</b>	<b>22 ***</b>
<b>Femme</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>- 4 ***</b>
<b>Homme</b>	<b>351</b>	<b>99</b>	<b>106</b>	<b>95</b>	<b>4 ***</b>
<b>Marié</b>	<b>339</b>	<b>95</b>	<b>107</b>	<b>96</b>	<b>1</b>
<b>Célibataire</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>Veuf</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

<b>Divorcé</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>Aucun niveau</b>	<b>70</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>1</b>
<b>Alphabétisé</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5 **</b>
<b>Primaire</b>	<b>83</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>4</b>
<b>Secondaire</b>	<b>43</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
<b>Supérieur</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>- 4 **</b>
<b>Arabisant</b>	<b>29</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>6 **</b>
<b>Coranique</b>	<b>93</b>	<b>26</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>- 15 ***</b>
<b>Technique et professionnel</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Wolof</b>	<b>171</b>	<b>48</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>25 ***</b>
<b>Peul</b>	<b>67</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>- 7 *</b>
<b>Toucouleur</b>	<b>88</b>	<b>25</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>- 16 ***</b>
<b>Autre</b>	<b>29</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>- 2</b>
<b>Grands producteurs</b>	<b>46</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
<b>Producteurs moyens</b>	<b>93</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>2</b>
<b>Petits producteurs</b>	<b>206</b>	<b>61</b>	<b>74</b>	<b>66</b>	<b>- 5</b>

L'échantillon de 467 individus comporte 355 producteurs cultivant dans des zones aménagées par l'Etat soit 76 % de l'échantillon contre 112 autres exerçant dans des terrains privés, représentant 24 % de la population totale étudiée. La majeure partie des traités sont des hommes et sont localisés dans la zone de Dagana. Le pourcentage des non traités de Podor est plus élevé que celui de Dagana. La raison a été énoncée dans les développements précédents. Dagana a concentré le plus d'attention de la part de l'autorité publique du fait des espoirs portés dans ce terroir. Plus l'on s'enfonce, moins les aménagements publics sont constatés. L'ethnie présente à peu près la même configuration que le lieu de résidence où les wolofs sont dominants dans le groupe de traitement (comme à Dagana) alors que les toucouleurs sont prédominants dans le groupe de contrôle (comme à Podor). Concernant le niveau d'instruction la configuration reste la même à l'image de l'ensemble. Pour ce qui est de la typologie des producteurs, il est toujours noté la domination en nombre des petits producteurs

dans l'échantillon qui représentent plus de 60 % au niveau du groupe traité que du groupe de contrôle.

### 3.2.2 La méthode de l'effet moyen de traitement (ATE)

La sous-section précédente a montré que les deux groupes sont différents en considérant certaines de leurs caractéristiques socio-économiques. L'approche par l'effet moyen de traitement permet de minimiser le biais de sélection induit par les caractéristiques observables. C'est une méthode qui s'effectue en deux phases<sup>34</sup>. La première phase consiste en un échantillonnage qui permet d'obtenir un groupe de contrôle de taille réduite où la distribution des caractéristiques observables est similaire à celle qui prévaut dans le groupe de traitement. Cet appariement se fait grâce au score de propension qui détermine la probabilité de participer au programme. L'estimation de ce score est faite en utilisant un modèle probit. La seconde phase, grâce à une estimation non paramétrique, permet d'obtenir l'effet moyen du traitement au niveau de l'ensemble de l'échantillon (ATE), au sein du groupe traité (ATE1) et au sein du groupe de contrôle (ATE0). Les déterminants du traitement sont obtenus en utilisant un modèle probit et ceux des variables résultats sont calculés en estimant une forme fonctionnelle exponentielle par la méthode des moindres carrés non linéaires. La méthode des MCO, bien qu'elle procure des effets moyens supérieurs en valeur, n'a pas été retenue car elle a enregistré des coefficients de détermination du modèle plus faibles.

#### 3.2.2.1 L'effet moyen du traitement sur l'efficacité

Le tableau 22 ci-dessous analyse les déterminants de la variable de traitement et présente les résultats suivants :

**Tableau 22 : Estimation des déterminants du traitement**

	Coefficient	Ecart – type
<b>Années de résidence</b>	0,012 *	0,007
<b>Lieu de résidence</b>	0,506 ***	0,142
<b>Taille ménage</b>	- 0,001	0,014
<b>Genre</b>	1,128 **	0,451
<b>Age</b>	- 0,005	0,008
<b>Statut « marié »</b>	- 0,21	0,337

<sup>34</sup> L'estimation a été effectuée sur STATA à partir d'un programme implémenté par l'équipe d'évaluation d'impact du Centre du Riz pour l'Afrique.

<b>Distance maison – parcelle</b>	- 0,044 ***	0,013
<b>Années de pratique</b>	0,015 *	0,008
<b>Constante</b>	0,782	0,522
<b>Pseudo R<sup>2</sup></b>	8,66 %	

Avant de pouvoir valider le modèle et passer à l'interprétation des résultats obtenus, il est important de procéder à un test qui semble crucial. Celui-ci, appelé test d'équilibrage (balancing test) permet de savoir si, pour un score de propension donné, la distribution des caractéristiques observables et inobservables est la même entre le groupe de traitement et celui de contrôle (Becker et Ichino, 2002). Si l'hypothèse d'équilibrage est satisfaite, cela veut dire que, pour un score de propension donné, l'exposition au traitement est aléatoire et de ce fait les éléments du groupe traité et ceux du groupe de contrôle seraient, en moyenne, identiques.

Les résultats du test montrent que l'hypothèse d'équilibrage est satisfaite (cf. annexe [A.2](#)).

Pour ce qui concerne l'interprétation des résultats, en dehors de la taille du ménage, de l'âge et du statut matrimonial, toutes les autres variables explicatives ont enregistré des coefficients statistiquement significatifs. La taille du ménage intervient beaucoup plus au niveau de la superficie à allouer au ménage que dans l'accès ou non dans l'aménagement. Les résultats obtenus viennent confirmer le mode de distribution des parcelles aménagées qui avait été décrit précédemment. Cette distribution obéit à certains critères : le périmètre aménagé est réparti au sein des producteurs issus des villages qui gravitent autour de ce périmètre. Ce qui fait que l'ancienneté augmente la probabilité de bénéficier d'une parcelle, de même qu'habiter Dagana du fait des raisons qui ont été évoquées dans les développements antérieurs. L'éloignement traduit le fait que le producteur en question n'habite pas dans des villages situés près de l'aménagement. Ce qui joue en défaveur de l'obtention d'une parcelle dans un aménagement public. La variable genre agit positivement sur le traitement. Ce qui veut dire que le fait d'être homme augmente ses chances d'avoir une parcelle dans le public. Ce résultat vient confirmer l'accès difficile au foncier auquel les femmes sont confrontées dans la vallée.

Le tableau 23 suivant retrace les résultats obtenus à l'issue de l'estimation par la méthode des moindres carrés non linéaires des déterminants de l'efficacité technique en utilisant une forme fonctionnelle exponentielle :

**Tableau 23 : Estimation des déterminants de l'efficacité technique**

	<b>Coefficient</b>	<b>Ecart – type</b>
<b>Statut aménagement (SA)</b>	0,072 **	0,037
<b>SA * Années de résidence</b>	- 0,001	0,002
<b>SA * Taille ménage</b>	- 0,007 **	0,003
<b>SA * Genre</b>	- 0,19 *	0,109
<b>SA * Age</b>	0,001	0,002
<b>SA * Distance maison – parcelle</b>	0,007 ***	0,003
<b>SA * Années de pratique</b>	- 0,001	0,002
<b>SA * Statut « marié »</b>	0,125	0,114
<b>SA * Statut « célibataire »</b>	0,908	0,15
<b>SA * Aucune instruction</b>	4,265 ***	0,134
<b>SA * Alphabétisé</b>	4,318 ***	0,147
<b>SA * Niveau primaire</b>	4,422 ***	0,136
<b>SA * Niveau secondaire</b>	4,334 ***	0,139
<b>SA * Niveau supérieur</b>	4,318 ***	0,155
<b>SA * Ecole arabe</b>	4,372 ***	0,146
<b>SA * Ecole coranique</b>	4,34 ***	0,139
<b>SA * Ethnie toucouleur</b>	- 0,033	0,403
<b>R<sup>2</sup> ajusté</b>	91,24 %	

Le tableau reflète les résultats de l'effet combiné entre la variable de traitement et chacune des variables explicatives au niveau de l'efficacité. Ces résultats viennent confirmer ceux qui étaient obtenus en estimant la fonction d'inefficacité technique avec le programme FRONTIER 4.1 au niveau du chapitre précédent. La différence est qu'ici, c'est l'effet combiné qui est mis en relief alors que dans le chapitre précédent, c'est l'effet direct de la variable explicative qui était obtenu. Ceci confère une certaine robustesse aux conclusions qui ont été faites précédemment. L'effet combiné de la distance entre la maison et la parcelle et ceux des niveaux d'éducation participent à l'accroissement de l'efficacité technique alors que celui de la taille du ménage et du genre du chef de ménage contribuent à la réduction de l'efficacité technique. La remarque importante à faire ici est que le fait de ne recevoir aucune instruction formelle, combiné au statut d'aménagement, agit positivement sur l'efficacité. Dans la littérature, il est montré que l'analphabétisme constitue une entrave majeure à une bonne utilisation de l'information agricole (Opara, 2010). Ce qui tendrait à diminuer la

productivité agricole. Cependant, dans ce cas précis, il est question d'analyser l'effet combiné entre ne pas être instruit et cultiver dans un aménagement public sur la variable à expliquer. Le résultat obtenu pourrait s'expliquer par le fait que les producteur moyen (en se référant à l'âge) qui intervient dans un périmètre public a connu la période d'avant l'instauration de la NPA où la SAED exerçait un encadrement rapproché à l'égard des producteurs. Ce qui lui a permis d'engranger une expérience considérable en matière de culture du riz nonobstant son niveau d'éducation. Aussi la culture du riz et la gestion des aménagements nécessitent une certaine expertise. Ces producteurs ont donc dû apprendre par expérience. L'effet combiné de l'âge du chef de ménage et celui du nombre d'années de pratique de riziculture dans la parcelle se sont révélés statistiquement non significatifs de même que celui de l'ethnie toucouleur. Les statuts matrimoniaux et le nombre d'années de résidence dans le village, variables nouvellement introduites, n'ont pas eu des effets combinés significatifs alors que le statut d'aménagement exerce un effet positif et significatif sur la variable résultat, apportant ainsi une explication supplémentaire au niveau d'efficacité technique dans la vallée.

Le tableau 24 ci-dessous récapitule les effets moyens de traitement qui ont été calculés au niveau de la population totale, au sein des traités et au sein des non traités :

**Tableau 24 : Estimation des effets moyens du traitement sur l'efficacité technique**

	Coefficient	Ecart – type
<b>ATE</b>	4,94 **	2,49
<b>ATE1</b>	4,91 **	2,47
<b>ATE0</b>	5,05 **	2,58
<b>PSB</b>	- 0,03	0,03

Le paramètre ATE1 indique qu'en moyenne, cultiver dans un aménagement public accroît l'efficacité technique des riziculteurs qui exercent dans des aménagements publics de 4,91 % lorsque les autres variables sont sous contrôle. Ce résultat constitue une découverte fondamentale dans la mesure où la méthode des différences de moyennes a procuré un paramètre qui n'est pas statistiquement différent de zéro, sous entendant que cultiver dans un aménagement public n'avait aucun effet significatif sur l'efficacité technique. Il vient ainsi confirmer l'hypothèse qui avait été émise à l'entame de ce travail à savoir que le résultat attendu est un impact positif. Cette attente se justifie du fait des énormes efforts techniques et financiers déployés par l'Etat en termes d'aménagements hydro – agricoles au niveau de la vallée depuis l'accession du pays à la souveraineté internationale.

Le paramètre ATE mesure l'effet du programme s'il avait été étendu à l'ensemble de l'échantillon. Il a enregistré une valeur sensiblement supérieure à l'effet moyen du traitement au sein de la population traitée.

Le dernier paramètre calcule l'effet moyen du traitement au sein de la population non traitée si celle-ci avait cultivé dans des aménagements publics. La valeur obtenue est supérieure à celle des deux premiers paramètres.

L'importance des deux derniers paramètres est qu'ils permettent de formuler des implications de politiques dans le sens de l'extension des aménagements publics au sein des populations non bénéficiaires.

Le biais de sélection de la population (PSB) mesure l'écart qui existe entre l'AET1 et l'ATE. Cet écart s'est révélé non significatif. Ce qui permet d'affirmer que la situation du groupe témoin est un bon contrefactuel de celle du groupe traité si celui-ci n'avait pas bénéficié du traitement.

En guise de comparaison, les effets du traitement sont calculés au sein des groupes socio-économiques suivants : chez les hommes et chez les femmes ; chez les grands producteurs, les producteurs moyens et les petits producteurs.

Le tableau 25 suivant relate les effets moyens obtenus en considérant d'une part les hommes et d'autre part les femmes :

**Tableau 25 : Comparaison des effets moyens du traitement sur l'efficacité technique entre hommes et femmes**

	Hommes		Femmes	
	Coefficient	Ecart – type	Coefficient	Ecart – type
<b>ATE</b>	4,93 **	2,49	5,34 *	2,81
<b>ATE1</b>	4,9 **	2,47	5,16 *	2,7
<b>ATE0</b>	5,03 **	2,55	5,46 *	2,89
<b>PSB</b>	- 0,03	0,02	- 0,18	0,24
<b>DIFFMO<sup>35</sup></b>	3,81	2,51	0,42	10,7

Le tableau ci-dessus renseigne que la méthode des différences de moyennes présente des résultats non significatifs pour tous les deux groupes. Pour ce qui est de la méthode ATE, les

<sup>35</sup> La différence des moyennes

paramètres sont respectivement significatifs aux seuils de 5 et de 10 % pour les hommes et pour les femmes. Le constat est que les valeurs des paramètres obtenues pour les femmes sont supérieures à celles obtenues pour les hommes. En d'autres termes, le traitement agit plus sur les femmes que sur les hommes malgré que celles-ci soient en nombre infime par rapport aux hommes. Les déterminants de l'efficacité technique par l'estimation de la fonction d'inefficacité et ceux de l'efficacité technique à l'issue de l'estimation de la fonction exponentielle ont montré que la variable genre et cette dernière combinée au traitement ont eu des effets significatifs négatifs sur la variable résultat. Une explication avait été fournie dans la section précédente. Celle-ci reste maintenue dans cette partie. L'effet du traitement sur la population non traitée domine les autres effets calculés. Ce qui ouvre une large opportunité d'extension du programme aux non bénéficiaires.

Le tableau 26 ci-dessous établit une comparaison entre les différentes catégories de producteurs :

**Tableau 26 : Estimation des effets moyens du traitement sur l'efficacité technique au sein des différentes classes de producteurs**

	Grands producteurs		Producteurs moyens		Petits producteurs	
	Coefficient	Ecart type	Coefficient	Ecart type	Coefficient	Ecart type
<b>ATE</b>	4,99 **	2,52	4,73 **	2,39	5,02 **	2,53
<b>ATE1</b>	4,99 **	2,52	4,67 **	2,35	4,99 **	2,51
<b>ATE0</b>	4,99 **	2,53	4,94 **	2,52	5,1 **	2,59
<b>PSB</b>	0	0,02	- 0,06 **	0,04	- 0,03	0,03
<b>DIFFMO</b>	- 6,94	6,65	9,52 **	4,66	2,64	3,02

La section précédente avait montré que les grands producteurs avaient obtenu le plus grand score moyen d'efficacité, les petits producteurs le score moyen le plus faible. Ce qui porterait à croire qu'une dotation factorielle considérable exerce un effet positif sur le niveau d'efficacité technique moyen. Dans cette présente analyse, le constat est que le traitement a le même effet au sein de la population bénéficiaire du programme dans la catégorie des grands producteurs que celles des petits producteurs. Si le programme avait été étendu à l'ensemble de la population ou si les non participants avaient bénéficié de l'intervention, l'effet enregistré aurait été plus conséquent au niveau des petits producteurs que des grands producteurs. Ce qui permet de dire que globalement, le traitement agit plus sur le groupe des petits producteurs. Pour ce qui est du groupe des producteurs moyens, compte tenu de la significativité du biais

de sélection, les résultats doivent être interprétés avec réserve. La limite à cette analyse est que l'estimation ne permet pas de faire ressortir les déterminants de la variable résultat dans chaque groupe. En supposant que les variables qui déterminent l'efficacité technique pour tout l'échantillon sont celles qui expliquent le niveau de l'efficacité pour chaque groupe, l'effet combiné de la taille du ménage et celui de la distance agit respectivement négativement et positivement sur l'efficacité. La moyenne de la taille du ménage est respectivement de 11, 13 et 9 individus chez les grands, les moyens et les petits producteurs. Pour la distance, les moyennes respectives sont estimées à 5,17, 4,26 et 4,79 km. Ce qui permettrait de dire que cette différence explique en partie les écarts au niveau des efficacités. Il est à noter que la différence des moyennes entre le groupe de traitement et celui de contrôle au niveau des producteurs moyens s'est montrée significative, s'élevant à 9,52 % alors que l'effet moyen de traitement au niveau de la population bénéficiaire est de 4,67 %. La première méthode surestime l'effet moyen à hauteur de 4,85 % soit plus du double de l'effet obtenu avec la méthode ATE.

### **3.2.2.2 L'effet moyen du traitement sur le rendement**

Le rendement constitue la productivité du facteur de production terre. A présent il est question d'étudier l'effet de cultiver dans un aménagement public sur cette productivité de la terre. Le chapitre 2 a présenté une description des différentes catégories d'aménagement qui sont dans la vallée. Les aménagements privés sont taxés de sommaires et souvent mal réalisés car ils n'ont pas eu l'expertise technique nécessaire au moment de leur création. Pour ce qui est des aménagements publics, malgré qu'ils aient été réalisés par une société de développement publique, beaucoup d'entre eux n'ont pas été réhabilités. Ce qui fait que certains sont devenus vétustes au fil des ans et nécessitent d'être réfectionnés.

Le tableau 22 a renseigné des déterminants de la variable traitement à savoir le statut d'aménagement. Ce qui fait que les résultats obtenus sont valables dans cette partie car le traitement n'a pas changé de même que les facteurs explicatifs considérés.

