

## Impact des stratégies d'adaptation au changement climatique sur le revenu des riziculteurs au Nord et Centre du Bénin

### [ Impact of Climate change adaptation strategies on rice farming households' Income in the North and Centre of Benin ]

Ulrich Lionel Ayedegue<sup>1</sup>, Kassimou Issaka<sup>1</sup>, Nouroudine Ollabode<sup>1</sup>, Patrice Adegbola<sup>2</sup>, and Afouda Jacob Yabi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economique et Sociale (LARDES), BP: 123 Parakou, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Benin

<sup>2</sup>Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Cotonou, Benin

---

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** To cope with threats from climate change, many adaptation strategies have been widely promoted and adopted by rice farmers. This study aims to assess the impact of adaptation strategies on the income of rice farmers. To this end, the Endogenous Switching Regression (ESR) model has been estimated. Data are from a random sample of 144 rice farmers. The results obtained show that the ESR model is statistically significant at the 1% level. Complementary irrigation, cultural diversification and the intensive rice-growing system are adaptation strategies that have positive impacts on the net incomes of rice-growers. Cultural rotation is the only strategy that has a negative impact on the net income of rice farmers. Thus, these strategies are those on which the actors of the development of the sector must carry out more concrete actions on the view of establishing a real adaptation strategy capable of mitigating the effects of climate change and improving agricultural incomes in a context of reducing hunger, poverty and guaranteeing food security.

**KEYWORDS:** Benin, Endogenous Switching Regression, impact, agricultural income, rice growing.

**RESUME:** Pour faire face aux menaces liées au changement climatique, de nombreuses stratégies d'adaptation ont été largement promues et adoptées par les riziculteurs. Cette étude vise à évaluer l'impact des stratégies d'adaptation sur les revenus des riziculteurs. A cet effet, le modèle Endogenous Switching Regression (ESR) a été estimé. Les données proviennent d'un échantillonnage aléatoire de 144 riziculteurs. Les résultats obtenus montrent que le modèle ESR est statistiquement significatif au seuil de 1%. L'irrigation de complément, la diversification culturelle et le système de riziculture intensive sont des stratégies d'adaptation qui ont des impacts positifs sur les revenus nets des riziculteurs. La rotation culturelle est la seule stratégie qui a un impact négatif sur les revenus nets des riziculteurs. Ainsi, ces stratégies sont celles sur qui les acteurs du développement de la filière riz doivent mener des actions plus concrètes sur en vue d'asseoir une véritable stratégie d'adaptation capable d'atténuer les effets du changement climatique et améliorer les revenus agricoles dans un contexte de la réduction de la faim, la pauvreté et garantir la sécurité alimentaire.

**MOTS-CLEFS:** Bénin, Endogenous Switching Regression, impact, revenu agricole, riziculture.

## 1 INTRODUCTION

Les changements climatiques se traduisent localement par plusieurs évolutions qui modifient les conditions de production. Ils sont au centre des préoccupations aussi bien au plan scientifique qu'au plan politique [1]. Ainsi, la variabilité climatique consiste à une évolution globale des moyennes climatiques (températures et précipitations), souvent défavorable à la

production agricole due à une instabilité des calendriers (début et fin de saisons des pluies), aux évènements paroxystiques fréquents (tempêtes, fortes pluies), l'occurrence répétée d'accidents autrefois rares ou inconnus (fortes gelées), et une variabilité spatiale de pluies en marquée (poches de sécheresse) [1]; [2] ont examiné les effets des variations climatiques sur la production agricole, y compris le riz et diverses pratiques d'adaptation des agriculteurs en Afrique subsaharienne et au-delà.

L'économie de la plupart des pays en Afrique subsaharienne en particulier celle béninoise repose essentiellement sur l'agriculture [3]. En effet, les performances de l'économie du pays sont étroitement liées à celles du secteur agricole qui du reste sont tributaires du climat [4]. Les producteurs estiment que les conséquences des changements climatiques sur l'agriculture sont: la dégradation des terres, les inondations, la baisse des rendements, le faible taux de levée des semis, le dessèchement des semis et des plantes qui n'arrivent pas à boucler le cycle végétatif [5]. Tout ceci impact négativement les rendements agricoles et par conséquent les revenus agricoles en particulier. Selon les estimations, au cours des prochaines décennies, les changements climatiques vont faire baisser la productivité agricole de l'ordre de 9 à 21% avec pour conséquences la recrudescence des conflits autour des ressources naturelles et l'abandon des activités agropastorales [6]; [7]; [1].

