

**Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz SAHEL sur la pauvreté au Sénégal :
approche de l'effet marginal du traitement (EMT)**

Blaise Waly Basse

*Doctorant en économie, Laboratoire de Recherche en Economie de Saint-Louis (LARES),
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université Gaston Berger (UGB) Saint-
Louis Sénégal, Email : blaisebasse11@hotmail.fr, Tel : +221 77 481 86 53, BP : 240*

Résumé : Ce papier examine l'effet de l'adoption de technologies agricoles sur la pauvreté en mettant l'accent sur les variétés améliorées de riz SAHEL, un groupe de variétés développées et introduites par le Centre du Riz pour l'Afrique en 1994/1995 en collaboration avec l'ISRA et les structures d'encadrement et de développement (SAED, DRDR, etc.). Ce travail s'est focalisé, sur 1451 riziculteurs sénégalais en privilégiant l'approche en termes du marginal treatment effect (MTE) pour évaluer de façon consistante l'impact de l'adoption des variétés SAHEL sur la pauvreté. Les résultats indiquent que l'adoption des variétés SAHEL a un impact positif et significatif sur l'intensité et la profondeur de la pauvreté.

Mots Clés : *Riz SAHEL-Impact-Pauvreté-Sénégal.*

Classification J.E.L.: *C31-I32-Q16*

Abstract: This study examines the impact of SAHEL rice varieties adoption on poverty among rice farming household in Senegal. It used the Marginal Treatment Effect (MTE) focusing cross-sectional data of 1451 farmers. The MTE approach shows that adoption of SAHEL introduced by AfricaRice in 1994/1995 has helped adopters to reducing poverty gap of 19% and headcount poverty of 12%. We therefore suggest that intensification of the investment on SAHEL access is a reasonable policy to raise yields and incomes and to reduce poverty in Senegal.

Key words: *SAHEL rice varieties-Impact-Poverty-Senegal.*

J.E.L. classification : *C31-I32-Q16*

1. Introduction

Parmi les pauvres du monde (ceux qui vivent avec moins \$1 par jour), 75% vivent dans les espaces ruraux et tirent la majeure partie de leur revenu de l'agriculture et des activités connexes (Banque mondiale, 2008 ; Mendola, 2007 ; Dethier et Effenberger, 2011). Du coup, toute stratégie de réduction de la pauvreté suppose que l'environnement agricole soit transformé pour constituer une source principale de croissance favorable aux pauvres que ce soit au niveau national ou au niveau rural. Dans les pays à faibles revenus, l'agriculture emploie 60% de la population active et représente 25% du PIB¹ (Dethier et Effenberger, 2011). En Afrique, environ 70% des personnes et 80% des pauvres vivent dans les zones rurales et dépendent principalement de l'agriculture pour vivre (Olomola, 2010). L'agriculture constitue la principale source de revenu pour 90% de la population rurale (UNECA, 2005 ; cité par Olomola, 2010). En conséquence, l'intensification et le développement du secteur agricole peut constituer sans conteste un instrument de politique économique pour résoudre la famine et la malnutrition et stimuler le décollage économique des pays en voie de développement².

Avec un taux de pauvreté de 46,7% (ANSD, 2013), le Sénégal est considéré comme pays pauvre avec bien évidemment certaines fragilités (Ndoye *et al.*, 2009) et des difficultés

¹ Ce taux est estimé à 9% pour les pays à revenu intermédiaire et 1% pour les pays à revenu élevés.

²Dethier et Effenberger (2011), l'agriculture permet de générer des revenus et de l'emploi dans les zones rurales et offrir de la nourriture à des prix raisonnables dans les zones urbaines. L'agriculture contribue à la production nationale et emploie la majorité de la population active dans la plupart des pays en développement (Diao *et al.*, 2007).

socioéconomiques. Une caractéristique majeure de cette pauvreté est sa localisation persistante dans les zones rurales où vivent près de 62% des pauvres (Catin *et al.*, 2013). La géographie et l'ampleur du phénomène résultent de la nature et de l'orientation des politiques macroéconomiques mises en œuvre depuis l'indépendance (Boccanfuso *et al.*, 2003). En effet, il a été constaté que le Sénégal, au lendemain de l'indépendance en 1960, a adopté le modèle import substitution³ (Cabral, 2010) et de contrôle de la plupart des prix (del Villar *et al.*, 2011), avec comme corollaire l'orientation des grands investissements vers les villes qui sont aujourd'hui moins touchés par le phénomène (Cissé, 2003 ; cité par Boccanfuso *et al.*, 2003). Ce choix a creusé davantage un fossé important et persistant entre les zones rurales et urbaines en termes de pauvreté⁴. Le Bassin arachidier, avec près de 60% de la population rurale, a reçu moins de 2% des ressources destinées aux investissements structurants le secteur agricole au cours de la période 1988-1995 (PTIP, 1988-1995, cité par Cabral *et al.*, 2009). Du coup, l'économie à base agricole du Sénégal, par sa contribution de l'ordre de 5,85% à la croissance du produit intérieur brut (ANSD, 2013), n'arrête pas de décliner. Qui plus est, la faiblesse de l'investissement privé et public, et le manque de programmes incitatifs accentuent le sous-emploi et aggravent le niveau de pauvreté dans les zones rurales (Fall, 2008). Mieux encore et selon les statistiques nationales⁵, le Sénégal importe en moyenne 64% de ses besoins en céréales, notamment le riz. Pour infléchir cette tendance négative il est impératif de favoriser le développement de l'économie rural où plus de 95% des ménages ruraux travaillent dans l'agriculture qui constitue leur source primaire de revenu (USAID, 2009) et emploie en 2008 environ trois quart de la population active (Stads et Sène, 2011). Toutefois, accroître la productivité agricole n'est chose évidente et dépend de plus en plus de l'adoption de technologies agricoles à haut rendement (Zeller *et al.*, 1998). L'adoption de technologies à haut rendement, tels que les variétés qui ont conduit à la révolution verte en Chine⁶, pourrait conduire à une augmentation significative de la productivité agricole en Afrique et stimuler l'économie de transition vers une économie agro-industrielle à productivité élevée (Banque mondiale, 2008). Plusieurs études montrent que l'adoption de technologies améliorées permet d'accroître la productivité agricole, de surmonter la pauvreté et d'améliorer la sécurité alimentaire (Mendola, 2007 ; Adekambi *et al.*, 2009 ; Diagne *et al.*, 2012 ; Dontsop *et al.*, 2011). Actuellement, il est admis que l'effet de l'extension des surfaces cultivées sur le rendement est insignifiant (Hossain, 1989, cité par Mendola, 2007) et est devenue une source minimale de croissance à l'échelle mondiale et une source négative en Asie et en Amérique Latine (de Janvry *et al.*, 2000). Et quand on regarde l'évolution démographique et les changements climatiques, cette forme de croissance n'est pas viable à long terme⁷. Plusieurs études confirment cette idée et évoquent que la satisfaction des besoins croissants ne peut se faire que par le développement et la dissémination des technologies à haut rendement potentiel, base d'une croissance agricole rapide. En effet, ces technologies

³ Cette stratégie (politique protectionniste) s'est accompagnée de fortes protections tarifaires et de restrictions importantes à l'importation. Les barrières tarifaires ont été augmentées afin de favoriser le développement d'industries manufacturières.