Le tableau 27 suivant fait état des résultats de l'estimation par la méthode des moindres carrés non linéaires de la fonction exponentielle qui a servi à représenter le rendement rizicole des riziculteurs de l'échantillon :

**Tableau 27 : Estimation des déterminants du rendement rizicole**

	<b>Coefficient</b>	<b>Ecart – type</b>
<b>Statut d'aménagement</b>	0,107 ***	0,4
<b>SA * Années de résidence</b>	0	0,002
<b>SA * Genre</b>	- 0,165	0,124
<b>SA * Age</b>	0	0,002
<b>SA * Distance maison – parcelle</b>	0,009 ***	0,003
<b>SA * Années de pratique</b>	0	0,002
<b>SA * Statut « marié »</b>	0,108	0,121
<b>SA * Statut « célibataire »</b>	0,15	0,157
<b>SA * Aucune instruction</b>	1,234 ***	0,147
<b>SA * Alphabétisé</b>	1,337 ***	0,159
<b>SA * Niveau primaire</b>	1,472 ***	0,149
<b>SA * Niveau secondaire</b>	1,398 ***	0,151
<b>SA * Niveau supérieur</b>	1,363 ***	0,169
<b>SA * Ecole arabe</b>	1,42 ***	0,159
<b>SA * Ecole coranique</b>	1,378 ***	0,151
<b>R<sup>2</sup> ajusté</b>	90,24 %	

En dehors de l'effet combiné de la variable genre, tous les effets significatifs dans la détermination de l'efficacité technique le sont ici. Comme ailleurs, l'ancienneté dans le village, l'âge du chef de ménage, le nombre d'années de pratique de riziculture et les statuts matrimoniaux ont enregistrés des effets combinés non significatifs. Le statut d'aménagement est significatif et a enregistré un signe positif. Cela veut dire que cultiver dans un périmètre aménagé par l'Etat contribue à l'accroissement du niveau de rendement du riziculteur. Ce résultat est cohérent dans la mesure où, tel décrit plus haut, le choix de ces zones à aménager n'est pas fortuit. Les aménagements sont implantés pour la plupart dans des types de sols appelés « hollaldé » qui constituent les terrains rizicoles par excellence (Jamin, 1986) car leur faible perméabilité permet de retenir une certaine humidité favorable au développement de la

plante de riz. En plus, les grands aménagements sont généralement composés de canaux d'irrigation et de drainage qui permettent de faire entrer et sortir l'eau provenant du fleuve dans la parcelle. Ce qui assure une certaine autonomie en eau. Par contre pour ce qui est des privés le système d'évacuation de l'eau de même que l'aménagement de la parcelle sont effectués avec des moyens rudimentaires. Ce qui procure au riziculteur exerçant dans un périmètre public un certain avantage comparatif par rapport à celui qui est dans le privé en termes d'aménagement. L'effet combiné de la distance entre la maison et la parcelle a eu le même impact que celui constaté au niveau de l'efficacité. Une bonne performance culturale nécessite que le riziculteur consacre le temps adéquat aux différentes phases de l'itinéraire technique depuis la préparation du sol jusqu'à l'ensachage de la récolte. Ce qui sous-entend une présence beaucoup plus forte au niveau des champs. Certains producteurs, du fait de l'éloignement, passent la journée au niveau de leur parcelle. Ce qui leur permet de consacrer plus de temps aux activités culturales alors que ceux qui sont proches semblent être plus « libres ». Donc c'est la distance entre la maison et la parcelle qui contraint le producteur à rester plus longtemps dans sa parcelle, qui en même temps lui permet de consacrer plus de temps aux différentes phases culturales et ce temps supplémentaire consacré à la gestion culturale agit positivement sur le niveau de rendement. L'effet combiné du niveau d'éducation contribue à l'augmentation du rendement agricole en général et du rendement rizicole en particulier. En effet, le niveau d'éducation permet au producteur de trouver la bonne information et d'accroître ainsi son expérience en appliquant les conseils et recommandations appris à travers les médias (Opara, 2010). Il lui permet également de pouvoir choisir de manière appropriée les quantités d'intrants. L'effet combiné de n'avoir reçu aucune instruction joue en faveur de l'augmentation du rendement. Ce résultat avait été expliqué lors de l'analyse des déterminants de l'efficacité technique, les raisons qui ont été avancées auparavant sont maintenues pour ce cas de figure.

Le tableau 28 ci-dessous présente les résultats des effets moyens du traitement sur le rendement par la méthode ATE.

**Tableau 28 : Estimation des effets moyens du traitement sur le rendement rizicole**

	Coefficient	Ecart – type
<b>ATE</b>	0,425 ***	0,154
<b>ATE1</b>	0,422 ***	0,153

<b>ATE0</b>	0,434 ***	0,159
<b>PSB</b>	- 0,003	0,002

En moyenne une contribution de 422 kg à l'hectare au niveau du rendement rizicole est imputable au fait de cultiver dans un aménagement public lorsque les autres paramètres qui entrent dans le processus de production sont contrôlés. Considérant la méthode de la différence des moyennes, un effet significatif de 298 kg à l'hectare avait été obtenu. Cette dernière méthode a donc sous-estimé l'impact du traitement sur le rendement de 146 kg à l'hectare, une différence qui est non négligeable. L'hypothèse émise à savoir que cultiver dans un périmètre public a un effet positif sur le rendement est aussi vérifiée.

La valeur du paramètre ATE indique que si le traitement avait été étendu à l'ensemble de l'échantillon, la contribution de l'aménagement public sur le rendement aurait été de 425 kg à l'hectare. Ce résultat est supérieur en valeur à l'effet moyen au niveau de la population des traités.

La valeur du paramètre ATE0 signifie que le traitement aurait eu un effet de 434 kg à l'hectare sur le niveau de rendement si les non bénéficiaires avaient participé au programme.

Tel avancé précédemment, les deux derniers paramètres sont importants surtout en matière de formulation de politique d'extension des aménagements publics.

Cette vue d'ensemble peut occulter certaines particularités. C'est pourquoi il semble intéressant de décomposer l'échantillon en groupes (hommes, femmes, grands producteurs, producteurs moyens et petits producteurs) pour pouvoir analyser les spécificités qui se dégagent de cette décomposition.

Le tableau 29 ci-dessous renseigne sur les effets moyens dans le groupe des hommes et des femmes :

**Tableau 29 : Comparaison des effets moyens du traitement sur le rendement rizicole entre hommes et femmes**

	Hommes		Femmes	
	Coefficient	Ecart type	Coefficient	Ecart type
<b>ATE</b>	0,425 ***	0,154	0,421 ***	0,166
<b>ATE1</b>	0,422 ***	0,153	0,407 ***	0,159

<b>ATE0</b>	0,434 ***	0,159	0,431 ***	0,171
<b>PSB</b>	- 0,003	0,002	- 0,015	0,019
<b>DIFFMO</b>	0,3 *	0,156	0,312	0,647

L'effet moyen estimé par la méthode des différences de moyennes, d'une valeur de 300 kg à l'hectare, est significatif au seuil de 10 % au niveau du groupe des hommes. Comparé à celui obtenu avec la méthode ATE, l'effet moyen du programme est sous-évalué de 122 kg à l'hectare. Pour ce qui est des femmes, l'effet obtenu par la méthode des différences de moyennes s'est révélé non significatif. En guise de comparaison entre les deux groupes, les trois paramètres pour le groupe des hommes ont enregistré des valeurs respectives supérieures à ceux du groupe des femmes. Ce qui permet de conclure que le traitement agit plus sur le rendement des hommes que sur celui des femmes. Un résultat contraire avait été trouvé lors de l'analyse de l'effet des aménagements publics sur l'efficacité technique entre ces deux groupes. Il faut signaler que dans ce cas-là, la variable genre, combiné au traitement, avait enregistré un effet significatif négatif sur l'efficacité alors que dans ce cas-ci, la combinaison a généré un effet statistiquement non différent de zéro. Pour tous les deux groupes les inégalités suivantes ont été établies :  $ATE0 > ATE > ATE1$ .

Le tableau 30 suivant affiche les effets moyens du traitement sur le rendement au sein des trois classes de producteurs :

**Tableau 30 : Comparaison des effets moyens du traitement sur le rendement rizicole au sein des différentes classes de riziculteurs**

	Grands producteurs		Producteurs moyens		Petits producteurs	
	Coefficient	Ecart type	Coefficient	Ecart type	Coefficient	Ecart type
<b>ATE</b>	0,438 ***	0,159	0,411 ***	0,149	0,428 ***	0,156
<b>ATE1</b>	0,437 ***	0,158	0,406 ***	0,147	0,426 ***	0,154
<b>ATE0</b>	0,442 ***	0,162	0,428 ***	0,158	0,435 ***	0,16
<b>PSB</b>	- 0,001	0,002	- 0,005 *	0,003	- 0,002	0,002
<b>DIFFMO</b>	- 0,219	0,437	0,811 ***	0,258	0,156	0,187

Concernant les producteurs moyens<sup>36</sup>, l'écart entre le rendement moyen de ceux qui sont dans les aménagements publics et ceux qui sont dans les aménagements privés est de 811 kg à l'hectare. Cet écart mesure l'effet du traitement. Or cette méthode a été qualifiée de naïve dans le chapitre précédent. Les résultats fournis sont donc biaisés. Ce biais induit a entraîné une surestimation de l'effet du traitement de 405 kg par hectare, soit quasiment le double de l'effet obtenu avec la méthode ATE. Le tableau ci-dessus montre que le traitement a un effet plus important sur le rendement des grands producteurs que sur celui des petits producteurs et des producteurs moyens. Comme il a été mentionné plus haut, l'estimation ne permet pas d'obtenir les déterminants des variables résultats dans chaque groupe. Le constat qui est fait est que la distance entre la maison et la parcelle, combinée au traitement, exerce un effet positif sur le rendement. Or, les statistiques antérieures ont montré que le grand producteur était en moyenne, beaucoup plus éloigné que les autres types de producteurs.

## 4. Conclusions

La deuxième section du chapitre a décrit certaines méthodes d'évaluation d'impact qui sont utilisées par les chercheurs et a mis en exergue les avantages et les inconvénients liés à ces méthodes. La troisième section s'est attelée à mesurer l'impact des périmètres hydro – agricoles aménagés par l'Etat sur l'efficacité technique et sur le rendement rizicole. Elle apporte réponse à l'objectif central de cette thèse qui est de mesurer la contribution de ces types d'aménagements sur les variables résultats précités. Le processus d'attribution des terres ainsi que le niveau d'implication des producteurs dans la distribution des parcelles ont été décrits. Le mode opératoire est que l'Etat, via la SAED, fait un choix des sites à aménager sur la base d'une étude de faisabilité préalable et propose une clé de répartition des terres aménagées aux conseils ruraux qui disposent des prérogatives de la valider ou non. Le producteur, quant à lui, reçoit une parcelle « toute faite » et n'a pas la possibilité d'intervenir ou d'influencer le processus de distribution des parcelles. Le choix du traitement n'est pas fortuit et les principaux bénéficiaires n'ont aucun contrôle sur sa distribution. Cette argumentation établit que c'est l'hypothèse de sélection sur les observables qui est la plus plausible dans cette analyse car, pour un individu bénéficiant d'une parcelle dans un périmètre public, ce n'est pas parce que la SAED a anticipé un effet positif sur son efficacité ou sur son rendement qu'il lui a octroyé cette parcelle, mais parce que le producteur en question satisfait à certaines conditions sociales qui peuvent être observés par l'évaluateur. Ce qui traduirait

---

<sup>36</sup> Les résultats doivent être relativisés car le biais de sélection est significatif.

une certaine indépendance des résultats potentiels vis-à-vis du traitement. La méthode du score de propension permet de distribuer le traitement de manière aléatoire dans l'échantillon en contrôlant les caractéristiques observables. Ce qui permet d'obtenir deux groupes dont l'un bénéficie du traitement et l'autre non. Toute différence au niveau des variables résultats est un bon estimateur de l'effet moyen du traitement. C'est cette démarche qui a été utilisée dans cette analyse.

Pour ce qui est de l'efficacité technique, il a été noté que cultiver dans un aménagement public a un effet moyen de près de 5 %. La première implication de politique qui se dégage dès lors est que les autorités administratives ne doivent aucunement se désengager de la conception des aménagements pour laisser ce soin aux privés. En effet une interrogation avait été formulée dans le deuxième chapitre sur la pertinence de l'autorité publique à continuer à aménager compte tenu des superficies aménagées par les privés qui dépassaient de loin celles aménagées par l'Etat surtout dans le département de Dagana. Ce résultat obtenu permet de justifier l'intervention publique dans la vallée en matière d'aménagements et montre que quantité ne conduit pas forcément à qualité. Cette implication formulée est aussi renforcée par le score de l'effet moyen du traitement sur les non bénéficiaires qui dépasse l'effet moyen sur la population bénéficiaire et celui obtenu lorsque le traitement est étendu à l'ensemble de l'échantillon. Ce qui est même fortement suggéré est d'étendre les programmes d'aménagement public et d'en faire profiter aux non bénéficiaires dans une perspective d'amélioration de l'efficacité technique. Une autre implication va dans le sens de la réhabilitation des périmètres et de la maintenance du matériel hydro – agricole car la vétusté de ces ouvrages au fil des ans réduit leurs performances. L'Etat devrait veiller à leur réfection et appuyer les producteurs dans le renouvellement. Un fonds de garantie existe dans ce sens. Celui-ci est alimenté par les cotisations des organisations de producteurs mais reste insuffisant lorsqu'il s'agit d'achat de matériels coûteux. Le cas de certains des producteurs de Gaya, Gambou Thillé et de Bokhol en est une parfaite illustration (cf. note de bas de page 13 dans le chapitre 2).

La décomposition de l'échantillon suivant l'approche genre et la comparaison intra groupe a montré que le traitement agit plus conséquemment sur les femmes que sur les hommes. Ce qui implique qu'il serait judicieux de faire une discrimination positive à l'égard des femmes pour qu'elles puissent accéder facilement au foncier. Ensuite il est important de revoir le critère d'attribution des parcelles basé sur le statut de chef de ménage. En effet, les rares chefs de ménage qui sont de genre féminin sont pour la plupart divorcés ou veufs. Ce qui justifie leur

nombre infime au niveau de l'échantillon (seulement 10 femmes dans l'échantillon dont quatre sont veuves). La situation économique et sociale de la région de Saint Louis de 2013<sup>37</sup> a attesté que près de 3 % des femmes de la région sont veuves ou divorcées. A moins d'hériter d'une parcelle dans le public, la probabilité pour les femmes de cultiver dans un périmètre public est très faible dans ce contexte. Une solution qui pourrait être envisagée est d'allouer un certain quota de superficie dans les aménagements publics aux femmes<sup>38</sup> et de considérer comme critères de distribution des parcelles par exemple l'activité principale, l'expérience en agriculture et la possession de parcelles dans un périmètre public par un conjoint ou un ascendant direct.

Pour ce qui est de la typologie des producteurs, il est important d'étendre le programme aux petits et aux grands producteurs non encore bénéficiaires d'une parcelle dans le public ; augmenter et intensifier les campagnes de formation et de sensibilisation des riziculteurs aux bonnes pratiques culturales qui sous entendent le respect de l'itinéraire technique et du calendrier cultural.

En ce qui concerne le rendement rizicole, l'effet moyen du programme est estimé à 422 kg à l'hectare. Cet effet aurait pu être sous-estimé de 146 kg à l'hectare si la différence entre les rendements moyens des deux groupes avait été considérée comme étant l'effet du traitement. De manière générale, les mêmes implications de politique formulées pour l'efficacité technique sont reconduites pour le rendement à savoir la poursuite des programmes d'aménagement par l'Etat, la réhabilitation des périmètres vétustes et l'extension de ces programmes aux non bénéficiaires.

La comparaison entre hommes et femmes a fait ressortir que le traitement affecte de manière positive plus le rendement rizicole des hommes que celui des femmes. En guise de politiques spécifiques à mettre en œuvre pour ce groupe visant à accroître le rendement rizicole, il est préconisé l'utilisation des nouvelles technologies par les producteurs telles que les variétés à haut rendement. Ceci passe par l'adaptation du producteur aux exigences de la modernité et à une mise à niveau de ses connaissances. D'où la nécessité d'avoir une bonne assistance technique. Ce qui a été noté chez les producteurs est un manque criard de formation aux métiers rizicoles. Beaucoup ont appris à cultiver du riz par expérience. Ce qui fait que parfois ils ont des habitudes, par méconnaissance, qui jouent en défaveur de l'obtention d'un bon

---

<sup>37</sup> C'est ce document qui est le plus récent à l'heure actuelle.

<sup>38</sup> Lors d'une visite dans le village de Ndiatène, les populations nous ont fait savoir que cette mesure avait été initiée.

rendement comme par exemple le choix des dates de semis, d'épandage d'engrais et la manière d'épandre l'engrais (cf. note 12, chapitre 2). Beaucoup d'entre eux irriguent immédiatement après avoir épandu de l'engrais alors que ce qui est recommandé, c'est de baisser la lame d'eau avant l'épandage et d'attendre quatre jours après avoir versé de l'engrais pour irriguer (SAED, 2011).

Le tableau 30 a permis de voir que le traitement a un effet plus élevé chez les grands producteurs que chez les autres types de producteurs. Ce qui caractérise les premiers, comparés aux autres, est une dotation factorielle beaucoup plus importante. L'implication de politique qui se dégage est la fourniture de matériels à ces grands producteurs afin de renforcer l'intensification de la riziculture dans la vallée. Concernant les petits producteurs qui sont les moins nantis mais qui enregistrent des scores avoisinant ceux des grands producteurs, il faudra œuvrer à améliorer leur expertise technique.

La production de riz dans la vallée se heurte à plusieurs contraintes auxquelles il faut s'atteler à lever pour augmenter le niveau d'output des producteurs. Ces obstacles touchent principalement l'eau et les aménagements. Ainsi une liste non exhaustive peut être dressée (LADA, 2007) :

- Certains périmètres irrigués sont dotés de réseaux de drainage sommaire ou n'en disposent pas du tout, ce qui entraîne des niveaux de salinité excessive dans les exploitations ;
- La mauvaise conception de certains aménagements explique la faiblesse de l'efficacité des irrigations, d'où un important gaspillage de l'eau ;
- Le manque d'entretien des périmètres et des axes hydrauliques entraîne des problèmes d'alimentation en eau, suite à la baisse de l'hydraulicité ;
- La mauvaise qualité de l'eau dans certains endroits affectés par l'intrusion saline et les eaux de drainage rejetées dans le fleuve et dans le lac de Guiers qui contribuent à l'augmentation de la salinité de ces eaux ;
- Une très forte évaporation liée aux conditions climatiques sahéliennes ;
- Les problèmes fonciers concernant le statut des terres irriguées ; la législation actuelle ne permet pas toujours de sécuriser les investissements ;
- Le niveau élevé des charges de pompage (25 à 30 % des coûts de production) et les coûts d'aménagement limitent la compétitivité des productions de riz dans la vallée du fleuve Sénégal ;

- L'inadéquation du système de crédit : les taux d'intérêt, les délais de remboursement et les garanties exigées constituent des obstacles au développement de l'agriculture irriguée.