L'impact du changement climatique sur l'agriculture est multiple et pèse sur les personnes, sur le capital des exploitations et sur les résultats de ces dernières [8]. Il a également un impact sur les dynamiques collectives, le tout contribuant à accroître la vulnérabilité des plus pauvres. La baisse des rendements (végétaux et animaux), l'impossibilité de faire jouer les mécanismes traditionnels de gestion du risque et la très grande incertitude fragilisent les systèmes et induisent des stratégies de court terme qui sont souvent dommageables à l'environnement voire à la durabilité économique des exploitations [9]. Ces nouveaux défis ont amené les agriculteurs précisément les riziculteurs à mettre au point des différentes stratégies d'adaptation qui vont de la modification du calendrier cultural à la diversification des cultures [10]. Pour l'adaptabilité au changement climatique, les efforts des producteurs sont orientés vers le renforcement des espèces de riz améliorées qui sont tolérants au changement d'éléments climatiques et météorologiques extrêmes comme les inondations et la sécheresse, le renforcement du revenu mise à disposition facilités par l'accès au crédit et l'encouragement de l'agriculture irriguée. La production de riz au Bénin reste une source de revenus pour les communautés rurales, l'adaptation de la production de riz par les agriculteurs au changement climatique est impérative. Malgré l'importance des stratégies d'adaptation, peu d'études particulières [9]; [1] ont évalué l'impact des stratégies d'adaptation aux changements climatiques sur le revenu des exploitations agricoles au Bénin. Sur la riziculture, très peu d'études de ce genre ont été menées. Pour combler ce gap de la littérature, cette étude évalue l'impact direct des stratégies d'adaptation au changement climatique sur les revenus rizicoles en utilisant la méthode Endogenous Switching Regression (ESR).

## **2 MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **2.1 ZONE D'ÉTUDES ET DONNÉES UTILISÉES**

La présente étude s'est réalisée dans les pôles de Développement Agricole (PDA) de la vallée de Niger (PDA 1), de l'Atacora-ouest (PDA 2), et du Borgou sud-Donga-Collines (PDA 4). Ces PDA ont été retenus compte tenu du fait qu'ils sont considérés comme étant très vulnérables aux effets des changements climatiques et aussi de la promotion de la filière riz [3]. Une commune a été retenue dans chaque PDA à raison de trois villages par commune. Ensuite, 16 riziculteurs ont été sélectionnés de manière aléatoire pour une interview individuelle sur la base du recensement des riziculteurs effectué dans chacun des villages échantillonnés. Des focus groups de discussions regroupant 10 riziculteurs (petits, moyens et grands) ont été effectués dans chaque village. Ainsi, un échantillonnage de 144 riziculteurs a été enquêté soit 48 riziculteurs par PDA (tableau 1). Par ailleurs, un critère d'âge de sélection des producteurs fixé à 40 ans a permis de s'assurer que les stratégies développées ont été adoptées pour atténuer les effets du changement climatique dans la zone d'étude. Les données ont été collectées en Avril 2018, à l'aide des questionnaires dans la zone d'étude. En effet, ces données sont relatives aux caractéristiques socioéconomiques (sexe, âge, niveau d'instruction, situation matrimoniale, accès aux crédits, etc.), les stratégies d'adaptation aux changements climatiques, les quantités et prix des inputs et outputs, etc.

Tableau 1. Structure de l'échantillonnage

Villages	Malanville	Glazoué	Matéri	Total
Agouagon	0	16	0	16
Magoumi	0	16	0	16
Zaffé	0	16	0	16
Madécali	16	0	0	16
Kotchi	16	0	0	16
Toumboutou	16	0	0	16
Kakini-Séri	0	0	16	16
Holli	0	0	16	16
Dassari	0	0	16	16
Total	48	48	48	144

