

Déterminants des pratiques maraîchères et effets sur le revenu des ménages de riziculteurs au Bénin

Michel AHOHOUNKPANZON^{1,2} - Wilfried Gnipabo YERGO^{1,3}

¹ Faculté des Sciences Economiques et de Gestion - Université d'Abomey-Calavi

² E-mail : ahohoun@yahoo.fr

³ E-mail : w.yergo@gmail.com

Résumé : Avec les difficultés que connaît la filière coton, l'Etat béninois a entrepris une politique de soutien à la diversification du portefeuille d'activités des ménages ruraux afin de les prémunir contre les risques de pauvreté et d'insécurité alimentaire. Certaines filières agricoles stratégiques comme le riz et les cultures maraîchères connaissent de ce fait un intérêt soutenu. Cette étude se propose d'identifier les déterminants de « la diversification riz-cultures maraîchères » et d'évaluer le gain de revenu qu'elle induit pour les ménages dans les systèmes de production agricole au Bénin. Le modèle logit du « *propensity score* » a été utilisé pour analyser les déterminants de la diversification tandis que les modèles du « *Average Treatment Effect* » et du « *Local Average Treatment Effect* » sont utilisées pour évaluer l'impact de cette diversification sur le revenu agricole net des ménages. Les résultats montrent que la main-d'œuvre familiale, l'accès au crédit, la participation à une formation agricole et la présence d'oiseaux sur le champ sont les principaux déterminants de la diversification des sources de revenus avec un impact positif sur le revenu agricole net des riziculteurs compris entre 93 500 FCFA et 114 700 FCFA.

Mots-clés : Riziculture-Cultures maraîchères-Diversification agricole-Evaluation d'impact
Classification JEL : Q11 - Q12 - Q16.

Determinants of vegetable crops practices and effects on the income of rice farming households in Benin

Abstract: *With the serious difficulties affecting the cotton sector, the Benin government has undertaken a policy to support the diversification of the portfolio activities of rural households in order to protect them from risks of poverty and food insecurity. Certain strategic agricultural sectors such as rice and vegetable crops are therefore enjoying sustained interest. This study aims to identify the determinants of diversification and isolate the impact of diversification on income of households in rice production systems. Logit model of the propensity score was used to analyze the determinants of diversification while Average Treatment Effect and Local Average Treatment Effect models are used to assess the impact of diversification on net farm income of households. The results show that family labor, access to credit, participation in agricultural training and the presence of birds in the field are the main determinants of the diversification of sources of income with a positive impact on the net agricultural income of rice farmers between 93,500 FCFA and 114,700 FCFA.*

Key words: *Rice – Vegetables - Agricultural diversification - Impact evaluation.*

JEL Classification: *Q11 - Q12 - Q16.*

Received for publication: 20150712.

Final revision accepted for publication: 20190513

1. Contexte

Au Bénin, le secteur agricole occupe environ 48 % des actifs et contribue à plus de 36% à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB). Il fournit plus de 80% des recettes officielles d'exportation du pays dont 40% proviennent de la culture du coton. Mais, cette culture, au cours des années 2000, a enregistré des contre-performances liées d'une part à la baisse des cours du coton sur le marché mondial et d'autre part à la baisse de sa production. Ceci a contribué à une chute drastique de la croissance économique qui est passé de 6,6 % en 2002 à 3,0 % seulement en 2005. De plus, les productions vivrières diversifiées (sorgho, maïs, riz, manioc, etc.) qui permettent de couvrir plus de 85 % des besoins alimentaires nationaux sont menacées par des aléas climatiques avec pour conséquence des menaces d'insécurité alimentaire (Bénin, 2011 ; SNDR, 2010).

Dans ce contexte, l'approvisionnement de la population en denrées alimentaires, aussi bien du point de vue quantitatif que qualitatif, constitue l'un des problèmes les plus pressants. Or, comme la plupart des pays africains, le Bénin dépend principalement de l'agriculture. Relever ce défi est devenu une priorité pour le pays avec l'adoption du Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole en 2011. En effet, la diversité agro-écologique du pays offre à chacune des régions un énorme potentiel productif. Malheureusement, la production agricole est pluviale de telle sorte que – sans irrigation – elle ne peut avoir lieu toute l'année (Bénin, 2011).

Le Bénin a opté pour la diversification du secteur agricole à travers plusieurs filières porteuses telles que le riz et les cultures maraîchères. Au Bénin, les actions de promotion de la riziculture sont de plus en plus initiées à travers la réalisation des travaux d'aménagement de bas-fonds, la construction de périmètres irrigués et la diffusion des variétés de riz Nerica. Elles méritent d'être intensifiées pour saisir les opportunités de marché liées à la flambée des prix des denrées de grande consommation et consolider les stocks de sécurité alimentaire (Bénin, 2011, INSAE, 2009).

Quant aux cultures maraîchères constituées d'une part, des cultures traditionnelles de plein champ telles que la tomate, le piment, l'oignon, le gombo et d'autre part, les légumes feuilles, les cultures exotiques pratiquées dans les zones urbaines et périurbaines (carotte, chou, laitue, concombre, poireau, haricot vert, etc.), elles sont pratiquées dans toutes les régions du Bénin, sur les plateaux, dans les plaines alluviales, dans les vallées et les bas-fonds. Elles jouent un rôle important dans l'alimentation des populations et contribuent à la prévention des maladies dues aux carences en micronutriments.

Cependant, le niveau de production (293 707 tonnes en 2007-2008) pour la tomate, le piment, le gombo, l'oignon et les légumes feuilles n'arrive pas à couvrir les besoins qui de ce fait sont compensés par des importations. De plus, certains légumes de grande consommation comme le gombo, le piment, la tomate et l'oignon connaissent une production saisonnière qui ne garantit pas la disponibilité en toutes saisons avec pour conséquence une forte spéculation sur les prix. Au nombre des contraintes qui

entravent la production des cultures maraîchères figurent l'insécurité foncière, la non-maîtrise des ravageurs et des maladies, la faible maîtrise de l'eau, les difficultés de conservation et le faible niveau d'organisation des acteurs de la filière.

Les principaux objectifs de cette étude sont de cerner les déterminants de la diversification riz-cultures vivrières chez les ménages de riziculteurs au Bénin et d'évaluer son impact sur le revenu agricole des ménages concernés. La section 2 présente les enjeux de la diversification. La méthodologie de recherche est exposée à la section 3. Les résultats sont présentés et discutés à la section 4. La section 5 conclut.