⁴ Cabral (2009) souligne que le milieu rural constitue le foyer de la pauvreté.

⁵ Ministère de l'agriculture, Projet de reconstitution du capital semencier du Sénégal toutes espèces, Document de travail, 2008.

⁶ En Chine, la croissance agricole accélérée –grâce au système de responsabilisation des ménages, à la libéralisation des marchés et à la rapide évolution technologique- a été largement responsable du recul de la pauvreté rurale (de 53% en 1981 à 8% en 2001 (Banque mondiale, 2008).

⁷ L'agriculture doit satisfaire la demande croissante de produits alimentaires mais aussi aider à réduire la pauvreté et la malnutrition de manière écologiquement durable (de Janvry *et al.* 2000).

sont nécessaires et peuvent donc améliorer le bien-être des ménages pauvres et accroître leur revenu (Phiri *et al.*, 2004).

Cependant, les performances techniques d'une technologie, fut-elle en milieu rural, ne suffisent pas pour démontrer son impact sur les performances des adoptants (Honlonkou, 1999 ; cité par Nouhoheflin *et al.*, 2003) et sur le bien-être qui, selon le PNUD (1998), est non seulement la satisfaction du besoin « primaire » d'alimentation, mais également la satisfaction des autres besoins comme l'éducation, la santé, les logements, les facteurs de production, les transports, etc. Les technologies techniquement efficaces peuvent avoir des effets néfastes inattendus comme la distribution inégale des bénéfiques aussi bien entre les exploitations qu'à l'extérieur des exploitations et surtout le genre. Dans le droit fil, Omilola (2009) montre que les nouvelles technologies agricoles ne conduisent pas expressément à la réduction de la pauvreté dans les pays pauvres. En effet, les barrières à l'adoption de la technologie, les dotations initiales des actifs et les contraintes à l'accès au marché peuvent nuire la capacité des plus pauvres à participer aux bénéfiques de la croissance de la productivité agricole (Schneider et Gugerty, 2011). De plus, Suri (2011) observe que l'adoption des technologies nouvelles comporte également des coûts, de sorte que les fermiers ayant des rendements faibles n'adoptent pas les technologies. Ces travaux quelques peu contradictoires sur le rôle déterminant des technologies agricoles en termes de réduction de la pauvreté justifient la nécessité de poursuivre les recherches sur ce sujet. Alors, il est important d'explorer ce sujet pour savoir l'effet apporté par les variétés SAHEL en termes de réduction de la pauvreté au Sénégal. Le reste de l'article est divisé en quatre sections. La deuxième section présente brièvement les caractéristiques potentielles des variétés SAHEL. La troisième section présente la méthodologie retenue pour estimer l'effet de ces variétés sur la pauvreté. La quatrième section présente les différents résultats. Et enfin la section cinq conclut.

2. Caractéristiques potentielles des variétés SAHEL

Le riz⁸ occupe une place stratégique majeure dans les options de politique macroéconomique de l'Etat (Fall, 2005) avec une contribution de 12,8% à la croissance du produit intérieur brut (IFPRI et CORAF/WECARD, 2007 ; cité par Diagne, 2011). Malgré son importance, la demande nationale reste largement satisfaite par les importations⁹ qui s'élèvent aujourd'hui à plus de 175 Milliards de francs CFA et provoquent un déficit de 16% de la balance commerciale (ANSD, 2011). Ces importations affectent également les perspectives de production des céréales traditionnelles avec des conséquences graves sur la sécurité alimentaire, les revenus et la réduction de la pauvreté (Brüntrup *et al.* 2006). Pour briser ce cercle vicieux et lutter contre la faible faiblesse des rendements, l'accent doit désormais être mis sur des technologies¹⁰ améliorées tels que les variétés SAHEL susceptibles d'assurer un développement rapide de la filière riz. Ces variétés ont été introduites en 1994/1995 dans la

⁸ Le riz représente 34% du volume de la consommation céréalière nationale (Fall, 2005) et est considéré par 54% des urbains et environ 18% des ruraux comme aliment de base (Brüntrup *et al.* 2006). Les dépenses des ménages pour le riz sont de l'ordre de 8% à Dakar et les ménages pauvres urbains consacrent 10% de leur revenu pour l'achat de riz (Barris, 2009).

⁹ La production rizicole est estimée à 405 824 tonnes en 2011 et le pays a importé au cours de la même année 804 934 tonnes (ANSD, 2011).

¹⁰ Les riziculteurs de la Vallée utilisaient depuis les années 1970 la JAYA et la IKONG PAO qui ne répondaient pas aux exigences des consommateurs. Fall (2005), observe que la JAYA n'était pas tolérante à la salinité et la longueur de son cycle la disqualifiait pour la double culture et la IKP n'était pas appréciée du fait de la mauvaise qualité de son grain. L'utilisation de ces variétés était un obstacle majeur non seulement à l'amélioration des rendements mais également au développement de la filière riz et à la couverture des besoins nationaux.

Vallée du Fleuve Sénégal par l'ADRAO et l'ISRA à travers des activités de recherche et de partenariat avec les structures de développement et d'encadrement de la riziculture irriguée (SAED, DRDR). Elles proviennent de l'IRRI (Philippines), du Bangladesh et du Nigeria. L'objectif était de créer des variétés à haut rendement et à cycle court permettant la double culture. Cela a nécessité un processus de diagnostic de long terme. D'abord ces variétés ont subi une caractérisation appelée Initial Evaluation Test (IET) où toutes les variétés qui ne répondaient pas à l'environnement ont été éliminées. Environ 200 variétés, il ne restait que 50 à 60 qui ont subi la phase Observationnel Nursery (ON). L'accent est mis dans ce cas sur le rendement, la hauteur, le type de grain etc. Cette étape a permis d'avoir des variétés à cycle court (95 à 110 jours) et à cycle moyen (110 à 125 jours). Ces deux phases durent chacun deux ans. Dans la phase Preliminary Yield Trial (PYT) les 15 à 25 variétés retenues sont semées dans des parcelles de façon répétitives en prenant comme témoin la JAYA et la IKP qui étaient les meilleures variétés en termes de rendement, de stabilité et de qualité et de grain (Fall, 2005) durant cette période. Parallèlement à ce niveau, qui a duré deux ans, ces variétés sont soumises au test de salinité, de qualité de grain et de Rice Garden ou elles ont été semées de Janvier à Décembre. Cet exercice a permis d'avoir des variétés performantes durant l'hivernage et la contre saison. Cette étape sera suivie du Advanced Yield Trial (AYT) où les meilleures sur les 6 à 8 variétés restantes étaient retenues. En collaboration avec l'ISRA, la DRDR, la SAED et les OP un Multi local Variation trial a été organisé dans les zones de Dagana, Podor, Matam et Bakel. Les riziculteurs de la Vallée ont été donc les premiers bénéficiaires du projet de dissémination des variétés SAHEL. Les sites du projet ont été choisis sur la base de leurs potentialités de production, l'intérêt et la motivation démontrée par les riziculteurs. Les avantages potentiels de cette sélection par voie participative (PVS) sont la rapidité avec laquelle les variétés arrivent aux producteurs et l'augmentation des taux d'adoption des nouvelles variétés (AfricaRice, 2010). Les agriculteurs sont en contact avec les nouvelles variétés pour faire une évaluation paysanne et en fonction de leurs préférences sélectionner les meilleures variétés, permettant ainsi aux chercheurs de confirmer leurs résultats. Après toutes ces années de compilation de résultats (8-10 ans) ces variétés ont été finalement approuvées. Cette procédure a été menée par un comité de la DISEM, qui a le pouvoir d'accepter ou de rejeter, sur la base d'un rapport scientifique qui évalue la performance des variétés, les caractéristiques agronomiques. Il s'agit de l'IR 13240 (IRRI), de BW 293 (Bangladesh) et ITA 306 (Nigeria) qui ont pris respectivement les noms d'homologation de SAHEL 108, SAHEL 201 et SAHEL 202. Ensuite des ateliers de restitutions où tous les producteurs sont convoqués ont été organisés pour permettre aux paysans de mieux connaître ces variétés.