Le plaidoyer final est adressé aux autorités publiques pour la dotation de moyens financiers conséquents aux organismes de recherches et de développement. Ceci avait été formulé dans le chapitre précédent et est repris dans celui-ci. Comme constaté, le manque de formation à tous les stades de la production de riz empêche les producteurs de réaliser de bonnes performances culturales. Or, seules ces structures ont les dispositions techniques nécessaires pour pallier ce phénomène. Cependant elles sont confrontées à des problèmes financiers et logistiques qui limitent leur champ d'intervention. Pire, la plupart de leurs activités sont financées par des bailleurs de fonds étrangers ; ces derniers ont des exigences bien définies auxquelles il faut se conformer pour prétendre à leur financement. Ceci nécessite une réflexion approfondie concernant le financement durable de la recherche. Compte tenu de la place importante qu'occupe l'agriculture en termes de mobilisation de la main d'œuvre, ce secteur devrait être considéré comme relevant de la souveraineté nationale et devrait être pris en charge par l'Etat à tous les niveaux. La création d'un Fonds d'Appui à la Recherche et à la Vulgarisation des Acquis de la Recherche (FARVAR) pourrait permettre aux instituts de recherches d'avoir les coudées franches pour apporter réponse aux enjeux du monde rural et anticiper sur certaines questions. Les sociétés de développement pourront porter les fruits de ces découvertes aux principaux bénéficiaires en l'occurrence les producteurs. Aussi ces structures de recherche et de développement ne devraient pas se contenter uniquement de l'appui public mais ils devraient, pour chaque entité, en ce qui le concerne, songer à mettre en place un fonds qui servira à prendre en charge certaines de leurs activités. Il sera demandé à chaque chercheur ou développeur qui gagne un projet de verser un certain quota pour l'alimentation du FARVAR.

## Conclusions générales

*... les connaissances scientifiques n'ont d'intérêt que si elles servent à résoudre les problèmes auxquels sont confrontés les secteurs public et privé.*

J. C. B. Bazika et A. B. Naciri, Les économies africaines et l'impératif de nouvelles alternatives pour le développement, dans Repenser les économies africaines pour le développement, p. 4, 2010.

L'agriculture constitue l'activité la plus importante en termes de mobilisation de main d'œuvre dans les pays en voie de développement en général et en Afrique en particulier. En effet, dans le continent, près de 65 % de la population active travaille dans le secteur agricole qui contribue à près de 32 % dans la création des richesses (Asenso – Okyere et Jemaneh, 2012). L'importance de l'agriculture dans l'économie a fait l'objet de plusieurs études au niveau de la littérature. Deux groupes peuvent être distingués compte tenu des résultats auxquels ils ont abouti : un premier groupe qui soutient que l'agriculture joue un rôle passif dans la croissance économique et le développement et un second groupe qui lui confère une participation active. Selon Diao et al (2006), la théorie classique considère le développement économique comme un processus de croissance nécessitant la réallocation systématique des facteurs de production provenant du secteur primaire, caractérisé par une faible productivité, une technologie traditionnelle, et des rendements d'échelle décroissants, vers un secteur industriel moderne, avec une productivité plus élevée et des rendements croissants. Le rôle de l'agriculture dans cette configuration est de participer passivement au développement en fournissant de la nourriture et de l'emploi. Son importance était supposée diminuer au fur et à mesure que le développement avançait. Cette théorie se fonde principalement sur les travaux de Lewis qui distingue la cohabitation entre deux secteurs duals au sein des économies des pays en développement : un secteur agricole traditionnel de subsistance caractérisé par un excédent de main d'œuvre et un secteur industriel naissant.

Cependant d'autres auteurs ont mis l'accent sur l'interconnexion qui existe entre la production et la consommation, à la fois au sein de l'agriculture et entre celle-ci et le secteur non agricole. L'output agricole est utilisé comme input dans les industries de transformation. Ce qui fait que la croissance dans l'agriculture contribue à l'augmentation des biens de

transformation alimentaires. Ce qui non seulement est source de croissance, mais également offre des opportunités de substitution des importations. En outre, le développement de l'agriculture stimule la demande en intrants, ce qui accroît le niveau de production des entreprises spécialisées en la matière. Cette idée peut être assimilée à celle de Rostow qui postule, par analogie à l'évolution économique de la Grande Bretagne du XVIII<sup>e</sup> siècle, qu'un pays doit passer par cinq étapes pour parvenir au développement. La première étape est constituée par une société traditionnelle dominée par l'agriculture. En se référant à Pinstrop – Andersen et Shimokawa (2006), le rôle de l'agriculture comme étant la locomotive de la croissance économique globale a été établi depuis les années 1960. La Révolution Verte des pays asiatiques en est une parfaite illustration et vient remettre en cause la théorie de Lewis. Une large part de l'agriculture de subsistance a été modernisée grâce à l'adoption de nouvelles technologies, des investissements en termes d'infrastructures rurales et la mise en place de programmes appropriés. Cette transformation entraîne un accroissement de la productivité de la terre et du travail et conduit à une augmentation des revenus des agriculteurs et de la main d'œuvre, stimulant ainsi le pouvoir d'achat des consommateurs. Les faibles prix des biens alimentaires (du fait d'une offre abondante), obtenus par la réduction des coûts unitaires de production, contribuent à la baisse des salaires dans les secteurs non agricoles et facilitent ainsi la croissance industrielle. En outre, la croissance agricole contribue au dynamisme de l'activité économique au niveau des industries d'intrants, de transformation, de distribution et de conservation, générant de multiples effets au-delà de l'agriculture. De plus, la hausse des revenus agricoles induit une élévation de la demande de biens et services produits dans d'autres secteurs. Ce qui fait que la sécurité alimentaire s'accroît, la nutrition et la santé sont améliorées et en retour la productivité s'en trouve augmentée. Cette situation réduit la dépendance du pays à l'égard des produits alimentaires importés.

Cependant le paradoxe réside dans le fait que l'activité agricole des pays africains mobilise la majeure partie de la population alors que la productivité enregistrée par ce secteur reste faible. Ce dernier contribue de façon marginale au processus de création des richesses de ces pays. Cet état de fait est imputable à plusieurs facteurs : faible connaissance des pratiques recommandées par la recherche, faible utilisation des semences améliorées et des engrais, irrigation inadéquate, insécurité liée aux conflits armés, faible dotation factorielle, absence d'institutions fortes, politiques agricoles inefficaces, manque de motivation, prévalence de maladies. Les populations rurales ont généralement des niveaux d'instruction faibles. Il a été montré dans les développements précédents la corrélation positive qui existe entre le niveau

d'instruction et l'adoption de nouvelles technologies. En effet, l'instruction permet au producteur de comprendre et d'assimiler les nouvelles technologies. Ce qui conduit aussi au respect et à la maîtrise de l'itinéraire technique et du calendrier cultural.

Au Sénégal, deux types de riziculture peuvent être distingués : la riziculture pluviale (Fatick, Kaolack, Ziguinchor, Kolda, Sedhiou) et la riziculture irriguée (vallée du fleuve Sénégal et bassin de l'Anambé). Au niveau de la riziculture pluviale, les opérations culturales et post – récolte se font manuellement, il est noté une faible consommation en intrants, les rendements obtenus sont aussi faibles et la production est destinée à l'autoconsommation. Pour ce qui est de la riziculture irriguée, la plupart des opérations culturales et post – récolte sont motorisées, la maîtrise de l'eau y est complète, et il est noté l'utilisation systématique d'engrais et de variétés améliorées. Ce qui conduit à l'obtention de hauts rendements tournant autour de six tonnes par hectare. La production est destinée à deux, voire trois utilisations : assurer les besoins de consommation de la famille en riz, rembourser le crédit contracté et vendre le reste après satisfaction des deux premières affectations. Malheureusement, cette production locale ne parvient pas à couvrir la demande nationale. Entre 2006 et 2012, la production moyenne de paddy enregistrée s'est élevée à 419 245 tonnes (données DAPSA). Le coefficient de transformation du paddy en riz blanc tourne autour de 60 %. Ce qui fait qu'en moyenne, le volume de riz blanc obtenu est de 251 547 tonnes. Durant ce même intervalle de temps, la demande en riz du pays a été estimée, en moyenne, à près de 1 130 791 tonnes (estimation de l'auteur). Ce qui fait que le pays a recours à des achats extérieurs massifs de riz. Les importations de riz entre 2006 et 2012 ont avoisiné en moyenne 879 239 tonnes (Douane sénégalaise). Ces quantités élevées achetées à l'Etranger sont la résultante de deux facteurs : une production locale insuffisante et une forte préférence des consommateurs surtout urbains pour le riz brisé. Ce qui place le Sénégal au rang du plus grand importateur de riz brisé en Afrique Sub – Saharienne derrière le Nigéria, un pays dix fois plus peuplé que lui. Le riz brisé qui suscite tant de convoitise, n'est qu'un sous-produit de la transformation du riz. Sur les marchés internationaux, il est considéré comme un produit inférieur qui est par conséquent nettement moins cher que le riz entier (Brüntrup et al, 2003).

Fort de ce constat, l'Etat du Sénégal a consenti, depuis les indépendances, à de nombreux investissements pour faire de la vallée du fleuve le « grenier » du Sénégal. Les investissements ont été entre autres la fourniture de matériels agricoles, la construction de barrages, l'aménagement de périmètres, etc. A part la dernière, les autres activités ont été des événements ponctuels dans le temps. La SAED s'est désengagée de toutes les fonctions

qu'elle exerçait au moment de sa création sauf pour les aménagements dont elle assure jusqu'à présent la maîtrise d'ouvrage. C'est pourquoi l'objectif de cette thèse a été de mesurer l'effet des aménagements publics sur l'efficacité technique et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal.

Pour résoudre la question de recherche, le travail a été réparti en quatre chapitres :

Le premier chapitre a tenté de faire une revue non exhaustive de la littérature qui a étudié les effets qu'exercent les investissements publics sur la productivité, la production et l'efficacité technique. Trois positions ont pu être dégagées compte tenu des résultats obtenus : certains analystes ont trouvé un effet positif et significatif que les investissements publics exercent sur les variables résultats. D'autres penseurs ont divisé les investissements publics en plusieurs composantes et ont estimé que l'effet engendré par certaines de ces composantes est positif et significatif tandis que l'effet d'autres composantes est significatif mais négatif. Un troisième groupe a soutenu que l'effet est non significatif. Il a été aussi découvert que l'investissement dans la recherche a un effet significatif et positif important sur la productivité agricole des pays étudiés. La raison est que ces derniers ont sous investi dans ce secteur. En outre, il a été établi que les infrastructures rurales augmentent la productivité agricole, ce qui crée la croissance en milieu rural, conduisant à des rémunérations agricoles plus élevées et la hausse des opportunités en termes de main d'œuvre non agricole (Llanto, 2012). Cependant la première limite qui peut être imputée à ce travail de synthèse est l'insuffisance de travaux qui ont étudié les effets de l'investissement public sur l'efficacité technique. Les documents trouvés dans la littérature qui ont trait à ce concept ont surtout estimé les scores d'efficacité et analysé les déterminants de l'inefficacité. La deuxième limite est aussi l'insuffisance de travaux qui ont traité la question dans le domaine rizicole même si la revue s'est appesantie sur l'agriculture des pays asiatiques où le riz demeure la spéculature cultivée la plus importante. Ce qui fait que les résultats obtenus peuvent être appliqués dans le domaine rizicole. La dernière limite formulée à l'endroit de cette revue concerne la méthodologie utilisée pour déterminer l'effet des investissements publics sur les variables résultats. Ceux qui ont fait une évaluation d'impact en utilisant deux groupes n'ont pas tenu compte du biais de sélection qui pourrait survenir lorsque ces groupes n'ont pas été bien choisis. Ce qui conduit à des résultats biaisés.

Le deuxième chapitre a tenté de retracer l'intervention de l'autorité publique dans la production rizicole au niveau de la vallée du fleuve Sénégal. En d'autres termes, il a essayé de

décrire l'évolution des différentes politiques menées par l'Etat ainsi que les différents programmes qui y ont été mis en place. A l'entame des indépendances, la vision de l'Etat était d'instaurer une souveraineté alimentaire en riz. La VFS a été prise comme terroir approprié pour asseoir cette politique du fait des énormes potentialités qu'elle renferme. La SAED, créée en 1965, a été mandatée pour la mise en œuvre des ambitions des gouvernants. Elle construisait les aménagements mais également fournissait du matériel, du crédit, de l'encadrement et des intrants aux paysans qui assuraient uniquement la production. Cette ère a coïncidé avec l'application des politiques agricoles productivistes. L'Etat, d'obédience socialiste, a voulu mettre en œuvre une politique de substitution des importations pour le riz. L'objectif était de produire du riz sur de grands aménagements pour pouvoir alimenter tout le pays. C'est durant cette période que certains grands périmètres ont été construits : Boundoum, Dagana (A, B, et C) et Thiagar à Dagana et Nianga à Podor, par exemple. Les conséquences de la sécheresse ont amené les populations à développer des stratégies de lutte pour établir une sécurité alimentaire. C'est ainsi qu'ils ont aménagé de petits périmètres qui leur ont permis d'arriver à leur fin. L'Etat, constatant le succès de ces petits aménagements, plus connus sous le nom de PIV, s'y est investi en encourageant cette initiative des populations. Cependant, à l'entame des années 1980, il a été constaté une insuffisance des résultats obtenus dans le secteur agricole en général et dans celui rizicole en particulier considérant l'ensemble des moyens matériels, techniques et financiers qui ont été employés. Ce fut le début de l'ajustement structurel initié par la Banque Mondiale et le FMI avec la mise en place du PREF. A partir de 1984, la NPA a été instaurée suite à ces constats d'échec, la SAED se désengage de toutes ses fonctions relatives à la production rizicole. En 1987, la CNCAS a été mise en place pour prendre en charge les besoins de financement des producteurs. Le principe de la caution solidaire est initié pour contraindre ceux qui contractent du crédit à rembourser intégralement les sommes dues. Cela a juste amélioré le niveau de recouvrement des créances mais celui-ci n'est toujours pas total. Certains opérateurs, qui avaient accès au foncier, ont pu aménager de leur propre chef leur périmètre sans l'appui de la SAED. Ces périmètres, communément appelés PIP, ont connu un essor fulgurant durant cette période du fait des nombreuses facilités accordées pour encourager l'initiative privée. Après cela, la tendance de l'autorité publique était de concevoir des périmètres qui s'assimilent aux grands aménagements en termes de superficies mais qui disposent de l'efficacité des PIV : d'où le nom d'aménagements intermédiaires. Après la dévaluation du franc CFA en 1994, l'Etat a initié le PASA et le PASR. La SAED se désengage de toutes ses autres fonctions qui avaient trait à la transformation et la commercialisation du riz. En février 1996, la libéralisation de la

commercialisation du riz au secteur privé devient complète et la CPSP est dissoute. Les aménagements nouvellement construits l'ont été par souci de modernité, ce qui fait qu'ils peuvent avoir la superficie d'un PIV mais avoir le coût d'un GA d'antan. La crise alimentaire de 2008 a inspiré les autorités étatiques à vouloir instaurer à nouveau une autosuffisance en riz. L'objectif visé à l'horizon 2012 était d'avoir une production de 1 500 000 tonnes de paddy, soit 1 000 000 tonnes de riz blanc. Cette production devrait être générée à 80 % par l'irrigué et à 20 % par le pluvial. Avec la nouvelle alternance intervenue en 2012, les objectifs chiffrés du PNAR ont été revus. Il est question maintenant d'atteindre une production de 1 600 000 tonnes de paddy, soit 1 060 000 tonnes de riz blanc d'ici 2017 avec une contribution de l'irrigué à hauteur de 60 % contre 40 % pour le pluvial. Ce qu'il y a lieu de noter est la tergiversation constatée entre sécurité alimentaire et autosuffisance alimentaire en riz de la part des gouvernants. Au moment des indépendances, c'était l'objectif d'autosuffisance qui était poursuivi jusqu'en 1996 où le concept de sécurité alimentaire est apparu dans le discours des autorités. A partir de 2000, l'autosuffisance en riz est réapparue dans la vision politique à telle enseigne qu'il s'avère normal de s'interroger sur la manière de la formulation des orientations de l'Etat dans le domaine de la production rizicole.

Le troisième chapitre a fait état de la mesure de l'efficacité technique des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal. La deuxième section a fait une revue des méthodes d'estimation généralement utilisées au niveau de la littérature. La mesure de l'efficacité technique sous-entend une comparaison entre la production observée et celle potentielle, c'est-à-dire celle que l'agent producteur aurait dû avoir s'il avait utilisé de manière efficace ses facteurs de production. Le calcul de la dernière production suppose la représentation de la frontière de production, c'est-à-dire la droite qui joint l'ensemble des possibilités maximales de production. Deux approches sont rencontrées au niveau de la littérature pour la détermination de cette frontière : l'approche non paramétrique et celle paramétrique. L'approche non paramétrique a été initiée par Farrell. Dans ce cas de figure, la frontière, non liée à une forme fonctionnelle, est représentée par un isoquant convexe qui traduit les différentes combinaisons des facteurs de production qu'une firme parfaitement efficace peut utiliser pour produire une unité d'output. Les avantages qui sont attribués à cette approche sont les suivants : elle n'impose aucune restriction concernant la distribution de l'efficacité et elle permet l'estimation de frontière dans le cas de plusieurs inputs et plusieurs outputs. Les limites auxquelles elle est confrontée sont les suivantes : son caractère déterministe et sa sensibilité par rapport aux observations extrêmes. Pour ce qui est de l'approche paramétrique, la

représentation est faite à partir d'une forme fonctionnelle dépendant d'un nombre fini de paramètres. Une séparation peut s'opérer au sein de cette approche en frontière paramétrique déterministe et frontière paramétrique stochastique suivant l'hypothèse qui est faite concernant le terme d'erreur. Dans la frontière déterministe, le terme d'erreur représente l'inefficacité de l'agent producteur et suppose que toute déviation entre la production observée et la production potentielle est imputable à son inefficacité. Dans la frontière stochastique, le terme d'erreur est scindé en deux composantes : une composante purement aléatoire qui traduit les chocs exogènes pouvant affecter la production et qui ne sont pas sous le contrôle du producteur. Une autre composante qui capte l'inefficacité de l'agent. Dans ce travail, la fonction de production a été représentée par une fonction paramétrique stochastique car c'est celle qui semble cadrer le mieux avec le système de production de la vallée du fait des améliorations qui ont été apportées par cette fonction par rapport aux méthodes antérieurement citées. L'estimation des scores d'efficacité et l'analyse des déterminants de l'inefficacité se sont effectuées en une seule étape. Les données utilisées ont été obtenues à la suite d'une enquête effectuée par l'ISRA en collaboration avec la l'Agence Japonaise de Coopération Internationale dans les départements de Dagana et de Podor. La première étape de l'échantillonnage a consisté au choix des sites les plus représentatifs en termes de production rizicole sur la base de la connaissance du milieu et des données secondaires recueillies. La seconde étape a porté sur le choix aléatoire des unités statistiques dans les zones ciblées. En fin de compte, le travail a mobilisé 493 producteurs de riz qui ont été subdivisés en trois classes : les petits producteurs, les producteurs moyens et les grands producteurs.

