

Analyse de l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques à l'aide du modèle probit multivarié

Souleïmane Adeyemi ADEKAMBI^{1*} et Cossi Léonard HINNOU²

¹ *Université de Parakou, Institut Universitaire de Technologie (IUT), Centre de Recherche en Entrepreneuriat, Création et Innovation (CRECI), Laboratoire de Recherche en Dynamique Economie et Sociale (LARDES - UP), BP 123 Parakou, Bénin*

² *Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Centre de Recherches Agricoles Centre (CRA-Centre), Laboratoire d'Analyse des Dynamiques Sociales et du Développement (LADYD - FSA), 01 BP 884 Cotonou, Bénin*

* Correspondance, courriel : adeksoul@gmail.com

Résumé

A l'instar des pays de l'Afrique de l'Ouest, le Bénin se trouve confronté à des changements climatiques imprévisibles. A cet effet, l'agriculture béninoise est soumise à la fragilisation des systèmes de production moins productifs induisant ainsi l'intensification de l'insécurité alimentaire. L'objectif de cette étude était d'analyser l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques à l'aide du modèle probit multivarié. Partant d'un échantillon de 751 producteurs sélectionnés suivant un sondage aléatoire stratifié, l'étude a utilisé un modèle probit multivarié pour identifier les facteurs qui influencent le choix des stratégies d'adaptation aux changements climatiques. Les résultats avaient montré que l'adoption des différentes stratégies d'adaptation aux changements climatiques est interreliée et qu'en moyenne, 23 % des producteurs utilisent au moins deux de ces stratégies. La contribution de la principale spéculation au revenu annuel du producteur, le contact avec les Organisations Non-Gouvernementales (ONG) locales, les organisations faïtières de producteur et les institutions de recherche constituent les principaux déterminants du type de stratégies d'adaptation au changement climatique choisi par les producteurs. Ces résultats impliquent que certaines pratiques d'adaptation au changement climatique ne doivent pas être encouragées conjointement du fait de leur interdépendance.

Mots-clés : *semences améliorées, semi précoce, semi tardif, forte densité de semi, probit multivarié.*

Abstract

Adoption of Climate Change Adaptation Strategies : Analysis Using Multivariate Probit

Like other countries in West Africa, Benin experienced extreme and unpredictable climate change. As such, Beninese agriculture is subject to the weakening of production systems and the decline in productivity, thus inducing the intensification of food insecurity. The objective of this study is to analyze the adoption of adaptation strategies to climate change using the multivariate probit model. Using a sample of 751 producers selected following a stratified random survey, the study applied a multivariate probit model to

identify the factors that influence the choice of adaptation strategies to climate change. The results show that the adoption of different adaptation strategies to climate change is interrelated and that on average 23 % of producers use at least two of these strategies. The level of the contribution of the main crop produced to the annual income of the producer, contact with local non-governmental organizations (NGOs), producers' organizations and with research institutions constitute the main determinants of the type of adaptation strategies to climate change chosen by the producers.

Keywords : *improved seeds, semi early, semi late, high density of semi, multivariate probit.*

1. Introduction

Au Bénin, l'agriculture, principale source de devise contribue à environ 33 % au Produit Intérieur Brut, à plus de 70 % des emplois, et procure environ 75 % des recettes d'exportation d'origine intérieure et 15 % des recettes de l'Etat [1, 2]. Cependant, l'agriculture se trouve vulnérable aux changements climatiques du fait de sa forte dépendance des ressources naturelles, en l'occurrence les pluies, qui subissent de fortes variabilités contribuant ainsi à davantage maintenir les productivités des exploitations à des niveaux plus faibles [3, 9]. Par exemple, entre 1960 et 2008, il a été constaté une augmentation significative de la température moyenne de plus de 1°C et une réduction significative de la pluviométrie de l'ordre de 5,5 mm/an en moyenne et du nombre de jours de pluies par an [4, 5]. Des études [6, 10] ont révélé qu'à l'horizon 2025, les changements climatiques pourraient engendrer comme effets à l'échelle nationale d'importante baisse des rendements des principales cultures particulièrement ceux du coton (- 29 %), du riz (- 12 %), du maïs (- 9 %), du niébé (- 5 %), et de l'igname (- 4 %). Ainsi, le Bénin fait face à des conséquences graves dont entre autres la fragilisation des systèmes agricoles dont l'effet immédiat est l'amplification de l'insécurité alimentaire et nutritionnelle [3, 7] surtout en milieu rural où l'agriculture reste la principale source de revenus et d'aliments. Pour faire face à cette vulnérabilité, les producteurs recourent à des stratégies endogènes d'adaptation et celles vulgarisées dans leurs communautés [8, 11, 12]. Il s'agit notamment de cultures à cycle court, l'abandon de certaines spéculations, l'introduction de nouvelles spéculations, le système de cultures associées, la modification du calendrier agricole, les semis multiples, le changement de techniques culturales, l'usage de fertilisants chimiques, le semis à sec, le semis précoce, le semis tardif, la réduction des emblavures [13]. Les récentes études ont permis d'améliorer les connaissances au sujet des principaux facteurs déterminant l'adoption de ces stratégies d'adaptation [14 - 17]. Par exemple, [16] se sont intéressées aux pratiques de conservation du sol et de l'eau, à la plantation d'arbres, aux variétés améliorées, à l'irrigation, et aux pratiques des activités non-agricoles génératrices de revenus en Ethiopie. Partant d'une régression logistique multinomiale, ces auteurs ont montré que le niveau d'éducation du producteur, son âge, sa perception du changement climatique, l'appartenance à une organisation de producteurs, le contact avec les services de vulgarisation constituent les principaux facteurs déterminant l'adoption d'une quelconque de ces stratégies d'adaptation aux changements climatiques. La plupart des études empiriques [15 - 17] se sont intéressées à l'adoption des stratégies d'adaptation prises de façon individuelle et indépendante. Aussi, ces études ont-elles souvent adopté les méthodes d'estimation conventionnelles basées sur le logit ou probit. Les rares études empiriques qui se sont intéressées à plus d'une stratégie d'adaptation à la fois ont quant à elles aussi adopté comme approche d'analyse le logit multinomial [18 - 20] se basant ainsi sur l'exclusivité mutuelle des alternatives. Toutefois, l'adoption d'une quelconque stratégie d'adaptation pourrait engendrer l'utilisation d'une autre [21 - 24]. Par exemple, l'adoption des variétés améliorées tolérantes à la sécheresse pourrait nécessiter une utilisation conjointe des engrais organiques [24]. De ce fait, l'adoption