Ainsi, en 1994/1995 les variétés SAHEL 108, SAHEL 201 et SAHEL 202 ont été introduites dans la Vallée du Fleuve avec un taux d'adoption de moins 10% (Fall, 2005). Cependant, étant donné que la connaissance et l'accès aux variétés sont des conditions sine qua non pour l'adoption (Diagne, 2006), plusieurs programmes et projets (PNAR, GOANA, (PCE)/RIZ USAID, PAPRIZ, JICA, AFD, etc.,) ont été élaborés pour faciliter la diffusion et enclencher un processus de transformation technologique du secteur rizicole. Actuellement les taux d'adoption des variétés SAHEL sont évalués au Sénégal et dans la Vallée du Fleuve à 50,76% et 92,67% (calcul de l'auteur à partir des données de Rice stat, 2009). En 2007, les variétés Sahel 134, Sahel 159, Sahel 208, Sahel 209 et Sahel 210 ont été homologuées et utilisées par

les paysans de la Vallée du Fleuve. Ces variétés, destinées à la riziculture irriguée, ont un rendement potentiel compris entre 10 t/ha et 12 t/ha (Traoré *et al.*, 2010). Les variétés Sahel 108, Sahel 134 et Sahel 159 ont un rendement potentiel de 10 t/ha, 11 t/ha pour Sahel 201 et 202 et 12 t/ha pour Sahel 208, 209 et 210. Le rendement à l'usinage donne en moyenne 66,29% avec un minimum de 63,5% (Sahel 201) et un maximum de 67,9% pour Sahel 202. Durant l'hivernage ces variétés ont en moyenne un cycle de maturité de 117 jours avec un minimum de 105 jours pour Sahel 108 et un maximum de 126 jours réalisé par Sahel 209. Pour la contre saison ces mêmes variétés possèdent en moyenne un cycle de maturité de 135 jours avec un minimum de 117 jours pour Sahel 201 et un maximum de 145 jours pour Sahel 208. Ces cycles doivent être bien maîtrisés par les producteurs parce qu'ils leur permettent de gagner du temps et de préparer la campagne suivante. Les travaux de Traoré *et al.* (2008) ont passé en revue toutes les caractéristiques agronomiques, morphologiques, organoleptiques et technologiques... de ces variétés. Ils soulignent d'abord que les variétés Sahel sont toutes sensibles à la salinité. Ensuite ces auteurs montrent que les technologies 108 et 201 disposent d'une bonne résistance à la verse¹¹ et aux insectes contrairement aux technologies 159, 208, 209 et 210 qui ont une capacité moyenne face aux insectes et à la verse. Et enfin, les variétés Sahel 202 et Sahel 134 ont une résistance moyenne aux insectes mais disposent d'une bonne résistance à la verse. Des études montrent également qu'en saison des pluies les variétés SAHEL fournissent 10% de plus que les variétés traditionnelles et SAHEL 108 et 11% de plus en contre saison. Du point de vue de la commercialisation, ces variétés en riz entier se négocient à 300 CFA/kg au stade usine, au lieu de 250 CFA pour les autres variétés. D'où un intérêt économique qui permettrait d'améliorer le revenu des riziculteurs et d'échapper à la pauvreté monétaire.

3. Méthodologie

3.1 La structure de l'effet marginal du traitement

En se basant sur l'approche des résultats potentiels¹², posons $y_1 = \mu_1(X, U_1)$ et $y_0 = \mu_0(X, U_0)$ deux variables aléatoires représentant respectivement le niveau du bien-être de l'individu i s'il adopte ($A = 1$) la variété SAHEL ou pas ($A = 0$), où X est un vecteur de variables observées et (U_1, U_0) sont des variables inobservées. Cependant, nous sommes confrontés, dans l'estimation de l'effet causal, au problème d'identification appelé dans la littérature économétrique le « contrefactuel » (Rubin, 1974). En conséquence, nous observons uniquement le résultat suivant :

$$y = y_1A + (1 - A)y_0 \quad (1)$$

Dans le cas de l'adoption de nouvelles technologies, chaque fermier anticipe le gain qu'il obtiendrait avec ou sans l'adoption (Imbens and Angrist 1994). Selon Suri (2011), le choix d'une technologie dépendra sur les caractéristiques inobservés et les facteurs

¹¹ En agriculture, la verse est un accident de végétation touchant certaines cultures, principalement les céréales, mais aussi les légumineuses, le colza, le tournesol) qui se trouvent couchées au sol entraînant le plus souvent une baisse importante du rendement, voir la perte de la récolte.

¹² Ces résultats sont qualifiés de potentiels puisqu'il est impossible de les observer simultanément : si l'un est réalisé, l'autre reste une possibilité théorique : ce que Holland (1986a) appelle le problème fondamental de l'inférence causal, l'effet causal $\Delta = y_1 - y_0$ est inobservable.

macroéconomiques affectant la productivité de la technologie comparée aux technologies traditionnelles. Le producteur étant rationnel, utilise toute l'information relative aux variétés (rendement, cycle de maturité, résistance aux maladies, coûts des nouvelles technologies, préférences des consommateurs, etc.) et procède à une évaluation individuelle qui lui permettra d'adopter ou pas la technologie (Mendola, 2007; Fourgère, 2010). De ce point de vue, l'adoption d'une technologie est volontaire, générant ce qu'on appelle l'auto-sélection. Dans une telle situation (traitement endogène) l'indépendance conditionnelle ou inconditionnelle est une hypothèse irréaliste et par conséquent, l'hypothèse la plus plausible est la « sélection sur les inobservables » (Diagne *et al.*, 2012). C'est pourquoi, pour éliminer à la fois le biais induit par les caractéristiques observables et inobservables et traiter le problème d'endogenéité de la variable traitement le MTE¹³ a été utilisé. Cette approche unifie non seulement la littérature des effets de traitement mais également donne une explication économique consistante du LATE¹⁴.