En termes de résultats, les scores d'efficacité technique obtenus sont compris entre 14 et 100 % avec une efficacité moyenne de 70 %. Ce qui voudrait dire que le riziculteur moyen n'utilise que 70 % de ses capacités productives pour arriver à une production de 4,21 tonnes. Autrement dit, il pourrait disposer d'un output de près de 6 tonnes sans facteurs de production supplémentaires. L'analyse des déterminants de l'inefficacité a permis de déceler que le lieu de résidence, le niveau d'instruction, l'ethnie, la distance entre la maison et la parcelle ont un effet négatif sur celle-ci alors que la taille du ménage, le genre, le nombre de parcelles impactent positivement l'inefficacité. En subdivisant la population en différents groupes, le constat suivant a été établi : en moyenne, les producteurs de Dagana, les wolofs et les non instruits ont enregistré respectivement des scores d'efficacité supérieurs aux producteurs de Podor, aux autres ethnies et aux instruits. A l'issue de cette analyse, il s'est dégagé certaines

implications de politiques économiques afin d'améliorer le niveau d'efficacité des riziculteurs : il s'agit d'augmenter les campagnes de sensibilisation et de formation des paysans surtout aux bonnes pratiques, conscientiser les producteurs à aller chercher l'information utile et à rationaliser leur nombre de parcelles, mais également doter les structures de recherche et développement de moyens conséquents pour pouvoir mener à bien les missions qui leur ont été assignées.

Le dernier chapitre a présenté les résultats de l'impact des AHAP sur l'efficacité technique de production et sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal. Il a été question auparavant de parcourir les méthodes qui permettent d'évaluer l'effet d'un programme ou d'une intervention sur une variable donnée. La démarche de Rubin a été considérée comme cadre d'analyse. Celle-ci postule la formulation de deux résultats potentiels : un résultat lorsque l'individu est soumis à un traitement et un résultat lorsque ce même individu n'est pas soumis au traitement. Cependant le problème fondamental de l'inférence causale réside dans la difficulté de percevoir à la fois ces deux résultats pour un même individu en même temps. Ce qui fait que l'évaluateur est confronté à un problème de données manquantes. De plus l'estimation de l'effet du traitement est effectuée sur un échantillon, c'est-à-dire une sous population bénéficiaire du traitement. Ce qui peut occulter certaines caractéristiques inobservables des individus et qui sont déterminants dans la participation au programme. L'astuce est donc de faire la différence entre les moyennes des variables résultats du groupe de traitement et du groupe de contrôle en émettant un certain nombre d'hypothèses. Plusieurs démarches sont entreprises pour la conception de ces deux groupes. La méthode « avant – après » consiste en la comparaison entre les résultats moyens du groupe bénéficiaire du programme avant et après l'implantation de celui-ci. L'effet du programme est obtenu en faisant la différence entre les deux résultats moyens. La méthode en coupe transversale suppose la comparaison entre deux groupes distincts dont l'un est bénéficiaire de l'intervention et l'autre non. L'impact de l'intervention est perçu comme étant la différence entre les résultats moyens des deux groupes. Tel décrit précédemment, ces méthodes ont été taxées de naïves car elles ne permettent pas de minimiser le biais de sélection induit par l'effet d'autres programmes sur les résultats des participants ou non participants du programme à évaluer ou par la différence qui existerait entre ces deux groupes avant même l'implantation du programme. La méthode de la double différence consiste à faire la différence entre les résultats avant et après l'intervention entre le groupe traité et celui non traité. Ce qu'il faudra, pour que cette méthode soit consistante, c'est veiller au respect de l'hypothèse des tendances

parallèles, c'est-à-dire s'assurer que le groupe de traitement ressemblerait au groupe de contrôle si l'intervention n'avait pas eu lieu, vice versa. L'approche expérimentale ou expérience randomisée consiste à choisir un groupe d'individus potentiels pour subir une intervention bien donnée. Ce premier groupe obtenu est divisé de manière aléatoire par la suite entre deux sous-groupes où l'un reçoit le traitement. L'effet de ce dernier est mesuré par la différence entre les résultats moyens des deux sous-groupes. Cette méthode est très efficace s'agissant de la minimisation du biais de sélection mais peut s'avérer inopérante en cas de survenance de l'effet d'attrition ou de l'effet Hawthorne. Pour ce qui est des méthodes non expérimentales, elles reposent principalement sur deux hypothèses : l'hypothèse de sélection sur les observables et l'hypothèse de sélection sur les inobservables. S'agissant de la première hypothèse, le score de propension permet de construire un autre groupe de contrôle, de taille réduite, qui présente les mêmes attributs que le groupe de traitement. L'impact du programme est obtenu par la différence entre les résultats moyens des deux groupes. Concernant la seconde hypothèse, l'utilisation d'un instrument permet de minimiser le biais généré par les caractéristiques inobservables par l'évaluateur. L'effet obtenu est alors local et est calculé sur la population des « conformes » suivant la démarche de Imbens et Angrist (1994) ou celle de Abadie (2003).

La troisième section de ce chapitre a constitué l'apport fondamental de la thèse. Elle a fourni les résultats obtenus à la suite de l'évaluation de l'impact des aménagements hydro agricoles publics sur l'efficacité technique de production et sur le rendement des riziculteurs de la vallée. L'hypothèse de sélection sur les observables a été considérée car elle semble être la plus plausible pour traduire le processus d'attribution des parcelles au niveau des aménagements de l'Etat. Il a été découvert que cultiver dans un périmètre aménagé par l'Etat a une contribution moyenne de 4,91 % sur l'efficacité technique et de 422 kg par hectare sur le rendement de ceux qui opèrent dans ces périmètres. Ce travail a permis donc de quantifier l'effet de l'intervention de l'Etat à l'échelle micro économique c'est-à-dire sur l'activité de production de certains individus de la vallée. Cet exercice constitue une nouveauté au sein de la littérature qui a trait à l'évaluation de l'impact des activités de l'autorité publique sur le secteur agricole en général et dans la production rizicole en particulier au Sénégal. L'analyse des déterminants de l'efficacité technique à partir de l'estimation d'une fonction exponentielle par la méthode des moindres carrés non linéaires a permis de déceler qu'en plus du traitement pris à part, l'effet combiné entre celui-ci et la distance entre la maison et la parcelle et celui entre le traitement et les niveaux d'éducation considérés agissent positivement sur l'efficacité

technique alors que celui combiné de la taille du ménage et du genre du chef de ménage contribuent à la réduction de l'efficacité technique. Pour ce qui est du rendement, il a été aussi découvert que le statut d'aménagement, l'effet combiné entre la variable de traitement et la distance entre la maison et la parcelle, et celui entre le traitement et les niveaux d'instruction exercent un effet positif sur le rendement. L'apport n'a pas été donc uniquement quantitatif car des mesures de politiques économiques ont été proposées compte tenu des résultats obtenus. Les plus saillantes sont la continuité par l'Etat à aménager des périmètres malgré que le privé fait mieux en termes de superficies aménagées, l'Etat doit miser par contre sur des aménagements de qualité ; la révision du processus d'attribution des parcelles pour une discrimination positive à l'égard des femmes ; la mise en place d'un FARVAR pour rendre la recherche et le développement autonomes. Afin de pousser l'analyse et de s'adapter au contexte actuel de recherche d'une autosuffisance en riz, il s'avère impératif que le producteur change de logique de production. Il ne doit plus se contenter de produire pour rembourser son crédit et nourrir sa famille mais doit se dire que l'enjeu est plus grand et de ses bras dépend l'alimentation de plusieurs milliers d'autres sénégalais. Il lui faut ipso facto tendre vers une augmentation de sa production afin de dégager un surplus commercialisable. D'un autre côté, l'Etat doit s'atteler à prendre des mesures coercitives pour lutter contre un phénomène d'aléa moral qui sévit au sein de certains producteurs. Certains d'entre eux, bénéficiaires de parcelles dans des aménagements publics, mais disposant d'autres sources de revenus (autres activités non agricoles, transferts de revenus de la part de parents qui sont à l'intérieur du pays ou à l'étranger, etc.), ne sont pas motivés à fournir l'effort nécessaire pour exploiter au maximum la terre. Parfois, ils ne cultivent qu'une saison ou peuvent ne même pas mener d'activité. Compte tenu de ce constat, les autorités publiques doivent veiller à l'application effective de la charte sur le domaine irrigué qui a légiféré sur cette question.

Comme tout travail de recherche, celui-ci présente des limites. La principale à citer constitue l'impossibilité de savoir entre les grands aménagements, les aménagements intermédiaires et les périmètres irrigués villageois SAED, qui est ce qui contribue le plus dans l'efficacité et au niveau du rendement. Cette connaissance aurait permis de mieux orienter la démarche de l'Etat pour lui suggérer d'investir plus dans tel type de périmètre au détriment des autres. La prise en charge de cette question peut faire l'objet de travaux postérieurs de même que l'estimation de l'effet des autres types d'investissements publics consentis dans la vallée.

## Bibliographie

Abadie A. (2003), *Semiparametric instrumental variable estimation of treatment response models*, Journal of Econometrics, 113, pp 231 – 263.

Abedullah, S. Kouser and K. Mustaq (2007), *Analysis Of Technical Efficiency Of Rice Production In Punjab (Pakistan): Implications for Future Investment Strategies*, Pakistan Economic and Social Review, Winter, pp 231 – 244.

ADRAO et SAED, *Manuel Pratique de Riziculture Irriguée dans la Vallée du Fleuve Sénégal*, première version, pp 1 – 129.

Africa Progress Panel Policy Brief (2010), *Rising Agricultural Productivity in Africa, Options for Action, and the Role of Subsidies*, September, pp 1 – 20.

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2009), *Note d'Analyse du Commerce Extérieur*, Ministère de l'Economie et des Finances, pp 1 – 55.

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2009), *Situation Economique et Sociale du Sénégal*, Ministère de l'Economie et des Finances, pp 1 – 304.

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2011), *Note d'Analyse du Commerce Extérieur*, Ministère de l'Economie et des Finances du Sénégal, pp 1 – 96.

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2013), *Situation Economique et Sociale de la région de Saint Louis*, Ministère de l'Economie et des Finances, Service Régional de la Statistique et de la Démographie (SRSD) de Saint-Louis, pp 1 – 173.

Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2014), *Note d'Analyse du Commerce Extérieur*, Ministère de l'Economie et des Finances du Sénégal, pp 1 – 81.

Ahmad M. and B. Bravo – Ureta (1996), *Technical Efficiency Measures for Dairy Farms Using Panel Data: A Comparison of Alternative Model Specifications*, The Journal of Productivity Analysis, 7, pp 399 – 415.

Al – hassan S. (2012), *Technical Efficiency in Smallholder Paddy Farms in Ghana: an Analysis Based on Different Farming Systems and Gender*, Journal of Economics and Sustainable Development, Vol.3, No.5, pp 91 – 105.

Alene A. D and R. M. Hassan (2003), *Measuring the Impact of Ethiopia's New Extension Program on the Productive Efficiency of Farmers*, Contributed paper selected for presentation at the 25th International Conference of Agricultural Economists, August 16-22, 2003, Durban, South Africa, pp 1 – 24.

Alvarez – Ayuso I. C, O. U. Becerril – Torres and L. E. del Moral – Barrera (2011), *The Effect of Infrastructures on Total Factor Productivity and its Determinants: a Study on Mexico*, Economic Studies, Volume 26, Number 1, January – June, pp 97 – 122.

Amara N. et R. Romain (2000), *Mesures de l'efficacité technique : revue de la littérature*, Centre de Recherche en Economie Agroalimentaire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Série Recherche SR.00.07, pp 1 – 34.

Ambapour S. (2001), *Estimation des frontières de production et mesures de l'efficacité technique*, Bureau D'application Des Méthodes Statistiques Et Informatiques, DT 02/2001, pp 1 – 27.

Anderson E, P. de Renzio and S. Levy (2006), *The Role of Public Investment in Poverty Reduction: Theories, Evidence and Methods*, Working Paper Number 263, Overseas Development Institute, March, pp 1 – 34.

Angrist J. D, G. Imbens and D. B. Rubin (1996), *Identification of Causal Effects Using Instrumental Variables*, Journal of the American Statistical Association, Volume 91, No 434, June, pp 444 – 455.

Armas E. B, C. G. Osorio and B. Moreno – Dodson (2010), *Agricultural Public Spending and Growth: The Example of Indonesia*, Poverty Reduction and Economic Management Network, The World Bank, Number 9, April, pp 1 – 4.

Aschauer D. A. (1989), *Is Public Expenditure Productive?* Journal of Monetary Economics, 23: 177 – 200.

Aschauer D. A. (1990), *Public Investment and Private Sector Growth*, Washington, D.C.: Economic Policy Institute.

Asenso – Okyere K and S. Jemaneh (2012), *Increasing agricultural productivity & enhancing food security in Africa: New Challenges & Opportunities*, synopsis of an international conference, International Food Policy Research Institute, pp 1 – 34.

Ashok K. R and R. Balasubramanian (2006), *Role of Infrastructure in Productivity and Diversification of Agriculture*, South Asia Network of Economic Institutes (SANEI), Draft Final Report, pp 1 – 39.

Ba A. H, *Les grands aménagements hydro agricoles et leurs risques écologiques : le cas du bassin du fleuve Sénégal*.

Bäckman S, K. M. Z. Islam and J. Sumelius, *Determinants of Technical Efficiency Of Rice Farms In North - Central And North-Western Regions In Bangladesh*, University of Helsinki, pp 73 – 95.

Bamlaku A. A, E. A. Nuppenau and H. Boland, *Technical Efficiency of Farming Systems across Agro-ecological Zones in Ethiopia: An Application of Stochastic Frontier Analysis*, pp 1 – 22.

Barro R. J. (1990), *Government spending in a simple model of endogenous growth*, Journal of Political Economics, 98:S103–S125.

- Bassole L. (2004), *Programme d'infrastructures rurales et bien-être des ménages : Analyse en terme d'indicateurs anthropométriques des enfants*, CERDI – CNRS, Université d'Auvergne, pp 1 – 18.
- Battese G. E. (1991), *Frontier Production Functions and Technical Efficiency: A Survey Of Empirical Applications In Agricultural Economics*, Department of Econometrics University of New England, pp 1 – 44.
- Battese G. E. and T. J. Coelli (1995), *A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data*, Empirical Economics, volume 20, pp 325 – 332.
- Becker S. O. and A. Ichino (2002), *Estimation of average treatment effects based on propensity scores*, The Stata Journal 2, Number 4, pp 358 – 377.
- Benin S, T. Mogues, G. Cudjoe and J. Randriamamonjy (2009), *Public Expenditure and Agricultural Productivity Growth in Ghana*, Contributed Paper, IAAE, Beijing pp 1 – 32.
- Bjorklund A. and R. Moffitt (1987), *The Estimation of Wage Gains and Welfare Gains in Self – Selection Models*, The Review of Economics and Statistics, Volume 69, Issue 1, February, pp 42 – 49.
- Bloch P. C. (1991), *Des aménagements hydro agricoles pour qui ? L'avenir de l'irrigation dans la vallée vu d'une zone périphérique : Bakel*, dans La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements, KARTHALA, pp 237 – 254.
- Boisso D. S. Grosskopf and K. Hayes (2000), *Productivity and efficiency in the US: effects of business cycles and public capital*, Regional Science and Urban Economics No. 30, pp 663–681.
- Bonnefond P. et C. Raymond (1983), *Analyse économique de la filière riz SAED réactualisation 82/83*, Ministère Français des Relations Extérieures Coopération et Développement, pp 1 – 104.
- Bonnefond P, *L'aménagement de la rive gauche du fleuve Sénégal : aspects macro économiques*, ORSTOM, pp 571 – 579.
- Bordey F. H. (2010), *The impacts of research on Philippine rice production*, University of Illinois at Urbana – Champaign, PhD Thesis, pp 1 – 143.
- Bravo-Ureta B. E. and A. E. Pinheiro (1993), *Efficiency Analysis of Developing Country Agriculture: A Review of the Frontier Function Literature*, pp 1 – 15.
- Bravo-Ureta B. E. and A. E. Pinheiro (1997), *Technical, Economic, and Allocative Efficiency in Peasant Farming: Evidence from the Dominican Republic*, The Developing Economies, XXXV-1, March, pp 48 – 67.

Bukhari S. A. H. A. S, L. Ali and M. Saddaqt (2007), *Public Investment and Economic Growth in the Three Little Dragons: Evidence from Heterogeneous Dynamic Panel Data*, International Journal of Business and Information, Volume 2, Number 1, June, pp 57 – 79.

Cabral F. J, F. Cissé et A. Diagne (2009), *Croissance agricole et options d'investissement pour la réduction de la pauvreté au Sénégal : Quelle perspective pour la Grande offensive agricole pour la nourriture et l'abondance (GOANA) ?* Rapport final, Consortium pour la Recherche Economique et Sociale, Direction de l'Analyse et de la Prévision Statistique, juillet, pp 1 – 71.

Carneiro P. (2003), *Heterogeneity in the Returns to Schooling: Implications for Policy Evaluation*, The University of Chicago, April, pp 1 – 69.

Caves D. W, L. R. Christensen and W. E. Diewert (1982), *The Economic Theory of Index Numbers and The Measurement of Input, Output, and Productivity*, Econometrica, Vol. 50, n° 6, November, pp 1393 – 1414.

Chabé – Ferret S (2008), *L'évaluation de l'impact des politiques publiques : caractérisation des enjeux et exemples de politiques agricoles et forestières*, thèse de doctorat, Université d'Auvergne Clermont-Ferrand I, pp 1 – 262.

Christensen P (1996), *Investissement Public dans le Secteur Agricole*, Rapport préparé pour l'Unité de Politique Agricole, Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, octobre, pp 1 – 48.

Cobb C. W and P. H. Douglas (1928), *A Theory of Production*, The American Economic Review, Vol. 18, No. 1, Supplement, Papers and Proceedings of the Fortieth Annual Meeting of the American Economic Association, March, pp. 139-165.

Crousse B. P. Mathieu et S. M. Seck (1991), *Introduction de La vallée du fleuve Sénégal : Evaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements*, KARTHALA, pp 9 – 13.

Dachraoui K et T. M. Harchaoui (2003), *Une approche frontière de la productivité multifactorielle au Canada et aux États-Unis*, Statistique Canada, n° 11F0027 n° 010, Série de documents de recherche sur l'analyse économique, pp 1 – 35.

Debreu G. (1951), *The Coefficient of Resource Utilization*, Econometrica, Vol. 19, No. 3, July, pp. 273-292.