2. Enjeux de la diversification

La diversification agricole peut être définie comme l'introduction ou le développement, dans une exploitation agricole, de spéculations additionnelles aux spéculations existantes. Pour de nombreux ménages ruraux, la diversification des sources de revenu apparaît comme une stratégie de survie. On peut distinguer trois objectifs dans les processus de diversification : la diversification pour la subsistance en situation de risque sur l'environnement, la diversification pour le marché et la diversification pour des objectifs sociaux (Moustier, 1997 ; Moustier et Malezieux, 2005). Plusieurs études ont montré en général que la diversification des cultures sur les terres rizicoles est déterminée par un ensemble de facteurs. En effet, Pitipunya (1995) identifie la main-d'œuvre familiale, la disponibilité en eau, l'expérience dans le commerce, le niveau d'éducation et des informations obtenues par l'agriculteur comme les principaux déterminants de la diversification de l'exploitation des terres rizicoles aux profits des légumes. Pour Seetisarn (1977), le facteur le plus important qui influe sur les formes existantes de culture dans la vallée de Chiang Mai (Thaïlande) a été la disponibilité de l'eau. Matsuda (1990) et Matsuda et Igata (1993) ont souligné que l'eau est une condition clé déterminant la diversification sur des terres rizicoles en Thaïlande et aux Philippines. Ce même résultat a été confirmé dans les modes de culture dans les zones semi-arides de l'Inde par Jodha (1977). Enfin Jahroh et Fujimoto (2010) ont identifié l'eau, la main-d'œuvre familiale, le fumier comme engrais, le niveau de connaissance, les moyens d'accessibilité au marché et le revenu comme facteurs influençant la diversification dans les villages Tambak Boyo et Karang Sar en Indonésie.

Sur le plan de la rentabilité, des études menées au Bénin sur des systèmes de cultures associant riz et cultures maraîchères ont montré que tous les systèmes de cultures sont financièrement rentables. En effet, selon Adetonah et Coulibaly (2010), la diversification des cultures avec l'utilisation de variétés améliorées augmente la productivité et les revenus des producteurs de riz et de légumes. Ces mêmes résultats ont été confirmés par Adégbola et Oloukoï (2010) sur l'état des lieux des chaînes de valeurs cibles dans les bas-fonds dans la région Mono-Couffo (Sud-Est du Bénin).

Sur le plan agronomique, la couverture plus rapide et plus complète du sol que les cultures maraîchères favorisent augmente à la fois la productivité de la terre et celle du travail. En effet, cette couverture permanente a pour effet entre autres de protéger le sol contre l'érosion, d'augmenter l'infiltration des eaux de pluie, de réduire les variations

de température du sol, de créer un environnement favorable au développement de l'activité biologique, et de maintenir la structure du sol.

Sur le plan de la conservation de l'environnement et du sol, grâce à la différence entre les systèmes racinaires des plantes utilisées, la diversification des cultures opère comme une pompe biologique dans la mesure où elle permet de remonter et de recycler les éléments minéraux situés dans les couches profondes du sol. Cette fonction est importante pour freiner les fuites hors système cultivé et pour restaurer les sols pauvres afin d'améliorer leurs productivités. La rotation culturale permet aux racines de sécréter différentes substances organiques qui attirent une diversité de bactéries et de champignon, ce qui permet une diversification de la faune et de la flore. Les diversifications culturales sont importantes pour la lutte phytosanitaire dans la mesure où elles permettent de casser la chaîne de transmission des pathologies spécifiques à certaines espèces végétales (FAO, 2012).

3. Méthodologie

3.1. Données collectées

Les données utilisées pour cette étude sont issues de l'enquête rizicole 2009-2010 réalisée par AfricaRice et l'Institut National des Recherche Agricoles du Bénin (INRAB). L'enquête a été réalisée dans 61 Communes sur les 77 que compte le Bénin. Ces Communes sont, en effet, des zones de production de riz. Au total, 1255 riziculteurs répartis dans 244 villages ont été enquêtés. Un effectif de 202 riziculteurs dont 141 maraîchers qui pratiquent les cultures maraîchères dans les écosystèmes du riz et 61 non-maraîchers a été retenu pour cette étude (INRAB, 2011.).

3.2. Méthode d'analyse

3.2.1. Étude des déterminants

Pour analyser les déterminants de la diversification riz - cultures maraîchères, le modèle Logit a été utilisé. La variable dépendante est le logarithme népérien des Odds ratio :

$$OR(x_i) = \frac{P_i}{1 - P_i} = \frac{P(Y_i = \frac{1}{x_i})}{P(= \frac{0}{x_i})} = e^{x_i \beta} \quad (1)$$

Le P_i est la probabilité qu'une exploitation donnée face le choix de la diversification. Le modèle empirique est défini comme suit :

$$\ln \left(\frac{P_i}{1 - P_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n \quad (2)$$

Avec P_i : La probabilité pour que le riziculteur i fasse de la diversification riz - cultures maraîchères ; β_0 : constante; β_i : Coefficient des variables explicatives ; X_i : Variables explicatives. En outre, les effets marginaux ont également été calculés afin de déterminer les effets quantitatifs des variations des variables indépendantes sur la diversification.

Les variables explicatives suivantes sont retenues dans le modèle pour analyser les facteurs déterminants *la diversification riz - cultures maraîchères* : (i) **le niveau d'instruction du chef de ménage** : Le niveau d'instruction accroît la capacité de compréhension de l'information concernant la nouvelle technologie (Feder et al. 1985). On s'attend donc à un effet positif de l'éducation sur le choix de la diversification ; (ii) **la main d'œuvre familiale** : Pour justifier l'influence conjointe du nombre de personnes à nourrir et la nature de la main-d'œuvre disponible pour l'exploitation compte tenu de l'apport de la main-d'œuvre dans la production. En effet, les grands ménages adoptent plus facilement une nouvelle technologie que les petits ménages, surtout si elle requiert une main-d'œuvre importante. Une relation positive entre la main-d'œuvre familiale et la diversification est attendue ; (iii) **formation agricole (avoir bénéficié d'une formation agricole)** : cette variable est introduite dans le modèle car le niveau d'instruction des riziculteurs étant en générale faible, participer à une formation agricole pourrait améliorer le niveau de productivité de ces derniers ; le signe attendu est positif (Pitipunya, 1995) ; (iv) **accès au crédit (pour la riziculture)** : l'accès au crédit permet de desserrer les contraintes financières qui pèsent souvent sur les producteurs pour l'acquisition de certains facteurs de production (12) ; ainsi, une difficulté d'accès au crédit pourrait influencer le choix des cultures maraîchères ; un signe positif est attendu ; (v) **contrainte liée à la main d'œuvre salariée** : la main-d'œuvre est l'un des facteurs importants entrant dans le processus de production ; elle a une influence sur la prise de décision du chef d'exploitation ; aussi, à cause de son coût élevé, une contrainte liée à la main-d'œuvre salariée peut décourager le riziculteur ; un signe négatif est donc attendu ; (vi) **contraintes liées aux oiseaux ravageurs** : les oiseaux ravageurs font partie des difficultés rencontrées par les riziculteurs ; ainsi, cette variable est retenue afin de voir si elle est un facteur qui influence le choix du chef d'exploitation.