Ce paramètre (MTE) a été introduit dans la littérature par Björklund et Moffitt (1987). Ils ont inclus hétérogénéité des résultats dans le modèle de base d'auto-sélection pour définir, identifier et estimer le paramètre. Le cadre qu'ils ont utilisé a été généralisé par Heckman et Vytlacil (1999, 2005, 2007a, 2007b) et Heckman (2010). Cependant, la définition et l'identification des effets de traitements et d'autres paramètres d'impact utilisant le MTE nécessite une formulation explicite d'une *équation de sélection* qui détermine les valeurs prises par la variable statut de traitement (Diagne *et al.*, 2012) et spécifie la différence entre les bénéfices et les coûts de l'adoption (Björklund et Moffitt, 1987). Nous avons concrètement dans le cas de l'adoption de technologies améliorées de riz SAHEL l'équation suivante :

$$A = 1[\mu_A(Z) - V_A \geq 0] \quad (2)$$

Où $1[\cdot]$ est une fonction indicatrice prenant la valeur 1 si la quantité entre parenthèse est vraie et 0 sinon, avec Z observé et V^{15} inobservé. L'adoption des SAHEL est donc caractérisée par l'hypothèse de séparabilité additive suivante :

$$\mu_A(Z) \geq V_A \quad (3)$$

Maintenant, supposons que le vecteur aléatoire V est distribuée de façon continue avec une fonction de distribution cumulative F_V . étant donné que F_V est une fonction non décroissante, nous pouvons transformés les deux termes de l'équation (3) sans changer la direction de l'inégalité. En d'autres termes, l'équation (3) est équivalent à :

$$F_V(\mu_A(Z)) \geq U_A \quad (4)$$

Où $U_A \equiv F_V(V)$ une variable aléatoire, uniformément distribué par construction sur l'intervalle $[0,1]$. En appliquant une transformation monotone de l'utilité nette de l'adoption,

¹³ Marginal Treatment Effect en anglais

¹⁴ Local average treatment effect en anglais

¹⁵ La variable V peut être une fonction de (U_0, U_1) . Par exemple dans le modèle original de Roy, μ_0 et μ_1 sont additivement de séparable de U_0 et U_1 , respectivement et $V = -[U_1 - U_0]$. Dans les formulations originales du modèle généralisé de Roy, les équations de résultat sont séparables et $V = -[U_1 - U_0 - U_c]$ où U_c résulte de la fonction de coût.

l'équation de sélection peut également être écrit en termes de A , Z , U_A et de la fonction du score de propension P :

$$A = 1[P(Z) \geq U_A](5)$$

Où $P(Z)$ la probabilité d'adoption (appelé le score de propension) étant donné Z , $P(Z) \equiv \Pr\{A = 1|Z\} = F_V(u_A(Z))$.

Suivant Heckman (2010), il est possible de définir le paramètre MTE,

$$\text{MTE}(x, u) = E(Y_1 - Y_0|X = x, U_A = u)(6)$$

Le paramètre MTE, défini par une espérance conditionnelle, est obtenu indépendamment d'un instrument (Heckman et Vytlacil, 2007b). Il est défini comme étant le revenu moyen de l'adoption pour les individus ayant les caractéristiques observables $X = x$ et inobservables $U_A = u_A$. Pour les individus avec une valeur u_A proche de zéro, le MTE est l'effet prévu du traitement sur des individus qui ont des caractéristiques inobservables qui les rendent plus susceptibles d'adopter les variétés améliorées et qui aurait adopté même si l'utilité $u_A(Z)$ est faible¹⁶.

Pour estimer le paramètre MTE, Heckman et Vytlacil (1999, 2005) ont développé la méthode de la variable instrumentale locale (LIV)¹⁷. Cette méthode est basée sur une estimation de la fonction d'espérance conditionnelle $E(Y|X = x, P(Z) = p)$, où $P(\cdot)$ est la fonction du score de propension. Ils montrent que sous les hypothèses de séparabilité additive et d'identification, le vecteur Z dépend de cette espérance conditionnelle seulement à travers le score de propension qui peut être écrit comme une fonction de x et p . Plus précisément, ils tirent la relation suivante :

$$E(Y|X = x, P(Z) = p) = E(Y_0|X = x) + \int_0^p \text{MTE}(u, x) du \quad (7)$$

En prenant à la fois la dérivée partielle des ces deux parties de l'équation (7) par rapport à p , ils donnent le paramètre MTE comme une dérivée partielle de l'espérance conditionnelle :

$$\text{LIV}(x, P(Z) = p) = \frac{\partial E(Y|X = x, P(Z) = p)}{\partial p} = \text{MTE}(p) \quad (8)$$

Nous constatons que le deuxième terme à droite de l'équation (8) est $AS(p, x)$, la fonction conditionnelle du surplus moyen qui diffère donc de l'espérance conditionnelle $E(Y|X = x, P(Z) = p)$ seulement par une fonction x qui ne dépend pas de p . Par conséquent, nous pouvons retrouver les changements du surplus moyen induit par un changement du score de propension à partir de $P(Z) = p_1$ à $P(Z) = p_2$ après estimation de $E(Y|X = x, P(Z) = p)$ comme suit :

¹⁶ Pour plus d'interprétation sur le MTE voir Heckman et Vytlacil (2005, 2007a, 2007b), Heckman (2010).

¹⁷ Local instrumental variable en anglais

$$AS(p_2, x) - AS(p_1, x) = \int_{p_1}^{p_2} MTE(u, x) du \quad (9)$$

$$= E(Y|X = x, P(Z) = p_2) - E(Y|X = x, P(Z) = p_1)$$

Aussi, à partir des équations (7) et (8) nous pouvons retrouver $LATE(p_1, p_2, x)$ après estimation de l'espérance conditionnelle $E(Y|X = x, P(Z) = p)$ comme suit :

$$LATE(p_1, p_2, x) = \frac{E(Y|X = x, P(Z) = p_2) - E(Y|X = x, P(Z) = p_1)}{p_2 - p_1} \quad (10)$$

L'espérance conditionnelle $E(Y|X = x, P(Z) = p)$ peut être estimée en utilisant des méthodes de régression paramétrique ou non-paramétrique (Heckman, 2010). Une autre approche consiste à utiliser une procédure en deux étapes qui estime la fonction du score de propension $P(z)$ dans une première étape (par une procédure logit ou probit) et utilise le score de propension prédit comme variable explicative, avec le vecteur X pour estimer l'espérance conditionnelle dans une régression paramétrique qui peut impliquer des fonctions polynomiales de p (approche choisie dans cette étude).