Source: enquête de terrain, Avril 2018

## 2.2 CADRE THÉORIQUE

Dans la littérature, plusieurs approches sont utilisées pour évaluer l'impact des changements climatiques sur les revenus agricoles. Ces approches, selon [1] sont regroupées en deux grandes catégories: les modèles d'équilibre général et les modèles d'équilibre partiel. Les modèles d'équilibre général sont des modèles analytiques qui considèrent l'économie comme un système complet constitué d'éléments interdépendants tandis que les modèles d'équilibre partiel se focalisent sur une partie de l'économie par exemple sur un seul marché ou un sous-ensemble de marchés ou secteurs. Les modèles d'équilibre général sont utilisés dans les études d'impact macro-économiques complexes des changements exogènes avec un aperçu des impacts microéconomiques sur les producteurs, les consommateurs et les institutions [11]. Les modèles d'équilibre partiel sont de deux catégories à savoir les modèles de simulation de la croissance des cultures (Crop growth simulation models) utilisant les techniques dites de Zonage Agro-Ecologique (ZAE) et les approches basées sur les fonctions de production et les modèles utilisant les approches économétriques [1]. L'insuffisance de l'approche ZAE est qu'elle ne permet pas de prendre en compte les niveaux faibles d'intrants généralement utilisés dans les pays en développement et a tendance à s'écarter considérablement des niveaux de rendement observés sur le terrain [12]. Les estimations de l'approche par la fonction de production ne tiennent pas compte de l'adaptation. Les analyses qui n'intègrent pas une adaptation surestiment les dommages liés à toute déviation par rapport à l'optimum [1]; [11]; [13].

Ainsi, pour corriger ces biais, la méthode de régression par commutation endogène ou Endogenous Switching Regression (ESR) a été développée. La méthode ESR évalue l'impact direct des stratégies d'adaptation au changement climatique sur les revenus agricoles en tenant compte de leur adoption ou non dans l'exploitation agricole. En effet, cette méthode permet de corriger le biais de sélection qui peut se produire pendant la collecte des données sur le terrain [14]. La décision des agriculteurs de s'adapter au changement climatique en adoptant une stratégie découle de la maximisation du sujet d'utilité attendu compte tenu des caractéristiques socioéconomiques typiques de ces derniers. Cette décision pourrait être influencée non seulement par les caractéristiques observables mais aussi par certains facteurs non observables. Les caractéristiques non observables qui pourraient influencer la décision d'adaptation conduiraient à sous-estimer ou surestimer l'impact de l'adaptation changement climatique. L'utilisation de la méthode de régression par commutation endogène peut aider à corriger ce biais de sélection [15]. Mais, elle évalue plutôt l'effet direct des changements climatiques sur la production agricole en tenant compte des stratégies d'adaptation. Malgré ces insuffisances, cette approche a fait preuve dans plusieurs études d'évaluation d'impact des changements climatiques sur les revenus agricoles. L'approche a été utilisée dans plusieurs études pour évaluer l'impact économique des stratégies d'adaptation du changement climatique dans plusieurs régions du monde, en Afrique précisément [15]; [16]; [17].

## 2.3 MODÈLE EMPIRIQUE

Le modèle de régression de commutation endogène ou Endogenous Switching Regression (ESR) est estimé pour évaluer l'impact des stratégies d'adaptation sur le revenu agricole des riziculteurs du centre et du nord Bénin. Ce modèle se compose de deux parties car le riziculteur peut être confronté à deux régimes en raison de biais [15]; [16].

L'endogénéité due à l'auto sélection à l'aide d'un modèle de sélection probit est corrigée dans la première partie du modèle dans laquelle les riziculteurs sont répartis en adoptants et non adoptants. En effet, une stratégie d'adaptation est adoptée par un riziculteur si les avantages nets tirés de l'adoption de celle-ci sont supérieurs aux avantages tirés de la non-adoption. Les avantages nets pouvant être dérivés de l'adoption d'une stratégie d'adaptation qui sont inconnus par le chercheur. Les

caractéristiques des riziculteurs sont cependant observées pendant la période d'enquête,  $Y_i$  représente les avantages nets dérivés de l'adaptation au changement climatique qui ne sont pas observés, mais peuvent être exprimés en fonction des attributs observés [15]; [16]; [18]:

$$Y_i = \beta Z_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

où  $Y_i$  est la variable inobservable pour l'adoption d'une stratégie d'adaptation; et  $Y$  est la contrepartie observable (égale à 1 si l'agriculteur a adopté et à 0 dans le cas contraire). Dans ce cas, les équations de résultats de l'impact des stratégies d'adaptation sur le revenu agricole sont ainsi estimées en fonction du revenu agricole moyen traduit par l'équation:

$$Q = f(Y, \beta, Z) + \varepsilon \quad (2)$$

où  $Q$  est la forme logarithmique du revenu agricole net des riziculteurs;  $Y$  fait référence à l'adoption d'une stratégie d'adaptation qui est un vecteur de paramètres à estimer; et  $Z$  est un ensemble de variables explicatives utilisées dans le modèle [16].