3.2.2. Étude d'impact sur le revenu

Considérons un ménage rizicole i qui a pratiqué les cultures maraîchères. L'impact qu'on cherche à mesurer est "*la différence*" entre le revenu agricole au niveau de ce ménage et ce qu'il aurait obtenu s'il n'était pas maraîcher. Malheureusement, on ne peut observer le revenu que le ménage aurait eu s'il n'avait pas adopté les cultures maraîchères. Inversement, s'il ne les avait pas adoptés, ses caractéristiques d'adoptant seront aussi inobservables. C'est le contrefactuel (Rosenbaum et al.1983) et l'impossibilité de l'observer qui représente le problème fondamental de l'évaluation d'impact (Heckman, 2010). Pour résoudre ce problème, deux approches sont proposées par les théories de l'évaluation d'impact, à savoir, l'approche dite "naïve" et l'approche statistique et économétrique (Diagne, 2009).

Il sera question dans cette étude d'évaluer l'impact par l'approche statistique et économétrique basée sur le contrefactuel car l'estimateur de l'approche dite "naïve" est potentiellement biaisé et ne prend pas en compte les caractéristiques socio-économiques des riziculteurs (Angrist et al.1996 ; Heckman , 1990; Diagne, 2009 ; INRA et al., 2011). L'approche statistique et économétrique basée sur le contrefactuel permet l'estimation de certains paramètres d'intérêt tels que : (i) l'ATE : « Average Treatment Effect » (Effet moyen du traitement) ; il mesure l'impact moyen de l'adoption de la technologie dans la population ; il représente également l'impact espéré sur une personne sélectionnée de façon aléatoire au sein de la population (Moffitt,1991); (ii) l'ATE1 : « Average Treatment Effect on Treated » (Effet moyen du traitement sur les traités) ; il détermine l'impact moyen de l'adoption de la technologie dans la sous-population des Traités ; c'est également l'impact sur une personne sélectionnée de façon aléatoire au sein de la sous-population des Traités. (iii) ATE0 : « Average Treatment Effect on non-Treated » (Effet moyen du traitement sur les non-traités). C'est l'impact moyen de l'adoption de la technologie dans la sous-population des non-traités. C'est également l'impact sur une personne sélectionnée de façon aléatoire au sein de la sous-population des non-traités. (iv) LATE: « Local Average Treatment Effect » : il peut être traduit littéralement comme l'effet moyen localisé du traitement. Wooldridge (2002) le définit comme l'impact moyen d'un traitement pour les individus dont la participation devient effective à la suite d'un changement significatif d'un ou des déterminants de cette participation.

Compte tenu du problème de l'impossibilité d'observer le contrefactuel en matière d'évaluation d'impact, l'estimation des paramètres cités ci-dessus est difficile à moins de faire usage d'un artefact statistique ou économétrique. Pour pallier ce problème et avoir des résultats plus fiables, plusieurs méthodes sont proposées dans la littérature telle que la méthode expérimentale et la méthode non-expérimentale. La méthode expérimentale consiste à réunir un groupe de personnes acceptant de participer à l'expérience et de les assigner de façon aléatoire en deux groupes : les bénéficiaires et les non bénéficiaires. Les participants à l'expérience ayant été choisis au hasard, toutes les différences avec les non participants sont imputables au traitement. Pour cette raison, les approches expérimentales sont généralement considérées comme étant les plus fiables (estimation non biaisées) et donnant les résultats les plus faciles à interpréter (Cochrane et al. 1973). Toutefois, dans le cas des phénomènes sociaux, l'utilisation de cette méthode pose des problèmes d'éthique (Diagne, 2003).

Les économistes utilisent alors essentiellement l'approche non expérimentale en se basant sur les théories économiques et économétriques pour guider l'analyse et minimiser les erreurs potentielles dans l'estimation des impacts (Diagne, 2003). En effet, les conceptions non-expérimentales sont utilisées lorsqu'il n'est pas possible de sélectionner un groupe de contrôle pour la comparaison. Les paramètres peuvent être exprimés par les méthodes semi-paramétriques ou paramétriques. La méthode semi-paramétrique est fondée sur l'hypothèse d'indépendance conditionnelle (Robins, et al. 1995). Cette hypothèse suppose que l'adoption A_i et le couple (y_1, y_0) sont indépendants l'un de l'autre étant donné les caractéristiques observables X_i . Cette

approche est utilisée pour réduire le biais dû au problème du contrefactuel. Ainsi, l'estimation de l'impact sera faite à travers les estimateurs ATE, et ATE1 suivant les formules de Wooldridge (2002) :

$$ATE = \frac{y(w - p(x))}{p(x)(1 - p(x))} \quad (3)$$

$$ATE1 = 1/(p(w = 1)E((y(w - p(x)))/(1 - p(x))) \quad (4)$$

Avec $p(x)$: la probabilité conditionnelle de faire les cultures maraîchères ou score de propension (*propensity score*) ; w : est le statut maraîcher de l'individu ; $w=1$ si le riziculteur fait du maraîchage et $w=0$ sinon ; y : est la variable d'intérêt (le revenu agricole net) ; E : est l'espérance mathématique.