3.2 Le modèle de décomposition de la pauvreté

La décomposition d'une population en plusieurs sous-groupes est une démarche importante pour obtenir une estimation quantitative de l'effet d'un changement d'un sous-groupe sur la pauvreté totale, ou de donner la contribution d'un sous-groupe à la pauvreté totale (Foster *et al.*, 1984). Cependant, le choix d'un indicateur, d'un seuil de pauvreté de référence ou d'une mesure de pauvreté utilisée peut provoquer des différences dans la quantification de ce phénomène (Ndoye *et al.*, 2009). Selon Coudouel *et al.* (2002) la mesure de ce phénomène n'est pas chose facile et nécessite la prise en compte de trois éléments : (i) il faut d'abord choisir un indicateur de bien-être compte tenu de données supposées refléter le bien-être des ménages, (ii) ensuite, il faut sélectionner une ligne de pauvreté à laquelle on va comparer l'indicateur choisi, enfin, il faut sélectionner une mesure de pauvreté afin d'obtenir une estimation agrégée de la pauvreté pour la population dans son ensemble, ou pour différents sous-groupes au sein de cette population. Dans cette étude, nous privilégions les indices usuels de pauvreté de Foster *et al.* (1984) pour décomposer les riziculteurs dans les différents états de la pauvreté, en utilisant le revenu global¹⁸ et les seuils de Catin *et al.* (2013) pour mieux prendre en compte les disparités de pauvreté au niveau départemental. L'objectif de cette décomposition est de générer une famille paramétrique de mesures où le paramètre peut être interprété comme un indicateur « d'aversion de la pauvreté » (Foster *et al.* 1984). La formule générique des indices de pauvreté est définie par l'expression suivante :

$$P_\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^q \left(\frac{Z - Y_i}{Z} \right)^\alpha$$

¹⁸ Le revenu global comprend le revenu rizicole, autre revenu agricole, le revenu non agricole et autres revenus.

Où $\alpha \geq 0$ et prend les valeurs 0,1 et 2 pour l'incidence, la profondeur et la sévérité de la pauvreté, respectivement. q = le nombre de personnes avec un revenu inférieur à la ligne de pauvreté. Y_i = le revenu du ménage i , n = la population totale, Z = ligne de pauvreté.

4 Résultats et discussions

4.1 Données et statistiques descriptives

Les données servant à l'analyse sont issues d'une enquête¹⁹ auprès des riziculteurs et des organisations paysannes réalisées par l'ISRA, la DAPS, AfricaRice et l'Agence Japonaise pour la Coopération Internationale (JICA en anglais) dont les travaux de collecte ont lieu en 2009²⁰ et concerne toutes les zones agro-écologiques²¹ du Sénégal. En tenant compte de l'hétérogénéité des zones de production, un processus d'échantillonnage aléatoire à deux étapes a été adopté pour minimiser le biais de sélection. Au premier degré et dans la strate des zones irriguées les villages ou organisations paysannes ont été tirés et au second degré ce sont les exploitants riziocoles qui ont été tirés. Dans la strate des zones non irriguées, les méthodes de tirages employées ont été, au premier degré, un tirage avec remise des villages avec probabilité inégale proportionnellement à leur taille en ménages ruraux et, au second degré, un tirage sans remise avec probabilité égale des ménages riziocoles. La taille totale de l'échantillon avait été calculée et fixée à 200 OP et villages constituant le premier degré. Dans chaque unité tirée au premier degré, 10 producteurs sont enquêtés, ce qui aurait donné un total de 2000 exploitants enquêtés. Mais faute de temps et de moyens, l'échantillon n'a pas été complet dans certaines zones de telle sorte que 1863 producteurs ont été enquêtés. Cela donne un taux de réalisation de 93% qui est néanmoins satisfaisant. Cependant, après nettoyage des données, l'analyse a porté finalement sur 1451 riziculteurs.

Le tableau 1 présente les caractéristiques sociodémographiques des exploitations riziocoles étudiées. Les exploitations riziocoles étudiées sont constituées pour 91,71% d'hommes et 8,3% de femmes. Dans la sous population des adoptants et des non-adoptants les femmes représentent respectivement 10,331% et 6,2%. Au moment de l'enquête, l'âge des exploitations riziocoles étudiées variait entre 20 et 90 avec une moyenne de 53,9($\pm 13,2$) ans, avec une différence statistique significative entre les adoptants et les non-adoptants. La taille moyenne d'une exploitation riziocole familiale est estimée à 10,3($\pm 5,0$) personnes dont 10,0 en moyenne pour les non-adoptants et 10,7 pour les adoptants. Elle s'approche de la moyenne nationale qui est de 10 et confirme les résultats obtenus dans d'autres études (ISRA/BAME, 2008). Il ressort également de l'analyse du tableau que 38,2% des chefs d'exploitations riziocoles ne savent ni lire et écrire. Ce taux est élevé dans la sous population des non-adoptants (40,6%). Parmi ces chefs, 20,6% ont un niveau cours primaire dont 22,5% pour les non-adoptants et 18,7% pour les adoptants. Les non-adoptants exploitants tendent à avoir un

¹⁹ L'objectif de l'enquête est l'amélioration de l'information et des données statistiques riziocoles pour un cadre décisionnel bien informé en matière de Recherche et Développement afin de permettre : (i) la formulation de bonnes stratégies de développement des différentes écologies riziocoles ; (ii) l'accroissement de la contribution du secteur riziocole à l'amélioration des conditions de vie des petits producteurs riziocoles y compris les femmes ; et (iii) l'évaluation de l'impact des changements technologiques, politiques et institutionnels.

²⁰ les travaux de collecte ont duré deux mois pour les zones irriguées à raison d'un mois pour la collecte de données de contre saison et d'un mois pour celle hivernale

²¹ L'enquête s'est déroulée dans toutes les régions productrices de riz à l'exception de la région de Kaolack notamment dans la zone de Niore où un projet en riziculture de bas fonds était en phase de conception pour le compte d'un Groupement de Promotion Féminin (GPF).

taux primaire, moyen et secondaire supérieur à celui des adoptants exploitants avec une différence statistiquement significative.

De plus 92,3% des exploitants rizicoles étudiés sont mariés, 2,6% sont célibataires, 4,8% sont veufs (veuves) et 0,3% sont divorcés. L'agriculture est l'activité principale pratiquée par les riziculteurs étudiés (91,3%), alors que toutes les autres activités confondues n'occupent que 8,7% des enquêtés.

Tableau 1: Caractéristiques socio-économiques suivant le statut d'adoption

Caractéristiques	Adoptants n=737	Non- adoptants (n=714)	Total n=1451	Différence De test
Facteurs sociodémographiques				
Proportion de femmes (%)	10,3(1,1)	6,2(0,9)	8,3(0,7)	-4,1***
Proportion d'hommes (%)	89,7(1,1)	93,8(0,9)	91,7(0,7)	4,1***
Age (moyenne)	52,7(47,6)	55,2(50,1)	53,9(34,7)	2,5***
Taille ménage (moyenne)	10,7(0,2)	10,0(0,2)	10,3(0,1)	-0,7***
Nombre d'années de résidence dans le village	45,1(0,6)	50,7(0,6)	47,9(0,4)	5,6***
Situation matrimoniale				
Marié	93,2(0,9)	91,4(1,0)	92,3(0,7)	1,7*
Célibataire	2,3(0,5)	2,9(0,6)	2,6(0,4)	0,6
Veuf ou Veuve	4,3(0,7)	5,2(0,8)	4,8(0,6)	0,8
Divorcé	0,1(0,1)	0,4(0,2)	0,3(0,1)	0,3
Niveau d'éducation				