Diagne M, M. Demont, P. A. Seck and A. Diaw (2013), *Self-sufficiency policy and irrigated rice productivity in the Senegal River Valley*, Food Security The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food, Volume 5, Number 1, pp 55 – 70.

Diao X, P. Hazell, D. Resnick and J. Thurlow (2006), *The Role of Agriculture in Development: Implications for Sub – Saharan Africa*, DSGD Discussion Paper No. 29, International Food Policy Research Institute, pp 1 – 112.

Dieng A. (2006), *Impacts des politiques agricoles sur l'offre céréalière au Sénégal, de 1960 à 2003 : évaluation à partir d'un modèle d'analyse statistique par zones agro-écologiques*, thèse de doctorat, pp 1 – 229.

Dieng A et A. Gueye (2005), *Revue des Politiques Agricoles au Sénégal : Bilan Critique de Quarante Années de Politique Céréalière*, octobre, pp 1 – 25.

Dillon A, M Sharma and X. Zhang, *Nepal Agriculture Public Expenditure Review*, draft paper, International Food Policy Research Institute, pp 1 – 65.

Dingkuhn M, P. Y. Le Gal et J. C. Poussin (1993), *RIDEV : un modèle de développement du riz pour le choix des variétés et des calendriers*, dans Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal, ORSTOM éditions, pp 205 – 222.

Diop P. A. (2008), *Filière riz au Sénégal : Enjeux et perspectives*, Fédération des Organisations Non Gouvernementales du Sénégal, Octobre, pp 1 – 10.

Djimasra N. (2011), *Décomposition de l'indice de productivité de Malmquist : une application sur un échantillon des pays africains producteurs de coton*, Laboratoire d'Economie d'Orléans, document de recherche n° 2011 – 07, pp 1 – 26.

Donkoh S. A, S. Ayambila and S. Abdulai (2013), *Technical Efficiency of Rice Production at the Tono Irrigation Scheme in Northern Ghana*, American Journal of Experimental Agriculture, 3(1), pp 25 – 42.

Dontsop Nguetzet, P. M, A. Diagne , V.O Okoruwa, and V. Ojehomon (2011), *Impact of Improved Rice Technology on Income and Poverty Among Rice Farming Household in Nigeria: A Local Average Treatment Effect (LATE) Approach*, Contributed paper prepared for the 25th conference of the Centre for the Studies of African Economies (CSAE). St Catherine College, University of Oxford, UK, March 20 – 22, pp 1 – 31.

Drezgić S. (2008), *The Effects on Public Sector Investments on Economic Growth of Croatia*, young economists' seminar to 14th Dubrovnik Economic Conference, draft version, June, pp 1 – 50.

Duflo E. (2002), *Empirical Methods*, MIT 14.771/ Harvard 2390b, pp 1 – 36.

Duflo E. et R. Pande (2005), *Dams*, MIT and Yale University, draft, july, pp 1 – 55.

Dumont J. C. et S. Mesple-Soms (2000), *L'impact des infrastructures publiques sur la compétitivité et la croissance : Une analyse en EGC appliquée au Sénégal*, Développement et Insertion Internationale, Centre de Recherche en Economie du Développement, Institut de Recherche et de Développement, pp 1 – 37.

Durouflé G. (1995), *Bilan de la Nouvelle Politique Agricole du Sénégal*, Review of African Political Economy, Vol 22, N 63, Mars, pp 73 – 84.

Duteurtre G, P. N. Dieye et B. Diagna (2008), *Interprofessions et régulations des marchés : éléments de méthode*, dans Les organisations interprofessionnelles au Sénégal : De nouveaux

outils de régulation des marchés ? Bureau d'Analyses Macro Economiques, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, pp 19 – 29.

Duteurtre G et P. N. Dieye (2010), *Introduction Générale*, dans L'agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché, ISRA – KARTHALA, pp 17 – 53.

Ellahi N. and A. Kiani (2011), *Investigating Public Investment-Growth Nexus for Pakistan*, International Conference on E-business, Management and Economics, IPEER, Volume 25, IACSIT Press, Singapore, pp 239 – 244.

Ekanayake H. K. J (2006), *The Impact of Fertilizer Subsidy on Paddy Cultivation in Sri Lanka*, Staff Studies vol. 36, n°1 & 2, Central Bank of Sri Lanka, pp 73 – 101.

Evans P. and G. Karras (1994), *Are Government Activities Productive? Evidence from a Panel of U.S. States*, The Review of Economics and Statistics, Vol. 76, No. 1, Février, pp. 1-11.

Fall A. A. (2008), *Impact du crédit sur le revenu des riziculteurs de la Vallée du Fleuve Sénégal*, thèse de doctorat, Université de Montpellier I, pp 1 – 357.

Fall A. A. et P. N. Dieye (2008), *Impact des cours mondiaux du riz sur la sécurité alimentaire au Sénégal*, dans Réflexions et Perspectives volume 6 no 6, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, pp 1 – 26.

Fall A. A. (2010), *Riz : désengagement de l'Etat, flambée des importations et ... retour de l'Etat ?* Dans L'agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché, ISRA – KARTHALA, pp 57 – 81.

Fan S, D. Nyange and N. Rao (2005), *Public Investment and Poverty Reduction in Tanzania: Evidence from Household Survey Data*, Development Strategy and Governance Division Discussion Paper Number 18, International Food Policy Research Institute, April, pp 1 – 60.

Fan S and J. Brzeska (2010), *How Can Government Promote Pro Poor Agricultural Growth?* Synthesis of International Food Policy Research Institute Case Studies, pp 1 – 56.

Fan S and N. Rao (2003), *Public Spending in Developing Countries: Trends, Determination, and Impact*, Environment and Production Technology Division Discussion Paper Number 99, International Food Policy Research Institute, February, pp 1 – 54.

Fan S, S. Jitsuchon and N. Methakunnavut (2004), *The Importance of Public Investment for Reducing Rural Poverty in Middle-Income Countries: The Case of Thailand*, Development Strategy and Governance Division Discussion Paper Number 7, International Food Policy Research Institute, June, pp 1 – 55.

Färe R, S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang (1994), *Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries*, The American Economic Review, Vol. 84, No. 1, March, pp. 66 – 83.

- Farrel M. J. (1957), *The measurement of productive efficiency*, Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 120, No. 3, pp. 253 - 290.
- Faye J, C. O. Ba, P. N. Dieye et M. Dansoko (2007), *Implications structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural au Sénégal (1950 – 2006)*, avec la collaboration de D. K. Diagne et M. Niang, Initiative Prospective Agricole et Rural, Banque Mondiale, Coopération Française, ASPRODEB, première phase : rapport final, février, pp 1 – 202.
- Fontan C. (2008), *Production et efficacité technique des riziculteurs de Guinée : Une estimation paramétrique stochastique*, Economie rurale, Numéro 308, Novembre – Décembre, Varia, pp 19 – 35.
- Fougère D. (2010), *Les méthodes économétriques d'évaluation*, RFAS 1 – 2, pp 1 – 24.
- Gergely N. et P. Baris (2009), *Etude sur la compétitivité du riz de la vallée du fleuve Sénégal (VFS) sur les marchés nationaux et régionaux*, Rapport définitif, Agence Française de Développement et G.L.G Consultants, pp 1 – 97.
- Ghee – Thean L, M. M. Ismail and M. Harron (2012), *Measuring Technical Efficiency of Malaysian Paddy Farming: An Application of Stochastic Production Frontier Approach*, Journal of Applied Sciences, 12(15), pp 1602 – 1607.
- Givord P. (2010), *Méthodes économétriques pour l'évaluation de politiques publiques*, Institut National De La Statistique Et Des Etudes Economiques, Série des documents de travail de la Direction des Études et Synthèses Économiques, pp 1 – 74.
- Glipe A. and J. Ignacio (2005), *Public sector intervention in the rice sector in Indonesia: implications on food security and farmer's livelihoods*, Integrated Rural Development Foundation, pp 137 – 184.
- Grenade F. (2010), *Le concept de souveraineté alimentaire à la lumière de la problématique du Niger*, mémoire de master en sciences de la population et du développement, Institut de Sciences Humaines et Sociales, Université de Liège, pp 1 – 108.
- Hang C. J. and J. T. Liu (1994), *Estimation of a Non – Neutral Stochastic Frontier Production Function*, The Journal of Productivity Analysis, volume 5, pp 171 – 180.
- Heckman J. J. (1997), *Instrumental Variables: A Study of Implicit Behavioral Assumptions Used in Making Program Evaluations*, The Journal of Human Resources, Vol. 32, No. 3, Summer, pp 441 – 462.
- Heckman J. J, H. Ichimura and P. Todd (1998), *Matching As An Econometric Evaluation Estimator*, Review of Economic Studies, 65, pp 261 – 294.
- Heckman J. J. and E. J. Vytlacil (1999), *Local instrumental variables and latent variable models for identifying and bounding treatment effects*, Proceedings of the National Academy of Sciences, Economic Sciences, Volume 96, April, pp 4730 – 4734.

Hénin P Y et P. Ralle (1993), *Les nouvelles théories de la croissance : Quelques apports pour la politique économique*, Revue économique, Vol. 44, Numéro Hors série: Perspectives et réflexions stratégiques à moyen terme (1993), Sciences Po University Press, pp. 75 – 100.

Heytens P (1991), *Policy Alternatives for Future Rice Production Growth*, in Rice Policy in Indonesia, edited by S. Pearson, W. Falcon, P. Heytens, E. Monk and R. Naylor, Ithaca: Cornell University Press.

Holtz-Eakin D. (1994), *Public-Sector Capital and the Productivity Puzzle*, The Review of Economics and Statistics, Vol. 76, No. 1, February, pp. 12-21.

Iganiga B. O and D. O. Unemhilin (2011), *The Impact of Federal Government Agricultural Expenditure on Agricultural Output in Nigeria*, Journal of Economics, 2(2), pp 81 – 88.

Imbens G. W. and J. D. Angrist (1994), *Identification and Estimation of Local Average Treatment Effects*, Econometrica, Volume 62, No 2, March, pp 467 – 475.

ISRA/DAPS/Centre du Riz pour l'Afrique (2010), *Renforcement de la Disponibilité et de l'Accès aux Statistiques Rizicoles : une contribution à l'initiative d'urgence pour le Riz en Afrique Subsaharienne*, Rapport Sénégal, Septembre.

Jamin J. Y. (1986), *La double culture du riz dans la vallée du fleuve Sénégal : mythe ou réalité ?* Communication au séminaire Aménagements hydro agricoles et systèmes de production, CIRAD, pp 1 – 33.

Jaroensathapornkul J. (2007), *The Economic Impact of Public Rice Research in Thailand*, Chulalongkorn Journal of Economics 19(2), August, pp 111 – 134.

Javed M. I, S. A. Adil, A. Ali and M. A. Raza (2010), *Measurement Of Technical Efficiency Of Rice - Wheat System In Punjab, Pakistan Using Dea Technique*, Journal of Agricultural Research, 48(2), pp 227 – 238.

Jha R. K, L. N. Gyawali, A. P. Regmi, A. Ghimire and K. R. Paudyal (2007), *Impacts of participatory extension program on technical efficiency of farmers in Nepal*, South Asia Network of Economic Institutes (SANEI), November, pp 1 – 26.

Kaboré D. P. (2007), *Efficiences techniques de la production rizicole sur les périmètres aménagés du Burkina Faso*, série document de travail DT-CAPES n°2007-35, Octobre, pp 1 – 30.

Kanté S (1993), *La motorisation de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal*, dans Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal, ORSTOM éditions, pp 265 – 280.

Khai H. V. and M. Yabe (2011), *Technical Efficiency Analysis of Rice Production in Vietnam*, J. ISSAAS Volume 17, No 1, pp 135 – 146.

Kodde D. A. and F. C. Palm (1986), *Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions*, Econometrica, Volume 54, Issue 5, September, pp 1243 – 1248.

Koopmans T. C. (1951), *Analysis of production as an efficient combination of activities*, chapter 3, pp 1 – 65.

LADA – Sénégal (2007), *Caractérisation des systèmes de production agricole au Sénégal*, document de synthèse, République du Sénégal, pp 1 – 39.

Le Gal P. Y. et I. Dia (1991), *Le désengagement de l'Etat et ses conséquences dans le Delta du fleuve Sénégal*, dans La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements, KARTHALA, pp 161 – 172.

Le Roy X. (2011), *Crédit et production agricole dans la vallée du fleuve Sénégal*, dans La question alimentaire dans la mondialisation : le cas de l'agriculture sénégalaise, l'Harmattan, pp 1 – 12.

Lee D. S. and T. Lemieux (2010), *Regression Discontinuity Designs in Economics*, Journal of Economic Literature 48, June, pp 281 – 355.

Lericollais A. et A. Sarr (1993), *Histoire des périmètres*, dans Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal, ORSTOM éditions, pp 5 – 35.

Lericollais A. et I. Dia (1995), *Nianga, vingt ans de culture irriguée dans la moyenne vallée du Sénégal*, pp 1 – 16.

Lévêque J. et W. Roy (2004), *Quelles avancées permettent les techniques de frontière dans la mesure de l'efficacité des exploitants de transport urbain ? XIV<sup>èmes</sup> journées du sésame à Pau*, les 23, 24 et 25 septembre, pp 1 – 19.

Llanto G. M. (2012), *The Impact of Infrastructure on Agricultural Productivity*, Discussion Paper Series Number 2012 – 12, Philippine Institute for Development Studies, April, pp 1 – 53.

Mar E. (2011), *Etude comparative des coûts des aménagements hydro-agricoles dans la vallée du fleuve Sénégal de 1990 à 2008*, Mémoire de fin d'études, pp 1 – 119.

Mastromarco C. and U. Woitek (2006), *Public infrastructure investment and efficiency in Italian regions*, Journal of Productivity Analysis, 25:57–65.

Mathieu P. (1991), *Irrigation, transformation économique et enjeux fonciers*, dans La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements, KARTHALA, pp 197 – 213.

Meusen W and J. v D Broeck (1977), *Efficiency Estimation from Cobb - Douglas Production Functions with Composed Error*, International Economic Review, Vol. 18, No. 2 June, pp. 435 – 444.

Ministère de l'Agriculture du Sénégal (2009), *Programme National d'Autosuffisance en Riz : Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture*, Février, pp 1 – 33.

Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural du Sénégal (2014), *Gestion durable des Terres et Optimisation de la Fertilisation dans les systèmes de Production Rizicole au Sénégal*, Note conceptuelle, PNAR, PRACAS, pp 1 – 17.

Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural du Sénégal (2014), *Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS) : Les Priorités à l'horizon 2017*, juin, pp 1 – 76.

Ministère du Développement Rural (1984), *Nouvelle Politique Agricole*, Mars – Avril, pp 1 – 139.

Mogues T. (2012), *What determines Public Expenditure allocations? A Review of Theories, and Implications for Agricultural Public Investment*, Development Strategy and Governance Division Discussion Paper Number 01216, International Food Policy Research Institute, October, pp 1 – 40.

Munnell A. H. (1992), *Policy Watch: Infrastructure Investment and Economic Growth*, The Journal of Economic Perspectives, Vol. 6, No. 4, Autumn, pp 189-198.

Munnell A. H. assisted by L. M. Cook (1990b), *How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance?* New England Economic Review, Federal Reserve Bank of Boston, September/October, pp 11-32.

Ndiaye M. (2007), *Senegal Agricultural Situation Country Report*, Global Agriculture Information Network, USDA Foreign Agricultural Service, January, pp 1 – 15.

Ninghui L (2004), *The Impact of China's Public Investments in Rural Area on Agricultural Productivity and Poverty Reduction*, paper presented at the 7th Annual Conference on Global Economic Analysis, Washington DC, USA, pp 1 – 18.

Nuama E. (2006), *Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire*, Économie rurale, Numéro 296 (Novembre-décembre) Varia, pp 39 – 53.

Nuttall C. (1991), *Quels types d'aménagement du territoire ? La moyenne vallée du fleuve Sénégal dans la perspective de l'après – barrage*, dans La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements, KARTHALA, pp 83 – 95.

Ogundele O. O. and V. O. Okoruwa (2006), *Technical efficiency differentials in rice production technologies in Nigeria*, African Economic Research, Nairobi, April, pp 1 – 44.

Opara U. N. (2010), *Personal and Socio-Economic Determinants of Agricultural Information Use by Farmers in the Agricultural Development Programme (ADP) Zones of Imo State, Nigeria*, Library Philosophy and Practice, October, pp 1 – 8.

Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (1980), *Etude socio économique du bassin du fleuve Sénégal, partie C : l'introduction de la culture irriguée*, avril, édition provisoire.

- Percoco M. (2004), *Infrastructure and Economic Efficiency in Italian Regions*, Networks and Spatial Economics No. 4, pp 361–378.
- Perrin S. (2003), *Le riz de la Vallée du Fleuve Sénégal est-il compétitif ?* Agence Française de Développement, Novembre, pp 1 – 5.
- Pinstrup – Andersen P and S. Shimokawa (2006), *Rural Infrastructure and Agricultural Development*, Cornell University, Paper prepared for presentation at the Annual Bank Conference on Development Economics, Tokyo, Japan, May 29-30, 2006, pp 1 – 39.
- Poussin J. C, Y. Diallo et J. C. Legoupil (2005), *Gestion collective et productivité des périmètres irrigués villageois*, Actes du séminaire Euro Méditerranéen, Novembre, pp 1 – 22.
- Programme d'appui aux Initiatives du NORD (2007), *Charte de Qualité du Riz de la vallée du Fleuve Sénégal*, mars, pp 1 – 67.
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (2005), *Evaluation intégrée de l'impact de la libéralisation du commerce : Une étude de cas sur la filière du riz au Sénégal*, pp 1 – 91.
- Puig-Junoy J. (2000), *Technical inefficiency and public capital in U.S. States: a stochastic frontier approach*, Department of Economics and Business, Pompeu Fabra University C/ Ramon Trias Fargas 25-27, 08005 Barcelona, Spain, pp 1 – 35.
- Puig-Junoy J. and J. Pinilla (2008), *Why Are Some Spanish Regions So Much More Efficient Than Others?* pp 1 – 28.
- Quatrida D. (2009), *La SAED face aux privés : problèmes et perspectives de l'agriculture irriguée dans le Delta du fleuve Sénégal*, dans Egidio Dansero, Enrico Luzzati, Sidy Mouhamed Seck sous la direction de Organisation paysanne et développement local, leçon à partir du cas du Delta du fleuve Sénégal, l'Harmattan Italia, février, pp 53 – 76.
- Ravallion M. (2005), *Evaluating Anti – Poverty Programs*, Development Research Group, World Bank, pp 1 – 90.
- République du Sénégal (1995), *Programme d'Ajustement Sectoriel Agricole*, Lettre de Politique de Développement Agricole, avril, pp 1- 39.
- République du Sénégal (2010), *Plan National d'Investissement Agricole : Plan d'investissement 2011 – 2015*, Processus de mise en œuvre de l'ECOWAP/PDDAA, CEDEAO, NEPAD, pp 1 – 107.
- Revilla – Molina, L. Bastiaans, H. v Keulen, T. W. Mew, Y. Y. Zhu and R. A. Villano (2000), *Improvement of technical efficiency in rice farming through interplanting: a stochastic frontier analysis in Yunnan, China*, pp 1 – 15.
- Rodriguez and Alvarez – Ayuso (2003), *Productive capital and technical efficiency in the UE-15*, pp 1 – 27.