La méthode paramétrique regroupe la régression simple, la régression fondée sur le score de propension et l'utilisation de Variable Instrumentale (VI). C'est cette dernière méthode qui est utilisée dans cette étude car elle permet d'éliminer ou de réduire au minimum les biais observables et non observables (15; 1). Cette méthode suppose l'existence d'au moins un instrument Z qui influence la pratique du maraîchage mais non les facteurs inobservables qui influencent le revenu des ménages ruraux. En d'autres termes, l'instrument n'influence le revenu que par le biais de la pratique des cultures maraîchères. Elle permet d'estimer l'effet moyen local du traitement (LATE) et l'estimation se fait avec des modèles de régression. L'estimation du LATE permet de prendre en compte la population non-adoptante mais qui aurait adopté si elle était informée de la technologie.

Soit Y la variable aléatoire représentant le revenu potentiel que pourrait avoir un individu donné si $Z=z$ et $A=a$. En présence de variables exogènes X , les instruments valides Z doivent répondre aux propriétés ci-après: (i) Indépendance conditionnelle des instruments : étant donné X , le vecteur aléatoire $(Y_{00}, Y_{01}, Y_{11}, A_0, A_1)$ est indépendant de Z ; (ii) Exclusion des instruments : $P(Y_{1a} = Y_{0a}/X) = 1$ pour $a \in \{0,1\}$; (iii) Propensity score: $0 < P(Z = 1/X) < 1$ et $P(A_1 = 1/X) > P(A_0 = 1/X)$; (iv) Monotonicité: $P(A_1 \geq A_0/X) = 1$. L'hypothèse (i), encore appelée hypothèse d'ignorabilité, signifie que pour des personnes ayant exactement les mêmes caractéristiques (X_i), le fait que certaines soient traitées et pas d'autres est seulement lié au hasard. L'hypothèse (ii) signifie que la variation de l'instrument ne peut affecter l'output potentiel qu'à travers A . Cette hypothèse permet de définir les revenus potentiels uniquement en fonction de A ; en d'autres termes, l'impact d'une technologie ne peut être observé qu'à travers l'adoption de ladite technologie. Ainsi, nous avons $Y_0 = Y_{00} = Y_{10}$ et $Y_1 = Y_{01} = Y_{11}$. Ces deux premières hypothèses (i) et (ii) ensemble, garantissent que l'effet de l'instrument sur le revenu potentiel ne s'observe qu'à travers le statut d'adoption. L'hypothèse (iii) garantit que Z et A sont corrélés étant donné X_i . Enfin, l'hypothèse (iv) stipule qu'on ne peut adopter une technologie dont on n'a pas pris connaissance.

Fort de ces hypothèses et en l'absence de covariantes, Imbens et Angrist (15) estiment le LATE par la méthode de la variable instrumentale à travers l'équation suivante :

$$LATE = \frac{Cov(Y, Z)}{Cov(A, Z)} = (E(Y/Z = 1) - E(Y/Z = 0)) / (E(A/Z = 1) / E(A/Z = 0)) = E(Y_{11} - Y_{10} / > A_{10}) \quad (5)$$

Pour le calcul du LATE, deux formes d'estimation sont possibles et se différencient selon que la variable instrumentale Z (ici l'accès à l'eau) soit complètement aléatoire ou non : Estimateurs de Wald si Z est complètement aléatoire et « la Fonction de Réponse de la Moyenne Localisée » (LARF) si l'instrument n'est pas aléatoire. Avoir « accès à l'eau » (variable instrumentale) n'est pas un phénomène dû au hasard car elle dépend de la localisation du champ par rapport à une source d'eau, par exemple un puits, une mare, etc. Alors, la probabilité d'un riziculteur d'avoir accès à l'eau n'est pas aléatoire. Ainsi, compte tenu du caractère non-aléatoire de la variable instrumentale (accès à l'eau), c'est la forme d'estimation par LARF du LATE qui est adaptée aux analyses de cette étude. On distingue le LARF OLS (Moindres Carrés Ordinaires), le LARF exponentiel et le LARF OLS ou exponentiel avec interaction. En effet, en cas de problème d'hétérogénéité, le LARF OLS donne des réponses aberrantes dues en partie à la présence de valeurs extrême. On fait alors recours soit à la forme exponentielle ou à la forme avec interaction. Ces formes permettent d'estimer le LATE tout en prenant en compte le problème d'hétérogénéité.

Ainsi, l'estimation du LATE est réalisée à travers la régression :

$$Y = a_0 + a_1 A + \beta X + \mu \quad (6)$$

Au niveau de cette équation la constante : \mathbf{A} est l'adoption et \mathbf{a}_1 est son coefficient ; \mathbf{X} représente les variables explicatives, β est le vecteur des paramètres à estimés et μ le terme d'erreur.

Les méthodes présentées ci-dessus requièrent la spécification correcte du modèle de prédiction du traitement ou du modèle de régression de la variable Y. Toutefois, il n'y a pas de façon d'être absolument certain que le modèle utilisé est le bon et donc l'estimation que nous en tirons peut s'avérer biaisée. D'où l'introduction des méthodes doublement robustes qui combinent l'estimation par régression et l'estimation par pondération par les probabilités inversées. Ces méthodes ont été développées par Robins et al. (1995). Elles permettent d'avoir des estimations non biaisées de l'effet de traitement lorsque l'un ou l'autre de ces modèles constitutifs est correctement spécifié. Pour un estimateur doublement robuste, Lunceford et Davidian (20) proposent la formule suivante :

$$\tau_{DR} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{A_i Y_i - (A_i - \hat{p}_i) m_1(\bar{X}_i)}{\hat{p}_i} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(1 - A_i) Y_i - (A_i - \hat{p}_i) m_0(\bar{X}_i)}{1 - \hat{p}_i} \quad (7)$$

Où $m_A(\bar{X}_i) = E(Y_i/A_i = A \cdot \bar{X}_i)$ pour $A \in \{0,1\}$. Ce sont les valeurs prévues issues des régressions sur les co-variables où les estimateurs des coefficients et des valeurs prédites sont obtenus à partir de régressions effectuée séparément pour chaque groupe mais avec le même modèle. Cet estimateur τ est cohérent si : (i) le modèle de score de propension est correctement spécifié, c'est-à-dire si \hat{p}_i est le vrai score de propension ; (ii) le modèle de régression de l'estimation des co-variables est correctement spécifié c'est-à-dire $m_A(\bar{X}_i)$ est égale à la valeur prédite.