% primaire	18,7(1,4)	22,5(1,6)	20,6(1,1)	3,8**
% secondaire	3(0,6)	5,9(0,9)	4,4(0,5)	2,9***
% moyen	1,7(0,8)	1,6(1,2)	7,9(0,7)	0,1
% sans éducation	35,8(1,8)	40,6(1,8)	38,2(1,3)	4,8**
Facteurs institutionnels				
Proportion de riziculteurs en contact avec une institution (SAED, ISRA, AfricaRice)	42,9(1,8)	21,1(1,5)	32,2(1,2)	-21,7***
Proportion de riziculteurs en contact avec CNCAS	7,9(1)	1,8(0,5)	4,9(0,6)	-6,0***
Organisation paysanne	51,3(1,8)	3,8(0,7)	27,9(1,2)	47,5***
Proportion zone(%)				
Zone irriguée	60,1(1,8)	3,92(0,72)	32,7(1,2)	-56,59***
Zone pluviale	39,5(1,8)	96,1(0,7)	67,3(1,2)	56,6***
Activités primaires				
Agriculture	93,2(0,9)	89,4(1,1)	91,3(0,7)	-3,7***
Elevage	0,1(0,1)	0,3(0,2)	0,2(0,1)	0,1
Pêche	0,9(0,7)	0,4(0,2)	0,7(0,2)	-0,5
commerce	0,4(0,2)	0,14(0,1)	0,8(0,1)	-0,3

Note : *,** et * significative au seuil de 1%, 5% et 10%**

Source : Enquête DAPS/ISRA/AFRICARICE/JICA (2009)

4.2 Impact de l'adoption des SAHEL sur la pauvreté

L'impact de l'adoption des variétés améliorées de riz SAHEL sur la pauvreté a été présenté dans le tableau 2. Il ressort de ce tableau que l'adoption des SAHEL réduit l'intensité de la pauvreté de 19%. Dans la sous population des adoptants réels l'impact est de 21% et est statistiquement significatif au seuil de 1%. Dans la sous population des non-adoptants l'impact est estimé à 16%, ce qui signifie qu'il reste toujours dans la population des riziculteurs potentiels dont l'adoption pourrait contribuer significativement à l'amélioration de leurs conditions de vie. Il est clair que le Sénégal dispose des technologies rizicoles (variétés SAHEL) capables de contenir les effets négatifs de la pauvreté en zone rurale. Les variétés SAHEL peuvent donc constituer des facteurs empêchant le basculement dans la pauvreté chronique. A cet égard l'adoption de ces variétés apparaît comme un précieux instrument permettant de prévenir le basculement d'importants pans du monde rural dans l'insécurité alimentaire et la pauvreté. Toutefois, il est important de signaler que l'impact des SAHEL sur la sévérité de la pauvreté n'est pas significatif. Cette situation peut être due au fait que le taux d'adoption des riziculteurs se trouvant dans la sévérité est très faible (3,85%) lié à un accès très faible (4,61%) aux variétés de SAHEL. Un résultat similaire a été trouvé par Suri (2011) qui montre que les pauvres n'adoptent pas les technologies qui génèrent des coûts. C'est justement à ce niveau qu'il faut agir en subventionnant ces variétés car l'impact est significatif dans la sous population des non-adoptants potentiels. Cela signifie qu'il est possible de réduire la sévérité de la pauvreté de 4% au Sénégal si les adoptants potentiels avaient adopté les SAHEL. Ce résultat est intéressant et confirme l'idée selon laquelle le développement et la dissémination des technologies améliorées de riz à haut rendement génèrent des revenus qui permettent aux riziculteurs d'échapper à la pauvreté. En effet, Awotide *et al.* (2011) a montré que l'accès aux semences subventionnées permettrait d'accroître, en moyenne, au Nigéria la production rizicole et le revenu par tête de 18,5% et 2,3%, respectivement. Les résultats ont également montré que l'accès aux semences a permis d'accroître le revenu rizicole de 50220,55 Naira par campagne agricole réduisant ainsi la probabilité de tomber dans la pauvreté.

Tableau 2: Estimations des résultats avec l'approche MTE

Statut de pauvreté	LATE	LATE1	LATE0	PSB
Intensité	-0,19*** (0,033)	-0,21*** (0,037)	-0,16*** (0,036)	-0,02

Profondeur	-0,12*** (0,027)	-0,11*** (0,030)	-0,13*** (0,029)	0,01
Sévérité	-0,02 (0,019)	0,002 (0,022)	-0,04* (0,023)	0,02

Note : Les chiffres entre parenthèses représentent les écarts types. Légende : *p<0,1, **p<0,05 et ***p<0,001. Source : enquête JICA, ISRA, AfricaRice, DAPS, 2009.

Le tableau 3 montre les inégalités de genre engendrées par l'adoption des variétés SAHEL. En effet, dans la sous population des hommes l'adoption des SAHEL a un effet significatif sur l'intensité, la profondeur et la sévérité de la pauvreté alors que dans la sous population des femmes l'impact n'est pas significatif. Cette situation est due au fait que très souvent les femmes n'ont pas accès à la terre et font face à une contrainte financière qui les empêche d'acheter ces variétés améliorées et les intrants nécessaires (taux d'accès et d'adoption des variétés faibles). Il est donc évident et utile pour que le Sénégal soit en mesure d'accélérer le processus de réduction de la pauvreté et atteindre les OMD, de ne laisser au hasard aucune couche de la population en particulier les femmes dont le rôle peut être très déterminant. Le Sénégal doit donc mettre en place des politiques de lutte contre ces inégalités en facilitant aux femmes l'accès à la terre afin de les intégrer dans le processus de production.

Tableau 3: Impact sur quelques groupes de la population

Statut de pauvreté	Sous groupes	LATE	LATE1	LATE0	PSB
Intensité	Homme	-0,21*** (0,035)	-0,24*** (0,039)	-0,17*** (0,037)	-0,031
	Femme	0,016 (0,107)	0,003 (0,109)	0,040 (0,112)	-0,012

	Vallée	-0,26*** (0,047)	-0,26*** (0,047)	-0,17*** (0,046)	-0,001
	Basse Casamance	-0,17*** (0,039)	-0,22*** (0,040)	-0,15*** (0,040)	-0,052
	Moyenne Casamance	-0,16*** (0,041)	-0,05 (0,088)	-0,16*** (0,041)	0,114)
	Sud ouest bassin arachidier	-0,19*** (0,035)	-0,18*** (0,036)	-0,22*** (0,042)	0,012
Profondeur	Homme	-0,13*** (0,028)	-0,12*** (0,032)	-0,14*** (0,031)	0,008
	Femme	-0,07 (0,089)	-0,05 (0,096)	-0,10 (0,083)	0,018
	Vallée du Fleuve	-0,10*** (0,038)	-0,10*** (0,038)	-0,12** (0,042)	0,000
	Basse Casamance	-0,104*** (0,033)	-0,101*** (0,035)	-0,105*** (0,034)	0,002
	Moyenne Casamance	-0,18***	-0,12*	-0,18***	0,061

	Sud Ouest Bassin Arachidier	(0,033) -0,13*** (0,029)	(0,069) -0,11*** (0,030)	(0,033) -0,18*** (0,035)	0,018
Sévérité	Homme	-0,017 (0,020)	0,001 (0,022)	-0,04* (0,023)	0,018
	Femme	-0,014 (0,077)	0,01 (0,083)	-0,062 (0,073)	0,023
	Vallée du Fleuve	0,016 (0,027)	0,017 (0,028)	-0,01 (0,033)	0,000

Note : Les chiffres entre parenthèses représentent les écarts types. Légende : * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$ et *** $p < 0,001$. Source : enquête JICA, ISRA, AfricaRice, DAPS, 2009.