Romer P. M. (1986), *Increasing returns and long-run growth*, Journal of Political Economics, 94:1002–1037.

Rosenbaum P. R. and D. B. Rubin (1983), *The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects*, Biometrika, Volume 70, No 1, April, pp 41 – 55.

Rubin D. B. (1974), *Estimating Causal Effects of the Treatments in Randomized and Nonrandomized Studies*, Journal of Educational Psychology, Volume 66, No 5, pp 688 – 701.

SAED (1996), *La riziculture dans la vallée du fleuve Sénégal : les marges du progrès*, Ministère de l'Agriculture, République du Sénégal, aout, pp 1 – 29.

SAED (2011), *Manuel Pratique de Riziculture Irriguée dans la Vallée du Fleuve Sénégal*, Ministère de l'Agriculture, République du Sénégal, deuxième version, février, pp 1 – 118.

Seck S. M. (1991), *La dynamique de l'irrigation dans la vallée du fleuve*, dans La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements, KARTHALA, pp 17 – 43.

Seck S. M. (2009), *Changements institutionnels et difficultés de développement hydro agricole dans le Delta du fleuve Sénégal : nouvelles dynamiques et recompositions autour de l'irrigation*, dans Egidio Dansero, Enrico Luzzati, Sidy Mouhamed Seck sous la direction de Organisation paysanne et développement local, leçon à partir du cas du Delta du fleuve Sénégal, l'Harmattan Italia, février, pp 21 – 52.

Seguis L, *Cultures de décrue et périmètres irrigués dans la vallée du fleuve Sénégal*, ORSTOM, pp 1 – 17.

Shyjan D (2007), *Public Investment and Agricultural Productivity: A State-wise Analysis of Foodgrains in India*, Working Paper 387, july, pp 1 – 54.

Srisompun O. and S. Isvilanonda (2012), *Efficiency change in Thailand rice production: Evidence from panel data analysis*, Journal of Development and Agricultural Economics Volume 4(4), February, pp. 101 – 108.

Tarrière – Diop C. (1993), *La dynamique sociale des GIE, village de Donaye*, dans Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal, ORSTOM éditions, pp 339 – 374.

Tijani A. A. (2006), *Analysis of the technical efficiency of rice farms in Ijesha Land of Osun State, Nigeria*, Agrekon, Volume 45, No 2, June, pp 1 – 10.

Tijjani A and U. M. Bakari (2014), *Determinants of Allocative Efficiency of Rain-fed Rice Production in Taraba State, Nigeria*, European Scientific Journal, vol.10, No.33 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, November, pp 220 – 229.

Todd P. (2006), *Evaluating Social Programs with Endogenous Program Placement and Selection of Treated*, University of Pennsylvania, pp 1 – 63.

Udoh E. (2011), *An Examination of Public Expenditure, Private Investment and Agricultural Sector Growth in Nigeria: Bounds Testing Approach*, International Journal of Business and Social Science, Volume 2, Number 13, pp 285 – 292.

Umeh J. C and E. M. Ataborh, *Efficiency Of Rice Farmers In Nigeria: Potentials For Food Security And Poverty Alleviation*, Farm Management, IFMA 16, Theme 3, pp 613 – 625.

Veganzones M. A. (2000), *Infrastructures, investissement et croissance : un bilan de dix années de recherches*, CERDI, Clermont Ferrand, janvier, pp 1 – 43.

Wackermann J. B. (1991), *Le financement de la riziculture irriguée au Sénégal : l'exemple de la région du fleuve*, dans Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal, ORSTOM éditions, pp 457 – 486.

Wang H. J. and P. Schmidt (2002), *One-Step and Two-Step Estimation of the Effects of Exogenous Variables on Technical Efficiency Levels*, Journal of Productivity Analysis, volume 18, pp 129 – 144.

Yan, *The Study on the Impact of Government Expenditure on Technical Efficiency in China*, Institute of System Engineering, Huazhong University of Science and Technology, pp 135 – 140.

Zhang X and S. Fan (2000), *Public Investment and Regional Inequality in Rural China*, Environment and Production Technology Division Discussion Paper Number 71, International Food Policy Research Institute, December, pp 1 – 42.

## **Annexes**

### **A.1 Questionnaire d'enquête sur les riziculteurs**

## Une enquête sur les riziculteurs

Date d'interview Jour: \_\_\_\_\_ Mois: \_\_\_\_\_ Année: \_\_\_\_\_ Interviewée par \_\_\_\_\_

Date de vérification Jour: \_\_\_\_\_ Mois: \_\_\_\_\_ Année: \_\_\_\_\_ Vérifiée par \_\_\_\_\_

Date d'entrée Jour: \_\_\_\_\_ Mois: \_\_\_\_\_ Année: \_\_\_\_\_ Entrée par \_\_\_\_\_

Nom du chef de ménage: \_\_\_\_\_ ID de ménage: \_\_\_\_\_ (assignée d'avance)

Département: \_\_\_\_\_ Code: \_\_\_\_\_ (assignée d'avance)

Village: \_\_\_\_\_ Code: \_\_\_\_\_ (assignée d'avance)

Organisation paysanne: \_\_\_\_\_ Code: \_\_\_\_\_ (assignée d'avance)

Nom de la personne interrogée: \_\_\_\_\_ ID personnelle: \_\_\_\_\_ (voir Section 2a)

\_\_\_\_\_ ID personnelle: \_\_\_\_\_ (voir Section 2a)

\_\_\_\_\_ ID personnelle: \_\_\_\_\_ (voir Section 2a)

Contact (numéro de mobile): \_\_\_\_\_

### Localisation GPS

À la maison de la personne interrogée:

Numéro GPS : \_\_\_\_\_

Localisation :  $\pm$  m; Latitude: N \_\_\_\_\_ ° \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ " ; Longitude: W \_\_\_\_\_ ° \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ "

Numéro d'enregistrement: \_\_\_\_\_ Date et Heure \_\_\_\_\_ ; Elévation: \_\_\_\_\_ m

## Section 2a. Démographie (Mai 2011 – Avril 2012)

ID Personnelle	Nom	Sexe 1=h 2=f	Âge en ans	Lien avec le chef de ménage:	Situation matrimoniale:	État de santé 1=bonne 2=handicapé en partie 3=handicapé totalement 4=âgé 5=malade	Niveau le plus élevé atteint à l'école  Voir <u>feuille de code à p. 26</u>	Encore à l'école actuellement?  1=ooui 2= non	Pris part aux activités non-agricoles dans les 12 derniers mois ? 1=Oui, 2=Non		Nombre de mois absent de ce ménage dans les 12 derniers mois	Si moins de 12 mois (D10<12), pourquoi?  Voir code ci-dessous
				Voir code ci-dessous	Voir code ci-dessous				Travail indépendant (entreprise, magasin, commerce, etc.)	Emploi (travail salarié, ouvrier agricole payé, ouvrier non-agricole payé)		
ID	Name	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11

**Code pour D3**

0=Chef de ménage  
1=première femme  
2=deuxième femme  
3=troisième femme  
4=quatrième (ou plus) femme  
5=fils/fille  
6=beau-fils/belle-fille  
7=père/mère  
8=beau-père/belle-mère  
9=frère/sœur  
10=beau-frère/belle-sœur

11=grand-père/grand-mère  
12=beau-grand-père/mère  
13=petit fils/petite fille  
14=oncle/tante  
15=beau-oncle/belle-tante  
16=cousin(e) du côté pat.  
17=cousin(e) du côté mat.  
18=autre parent  
19=non-parent  
20=employé(e)/domestique

**Code pour D4**

1=célibataire  
2=marié(e) monogame  
3= marié(e) polygame  
4=veuf/veuve  
5=séparé(e)  
6=divorcé(e)  
7=autre, à préciser

**Code pour D11**

1=à chercher du travail  
2=pour aller à école  
3=entrer pour mariage  
4=décès  
5=naissance  
6=sortir pour mariage  
7=visite au parent  
8=hospitalisation  
9=disparition  
10=retraite/débauchage (en cas d'employé/domestique)  
11=emploi nouveau (en cas d'employé/domestique)  
12=autre, à préciser

## Section 2b. Chef de Ménage and Épouse

	ID perso nnelle	Où est-il/elle né(e)? 1=dans ce village 2=en dehors de ce village	S'il/elle est né(e) en dehors de ce village (i.e. <b>DQ1=2</b> ), où est-il/elle né(e)?		En quelle année s'est-il/elle installé(e) dans ce village?	Groupe Ethnique Voir code ci-dessous	Religion Voir code ci-dessous
			Nom de village/ville	Région du Sénégal ou Pays Voir code ci- dessous			
	ID	DQ1	DQ2	DQ3	DQ4	DQ5	DQ6
<b>Chef de Ménage</b>							
<b>Première Femme</b>							
<b>Deuxième Femme</b>							
<b>Troisième Femme</b>							
<b>Quatrième Femme</b>							

**Code pour DQ3:**

1= Région de Dakar  
2= Région de Diourbel  
3= Région de Fatick  
4= Région de Kaffrine  
5= Région de Kaolack  
6= Région de Kédougou  
7= Région de Kolda  
8= Région de Louga  
9= Région de Matam  
10= Région de Saint-Louis  
11= Région de Sedhiou  
12= Région de Tambacounda

13= Région de Thiès  
14= Région de Ziguinchor  
15= Mauritanie  
16= Mali  
17= Guinée  
18= Guinée Bissau  
19= Gambie  
20= autre, à préciser

**Code pour DQ5**

1= wolof  
2= Peul  
3= Toucouleur  
4= Sérère  
5= Diola  
6= Mandingue  
7= Soninké  
8= Tenda  
9= autre, à préciser

**Code pour DQ6**

1= catholique  
2= protestant  
3= musulman  
4= animiste  
5= autre, à préciser



**Section 3b. Propriété Foncière**

Nom de parcelle	Parcelle ID	Système de propriété foncière Voir code ci-dessous	Comment ce ménage a-t-il fait l'acquisition de cette parcelle? Voir code ci-dessous	Année de l'acquisition	Si LT4=3 (louée-de) ou LT3=1 (louée-à)				Si vous achetez/louez cette parcelle (sans maison), combien payerez-vous?		Êtes-vous permis de faire les actes suivants sans obtenir permissions des autres?		
					Combien de FCFA avez-vous payé au propriétaire ou reçu du locataire?	Pour combien d'années avez-vous loué cette parcelle continuellement?	Relation avec le propriétaire/le locataire 1=parent 2=amitié 3=voisinage 4=autre (à préciser)	Résidence du propriétaire/du locataire 1=le même village 2=le même arrondissement 3=autre (à préciser)	Combien de FCFA payerez-vous, si vous l'achetez?	Combien de FCFA payerez-vous, si vous la louez pour une saison?	Vendre cette parcelle? 1=Oui 2=Non	Louer cette parcelle 1=Oui 2=Non	Décider qui seront les héritiers 1=Oui 2=Non
Pname	PID	LT4	LT5	LT6	LT7	LT8	LT9	LT10	LT11	LT12	LT13	LT14	LT15

**Code for LT4**

- 1=terre familial possédée
- 2=terre familial attribuée
- 3=terre louée du propriétaire
- 4=terre possédée par le chef de village
- 5=terre gouvernementale
- 6=autre, à préciser

**Code for LT5**

- 1=achat
- 2=location du propriétaire avec le loyer fixé
- 3=reçu comme cadeau
- 4=reçu comme héritage
- 5=emprunt du parent
- 6=métayage
- 7=exploitation par lui-même
- 8=autre, à préciser

## Section 3c. Caractéristique des parcelles

Nom de parcelle	Parcelle ID	Pente de la parcelle Voir code ci-dessous	Cette parcelle a-t-elle des diguettes 1=Oui 2=Non	Source principale d'eau pour production agricoles Voir code ci-dessous	Utilisez-vous une pompe pour obtenir de l'eau de la source? 1=Oui, propre 2=Oui, en location 3=Non	Quelle est le principal type de sol de la parcelle? 1=sableux 2=mélange des deux (1 et 3) 3=argile 4=latérite 5=autre, à spécifier	Quel est le nom local du sol de cette parcelle?	Utilisation primaire (selon la superficie) de cette parcelle.				
								Saison Pluviale 2011	Saison Pluviale 2010	Saison Pluviale 2009	Saison Pluviale 2008	Saison Pluviale 2007
Pname	PID	LT16	LT17	LT18	LT19	LT20	LT21	LT22	LT23	LT24	LT25	LT26

**Code pou LT16**

1=plate  
2=modérée  
3=pentue

**Code pour LT18**

1= pluie  
2= inondation du fleuve  
3= inondation du marécage  
4= diversion d'eau du fleuve  
5= eau conservée dans un réservoir  
6= puits  
7= barrage  
8= autre, à préciser

**Code pour LT22-26**

1=louée à quelqu'un  
2=jachère  
3=plantation des arbres  
4=terre vierge  
5=pacage  
6=maïs  
7=riz  
8=céréale autre que maïs ou riz  
9=légumes

10=racine/tubercule  
11=marâchage  
12=fruits  
13=banane  
14=fleur  
15=autre culture, à à préciser  
16=louée



## Section 4b. Récolte et Commercialisation des Cultures pendant la Saison des Pluies 2011

Parcelle ID	Carré ID	Nom de culture	Code de la culture Voir la fiche de code	Type de la récolte 1=fraîche 2=sèche	Récolte Totale				Quantité consommée		Quantité vendue		Sur la plus grande quantité vendue				
					Quantité	Unité <u>Voir la fiche de code</u>	Rendement est 1=moyen 2=plus que la moyenne 3=moins que la moyenne	Si le rendement est 3=moins que la moyenne, pourquoi? Voir code ci-dessous	Quantité	Unité <u>Voir la fiche de code</u>	Quantité	Unité <u>Voir la fiche de code</u>	Prix Unitaire (FCFA)	Quand est-elle vendue?		À qui est-elle vendue?	Où est-elle vendue?
PID	LID	CName	CID	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C28	C29	C30	C31	C32	C33

**Code pour C23**

1=manque de la pluie  
2=forte pluie  
3=inondation  
4=basse température  
5=insectes  
6=animaux  
7=oiseaux  
8=maladie des plantes  
9=autre, à préciser

**Code pour C32**

1=intermédiaire  
2=détaillant  
3=consommateur individuel  
4=association coopérative  
5=supermarché  
6=institution (ex. école)  
7=société  
8=autre, à préciser

**Code pour C33**

1=au champ  
2=dans le village où la personne interrogée habite  
3=au marché local  
4=au marché au Chef-lieu  
5=au marché à Saint-Louis  
6=autre, à préciser

**Section 5. Achat des Engrais Chimiques et Organiques Achetés en l'Année Agricole 2011****F0: Avez-vous acheté de l'engrais chimiques ou organiques en l'année agricole 2011?**

1=Oui 2=Non (sautez cette section)

Nom de l'engrais	Type de l'engrais chimique Voir code ci-dessous	Type de l'engrais organique Voir code ci-dessous	Comment avez-vous l'obtenue? 1=achat au comptant 2=achat à crédit 3=autre, à préciser	En cas d'achat à crédit (F3=2), de qui? Voir code ci-dessous	Quantité de l'engrais acheté		Le prix était-il combien en total (FCFA)	Ce prix était-il celui subventionné par le gouvernement?  1=oui 2=non	Si F8=Oui, le prix est-il combien en cas sans subvention?	Si F8=Non, pourquoi avez-vous payé le prix plus cher ? Voir code ci-dessous
					Quantité	Unité <u>Voir la fiche de code</u>				
ENGRAIS	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

**Code pour F1**

0=rien  
1=DAP  
2=NPK  
3=URÉE  
4=sulfate d'ammoniaque  
5=autre, à préciser

**Code pour F2**

0=rien  
1=fumier (sec)  
2=fumier d'animaux (frais)  
3=cendre  
4=compost  
5=ordures ménagères  
6=résidu des cultures  
7=autre, à préciser

**Code pour F4**

0=CNCAS  
1=agence gouvernemental  
2=commerçant  
3=association coopérative  
4=ONG  
5=société  
6=paysan  
7=autre, à préciser

**Code pour F9**

1=Subvention n'est pas applicable à l'engrais que j'utilise.  
2= Subvention n'est pas applicable en cas d'achat à crédit.  
3=L'engrais subventionné n'était pas disponible au marché.  
4=Le sac de 50 kg est trop grand pour moi d'acheter même s'il est subventionné.  
5= Autre raison, à préciser

## Section 6a. Localisation des Parcelles pour Riziculture en l'Année Agricole 2011

Parcelle ID	Nom de Parcelle	Carré ID	La riziculture a été 1=en contre saison 2009 2=en hivernage 2009 3=les deux	Temps mis de la maison à cette parcelle à pied (en minutes)	Localisation des Parcelles par GPS (en Anglais)													
					Numéro GPS	Localisation (± m)	Latitude			Longitude			Numéro d'enregistrement	Date et Heure		Elévation (m)	Nom	Superficie (ha)
							Degrés	Minutes	Secondes	Degrés	Minutes	Secondes		Date	Heure			
PID	PName	LID	CID	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha
						± m N ° ' "	W ° ' "									m		ha

## Section 6b. Caractéristiques des Parcelles pour Riziculture cultivées en l'Année Agricole 2011

Parcelle ID	Nom de Parcelle	Carré ID	Techniques de la Maîtrise de l'Eau Utilisées								Utilisation des Parcelles en Dernières Saisons Voir code ci-dessous								Pendant combien d'années le riz a-t-il été cultivé dans cette parcelle sans arrêt?	Après cette année pendant combien d'années cultiverez-vous le riz dans cette parcelle continuellement?	
			Diguettes		Nivelage		Canal d'approvisionnement		Canal de drainage		2010		2009		2008		2007				
			Y a-t-il des diguettes	Si 1=Oui, qui les a construit?	Le terrain est-il nivelé?	Si 1=Oui, qui l'a nivelé?	Y a-t-il des canaux d'approvisionnement ?	Si 1=Oui, qui les a construits?	Y a-t-il des canaux de drainage ?	Si 1=Oui, qui les a construits?	hive	sais on sèche	hive	sais on sèche	Hiverna ge	sais on sèche	hive	sais on sèche			
			1=Oui 2=Non	Voir code ci-dessous	1=Oui 2=Non	Voir code ci-dessous	1=Oui 2=Non	Voir code ci-dessous	1=Oui 2=Non	Voir code ci-dessous	e	e	e	e	e	e	e	e			
PID	PName	LID	RT1	RT2	RT3	RT4	RT5	RT6	RT7	RT8	RT9a	RT9b	RT10a	RT10b	RT11a	RT11b	RT12a	RT12b	RT13	RT14	