Les deux régimes auxquels les riziculteurs sont ainsi confrontés en raison du biais de sélection s'expriment comme suit (Ali et al., 2020):

$$Y_{1i} = \theta_1 X_i + \mu_{1i} \text{ si } Z_i = 1 \quad (3)$$

$$Y_{0i} = \theta_0 X_i + \mu_{0i} \text{ si } Z_i = 0 \quad (4)$$

Où  $Y_{1i}$  est le revenu agricole net du riziculteur  $i$  adoptant la stratégie d'adaptation au changement climatique;

$Y_{0i}$  est le revenu agricole net du riziculteur  $i$  non-adoptant la stratégie d'adaptation au changement climatique;

$X_i$  est un vecteur de variable exogène potentielle qui pourrait probablement affecter les revenus des riziculteurs,  $\theta_i$  est un vecteur de paramètres à estimer,  $\mu_{1i}$  et  $\mu_{0i}$  sont les termes d'erreur et supposés avoir une distribution normale avec une moyenne nulle et une matrice de covariable non singulière exprimée comme suit:

$$\text{cov}(\mu_{1i}, \mu_{0i}, \varepsilon_i) = \begin{bmatrix} \sigma_{\mu 0}^2 & \cdot & \sigma_{\mu 0 \varepsilon} \\ \cdot & \sigma_{\mu 1}^2 & \sigma_{\mu 1 \varepsilon} \\ \cdot & \cdot & \sigma_{\varepsilon}^2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Dans l'équation (9),  $\sigma_{\varepsilon}^2$  représente la variance du terme d'erreur dans la décision du riziculteur Équation (6) et supposé égal à 1.  $\sigma_{\mu 0}^2$  et  $\sigma_{\mu 1}^2$  sont les variances des termes d'erreur dans le soja fonctions de production (7) et (8);  $\sigma_{\mu 1 \varepsilon}$  et  $\sigma_{\mu 0 \varepsilon}$  représentent la covariance de  $\mu_{1i}$ ;  $\mu_{0i}$  et  $\varepsilon_i$ .  $\varepsilon_i$  est corrélé avec  $\mu_{1i}$  et  $\mu_{0i}$ , ce qui signifie que les valeurs attendues de  $\mu_{1i}$  et  $\mu_{0i}$  conditionnelle à la sélection des échantillons qui est différent de zéro. Il s'ensuit que:

$$E[\mu_{1i}/Z_i = 1] = \sigma_{\mu 1 \varepsilon} \frac{\phi(\beta X_i)}{\theta(\beta X_i)} = \sigma_{\mu 1 \varepsilon} \tau_{1i} \quad (6)$$

$$E[\mu_{0i}/Z_i = 0] = -\sigma_{\mu 0 \varepsilon} \frac{\phi(\beta X_i)}{\theta(\beta X_i)} = \sigma_{\mu 0 \varepsilon} \tau_{0i} \quad (7)$$

Dans les équations (10) et (11),  $\phi$  et  $\theta$  sont respectivement la fonction de densité de probabilité normale standard et la fonction de densité cumulative normale standard, avec:

$$\tau_{1i} = \frac{\phi(\beta X_i)}{\theta(\beta X_i)} \text{ et } \tau_{0i} = \frac{\phi(\beta X_i)}{1-\theta(\beta X_i)} \quad (8)$$

L'hypothèse à tester est de vérifier s'il existe une corrélation entre la décision de s'adapter au CC en utilisant une stratégie ou une technologie agricole et les revenus du riz. L'hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de biais de sélection de l'échantillon. Si  $\sigma_{\mu 0 \varepsilon}$  et  $\sigma_{\mu 1 \varepsilon}$  sont statistiquement différents de zéro, alors l'hypothèse nulle est rejetée et nous utilisons la méthode de régression à commutation endogène (ESR) [15]. ont utilisé ce modèle dans leur étude en une seule étape et non en deux étapes pour évaluer l'impact des technologies agricole sur les revenus agricoles net. Selon [19], la fonction de vraisemblance logarithmique utilisant des équations de décision d'adaptation au CC peut être dérivée comme suit:

$$\ln L_i = \sum_{i=1}^N Z_i \left[ \ln \left( \frac{\mu_{1i}}{\sigma_{\mu_1}} \right) - \ln \sigma_{\mu_1} + \ln \Phi(\gamma_{1i}) \right] + (1 - Z_i) \left[ \ln \left( \frac{\mu_{0i}}{\sigma_{\mu_0}} \right) - \ln \sigma_{\mu_0} + \ln(1 - \Phi(\gamma_{0i})) \right] \quad (9)$$