4. Résultats et Discussion

4.1. Caractéristiques de l'échantillon.

Les caractéristiques telles que l'âge, la superficie de l'exploitation, la taille du ménage, le niveau d'instruction, sont présentés dans le tableau 1. La signification des différences entre les maraîchers et non-maraîchers est testée par le t de Student. Premier facteur limitant dans la production agricole, la terre est dans la plupart des cas gérés par les chefs d'unité de production.

Selon les résultats du Tableau 1, les *superficies emblavées* par les producteurs de l'échantillon sont en moyenne de 0,83 hectares dont 0,84 hectares chez les riziculteurs maraîchers et 0,83 hectares chez les non-maraîchers. La différence qui est de l'ordre de 0,03 hectare n'est pas statistiquement significative. En ce qui concerne la *moyenne d'âge*, on enregistre 42 ans chez les maraîchers et 39 ans chez les non-maraîchers avec une moyenne d'ensemble de 41 ans pour les deux catégories de producteurs. Cette différence d'âge qui n'est en moyenne que de 3 ans est pourtant statistiquement significative au seuil de 5%. On peut en déduire que les riziculteurs qui s'adonnent aussi aux cultures maraîchères sont ceux qui ont un peu plus d'expérience que les autres. La pratique de la riziculture d'une part et son association aux cultures maraîchères sont des activités exigeantes en main-d'œuvre comme facteur de production. C'est ainsi que dans l'échantillon, la *taille moyenne des ménages* de riziculteurs maraîchers est de 4,46 contre 1,81 pour les non-maraîchers. La différence moyenne qui est de l'ordre de 2,64 ans est statistiquement significative au seuil de 1%. L'indicateur du *niveau d'éducation* chez les riziculteurs enquêtés est en moyenne de 36,13 % avec 41,13 % pour maraîchers et 24,59 % pour les non-maraîchers avec une différence de 16,54 % statistiquement significative au seuil de 5%. Le niveau d'éducation est important pour la pratique de des cultures maraîchères chez les riziculteurs au Bénin. En ce qui concerne le *revenu annuel net* par hectare emblavé, la moyenne chez les riziculteurs enquêtés est 383 836,9 Francs CFA (soit 768 \$) avec 393 809,6 Francs chez les maraîchers et 360 785,3 Francs chez les non-maraîchers. La différence qui est de 33 024,36 Francs n'est pas significative.

4.2. Typologie des cultures

Les systèmes de cultures et les périodes culturales sont abordés dans cette section.

4.2.1. Systèmes de cultures

Les systèmes de cultures observés au niveau des riziculteurs maraîchers est à structure associative. Il est constitué de deux variantes. La première variante est caractérisée par une association de cultures sur la même parcelle (une association du riz et de cultures maraîchères). La seconde variante est déterminée par une rotation de cultures sur la même parcelle. Ainsi, les principaux types d'associations de cultures observées au niveau de la première variante sont les systèmes riz-gombo (33,79 %), riz-piment (32,41 %), et riz-tomate (22,76 %). Les systèmes riz-aubergine et riz-oignon sont les moins pratiqués avec respectivement 6,90 % et 4,14 % des observations. Notons que les systèmes riz-gombo, riz-piment et riz-tomate sont les plus pratiqués au Nord avec respectivement 36 %, 24% et 23,20 % et les systèmes riz-piment, riz-tomate et riz-gombo sont les plus observés au Sud avec respectivement 44,19 %, 27,91 % et 27,91 % des cas.

Suivant les différents types de systèmes, les principales associations de cultures observées au niveau de la deuxième variante sont respectivement les systèmes riz-tomate (30,77 % des cas), riz-oignon (30,77 %) et riz-piment (25,64 %) au Nord. Par contre au sud, on a les associations riz-piment (42,42 %), riz-tomate (39,39 %) et riz-gombo (18,18 %). De façon générale au niveau de la deuxième variante, les systèmes les plus observés sont respectivement les systèmes riz-tomate (27,38 %), riz-piment (26,19 %), et riz-oignon (21,43%) ; viennent ensuite les systèmes riz-gombo (13,10 %) et riz-aubergine (11,90 %).

4.2.2. Période culturale

Deux genres de climats sont observés au Bénin. Au Sud, règne un climat subéquatorial assez tempéré variant entre 23° et 32°C ; il est caractérisé par deux saisons des pluies (d'avril à juillet et de septembre à novembre) et deux saisons sèches (d'août à septembre et de décembre à mars). Au Nord, le climat est tropical et est peu humide avec une saison des pluies de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril.

La production agricole au Bénin est essentiellement pluviale. Ainsi, on observe une grande concentration des cultures en cette période de l'année. Ce qui se traduit par une association de cultures (riz - cultures maraîchères) sur la même parcelle. La saison sèche est beaucoup plus destinée aux cultures maraîchères. Par conséquent, au cours de la saison pluvieuse au nord, la tomate, le gombo, l'oignon et le piment sont associés au riz et sont produits de juin à octobre pour les systèmes riz-tomate, riz-gombo et riz-oignon, de mai à octobre pour le système riz-piment. La saison sèche qui dure six mois (novembre à avril) est une période au cours de laquelle on assiste à une rotation des cultures sur la parcelle. Ainsi, la culture du gombo suit celle du riz de novembre à février, la tomate et l'oignon de novembre à janvier et le piment durant toute la saison.

Les deux premiers mois de la saison sèche (novembre-décembre) constituent généralement une période de récolte du riz.

Le climat étant plus favorable au sud, on assiste à la production de la tomate et du piment durant toute l'année. Elles sont en association avec le riz au cours de la grande saison pluvieuse (avril à juillet), de la petite saison sèche (d'août à septembre) et de la petite saison pluvieuse (d'octobre à novembre). Au cours de la grande saison sèche qui dure de décembre à mars, ces deux cultures succèdent au riz sur la même parcelle. Le système riz-gombo est cultivé de février à juillet, c'est-à-dire au cours des deux derniers mois de la saison sèche et tout au cours de la saison pluvieuse.

4.3. Déterminants de la diversification

4.3.1. Résultats du modèle

Les résultats issus du modèle du score de propension pour les déterminants de la diversification riz-cultures maraîchères sont présentés dans le tableau 2. Le test du maximum de vraisemblance a été utilisé pour vérifier la significativité du modèle. La probabilité de la statistique LR après estimation du modèle est de 0,000 ce qui montre que le modèle est globalement significatif. De plus, la valeur du pseudo R^2 de McFadden est 34,19 %, ce qui indique que la variable dépendante qu'est « *la pratique des cultures maraîchères* » est expliquée à 34,19 % par l'évolution des variables indépendantes du modèle.