**Code pour RT2, RT4, RT6, et RT8**

1=SAED  
2=Agent gouvernemental autre que SAED, à préciser  
3=L'organisation paysanne utilisant fonds publics (subvention)  
4=L'organisation paysanne utilisant fonds privés des membres  
5=Riziculteurs, individuellement  
6=ONG  
7=Autre, à préciser

**Code pour RT9, RT10, RT11, et RT12**

1=jachère  
2=sol vierge  
3=pacage  
4=maïs  
5=riz  
6=céréale autre que maïs ou riz  
7=légumineuses  
8=racine/tubercule  
9=légume  
10=fruits  
11=banane  
12=autre culture, à préciser

## Section 6c. Préparation de la Terre et Semis pour Riziculture en l'Année Agricole 2011

Parcelle ID	Nom de Parcelle	Carré ID	Offset		Hersage après offset		Nivelage après l'introduction de l'eau		Entretien de Parcelle au début de la saison agricole 2009						Semi/Repiquage		
			Avez-vous fait offset avant le semis Voir code ci-dessous	Si 4=par tracteur, combien de FCFA avez-vous payé pour ça?	Avez-vous fait hersage après semis? Voir code ci-dessous	Si 4=par tracteur, combien de FCFA avez-vous payé pour ça?	Avez-vous fait nivelage après l'introduction de l'eau? Voir code ci-dessous	Si 4=par tracteur, combien de FCFA avez-vous payé pour ça?	Diguettes		Canal d'approvisionnement		Canal de drainage		Nom de la variété du riz	Comment avez-vous fait le semis? Voir code ci-dessous	Quantité de la semence (kg)
									Avez-vous fait réparation des diguettes? Voir code ci-dessous	Si payé (5 ou 6), combien de FCFA avez-vous payé pour ça?	Avez-vous fait réparation des canaux d'approvisionnement? Voir code ci-dessous	Si payé (5 ou 6), combien de FCFA avez-vous payé pour ça??	Avez-vous fait réparation des canaux de drainage? Voir code ci-dessous	Si payé (5 ou 6), combien de FCFA avez-vous payé pour ça?			
PID	PName	LID	RT15	RT16	RT17	RT18	RT19	RT20	RT21	RT22	RT23	RT24	RT25	RT26	RT27	RT28	RT29

**Code pour RT15, RT17, RT19**

1=Non (sans offset, sans hersage, ou sans nivelage)  
2=manuellement  
3=par animaux  
4=par tracteur (une fois)  
5=par tracteur (deux fois)

**Code pour RT21, RT23, RT25**

1=Non (sans diguette, sans canal d'approvisionnement, ou sans canal drainage)  
2=Non, aucun entretien  
3=par lui/elle-même  
4=par groupement des cultivateurs  
5=par la main d'œuvre payée  
6=par tracteur

**Code pour RT27**

1=Semis à la volée avant l'introduction de l'eau  
2=Semis à la volée après l'introduction de l'eau  
3=Semis en poche de sol  
4=Repiquage en ligne droite (toute une parcelle)\*  
5=Repiquage au hasard (toute une parcelle)\*

\* Le cas où le repiquage a été dominant dans la parcelle en question.



**Section 7a. Production des Animaux dans les 12 derniers mois (entre Mai 2011 et Avril 2012)**

Type de l'animal	Code pour les animaux	Avril 2012		Mai 2011		Changement de Nombre dans les 12 derniers Mois		
		Nombre Possédé	Valeur Totale en FCFA	Nombre Possédé	Valeur Totale en FCFA	Nombre consommé à la maison	Nombre Acheté	Nombre Vendu
<b>LSNAME</b>	<b>LCODE</b>	<b>LV1</b>	<b>LV2</b>	<b>LV3</b>	<b>LV4</b>	<b>LV5</b>	<b>LV6</b>	<b>LV7</b>
Vache	1							
Taureau	2							
Jeune taureau	3							
Génisse	4							
Veau	5							
Chèvre	6							
Brebis	7							
Poulet	8							
Porc	9							
Âne	10							
Canard	11							
Dindon	12							
Pintade	13							
Lapine	14							

**Section 7b. Production des Produits des Animaux et Dépenses (entre Mai 2011 et Avril 2012)**

Produits des Animaux	Code pour Produit des Animaux	Nombre des mois dans 12 mois dernier où ce produit se fait	Production moyenne par mois pendant les mois de la production		Quantité vendue par mois (il faut utiliser la même unité que LV9)	Prix reçu par unité pour la vente la plus grande (il faut utiliser la même unité que LV9)	Combien de FCFA avez-vous gagné au total pendant 12 derniers mois?
			Quantité	Unité Voir code ci-dessous			
LPNAME	PCODE	LV8	LV9	LV10	LV11	LV12	LV13
Lait	1						
Œuf	2						
Miel	3						
Beurre	4						
Lait Chèvre	5						
Peau/Cuir	6						
Viande	7						
Fumier	8						
Location des animaux de trait	9						

**Code pour LV10:** 1=kg, 2=litre, 3=plateau (30 œufs), 4=nombre, 5=sac de 50 kg, 6=autre sac, à préciser, 7=tonnes, 8=brouette, 9=charrette, 10=autre, à préciser

**LV14:** Combien avez-vous payé aliments/fourrage pour la production des animaux? \_\_\_\_\_ FCFA

**LV15:** Combien avez-vous payé la santé des animaux (service vétérinaire, médicament pour animaux, vaccination)? \_\_\_\_\_ FCFA

**LV16:** Combien avez-vous payé pour main d'œuvre employée pour la production des animaux (traite, pacage, etc.)? \_\_\_\_\_ FCFA

**LV17:** Combien avez-vous payé pour l'entretien des barrières, granges, stalles pour alimentation, etc.? \_\_\_\_\_ FCFA

**Section 8. Revenus des Activités Non-Agricoles et de l'Emploi (y compris main d'œuvre agricole) dans les 12 derniers mois**

Nom de la personne	ID personnel	Activité	Biz Code	Combien d'années de l'expérience?	Si cette personne est salariée mensuellement		Si cette personne n'est pas salariée mensuellement, classifiez chaque mois selon montant gros gagné/reçu à ce mois comme:												Mois gagné/reçu bas		Mois gagné/reçu haut	
					Nombre de mois où il/elle a travaillé dans 12 mois dernier	Mensualité (FCFA)	0= Mois où cette personne a gagné/reçu rien 1= Mois où cette personne a gagné/reçu bas relativement 2= Mois où cette personne a gagné/reçu haut relativement												Montant gros gagné/reçu par mois	Coût* par mois	Montant gros gagné/reçu par mois	Coût* par mois
							2011						2012									
NAME	ID	BName	BIZ	B1	B2	B3	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	B4	B5	B6	B7

\* Coût moyen par mois, incluant coût opérationnel (fuel, bien, main d'œuvre payée, etc. ) mais excluant coût fixé et capital.

**Biz Code (BIZ)**

- |  |  |  |
|--|--|--|
| 1= Ouvrier agricole                    | 9= Charpentier                         | 17= Commerçant de bois                   |
| 2= Ouvrier salarié, non-agricole       | 10= Chauffeur                          | 18= Commerçant de charbon de bois        |
| 3= Boucherie                           | 11= Construction                       | 19= Commerçant de poisson                |
| 4= Boulangerie                         | 12= Coûture                            | 20= Commerçant de produits agricoles     |
| 5= Boutiquier général                  | 13= Mécanique/Réparation de bicyclette | 21= Commerçant de produits non-agricoles |
| 6= Brassage/fabrication d'alcool local | 14= Meunier                            | 22= Transporteur                         |
| 7= Briquetier                          | 15= Rizerie                            | 23= Autre à préciser                     |
| 8= Charbonnier (de bois)               | 16= Commerçant d'animaux               |  |

**Section 9. Revenus non agricoles par travail, transferts et aide alimentaire reçus, et crédit**

**Z0:** Y a-t-il quelqu'un dans ce ménage qui a reçu transfert, crédit, et/ou aide alimentaire dans les 12 derniers mois ? 1=Oui 2=Non (sauter cette section)

Catégorie de revenu non-par-travail	Code pour la catégorie	Classifiez chaque mois selon montant reçu comme: 0= Mois où ce ménage a reçu rien 1= Mois où ce ménage a reçu bas relativement 2= Mois où ce ménage a reçu haut relativement												Montant moyen reçu par mois au mois où ce ménage reçoit bas relativement	Montant moyen reçu par mois au mois où ce ménage reçoit haut relativement	Source principale Voir code ci-dessous	But principale Voir code ci-dessous
		2011						2012									
CAT	Z1	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Z2	Z3	Z4	Z5
Transferts/aide en espèces de l'intérieur de Sénégal	1																
Transferts/aide en espèces de pays étrangers	2																
Revenus de loyer (terre, logement, magasin, etc.)	3																
Pension	4																
Associations rotatives d'épargne-crédit (tontines)	5																
Crédit (en espèces)	6																
Aide alimentaire	7																

**Code pour Z4**

1= Banque commerciale  
2= Institution pour micro-financement  
3= ONG  
4= Organisation locale (collective)  
5= Organisation privée (individuelle)  
6= Groupe d'entrai

7= Ami

8= Parent

9= Prêteur

10= Gouvernement

11= Locataire/Métayer

12= Autre, à préciser

**Code pour Z5**

1= Education

2= Santé

3= Enterrement

4= Mariage

5= Achat des intrants agricoles

6= Achat de la terre/le droit de la terre  
ou Paiement du loyer de la terre

7= Achat nourriture

8= Achat des autres biens de consommation courante

9= Achat des biens durables

10= Commerce/Affaires

11= Don/Cadeau

12= Réapprovisionnement

13= Construction

14= Dot

15= Amende

16= Dettes claires

17= Autre, à préciser

## Section 10. Consommation and Dépenses en Biens Non-durables dans les 12 derniers mois

Produits Consommés		Consommation totale y compris la production propre, dons et achats. Ensuite, sa valeur totale dans le marché doit être estimée			Produits Consommés		Dépense Totale en FCFA
		Quantité	Unité	Valeur total en FCFA			
	EX0	EX1	EX2	EX3		EX0	EX4
<i>Dans la semaine dernière</i>					<i>Dans le mois dernier</i>		
Maïs grain	1				Sel	23	
Maïs farine	2				Café et Thé	24	
Mil/Sorgho	3				Boisson (alcoolisée et non alcoolisée)	25	
Blé farine	4				Tabac/Cigarettes	26	
Riz	5				Électricité	27	
Manioc frais	6				Téléphone	28	
Manioc transformé	7				Kérosène/gaz	29	
Patate douce	8				Charbon /Bois de chauffage	30	
Pomme de terre	9				Bouse de vache	31	
Igname	10				Savon/lessive	32	
Haricot	11				<i>Dans 12 mois dernier</i>		
<i>Dans le mois dernier</i>					Education	33	
Arachide	12				Santé	34	
Petit pois	13				Transportation	35	
Poulet	14				Vêtements/Chaussures	36	
Viande	15				<i>Contributions</i>		
Poisson	16				Tontine	37	
Œuf	17				Transferts aux parents	38	
Lait	18				Mosquée/Église	39	
Légume	19				Remboursement de crédit	40	
Fruits	20				Groupe d'entraide (funéraire)	41	
Sucre	21				Groupe d'entraide (non-funéraire)	42	
Huile/Beurre	22				Autres organisations locales	43	

## Section 11. Biens Durables Possédés par le Ménage

Biens Durables		Nombre possédé actuellement	Valeur Totale en FCFA (valeur actuelle)	Dans 12 mois dernier		Biens Durables		Nombre possédé actuellement	Valeur Totale en FCFA (valeur actuelle)	Dans 12 mois dernier	
				Nombre acheté	Nombre vendu					Nombre acheté	Nombre vendu
<i>Équipement agricole</i>	<b>A0</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<i>Equipment ménager</i>	<b>A0</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
Tracteur	1					Bicyclette	14				
Charrue	2					Radio	15				
Charrette	3					Batterie (voiture)	16				
Brouette	4					Télé	17				
Puits	5					Téléphone portable	18				
Bombe	6					Panneau solaire	19				
Pompe	7					Chaise	20				
Réservoir	8					Table	21				
Ruche	9					Lit	22				
Remorque	10					Moustiquaire	23				
Moulin	11					Moto	24				
Houe	12					Automobile	25				
Bidon à lait	13										
Stockage (bâtiment)	50										

**Sur la maison du ménage**

**A5:** La maison appartient elle à ce ménage? 1= oui 2=non

**A6:** La maison est elle vieille de combien d'années) ? \_\_\_\_\_ Ans

**A7:** Si on construit la même maison maintenant, combien va-t-elle coûter en FCFA? \_\_\_\_\_ FCFA (estimez simplement)

**A8:** Matériau de toit? 1=chaume 2=tôle 3=tuile 4=bois 5=ciment/béton 6=autre

**A9:** Matériau de mur? 1=boue 2=brique/pierre 3=bois 4=tôle 5=autre \_\_\_\_\_

**A10:** Matériau de sol? 1=ciment/béton 2=terre 3=autre \_\_\_\_\_

**Section 12. Extension and Formation dans les Deux Ans Derniers**

**ET0:** Est-ce qu'il y a quelqu'un dans ce ménage qui a reçu une formation agricole et/ou contact de l'agent d'extension agricole pendant les deux dernières années ?      1=oui      2=non (sauter cette section)

Nom de membre de ménage	ID personne	Formation ou extension? 1=formation 2=extension	Fournisseur de la formation/l'extension  Voir code ci-dessous	Formation/Extension de quoi? 1= production de riz 2= production de l'autre culture, à préciser 3= autre, à préciser	Nombre de jours de la formation / Nombre de visites (jours) de l'agent en 2008?	Nombre de jours de la formation / Nombre de visites (jours) de l'agent en 2009?
NAME	ID	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5
Formation						
		1				
		1				
		1				
		1				
		1				
		1				
Extension						
		2				
		2				
		2				
		2				
		2				
		2				

**Code pour ET2:** 1=agent de l'extension agricole de gouvernement, 2=agent de l'extension agricole de l'ONG, 3= agent de l'extension agricole de société privée, 4=paysan voisin, 5=autre, à préciser

### Section 13. Adhésion aux Groupements Paysans et/ou Organisations Locales

**OR0:** Est-ce qu'il y a quelqu'un dans ce ménage qui est actuellement membre des groupements paysans et/ou organisations locales ?

1=oui (répondez jusqu'à OR6) 2=non

**OR1:** Est-ce qu'il y a quelqu'un dans ce ménage qui a démissionné de l'adhésion pendant les deux dernières années ? 1=oui 2=non

Nom de membre de ménage	ID personnelle	Nom du groupement/ de l'organisation	Activité principale du groupement/ de l'organisation Voir code ci-dessous	Nombre de membres dans le groupement/ l'organisation	Cotisation annuelle (FCFA)	Avantage principal reçu du groupement /de l'organisation Voir code ci-dessous	Quand (mois et an) est-il/elle devenu(e) membre?	Quand (mois et an) a-t-il/elle arrêté d'être membre? S'il/elle est un membre actuellement, met NA	Raison de la démission du groupement /de l'organisation Voir code ci-dessous
NAME	ID	OR1	OR2	OR3	OR4	OR5	OR6	OR7	OR8

**Code pour OR2:** 1=production du revenu pour les membres, 2=commercialisation collective des produits, 3=production collective des produits, 4=pour avoir accès collectif aux intrants et/ou services d'extension, 5=pour avoir accès aux services d'épargne et crédit pour les membres, 6=propagation des pratiques agricoles améliorées, 7=pour entraide, 8=autre, à préciser

**Code pour OR5:** 1=plus facile à avoir accès aux intrants agricoles, 2=plus facile à commercialisation des produits, 3=plus facile à avoir accès aux services d'extension, 4=plus facile à avoir accès aux services de crédit, 5=plus facile à accès aux transports, 6=meilleur prix des intrants et des produits, 7=autre, à préciser

**Code pour OR8:** 1=pas d'avantage, 2=les activités a pris trop de temps, 3=le groupe s'est dissout, 4=difficile à payer cotisation, 5=conflit interne, 6=autre, à préciser, NA=étant un membre actuellement

### **Code pour formation et niveau éducation**

0= Aucun niveau, 1= alphabétisé, 2 = niveau primaire ; 3 = niveau secondaire ; 4 = niveau supérieur ;  
5 = arabisant, 6 = école coranique ; 7= école enseignement technique et professionnelle ; 9=autre niveau

### **Code unité**

1= SAC 90 kg  
2= SAC 50 kg  
3= SAC 25 kg  
4= SAC 10 kg  
5= SAC 2 kg  
6=kg  
7=grammes  
8=litres  
9=tonnes  
10=nombre  
11=régime (banane)  
12=brouette  
13=charrette  
22=charge à la tête  
23=autre, à préciser

## A.2 Résultats du test d'équilibrage

\*\*\*\*\*

Algorithm to estimate the propensity score

\*\*\*\*\*

The treatment is stamen

stamen	Freq.	Percent	Cum.
0	112	23.98	23.98
1	355	76.02	100.00
Total	467	100.00	

Estimation of the propensity score

Iteration 0: log likelihood = **-257.26207**

Iteration 1: log likelihood = **-235.2189**

Iteration 2: log likelihood = **-234.99084**

Iteration 3: log likelihood = **-234.99069**

Probit regression

Number of obs = **467**

LR chi2(8) = **44.54**

Prob > chi2 = **0.0000**

Log likelihood = **-234.99069**

Pseudo R2 = **0.0866**

stamen	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
anninstal	.0124334	.0067036	1.85	0.064	-.0007055	.0255723
hdptc	.5059708	.1392151	3.63	0.000	.2331143	.7788273
tailmen	-.0007993	.0137366	-0.06	0.954	-.0277224	.0261239
genre	1.127852	.450615	2.50	0.012	.2446632	2.011042
age	-.0047137	.0079679	-0.59	0.554	-.0203306	.0109031
sitmal	-.2102351	.3370193	-0.62	0.533	-.8707807	.4503105
distance	-.0435046	.013463	-3.23	0.001	-.0698917	-.0171176
nbannee	.0147602	.0079027	1.87	0.062	-.0007287	.0302492
_cons	-.7819077	.5225163	-1.50	0.135	-1.806021	.2422054