Si  $\eta_{1\varepsilon}$  ont des signes alternatifs, cela n'implique que la décision des agriculteurs de s'adapter au changement climatique en fonction de leur avantage comparatif. Cela signifie que les riziculteurs qui adoptent une stratégie pour s'adapter ont des revenus supérieurs à la moyenne de l'adaptation au changement climatique tandis que les riziculteurs qui ne s'adaptent pas au changement climatique ont des revenus au-dessus de la moyenne. Si  $\eta_{1\varepsilon}$  et  $\eta_{0\varepsilon}$  ont les mêmes signes, ceci traduit que les riziculteurs décident de s'adapter en adoptant une stratégie d'adaptation ou non, ont des revenus supérieurs à la moyenne et mieux s'ils adoptent pour l'adaptation au CC. Alternativement, ceux qui n'adoptent pas pour s'adapter ont des rendements inférieurs à la moyenne, qu'ils adoptent pour s'adapter ou non, mais ils sont encore mieux lotis en ne s'adaptant pas. La méthode de régression ESR peut être utilisée pour comparer les revenus attendus des riziculteurs qui se sont adaptés par rapport à ceux qui ne se sont pas adaptés. Ainsi, l'anticipation conditionnelle des revenus dans les quatre cas présents est exprimée et définie comme suit [14]:

$$E[Y_{1i}/Z_i = 1] = \theta_0 X_i + \sigma_{\mu_0 \varepsilon_{1i}} \quad (10)$$

$$E[Y_{0i}/Z_i = 0] = \theta_1 X_i + \sigma_{\mu_1 \varepsilon_{1i}} \quad (11)$$

$$E[Y_{1i}/Z_i = 1] = \theta_1 X_i + \sigma_{\mu_1 \varepsilon_{1i}} \quad (12)$$

$$E[Y_{0i}/Z_i = 0] = \theta_0 X_i + \sigma_{\mu_0 \varepsilon_{1i}} \quad (13)$$

L'effet de traitement moyen (ATTE) des riziculteurs qui ne se sont pas adaptés au changement climatique est calculé comme la différence entre les revenus attendus des agriculteurs qui se sont adaptés et les revenus attendus des riziculteurs qui ne se sont pas adaptés au changement climatique suivant l'équation:

$$ATTE = E((Y_{1i} - Y_{0i}) = 1) = X_i(\theta_1 - \theta_0) + (\sigma_{\mu_1} - \sigma_{\mu_0}) \varphi_1 \quad (14)$$

où  $\varphi_1$  est l'estimation du terme de covariance entre l'adaptation au CC et les revenus et défini comme le ratio de Mills Inverse qui capture le biais de sélection. Ce ratio de Mills Inverse (IMR) indique la corrélation entre l'adaptation au CC et les revenus.

### 3 RÉSULTATS

La riziculture est l'une des activités génératrices de revenus pour les producteurs du Bénin en particulier ceux du nord et du centre Bénin. En effet cette activité génère en moyenne un revenu net de 305 457 FCFA/ha dans la zone d'étude. Par ailleurs, les variables introduites dans le modèle de régression ESR permettent d'expliquer 39,26% des variations des variables respectives de l'adoption des stratégies d'adaptation face au changement climatique dans la riziculture au centre et au nord-Bénin. En outre, le biais de sélection est donné par les coefficients de corrélation entre les termes d'erreur des équations de sélection et le résultat ( $\rho_0$  et  $\rho_1$ ). Dans les revenus nets de la riziculture où ( $\rho_0$ ) et ( $\rho_1$ ) représentent respectivement les coefficients de corrélation des non-adoptants et des adoptants, seul  $\rho_1$  est positif et statistiquement significatif au seuil de 5%, indiquant qu'il y a auto-sélection parmi les adoptants. Ainsi, les ménages agricoles dont les revenus nets sont supérieurs à la moyenne pour les adoptants sont plus susceptibles d'adopter une des stratégies d'adaptation au changement climatique. Enfin, la signification des tests de rapport de vraisemblance pour l'indépendance des équations indique qu'il existe une dépendance conjointe entre les équations de sélection et les revenus nets pour les non-adoptants et les adoptants.

Le résultat du modèle de régression de commutation endogène (ESR) selon la probabilité maximale de pleine information (FIML) de la perception et de la gravité des effets du changement climatique par les riziculteurs montre que seule la variable rotation culturale parmi les variables introduites dans le modèle a un impact significatif simultané et négatif sur le revenu net des adoptants et des non-adoptants. Mais des variables comme l'irrigation de complément, la diversification culturale, le niveau d'instruction et le système de riziculture intense ont un impact positif sur le revenu net des riziculteurs. En effet, la corrélation ou l'impact positif des variables impliqués avec l'une des moyennes des revenus (non-adoptants et/ou adoptants) traduisent une augmentation des revenus nets alors que l'impact négatif traduit une baisse des revenus nets.