4.3.2. La variable main-d'œuvre.

Le coefficient de régression de la variable main-d'œuvre salariée est égal à -1,618 avec un p-value de 0,528. Ce coefficient n'est pas statistiquement significatif. On en déduit que la contrainte main-d'œuvre salariée n'est pas une variable explicative pertinente de la diversification et peut s'expliquer par la disponibilité de la main-d'œuvre familiale au niveau des ménages. En effet, lorsque le ménage dispose de main-d'œuvre familiale nécessaire pour les activités agricoles, il préférera l'utiliser que de faire appel à la main-d'œuvre extérieure qui nécessite des charges financières supplémentaires. Ceci est confirmé par le coefficient positif et significatif à 1% de la variable **main-d'œuvre familiale**. De plus, l'effet marginal estimé à 0,093 implique qu'une augmentation d'une unité de la main d'œuvre familiale augmentera la probabilité de faire les cultures maraîchères de 9,3 %. En effet, la main-d'œuvre familiale constitue l'essentiel du travail dans les exploitations agricoles du Bénin qui sont de type familial ; elle est mise à contribution à tous les niveaux de la production. Ce résultat est conforme à ceux trouvés par Pitipunya en Thaïlande (1995) et Jahroh et Fujimoto en Indonésie (2010).

4.3.3. L'accès au crédit

L'accès au crédit est un facteur explicatif de la diversification (p-value=0,019). En effet, l'accès au crédit permet de desserrer les contraintes financières qui pèsent souvent sur les producteurs pour l'acquisition de certains intrants (Haïdara, 2001). De plus, la combinaison de plusieurs cultures sur une exploitation permet par ailleurs des transferts de ressources financières d'une culture à l'autre, selon leur degré de réussite car les cultures de cycle court permettent de financer celles de cycle plus long (Yung,

1992). Ainsi, l'accès au crédit augmente la probabilité de pratiquer les cultures maraîchères de 15,73 %.

4.3.3. La formation agricole reçue par les producteurs,

En ce qui concerne *la formation agricole reçue par les producteurs*, elle influence positivement le choix de la pratique des cultures maraîchères chez les riziculteurs du Bénin. En effet, le coefficient de régression associé à la variable formation agricole reçue par le producteur est significatif au seuil de 5% pour la pratique des cultures maraîchères. La régression révèle un effet marginal égal à 0,130. Ainsi, la participation à une formation agricole augmentera la probabilité de s'adonner aux cultures maraîchères de 13 %. Ces formations agricoles ont pour objectif d'amener les producteurs à adopter des pratiques plus performantes au niveau de leurs exploitations étant donné que seulement 36,14 % des chefs d'exploitations ont reçu une éducation formelle. Ce résultat est conforme à celui trouvé par Pitipunya en Thaïlande (1995). Le coefficient de régression de la variable *niveau d'éducation* est positivement relié à la diversification. En effet, le niveau d'instruction du chef d'exploitation est un facteur important dans les prises de décisions au niveau du ménage car ce dernier le prédispose à l'apprentissage et à la pratique de différentes cultures afin d'améliorer sa productivité. Mais elle n'est pas significative donc n'explique pas la diversification.

4.3.4. Contraintes liées aux oiseaux ravageurs.

Les principaux stress biotiques liés à la production du riz identifiés par le Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche du Bénin sont les oiseaux, les insectes et les mauvaises herbes. Le coefficient de régression de la variable « *contraintes liées aux oiseaux ravageurs* » égal à 1,202 avec un p-value de 0,006. Ceci indique que la de façon paradoxale, cette variable influence positivement au seuil de 1% le choix de pratiquer les cultures maraîchères. L'effet marginal estimé à 0,160 montre que la présence d'oiseaux sur le champ augmente la probabilité de faire les cultures maraîchères de 16 %. Ceci peut s'expliquer par le fait que pour éviter que les oiseaux n'installent leurs nids à proximité du champ de riz, le riziculteur, opte pour une diversification, ce qui permet de ne pas avoir les oiseaux tout près des champs.

4.4. Impact des cultures maraîchères sur le revenu agricole.

L'impact de la pratique des cultures maraîchères sur le revenu agricole net est résumé dans le tableau 3. Le test de Wald sur l'existence ou non d'interactions significative entre les covariantes et le facteur d'impact montre que la valeur de F est significative au seuil de 1 % respectivement pour le modèle d'interaction du l'ATE et du LATE. Ceci indique que tous les termes d'interactions ne sont donc pas nuls. Ainsi, l'impact de la pratique des cultures maraîchères sur le revenu agricole net varie donc d'un maraîcher à un autre.

Il ressort des résultats inscrits dans le Tableau 3 que l'impact de l'ATE sans et avec interaction estimé avec la méthode du doublement robuste donne des impacts significatifs à 10%. En effet, l'association des cultures maraîchères à la culture du riz donne 86 160 FCFA et 93 500 FCFA respectivement pour l'ATE sans et avec

interaction des variables. Ceci montre que l'impact des cultures maraîchères sur le revenu agricole net est de 86 160 FCFA par hectare et de 93 500 FCFA par hectare respectivement pour l'ATE sans et avec interaction des variables pour un ménage rizicole pris de façon aléatoire dans la population des potentiels riziculteurs maraîchers. En considérant seulement la population des maraîchers, on observe un impact de 122 700 FCFA par hectare (significatif à 5%) sur le revenu agricole net d'un ménage pris aléatoirement dans cette sous-population contre 27 000 FCFA par hectare (non significatif) au sein de la sous-population des riziculteurs non-maraîchers (impact hétérogène de l'ATE).