5. Conclusion et recommandations

Compte tenu de la nature non expérimentale des données utilisées dans l'analyse, associée aux problèmes d'endogénéité et des comportements non-compliance de certains agriculteurs et d'unifier la littérature sur les effets du traitement et de donner un contenu économique explicite du LATE, le modèle de l'effet marginal du traitement (MTE) a été utilisé. Cette approche a été utilisée pour tenir compte des facteurs (observables et inobservables) qui peuvent influencer nos résultats. Les résultats suggèrent la présence d'un biais dans la répartition des variables entre les adoptants de groupe et non-adoptants, ce qui indique que la comptabilisation des biais de sélection est une question importante. De façon générale, les résultats montrent que les programmes d'intervention destinés à vulgariser les variétés de riz à haut rendement pour les zones à taux élevés de pauvreté sont donc des instruments de politique raisonnable pour augmenter les revenus dans ces zones, même si des mesures complémentaires sont nécessaires.

En liaison avec les principaux résultats de cette étude, il est recommandé :

- De fonder la lutte contre la pauvreté rurale sur l'adoption de technologies à haut rendement comme les SAHEL.
- L'accès aux semences de bonne qualité étant une condition sine qua non à l'adoption, il faut, pour assurer une amélioration durable de la production nationale, promouvoir l'utilisation de la semence de qualité et sécuriser la production de semences certifiées.
- Il est noté que toutes les variétés SAHEL n'ont pas la même probabilité d'adoption par les riziculteurs. Certaines variétés SAHEL sont plus préférées que d'autres (comme la SAHEL 108). Par conséquent, les études d'adoption future des SAHEL devraient essayer d'identifier les variétés SAHEL qui ont une forte probabilité d'adoption afin de multiplier et de diffuser massivement ces variétés.

Références bibliographiques

- Abadie A. (2003), «Semi-parametric Instrumental Variable Estimation of Treatment Response Models», *Journal of Econometrics* 113, 231-263.
- Adékambi, S., Diagne, A., Simtowe, F., Kinkingnihoun, M. F., et Biaou, G. (2009), The Impact of Agricultural Technology Adoption on Poverty: The case of NERICA rice varieties in Benin, International Association of Agricultural Economists, Conference, August 16- 22, 2009, Beijing, China, 16p.
- ANSD (2011), Note d'analyse du commerce extérieur, 96p.
- ANSD (2013), Deuxième enquête de suivi de la pauvreté au Sénégal (ESPS-II, 2011), Rapport définitif 2013, 191p.
- ANSD (2014), Le produit intérieur brut (PIB)-BASE 1999. Quatrième trimestre, Mars 2014.
- Attanasso, M. O. (2004), «Analyse des déterminants de la pauvreté monétaire des femmes chefs de ménage au Bénin», *Mondes en Développement*, 4(128), 41-63.
- Awotide, B. A., Awoyemi, T. T., Diagne, A., Ojehomon, V. (2011), «Impact of access to subsidized certified improved rice seed on income: evidence from rice farming households in Nigeria», *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 02(12), 43-60.
- Banque Mondiale (2008), Rapport sur le développement dans le monde 2008 : l'Agriculture au service du développement, 394p.
- Baris, N. G. P. (2009), Etude de la compétitivité du riz de la Vallée du Fleuve Sénégal (VFS) sur les marchés nationaux et régionaux, Rapport définitif 01 octobre 2009.
- Boccanfuso, D., Cabbral, F., Cissé, F., Diagne, A., Savard, L. (2003), «Pauvreté et distributions de revenus au Sénégal : une approche par la modélisation en équilibre général calculable micro-simulé», Cahier de recherche/Working paper 03-33.
- Björklund, A and Moffitt, R., (1987), «The estimation of Wage Gains and Welfare Gains in Self-Selection», *Review of Economics and Statistics*, 69(1), 42-49.
- Brüntrup, M., Nguyen, T., et Kaps, C. (2006), « Les pays importateurs de produits alimentaires et le commerce mondial libéralisé : le marché du riz au Sénégal », *Agriculture et Développement Rural*, 1, 23-26.
- Cabral, F. J., Cissé, F., et Diagne, A. (2009), «Croissance agricole et options d'investissements pour la réduction de la pauvreté au Sénégal. Quelle perspective pour

- la grande offensive agricole pour la nourriture et l'abondance (GOANA)» ? CRES, MA, DAPS, Rapport final, 71p.
- Cabral, F. J. (2010), «Is the Senegalese accelerated growth strategy pro-poor»? *Journal of Economics and International Finance*, 2(8), 144-155.
- Catin, M., Hazem, M., et Sy, I. (2013), «Disparités régionales de pauvreté au Sénégal et déterminants : un modèle économétrique spatial », Cahiers du LEAD 2013-1. Communication présentée au XXVIIIe Journées de l'Association Tiers-Monde, Orléans, juin, 2012, 16p.
- Coudouel, A., Hentschel, S. J., et Wodon, T. Q. (2002), *Mesure et Analyse de la pauvreté*, Chapitre 1, 56p.
- De Janvry, A., Graff, G., Sadoulet, E., et Zilberman, D. (2000), «Technological Change in Agriculture and Poverty Reduction», Concept paper for the WDR on Poverty and Development 2000/01.
- De Janvry, A. et Sadoulet, E. (2009), *Agricultural Growth and Poverty Reduction: Additional Evidence*, The World Bank Research Observer, 20p.
- Del Villar, P. M., Bauer, J. M., Maiga, A., Ibrahim, L. (2011), *Crise rizicole, évolution des marchés et sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest*, 61p.
- Dethier, J. J. et Efferberger, A. (2011), «Agriculture and development: a brief review of the literature», Policy Research Working Paper WP5553. Washington D.C: World Bank.
- Diagne, A. (2006), «Diffusion and adoption of NERICA rice varieties in Côte d'Ivoire», *The Developing Economics*, XLIV-2 (juin 2006), 208-31.
- Diagne, A. (2011), *Quelles perspectives pour un marché régional du riz ? Vers une politique commerciale régionale conforme aux objectifs de développement et de sécurité alimentaire. Quels impacts pour l'agriculture malienne?* 31p.
- Diagne, A., Dontop-Nguezet, P. M., Kinkingninhou-Medgabé, F. M., Alia, D., Adégbola, P. Y., Coulibaly, M., Diawara, S., Dibba, L., Mahamood, N., Mendy, M., Ojehomon, V. T., et Wiredu, A. N. (2012), «The impact of adoption of NERICA rice varieties in West Africa», SPIA Pre-conference workshop; 28th IAAE conference, Foz do Iguaçu, Brazil, August 18, 2012. 58p.
- Diao, X., Fekadu, B., Haggblade, S., Taffesse, A. S., Wamisho, K., et Yu, B. (2007), «Agricultural Growth Linkages in Ethiopia: Estimates using Fixed et Flexible Price Models», International Food Policy Research Institute Discussion Paper No. 00695.
- Dieng, A., Sagna, M., Babou, M., Dione, F., Diallo, B. (2011), *Analyse de la compétitivité du riz local au Sénégal*, PRESAO, Résumé n°1, 2011-2012, 9p.
- Dontop-Nguezet, P. M., Diagne, A., Okoruwa, V. O. and Ojehomon, V. (2011), «Impact of Improved Rice Technology (NERICA varieties) on Income and Poverty among Rice Farming Household in Nigeria: A Local Average Treatment Effect (LATE) Approach», *Quarterly Journal of International Agriculture*, 50(3), 267-291.
- DPS (2004), *Rapport de Synthèse de la Deuxième enquête Sénégalaise aux près des Ménages (ESAM II)*, Juillet 2004, 260p.
- Fall, A.A. (2005), «Impact Economique de la Recherche Rizicole au Sénégal et en Mauritanie» in *Revue Agronomie Africaine*, CORAF, Numéro Spécial (5), ISSN n°1015-2288, pp. 53-6, décembre.