Le tableau 2 a également montré certaines différences de l'impact de l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique sur les revenus nets entre les adoptants et les non-adoptants de la zone d'étude. À titre d'exemple, le niveau d'instruction et le système de riziculture intense sont corrélées de manière significative et positive avec les revenus nets des

adoptants de l'une des stratégies d'adaptation au changement climatique tandis que les impacts ne sont pas statistiquement significatifs chez les non-adoptants. Par contre, l'irrigation de complément et la diversification culturale ont d'impact positif et significatif sur les revenus nets des non-adoptants alors qu'elles ne sont pas sur les revenus des adoptants (tableau 2). Quant à la sélection, la formation sur les stratégies d'adaptation, l'alphabétisation, l'appartenance à une organisation/coopérative agricole et l'inondation ont un impact positif et significatif sur les revenus agricoles des riziculteurs.

Dans le résultat de revenus nets,  $\rho_0$  est positif et  $\rho_1$  est négatif, mais ils ne sont pas statistiquement significatifs, ce qui indique qu'il n'y a pas auto-sélection parmi les non-adoptants et les adoptants. De même, les tests du rapport de vraisemblance pour l'indépendance des équations sont significatifs et cela indique qu'il existe une dépendance conjointe entre la sélection et les revenus nets pour les non-adoptants et les adoptants.

**Tableau 2. Résultat de l'estimation de la régression ESR (Endogenous Switching Regression)**

Variables	Revenu net		Equation de sélection: adaptation
	Non-adoptants	Adoptants	
Irrigation de complément	281325*** (0.00)	-17410.77 (0.85)	--
Semi direct	-51536.65 (0.53)	-109038.4 (0.18)	--
Diversification culturale	221454.3*** (0.00)	49922.83 (0.61)	--
Rotation culturale	-206386*** (0.00)	-172111.9** (0.04)	--
Instruction	-51387.45 (0.45)	163524.9** (0.05)	--
Contact avec un service de vulgarisation	18660.02 (0.79)	-141532.5 (0.35)	--
Information sur les prévisions climatiques	47870.54 (0.47)	-9486.987 (0.90)	--
Perception effet négatif sur fertilité du sol	21500.81 (0.86)	-227663.6 (0.14)	--
Système de riziculture intensive	-147852.8 (0.13)	495053.1*** (0.00)	--
ln_AGE	-229217.5 (0.11)	-303904.4 (0.12)	--
Situation matrimoniale	2575.41 (0.97)	-66701.02 (0.67)	--
Résidence	61295.69 (0.43)	126812.1 (0.25)	--
Agriculture comme activité principale	--	--	-0.23 (0.24)
Formation sur l'itinéraire technique de production	--	--	1.18*** (0.00)
Inondation	--	--	0.95*** (0.00)
Re-semi	--	--	0.34 (0.26)
Alphabétisation	--	--	0.98*** (0.00)
Semence améliorée	--	--	0.07 (0.80)
Utilisation des variétés à cycle court	--	--	-0.04 (0.89)
Année d'instruction	--	--	-0.09 (0.11)
Augmentation des infestions	--	--	0.24 (0.45)
Variété résistance	--	--	-0.33 (0.38)
Plus d'utilisation d'engrais chimiques	--	--	0.41 (0.15)
Appartenance à une organisation/coopérative agricole	--	--	0.67 * (0.07)
_cons	10 (0.10)	17 (0.02)	-2.30*** (0.00)
Wald chi2	39.26		
Log-likelihood	-1707.37		
lns0, lns1	12.38***; 12.54***		
r0, r1	0.47*; -0.82***		
$\sigma_0, \sigma_1$	239064.4; 280440.4		
$\rho_0, \rho_1$	0.44; -0.67		
LR test of indep. eqns.	chi2 (2) = 6.26 Prob > chi2 = 0.0438		