Les résultats de l'impact du LATE sans et avec interaction donne des résultats significatifs à 1%. Ceci signifie que la pratique des cultures maraîchères a un impact positif sur le revenu agricole net des maraîchers. En effet, il ressort du tableau 3 que la pratique des cultures maraîchères a augmenté de 89 500 FCFA par hectare et de 114 700 FCFA par hectare respectivement pour le LATE sans et avec interaction des variables, le revenu agricole net des riziculteurs qui sont de potentiels maraîchers. *Autrement dit, la pratique des cultures maraîchères a un impact positif sur le revenu agricole net annuel à l'hectare d'un ménage rizicole pris parmi les riziculteurs qui sont de potentiels maraîchers.*

En récapitulant, on peut avancer que quel que soit la forme du LATE estimé avec la méthode des variables instrumentales, l'association des cultures maraîchères à la culture de riz a un impact positif sur le revenu agricole net des ménages. L'impact positif obtenu est en conformité avec la tendance générale observée au niveau de plusieurs études concernant l'impact de l'association riz-cultures maraîchères sur le revenu (Adetonah et Coulibaly, 2010 ; Adegbola et al., 2010).

5. Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons retenir principalement que la taille de la main-d'œuvre familiale, l'accès au crédit, la participation à une formation agricole et la présence d'oiseaux sont les principaux déterminants de la diversification riz-cultures maraîchères au niveau des ménages riziocoles échantillonnés du Bénin et que la pratique des cultures maraîchères entraîne un impact positif compris entre 93 500 FCFA et 114 700 FCFA sur le revenu agricole net à l'hectare des riziculteurs soit respectivement 25,82 % et 33,89 % du PIB par tête qui est de 362 000 FCFA en 2008 (INSAE, 2009).

L'étude montre que la riziculture de bas-fonds est un facteur clé dans la diversification ce qui confirme l'intérêt que suscite la mise en valeur des bas-fonds pour l'agriculture et la riziculture en particulier. Ceci est d'autant plus vrai que le développement de l'agriculture est l'un des objectifs du Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (Bénin, 2011) pour l'atteinte des cibles des Objectifs du Millénaire pour le Développement, la lutte contre la pauvreté et la réduction de l'insécurité alimentaire au Bénin. Ainsi, le développement de l'agriculture passe entre autres par l'aménagement des bas-fonds qui constituent des potentiels agricoles exploitables, le renforcement des capacités et l'organisation des producteurs dans les bas-fonds. Ainsi, les bas-fonds aménagés, la disponibilité et la maîtrise de l'eau en toute saison sont des opportunités

de diversification des cultures. Ce qui offre, aux producteurs, des possibilités de production tout au long de l'année et peut permettre une amélioration des moyens d'existence des populations. Nous pouvons alors faire les recommandations suivantes : (i) Aménager les bas-fonds et construire de bons systèmes d'irrigation ce qui permettra d'avoir d'une part, la maîtrise de l'eau et de limiter les stress hydriques et d'autre part, d'avoir un approvisionnement stable en eau pour les cultures ; (ii) Promouvoir une agriculture intensive en mettant à la disposition des producteurs des intrants agricoles comme les engrais par un mécanisme de garantie des crédits intrants en créant une banque spécialisée en crédit agricole, ce qui permettra d'une part, de diminuer les contraintes financières qui pèsent sur les producteurs pour l'acquisition de certains intrants et d'autre part, d'augmenter et d'améliorer significativement la production agricole ; (iii) Améliorer le niveau d'éducation et d'information des paysans en renforçant les cours d'alphabétisation et de vulgarisations ; (iv) Promouvoir les groupements associatifs villageois.

Tout ceci permettra aux exploitants agricoles d'améliorer leur bien-être à travers une augmentation du revenu et d'assurer leur sécurité alimentaire en couplant rizicultures et cultures maraichères. Ceci conduira à l'atteinte des objectifs du Gouvernement en matière de sécurité alimentaire et réduction de la pauvreté.

6. Références bibliographiques

- Abadie, A., (2003). Semi-parametric Instrumental Variable Estimation of Treatment Response Models. *Journal of Econometrics* 113 (2003) 231-263
- Adégbola, P. et Oloukoï, L., (2010). Etat des lieux des chaînes de valeurs cibles dans les bas-fonds de Vovokanmey-Agbedranfo et Houinga (Mono-Couffo). Rapport d'étude / PAPA / INRAB / ADRAO / 2008.
- Adetonah, S et Coulibaly, O., (2010). Contribution des chaînes de valeur à base de riz et de cultures maraichères dans les bas-fonds au sud Bénin et Mali : perceptions paysannes sur les contraintes et opportunités et analyse de la rentabilité financière des systèmes de cultures. Rapport d'étude / PAPA / INRAB / IITA / AfricaRice.
- Angrist, J.D., Imbens, G.W., Rubin, D.B., (1996). Identification of Causal Effects Using Instrumental Variables. *Journal of the American Statistical Association*, 91, p 444-472.
- Bénin, (2011). *Plan stratégique de relance du secteur agricole* ; Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, Cotonou.
- Cochrane, W. et Rubin, P. K., (1973). Controlling bias in observational studies, *Sankhya*, 35, p 417-446.
- Diagne, A., (2003). Evaluation de l'impact. Synthèse des développements méthodologiques récents, ADRAO/ Conakry, 15 p.

- Diagne, A., (2009). Méthodologie d'évaluation d'impact. Cours sur l'évaluation d'impact, ADRAO, avril 2009.
- Fanou, L., (2008). Rentabilité financière et économique des systèmes de productions maraîchères au Sud-Bénin : Cas de la Tomate (*Lycopersi cumesculentum*) et du chou pommé (*Brassicaoleracea*). Thèse d'ingénieur agronome. Université d'Abomey-Calavi, 102p.
- Feder, G, R. E. Just and D. Zilberman, (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey. *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 33, No. 2 (Jan., 1985), pp. 255-298.
- FAO, (2012) : Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation, Rome, FAO.
- Haïdara, M. (2001). «Déterminants socio-économiques des investissements en caféiculture et cacaoiculture ivoiriennes», École Supérieure d'Agronomie, Yamoussoukro, 93p.
- Heckman, James J., (1990). Varieties of Selection Bias. *American Economic Review*, 80, p 313-318.
- Heckman, James J., (2010). "Building Bridges between Structural and Program Evaluation Approaches to Evaluating Policy." *Journal of Economic Literature*, 48(2), p 356–98
- Imbens, G. W. and Angrist, J. D., (1994). Identification and estimation of local average treatment effects. *Econometrica*, 62, p 467-476
- INRAB (2011). Projet «Renforcement de la disponibilité et de l'accès aux statistiques rizicoles en Afrique Sub-saharienne». Synthèse des principaux résultats. INRAB / DPP / MAEP / AfricaRice.69 p.
- INSAE (2009). *Profils socio-économiques et indicateurs de développement*. Cotonou, Août 2009.
- Jahroh, S. and Fujimoto, A., (2010). Fish and vegetables diversification in irrigated rice fields in Sumatra, Indonesia: a study of two villages in the Komering irrigation development area. *J. ISSAAS* 16,1, p 97-109.
- Jodha, N. S., (1977). "Resource Base as a Determinant of Cropping Patterns" Symposium on Cropping systems Research and Development for the Asian Rice Farmer. IRRI, Laos, Banos, Laguna, Philippines.
- Jouve, P., (2010). Pratiques et stratégies d'adaptation des agriculteurs aux aléas climatiques en Afrique subsaharienne. *Inter-réseaux Développement rural*, 4p.
- Lunceford, J. K., and Davidian, M., (2004). Stratification and weighting via the propensity score in estimation of causal treatment effects: a comparative study. *Statistics in Medicine*, 23, p 2937–2960.