- Fall, A. A. (2008), Impact du crédit sur le revenu des riziculteurs de la Vallée du Fleuve Sénégal, Thèse de Doctorat de troisième Cycle, Ecole Nationale d'Agronomie de Montpellier, Université de Montpellier I, 341p.
- Foster, J., Greer, J., Thorbecke, E. (1984), «A class of decomposable poverty measures», *Econometrica*, 52(3), 761-776.
- Fougère, D. (2010), «Les méthodes économétriques d'évaluation», *Revue Française des Affaires Sociales*, n°1-2, 105-128.
- Heckman, J. J., and Vytlacil, E. J. (1999), «Local instrumental variables and latent variable model for identifying and bounding treatment effects», *Economics Sciences*, 96, 4730-4734.
- Heckman, J. J., and Vytlacil, E. J. (2005), «Structural Equations, Treatment effects and Econometric Policy Evaluation», *Econometrica*, 72(3), 669-738.
- Heckman, J. J., and Vytlacil, E. J. (2007a), Econometrics Evaluation of Social Programs, Part I: Causal Models, Structural Models and Econometric Policy Evaluation, In Handbook of Econometrics, Volume 6B, ed. James J Heckman and Edward E Leamer, 4779-4874, Amsterdam and Oxford, Elsevier, North-Holland.
- Heckman, J. J., and Vytlacil, E. J. (2007b), Econometrics Evaluation of Social Programs, Part II: Using the Marginal Treatment to Organize Alternative Economics Estimators to Evaluate Social Programs and to Forecast Their Effect in New Environment, In Handbook of Econometrics, Vol .6B, ed. J.J. Heckman and E. Leamer, 4875-5144. Amsterdam: Elsevier.
- Heckman, J. J. (2010), «Building Bridges between Structural and Program Evaluation Approaches to Evaluating Policy», *Journal of Economic Literature*, 48(2), 356-398.
- Imbens, G., and Angrist, J. (1994), «Identification and estimation of local average treatment effects», *Econometrica*, 62, 467-75.
- ISRA/BAME. (2008), Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales, Tome I : Vallée du Fleuve Sénégal, 38p.
- Johnston, B. F. and Mellor, J. W. (1961), «The role of agricultural in economic development», *American Economic Review*, 51, 566-93.
- Ministère Agriculture et de l'Élevage-MAE (2008), Programme Nationale d'Autosuffisance en riz à l'horizon 2015, janvier.
- Mendola, M. (2007), «Agricultural technology adoption and poverty reduction: A propensity –score matching for rural Bangladesh», *Food Policy*, 32, 372-393.
- Ndoye, D., Adoho, F., Backiny-Yetna, P., Fall, M., Ndiaye, P. T., et Wodon, Q. (2009), «Tendance et Profil de la Pauvreté au Sénégal de 1994 à 2006», *Perspective Afrique*, 4(1-3), 1-29.
- Nouhoeflin, T., Coulibaly, O., and Adegbedi, A. (2003), Impact des nouvelles technologies de culture du niébé sur la production, les revenus et leur distribution au Bénin, Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun, 6p.
- Olomola, A. S. (2010), «Enhancing productivity, income and market access of rural producers in Africa: the case of contract farming in Nigeria», Paper presented at the Inaugural National Science Foundation (NSF) Joint Workshop of the African Economic Research Consortium (AERC) and the International Growth Centre (IGC) held in Mombassa, Kenya.

- Omilola, B. (2009), «Estimating the Impact of Agricultural Technology on Poverty Reduction in Rural Nigreria», IFPRI Discussion Paper 00901.
- Phiri, D., Franzel, S., Mafongoya, P., Jere, I., Katanga, R., and Phiri, S. (2004), «Who is using the new technology? The association of wealth status and gender with the planting of improved tree fallows in Eastern Province, Zambia», *Agricultural Systems*, 79(2), 131-144.
- PNUD. (1998), Human Development Report, Ed. Economica. Paris.
- Rosenbaum, P. R. and Rubin, D. B. (1983), «The central role of the propensity score in observational studies for causal effects», *Biometrika*, 70 (1), 41–55.
- Schneider, K. et Gugerty, M. K. (2011), «Agricultural productivity and poverty reduction: linkages and pathways», *The Evans School Review*, 1(1), 56-74.
- SNV (2013), Promouvoir la sécurité alimentaire en Afrique de l’Ouest et du Centre. Notes de pratiques SNV, n° 6, Mai 2013, 7p.
- Stads, G. J. et Sène, L. (2011), SENEGAL: Private Agricultural Research and Innovation, IFPRI, ASTI, RUTGERS, country note 2011, 4p.
- Suri, T. (2011), «Selection and Comparative Advantage in Technology Adoption», *Econometrica*, 79(1), 159-209.
- Traoré, K., Bado, V. B., et N’Diaye, M. K. (2010), Fiches Descriptives des Variétés de riz. Centre du Riz pour l’Afrique, Station Régionale pour le Sahel, 53 p.
- USAID (2009), La chaîne de valeur : options stratégiques pour la relance de la filière semencière du Sénégal, USAID/Projet Croissance Economique.
- Zeller, M., Minten, B., Lapenu, C., Ralison, E., et Randrianarisoa, C. (1998), Les liens entre croissance économique, réduction de la pauvreté, et durabilité de l’environnement en milieu rural à Madagascar. Synthèse du Cahier de la Recherche sur les Politiques Alimentaires, No. 19, Juillet 1998, IFPRI/FOFIFA, Antananarivo.