**Note: the common support option has been selected**

**The region of common support is [.14497781, .94473551]**

## Description of the estimated propensity score in region of common support

Estimated propensity score

---

Percentiles	Smallest		
1%	<b>.247698</b>	<b>.1449778</b>	
5%	<b>.5093775</b>	<b>.1471773</b>	
10%	<b>.6157846</b>	<b>.2245023</b>	Obs <b>466</b>
25%	<b>.6962222</b>	<b>.2276274</b>	Sum of Wgt. <b>466</b>
50%	<b>.7984938</b>		Mean <b>.7605278</b>
		Largest	Std. Dev. <b>.1321184</b>
75%	<b>.8481532</b>	<b>.9303474</b>	
90%	<b>.8807576</b>	<b>.9405507</b>	Variance <b>.0174553</b>
95%	<b>.8986284</b>	<b>.9413972</b>	Skewness <b>-1.801616</b>
99%	<b>.926381</b>	<b>.9447355</b>	Kurtosis <b>7.139269</b>

\*\*\*\*\*

### Step 1: Identification of the optimal number of blocks

\*\*\*\*\*

#### Distribution of treated and controls across blocks

Blocks of the pscore for treatment stamen	Stamen		Total
	0	1	
1	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
2	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>12</b>
3	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>26</b>
4	<b>41</b>	<b>154</b>	<b>195</b>
5	<b>42</b>	<b>189</b>	<b>231</b>
Total	<b>111</b>	<b>355</b>	<b>466</b>

Test that the mean propensity score is not different for treated and controls

Test in block 1

#### Observations in block

1 obs: 2, control: 1,  
treated: 1



diff	<b>-.000726</b>	<b>.0251359</b>	<b>-.0526039</b>	<b>.0511519</b>
diff = mean(0) - mean(1)	t = <b>-0.0289</b> Ho: diff = 0			
degrees of freedom =	<b>24</b>			
Ha: diff < 0	Ha: diff != 0	Ha: diff > 0		
Pr(T < t) = <b>0.4886</b>	Pr( T  >  t ) = <b>0.9772</b>	Pr(T > t) = <b>0.5114</b>		

**The mean propensity score is not different for treated and controls in block 3**

**Test in block 4**

**Observations in block 4**

**obs: 195, control: 41, treated: 154**

**Test for block 4**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	<b>41</b>	<b>.6980846</b>	<b>.0089629</b>	<b>.0573908</b>	<b>.6799699</b>	<b>.7161994</b>
1	<b>154</b>	<b>.7227246</b>	<b>.0045497</b>	<b>.0564604</b>	<b>.7137362</b>	<b>.731713</b>
combined	<b>195</b>	<b>.7175439</b>	<b>.0041104</b>	<b>.0573979</b>	<b>.7094372</b>	<b>.7256506</b>
diff		<b>-.02464</b>	<b>.0099563</b>		<b>-.0442772</b>	<b>-.0050028</b>
diff = mean(0) - mean(1)					t = <b>-2.4748</b> Ho: diff = 0	

degrees of freedom = **193**

Ha: diff < 0	Ha: diff != 0	Ha: diff > 0
Pr(T < t) = <b>0.0071</b>	Pr( T  >  t ) = <b>0.0142</b>	Pr(T > t) = <b>0.9929</b>

**The mean propensity score is not different for treated and controls in block 4**

**Test in block 5**

**Observations in block 5**

**obs: 231, control: 42, treated: 189**

**Test for block 5**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
-------	-----	------	-----------	-----------	----------------------	--

0	42	.8459213	.0054225	.0351418	.8349704	.8568722
1	189	.8546846	.0023173	.0318582	.8501133	.8592559
combined	231	.8530913	.0021434	.0325764	.8488681	.8573144
diff		-.0087633	.0055391		-.0196774	.0021508

diff = mean(0) - mean(1) t = -1.5821 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 229

Ha: diff < 0

Ha: diff != 0

Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.0575

Pr(|T| > |t|) = 0.1150

Pr(T > t) = 0.9425

**The mean propensity score is not different for treated and controls in block 5**

**The final number of blocks is 5**

**This number of blocks ensures that the mean propensity score is not different for treated and controls in each blocks**

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

**Step 2: Test of balancing property of the propensity score Use option detail if you want more detailed output**

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

**Testing the balancing property in block 1**

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

obs: 2, control: 1, treated: 1

**Testing the balancing property for variable anninstal in block 1**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]
0	1	13	.	.	.



$$\Pr(T < t) = \quad . \quad \Pr(|T| > |t|) = \quad . \quad \Pr(T > t) = \quad .$$

**Variable tailmen is balanced in block 1**

**Testing the balancing property for variable genre in block 1**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]
0	1	1	.	.	.
1	1	1	.	.	.
combined	2	1	.	.	.
diff		0	.	.	.

$$\text{diff} = \text{mean}(0) - \text{mean}(1) \quad t = \quad . \quad \text{Ho: diff} = 0$$

$$\text{degrees of freedom} = \quad 0$$

$$\text{Ha: diff} < 0 \quad \text{Ha: diff} \neq 0 \quad \text{Ha: diff} > 0$$

$$\Pr(T < t) = \quad . \quad \Pr(|T| > |t|) = \quad . \quad \Pr(T > t) = \quad .$$

**Variable genre is balanced in block 1**

**Testing the balancing property for variable age in block 1**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]
0	1	58	.	.	.
1	1	55	.	.	.
combined	2	56.5	.	.	.
diff		3	.	.	.

$$\text{diff} = \text{mean}(0) - \text{mean}(1) \quad t = \quad . \quad \text{Ho: diff} = 0$$

$$\text{degrees of freedom} = \quad 0$$

$$\text{Ha: diff} < 0 \quad \text{Ha: diff} \neq 0 \quad \text{Ha: diff} > 0$$

$$\Pr(T < t) = \quad . \quad \Pr(|T| > |t|) = \quad . \quad \Pr(T > t) = \quad .$$

**Variable age is balanced in block 1**

**Testing the balancing property for variable sitma1 in block 1**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]
-------	-----	------	-----------	-----------	----------------------





1	11	.1818182	.1219673	.4045199	-.089942	.4535784
combined	26	.1538462	.0721602	.3679465	.0052294	.302463
diff		-.0484848	.1487423		-.3554739	.2585042

diff = mean(0) - mean(1) t = -0.3260 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 24

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.3736              Pr(|T| > |t|) = 0.7473              Pr(T > t) = 0.6264

**Variable hdptc is balanced in block 3**

**Testing the balancing property for variable tailmen in block 3**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	15	11.26667	2.285496	8.851688	6.364765	16.16857
1	11	9	1.111919	3.687818	6.52249	11.47751
combined	26	10.30769	1.395343	7.114881	7.433929	13.18146
diff		2.266667	2.845174		-3.605484	8.138818

diff = mean(0) - mean(1) t = 0.7967 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 24

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.7833              Pr(|T| > |t|) = 0.4335              Pr(T > t) = 0.2167

**Variable tailmen is balanced in block 3**

**Testing the balancing property for variable genre in block 3**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	15	.8666667	.0908514	.3518658	.6718099	1.061523
1	11	.6363636	.15212	.504525	.2974191	.9753081
combined	26	.7692308	.084265	.4296689	.5956837	.9427778
diff		.230303	.1676098		-.1156266	.5762327

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.3740 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 24

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

$\Pr(T < t) = 0.9089$        $\Pr(|T| > |t|) = 0.1821$        $\Pr(T > t) = 0.0911$

**Variable genre is balanced in block 3**

**Testing the balancing property for variable age in block 3**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	15	47.26667	3.119015	12.07989	40.57705	53.95629
1	11	43.45455	3.744969	12.42066	35.11023	51.79886
combined	26	45.65385	2.378715	12.12911	40.75479	50.5529
diff		3.812121	4.852032		-6.201981	13.82622

diff = mean(0) - mean(1)      t = 0.7857 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 24

Ha: diff < 0      Ha: diff != 0      Ha: diff > 0

$\Pr(T < t) = 0.7801$        $\Pr(|T| > |t|) = 0.4397$        $\Pr(T > t) = 0.2199$

**Variable age is balanced in block 3**

**Testing the balancing property for variable sitma1 in block 3**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	15	.9333333	.0666667	.2581989	.7903476	1.076319
1	11	.7272727	.1408358	.4670994	.4134711	1.041074
combined	26	.8461538	.0721602	.3679465	.697537	.9947706
diff		.2060606	.143014		-.0891059	.5012271

diff = mean(0) - mean(1)      t = 1.4408 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 24      Ha: diff < 0      Ha: diff != 0

Ha: diff > 0

$\Pr(T < t) = 0.9187$        $\Pr(|T| > |t|) = 0.1625$        $\Pr(T > t) = 0.0813$

**Variable sitma1 is balanced in block 3**

**Testing the balancing property for variable distance in block 3**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	15	9.3518	1.712731	6.63338	5.678357	13.02524
1	11	4.462	1.338439	4.439099	1.479773	7.444227



Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	41	43.2439	2.155475	13.80178	38.88752	47.60028
1	154	40.37662	1.105007	13.71278	38.19358	42.55966
combined	195	40.97949	.9843598	13.74584	39.03807	42.92091
diff		2.867279	2.413102		-1.892159	7.626717

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.1882 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 193

Ha: diff < 0

Ha: diff != 0

Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.8819

Pr(|T| > |t|) = 0.2362

Pr(T > t) = 0.1181

**Variable anninstal is balanced in block 4**

Testing the balancing property for variable hdptc in block 4 Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	41	.2195122	.0654459	.4190582	.0872411	.3517833
1	154	.4480519	.0402038	.4989166	.3686256	.5274783
combined	195	.4	.0351726	.4911589	.3306302	.4693698
diff		-.2285398	.0849605		-.39611	-.0609695

diff = mean(0) - mean(1) t = -2.6900 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 193

Ha: diff < 0

Ha: diff != 0

Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.0039

Pr(|T| > |t|) = 0.0078

Pr(T > t) = 0.9961

**Variable hdptc is balanced in block 4**

Testing the balancing property for variable tailmen in block 4 Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	41	10.68293	.8733444	5.592133	8.917832	12.44802
1	154	10.23377	.3891178	4.828824	9.465029	11.0025
combined	195	10.32821	.3571332	4.987094	9.623843	11.03257
diff		.4491606	.8780932		-1.28273	2.181052

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

diff = mean(0) - mean(1) t = **0.5115** Ho: diff = 0  
degrees of freedom = **193**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0  
Pr(T < t) = **0.6952**              Pr(|T| > |t|) = **0.6096**              Pr(T > t) = **0.3048**

**Variable tailmen is balanced in block 4**

**Testing the balancing property for variable genre in block 4**

diff = mean(0) - mean(1) t =                      . Ho: diff = 0  
degrees of freedom = **193**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0  
Pr(T < t) =                      .                      Pr(|T| > |t|) =                      .                      Pr(T > t) =                      .

**Variable genre is balanced in block 4**

**Testing the balancing property for variable age in block 4** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	<b>41</b>	<b>45.17073</b>	<b>2.0556</b>	<b>13.16226</b>	<b>41.01621</b>	<b>49.32525</b>
1	<b>154</b>	<b>44.4026</b>	<b>1.029631</b>	<b>12.77739</b>	<b>42.36847</b>	<b>46.43673</b>
combined	<b>195</b>	<b>44.5641</b>	<b>.9186865</b>	<b>12.82876</b>	<b>42.75221</b>	<b>46.376</b>
diff		<b>.7681343</b>	<b>2.259654</b>		<b>-3.688652</b>	<b>5.224921</b>

diff = mean(0) - mean(1) t = **0.3399** Ho: diff = 0  
degrees of freedom = **193**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

Two-sample t test with equal variances

1	154	1	0	0	1	1
combined	195	1	0	0	1	1
diff		0	0		0	0
Pr(T < t) = <b>0.6329</b> Pr( T  >  t ) = <b>0.7343</b> Pr(T > t) = <b>0.3671</b>						

**Variable age is balanced in block 4**

**Testing the balancing property for variable sitma1 in block 4** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	41	1	0	0	1	1
1	154	.9675325	.0143289	.1778165	.9392245	.9958404
combined	195	.974359	.0113482	.1584687	.9519773	.9967406
diff		.0324675	.027823		-.0224087	.0873437
diff = mean(0) - mean(1)      t = <b>1.1669</b> Ho: diff = 0						

degrees of freedom = **193**

Ha: diff < 0      Ha: diff != 0      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = **0.8777**      Pr(|T| > |t|) = **0.2447**      Pr(T > t) = **0.1223**

**Variable sitma1 is balanced in block 4**

**Testing the balancing property for variable distance in block 4**

diff = mean(0) - mean(1)      t = **-0.7621** Ho: diff = 0

degrees of freedom = **193**

Ha: diff < 0      Ha: diff != 0      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = **0.2235**      Pr(|T| > |t|) = **0.4469**      Pr(T > t) = **0.7765**

**Variable distance is balanced in block 4**

**Testing the balancing property for variable nbannee in block 4** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	41	10.58537	1.21624	7.787733	8.127254	13.04348
1	154	10.94805	.6497597	8.063305	9.664393	12.23171

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	41	4.427341	.5493689	3.517677	3.317025	5.537657
1	154	4.974916	.3404457	4.22482	4.302334	5.647497
combined	195	4.859785	.2924544	4.083903	4.282986	5.436583
diff		-.5475741	.7184725		-1.96464	.8694919
combined	195	10.87179	.5720098	7.987682	9.743639	11.99995
diff		-.3626861	1.407127		-3.138007	2.412635

diff = mean(0) - mean(1) t = -0.2577 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 193

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

**Pr(T < t) = 0.3984      Pr(|T| > |t|) = 0.7969      Pr(T > t) = 0.6016**

**Variable nbannee is balanced in block 4**

\*\*\*\*\*

**Testing the balancing property in block 5**

\*\*\*\*\*

**obs: 231, control: 42, treated: 189**

**Testing the balancing property for variable anninstal in block 5** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	44.47619	2.346876	15.20949	39.73658	49.2158
1	189	49.34392	1.016007	13.96779	47.33968	51.34815
combined	231	48.45887	.9403172	14.29158	46.60614	50.31161
diff		-4.867725	2.422034		-9.640046	-.0954035

diff = mean(0) - mean(1) t = -2.0098 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 229

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

**Pr(T < t) = 0.0228      Pr(|T| > |t|) = 0.0456      Pr(T > t) = 0.9772**

**Variable anninstal is balanced in block 5**

Two-sample t test with equal variances

**Testing the balancing property for variable hdptc in block 5** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	.952381	.0332586	.2155403	.8852139	1.019548
1	189	.8941799	.0224346	.3084243	.8499241	.9384357
combined	231	.9047619	.0193557	.294181	.8666248	.942899
diff		.0582011	.0501462		-.0406058	.1570079

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.1606 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 229

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.8765                  Pr(|T| > |t|) = 0.2470                  Pr(T > t) = 0.1235

**Variable hdptc is balanced in block 5**

**Testing the balancing property for variable tailmen in block 5** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	9.166667	.9073942	5.880587	7.334147	10.99919
1	189	10.24868	.3903208	5.366024	9.478706	11.01865
combined	231	10.05195	.3596267	5.465853	9.343364	10.76053
diff		-1.082011	.9317072		-2.917825	.7538042

diff = mean(0) - mean(1) t = -1.1613 Ho: diff = 0

degrees of freedom = 229

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.1234                  Pr(|T| > |t|) = 0.2467                  Pr(T > t) = 0.8766

**Variable tailmen is balanced in block 5**

**Testing the balancing property for variable genre in block 5** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	1	0	0	1	1
1	189	1	0	0	1	1
combined	231	1	0	0	1	1
diff		0	0		0	0

Two-sample t test with equal variances

diff = mean(0) - mean(1) t = . Ho: diff = 0  
 degrees of freedom = **229**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0  
 Pr(T < t) = .                      Pr(|T| > |t|) = .                      Pr(T > t) = .

**Variable genre is balanced in block 5**

**Testing the balancing property for variable age in block 5** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	46.11905	2.462306	15.95757	41.14632	51.09178
1	189	50.40741	1.037076	14.25744	48.36161	52.45321
combined	231	49.62771	.9631648	14.63884	47.72995	51.52546
diff		<b>-4.28836</b>	<b>2.486572</b>		<b>-9.187845</b>	<b>.6111254</b>

diff = mean(0) - mean(1) t = **-1.7246** Ho: diff = 0  
 degrees of freedom = **229**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0  
 Pr(T < t) = **0.0430**                      Pr(|T| > |t|) = **0.0859**                      Pr(T > t) = **0.9570**

**Variable age is balanced in block 5**

**Testing the balancing property for variable sitma1 in block 5** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	.9047619	.0458438	.2971018	.8121785	.9973453
1	189	.957672	.014684	.2018712	.9287054	.9866385
combined	231	.9480519	.0146331	.2224041	.9192199	.976884
diff		<b>-.0529101</b>	<b>.0378613</b>		<b>-.1275111</b>	<b>.021691</b>

diff = mean(0) - mean(1) t = **-1.3975** Ho: diff = 0  
 degrees of freedom = **229**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0  
 Pr(T < t) = **0.0818**                      Pr(|T| > |t|) = **0.1636**                      Pr(T > t) = **0.9182**

**Variable sitma1 is balanced in block 5**

Two-sample t test with equal variances

**Testing the balancing property for variable distance in block 5** Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	3.270905	.482569	3.127404	2.296337	4.245473
1	189	3.395254	.1892602	2.601898	3.021907	3.768601
combined	231	3.372645	.1775184	2.698046	3.022875	3.722415
diff		<b>-.1243492</b>	<b>.4611871</b>		<b>-1.033062</b>	<b>.7843633</b>

diff = mean(0) - mean(1) t = **-0.2696** Ho: diff = 0

degrees of freedom = **229**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = **0.3938**              Pr(|T| > |t|) = **0.7877**              Pr(T > t) = **0.6062**

**Variable distance is balanced in block 5**

**Testing the balancing property for variable nbannee in block 5**

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	42	14.14286	1.332856	8.637896	11.4511	16.83461
1	189	17.0582	.6525515	8.9711	15.77094	18.34547
combined	231	16.52814	.5897928	8.964075	15.36605	17.69023
diff		<b>-2.915344</b>	<b>1.520348</b>		<b>-5.911004</b>	<b>.080316</b>

diff = mean(0) - mean(1) t = **-1.9175** Ho: diff = 0

degrees of freedom = **229**

Ha: diff < 0                      Ha: diff != 0                      Ha: diff > 0

Pr(T < t) = **0.0282**              Pr(|T| > |t|) = **0.0564**              Pr(T > t) = **0.9718**

**Variable nbannee is balanced in block 5**

**The balancing property is satisfied**

**This table shows the inferior bound, the number of treated and the number of controls for each block**

Inferior of block of pscore	Stamen		Total
	0	1	

Two-sample t test with equal variances

.1449778	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
.2	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>12</b>
.4	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>26</b>
.6	<b>41</b>	<b>154</b>	<b>195</b>
.8	<b>42</b>	<b>189</b>	<b>231</b>
Total	<b>111</b>	<b>355</b>	<b>466</b>

**Note: the common support option has been selected**

\*\*\*\*\*

**End of the algorithm to estimate the pscore**

\*\*\*\*\*