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

#### 4 DISCUSSIONS

Au Bénin, plusieurs stratégies sont adoptées par les riziculteurs pour atténuer les effets du changement climatique. Ces stratégies ont ainsi des impacts tant positifs que négatifs sur la rentabilité de la production du riz. Les résultats du modèle de régression ESR indiquent que la pratique de rotation culturale comme stratégie d'adaptation aux effets du changement

climatique impacte négativement les revenus nets des riziculteurs. Cela s'explique par le fait que cette stratégie est endogène et qu'elle n'est pas favorable à la riziculture, vu que le riz se cultive pratiquement sur les sols hydromorphes qui ne sont pratiquement pas favorables aux cultures introduites dans le cycle de rotation par les riziculteurs. Ce résultat est conforme aux études antérieures de [20] qui ont trouvé que les revenus agricoles sont impactés positivement par les facteurs exogènes car ce sont des innovations qui permettent d'améliorer les revenus agricoles. La diversification culturale et le système de riziculture intensive ont un impact positif sur le revenu net des riziculteurs. La diversification des cultures est l'une des stratégies qui permet aux riziculteurs du Bénin de lutter contre les attaques parasitaires ainsi que les ravageurs qui sont tous deux facteurs dont la non prévention affecte négativement les rendements et par conséquent le revenu agricole. Par ailleurs, [21] ont obtenu que la diversification des cultures au sein des exploitations agricoles permette aux producteurs d'assurer la sécurité alimentaire dans un contexte d'adaptation au changement climatique au nord-est du Togo. Le système de riziculture intensive est l'une des stratégies les plus adoptées par les riziculteurs du Bénin en particulier ceux de Malanville. Cette stratégie permet selon [22], d'augmenter de manière considérablement et naturelle les rendements du riz. Le niveau d'instruction impact positivement le revenu agricole. Ceci traduit que les riziculteurs instruits approuvent les innovations et les nouvelles technologies introduites dans le monde agricole car ils sont pour la plupart à la recherche des technologies pour accroître leur revenu. Ce résultat corrobore avec ceux de [23], qui ont trouvé que le niveau d'éducation des agriculteurs affecte positivement la probabilité d'adaptation au changement climatique car les agriculteurs instruits sont plus qualifiés pour transformer informations en connaissances dans le monde agricole [24].; [25] ont parvenu à la conclusion selon laquelle les caractéristiques socioéconomiques des ménages agricoles, ainsi que les facteurs institutionnels, sont des déterminants de l'adaptation aux changements climatiques et à l'adoption des nouvelles variétés pour s'adapter au changement climatique en Afrique.

## 5 CONCLUSION

La présente étude a permis d'évaluer l'impact des stratégies d'adaptation au changement climatique sur les revenus agricoles des riziculteurs du Bénin. La diversification culturale, le système de riziculture intensive et l'irrigation de complément et la rotation culturale sont des stratégies d'adaptation qui impactent tant positivement que négativement les revenus nets agricoles des riziculteurs dans la zone d'étude. Seule la rotation culturale impact négativement les revenus agricoles. Le niveau d'instruction, la formation, l'alphabétisation et l'appartenance à une organisation sont les caractéristiques socioéconomiques ou facteurs institutionnels qui ont aussi un impact positif sur le revenu agricole des riziculteurs. L'inondation est le seul effet de perception du changement climatique qui a un impact positif sur le revenu net. Ainsi, les investigations sur les stratégies d'adaptation endogènes et exogènes face au changement climatique ont permis d'observer la variabilité des effets de chaque stratégie d'adaptation sur le revenu des riziculteurs du Bénin. En perspective, il est important et très indispensables aux acteurs du développement rural en particulier ceux de la filière riz de mener des actions plus concrètes sur ces stratégies d'adaptation avec les connaissances scientifiques en vue d'asseoir une véritable stratégie d'adaptation capable d'atténuer les effets du changement climatique et améliorer les revenus agricoles dans un contexte de la réduction de la faim, la pauvreté et garantir la sécurité alimentaire des couches les plus vulnérables.

## REFERENCES

- [1] Sodjinou, E., & Hounkponou, S. K. (2019). Impact des changements climatiques sur les revenus des ménages agricoles au Bénin: Evidence basée sur l'application du modèle Ricardien.
- [2] Kim, I., Elisha, I., Lawrence, E., & Moses, M. (2017). Farmers adaptation strategies to the effect of climate variation on rice production: Insight from Benue State, Nigeria. *Environment and Ecology Research*, 5 (4), 289-301.
- [3] MAEP. 2017. Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) 2025 et Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle PNIASAN 2017-2021. Rapport final, MAEP, Cotonou, 135 p.
- [4] Ouedraogo, M. (2012). Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso. *Journal de l'agriculture et de l'environnement pour le développement international (JAEID)*, 106 (1), 3-21.
- [5] PNUD, MECGCCPRNF, 2014: Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques du Benin (PANA-BENIN).
- [6] Di Falco, S., Veronesi, M. et Yesuf, M. (2011). L'adaptation au changement climatique assure-t-elle la sécurité alimentaire? Une micro-perspective de l'Éthiopie. *American Journal of Agricultural Economics*, 93 (3), 829-846.
- [7] Vodounou, J. B. K., & Onibon Doubogan, Y. (2016). Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- [8] Minderhoud-Jones M. 2009. Implications du changement climatique sur les systèmes de production agricole durables dans les pays ACP: Quelles stratégies d'information et de communication ? Résumé exécutif du Séminaire sur le Changement Climatique du 26-31 octobre 2008 à Ouagadougou (Burkina Faso). CTA, Wageningen, 9p.
- [9] Adegbola, Y. P., Kouton-Bognon, B., Ahoyo-Adjovi, N. R., & Atacolodjou, A. (2017). Functions and Impacts of Multi-Stakeholder Platforms in Benin. *FARA Research Results*, 1 (6), 26.