- Matsuda, T., (1990). "Intensification of Land Use and Rice Farming in Thailand" in Fujimoto, A., Adulavidhaya, K. and Matsuda, T (eds.) *Thai Rice farming in Transition*, Tokyo: World Planning Co.Ltd.
- Matsuda, T. and Igata, M., (1993). "Problems of Rice Land Use in the Philippines" in Fujimoto, A. Lamug, C. B. and Matsuda, T. (eds.). *Contemporary issues in Philippines Rice Farming*. Tokyo: World Planning Co. Ltd.
- Moffitt, R. (1991). Program Evaluation with Non experimental Data. *Evaluation Review*, 15,3, p 291-314
- Moustier, P. et Malezieux, E., (2005). La diversification dans l'agriculture du Sud : à la croisée de logiques d'environnement et de marché II. Niveaux d'organisation, méthode d'analyse et outils de recherche. *Cahiers Agricultures*. 14,4, p 375-382.
- Moustier, P., (1997). La diversification comme réponse au marché. Illustration par le cas du maraichage en Afrique sub-saharienne. In : Cirad-Flhor, ed. *Place de l'arboriculture fruitière et de l'horticulture dans la diversification agricole*. Montpellier : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement-Productions fruitières.
- Pitipunya, R., (1995). Determinants of crop diversification on paddy field: a case study of diversification to vegetables. *Kasetsart J. (Soc. Sci.)*,16, p 201-208.
- Ravallion, Martin, (2005). « Evaluating anti-poverty programs » ; *World Bank Policy Research Paper* ; Washington, DC.
- Robins, J. M., A. Rotnitzky, and L. P. Zhao, (1995). Analysis of semi parametric regression-models for repeated outcomes in the presence of missing data. *Journal of the American Statistical Association* 90, p 106-121.
- Rosenbaum, P. and Rubin, D., (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70, p 41-55.
- Rubin, D. 1977. Assignment to treatment group on the basis of a covariate. *Journal of Educational Statistics*.2, p 1-26
- Seetisarn, M. (1977). "Farm and Aggregative-Level Description of multiple cropping" In Symposium on Cropping Systems and Development for the Asian Rice Farmer. IRRI, Laos, Banos, Laguna, Philippines.
- SNDR, (2010). Stratégie Nationale pour le Développement de la Riziculture au Bénin, Cotonou. 26 p
- Wooldridge, Jeffrey M., (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge and London: MIT Press.
- Yung, J. M., (1992). Les stratégies des producteurs. In : Bosc PM, et al., eds. *Le développement agricole au Sahel*. Montpellier : Centre de coopération

internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), 1992 : 277-99.

Tableau 1 : Caractéristiques des producteurs de l'échantillon

Catégories de riziculteurs	Superficie (ha)	Age Moyen	Taille du Ménage	Taux d'Education	Revenu Net Annuel (F CFA/ha)
Riziculteurs maraîchers	0,84 (0,05)	42 (11)	4,46 (3,19)	41,13	393 809,6 (53 969,85)
Riziculteurs non maraîchers	0,81 (0,07)	39 (9)	1,81 (1,14)	24,59	360 785,3 (56 584,05)
Ensemble	0,83 (0,04)	41 (10)	3,66 (2,99)	36,13	383 836,9 (41 302,39)
Différence	0,03	3**	2,64 ***	16,54**	33 024,36

Source : Calculs à partir des données de l'Enquêtes 2009-2010 AfricaRice / INRAB

* = significatif à 10% ; ** = significatif à 5% ; *** = significatif à 1% ; () écart-type.

Tableau 2 : Tableau des coefficients et effets marginaux.

Variables	Coefficients de régression	Effets marginaux
Constante	-2,413	-
Main-d'œuvre salariée	-1,618	-0,326
Main d'œuvre familiale	0,703***	0,093***
Accès au crédit	1,632**	0,157***
Niveau d'éducation	0,274	0,035
Formation agricole	0,931**	0,130**
Oiseaux	1,202***	0,160***
<i>Log vraisemblance</i> =	-81,429982	
<i>Chi-deux (6)</i> =	84,60	
<i>Significativité du modèle (Prob > chi2)</i> =	0,0000***	
<i>Pseudo-R2 de McFadden</i> =	0,3419	

Source : Calculs à partir des données de l'Enquêtes 2009-2010 AfricaRice / INRAB

* = significatif à 10% ; ** = significatif à 5% ; *** = significatif à 1%.

Tableau 3 : Impact des cultures maraîchères sur le revenu net agricole à l'hectare

	Impact homogène (sans interaction)	Impact hétérogène (avec interaction)
ATE (OLS) Doubly robust		
Ate	86 163,54*	93 498,74*
Ate ₁	-	122 694,1**
Ate ₀	-	26 971,51
Psb	-	29 195,4***
Wald test (impact hétérogène)	-	F (5, 374)=4,15***
LARF (OLS) paramétrique		
LATE	89 483,8***	114 731,2***
Wald test (impact hétérogène)	-	F (1, 185) = 1,1e+21 ***

Source : Calculs à partir des données de l'Enquête 2009-2010 AfricaRice / INRAB

NB : * = significatif à 10% ; ** = significatif à 5% ; *** = significatif à 1% ;

Ate : impact des cultures maraîchères sur le revenu agricole dans l'échantillon total ;
Ate₁ : impact dans la sous-population des riziculteurs maraîchers ; Ate₀ : impact dans la
sous-population des riziculteurs non maraîchers ; Psb : biais de sélection.