- [10] Dombia, S., & Depieu, M. E. (2013). Perception paysanne du changement climatique et stratégies d'adaptation en riziculture pluviale dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 64 (1), 4822-4831.
- [11] Deressa, TT (2007). Mesurer l'impact économique du changement climatique sur l'agriculture éthiopienne: approche ricardienne. La Banque mondiale.
- [12] Sonneveld, P., Schmidt-Wolf, IG, van der Holt, B., el Jarari, L., Bertsch, U., Salwender, H., & Weisel, K. (2012). Traitement d'induction et d'entretien du bortézomib chez les patients atteints d'un myélome multiple nouvellement diagnostiqué: résultats de l'essai de phase III randomisé HOVON-65 / GMMG-HD4. *Journal of clinic oncology*, 30 (24), 2946-2955.
- [13] Mendelsohn R. and Dinar A. 1998. The Impact of Climate Change on agriculture and developing countries: case studies of Indian and Brazil, march March 3, 1998.
- [14] Asfaw, S., Shiferaw, B., Simtowe, F., & Lipper, L. (2012). Impact of modern agricultural technologies on smallholder welfare: Evidence from Tanzania and Ethiopia. *Food Policy*, 37 (3), 283–295. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.02.013>.
- [15] Ali Essossinam, Awade Nadège Essossolim & Abdoulaye Tahirou (2020) Gender and impact of climate change adaptation on soybean farmers' revenue in rural Togo, West Africa, *Cogent Food & Agriculture*, 6: 1, 1743625.
- [16] Ojo, T. O., & Baiyegunhi, L. J. S. (2019). Determinants of climate change adaptation strategies and its impact on the net farm income of rice farmers in south-west Nigeria. *Land Use Policy*, 103946.
- [17] Alene, AD, Manyong, VM Les effets de l'éducation sur la productivité agricole dans le cadre de technologies traditionnelles et améliorées dans le nord du Nigéria: une analyse de régression de commutation endogène. *Empirical Economics* 32, 141-159 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00181-006-0076-3>.
- [18] Abdulai, A., & Huffman, W. (2014). The adoption and impact of soil and water conservation technology: An endogenous switching regression application. *Land Economics*, 90 (1), 26-43.
- [19] Lokshin, M., & Sajaia, Z. (2004). Maximum likelihood estimation of endogenous switching regression models. *The Stata Journal*, 4 (3), 282-289.
- [20] Asfaw, S., & Shiferaw, B. A. (2010). Agricultural technology adoption and rural poverty: Application of an endogenous switching regression for selected East African Countries (No. 308-2016-5081).
- [21] Sanou, K., Amadou, S., Adjegan, K., & Tsatsu, K. D. (2018). Perceptions et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles aux changements climatiques au nord-ouest de la région des Savanes du Togo. *Agronomie Africaine*, 30 (1), 87-97.
- [22] Ouédraogo, M., & Dakouo, D. (2017). Evaluation de l'adoption des variétés de riz NERICA dans l'Ouest du Burkina Faso. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 12 (311-2017-726), 1-16.
- [23] Pilo, M., & Adeve, K. A. (2016). Adaptation and Farm Income: Insights from the Savanna Region of Togo. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 1-11.
- [24] Atchikpa T. M., Kane C. S., Tambo J. A., Abdoulaye T., Yabi J. A., 2019. Impact of climate-smart innovations on food security of farming household in Benin: A Case study of Drought tolerant maize (DTM) varieties. Conference on Climate Change and Food Security in West Africa co-organized by Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) and Center for Development Research (ZEF), University of Bonn, on 17-18 November 2019 in Dakar, Senegal.
- [25] Partey, S. T., Dakorah, A. D., Zougmore, R. B., Ouédraogo, M., Nyasimi, M., Nikoi, G. K., & Huyer, S. (2018). Gender and climate risk management: evidence of climate information use in Ghana. *Climatic Change*, 1-15.