d'une stratégie d'adaptation aux changements climatiques prise au hasard n'est pas (totalement) indépendante de celles d'autres stratégies et devrait être analysée telle : les producteurs ont tendance à mettre en application plusieurs stratégies d'adaptation à la fois dans le but de maximiser la productivité et par ricochet améliorer leur niveau de revenu. L'objectif de la présente étude est donc d'analyser l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques des producteurs du maïs au nord-Bénin, tout en admettant que les différentes stratégies d'adaptation adoptées seraient interdépendantes. L'étude a donc fait usage d'un modèle probit multivarié qui admet que plusieurs équations binaires soient corrélées entre elles et donc permet de tenir compte de l'interdépendance dans le choix des stratégies d'adaptation par les producteurs [25].

2. Matériel et méthodes

2-1. Modélisation de l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques : approches théorique et empirique d'analyse

La théorie de l'adoption des technologies agricoles a fourni au fil des années les bases des travaux de recherche sur les attitudes des agriculteurs à l'égard des technologies agricoles pour l'augmentation de la productivité. L'adoption de toute nouvelle technologie, comme une stratégie d'adaptation aux changements climatiques, reste une décision individuelle [26]. Cette décision est généralement basée sur le principe économique de rationalité de la théorie néoclassique [27]. Ainsi, le producteur adopte une nouvelle technologie si cette dernière lui permet de maximiser son utilité. Supposons un producteur i qui cherche à maximiser son utilité liée à un système de production intégrant une stratégie d'adaptation aux changements climatiques donnée (π). Le producteur adoptera une stratégie d'adaptation aux changements climatiques donnée, le semis précoce par exemple, si l'utilité attendue, représentée par $U_1^*(\pi)$, est supérieure à celle qu'il tirerait s'il ne l'avait pas adopté, représentée par $U_0^*(\pi)$, soit $U_1^*(\pi) > U_0^*(\pi)$. L'utilité à maximiser (U_i) et sur laquelle se fonde la décision du producteur d'adopter ou non n'est pas observable mais dépend généralement d'un ensemble de facteurs socioéconomiques, démographiques et institutionnels (X_i) et peut être donc représentée par la variable latente comme suit :

$$U_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Avec β le vecteur de paramètres à estimer et ε_i la perturbation aléatoire.

La présente étude s'est intéressée à quatre stratégies d'adaptation que sont les variétés améliorées, le semis précoce, le semis tardif et la forte densité de semis. Comme indiqué plus haut, les producteurs ont tendance à adopter plusieurs stratégies d'adaptation à la fois dans le but de faire face aux effets néfastes du changement climatique auxquels ils sont exposés. De ce fait et comme le suggère la littérature empirique sur l'adoption des technologies agricoles [21 - 24], le producteur adoptera l'ensemble de stratégies d'adaptation aux changements climatiques qui concourent à la maximisation de son utilité attendue, stipulant donc une interdépendance des décisions d'adoption de chacune de ces stratégies d'adaptation. Autrement dit, la décision d'adopter la stratégie d'adaptation aux changements climatiques j par le producteur i est corrélée à la décision d'adopter la stratégie d'adaptation k . Ainsi une modélisation de l'adoption des stratégies d'adaptation à l'aide d'un modèle de régression logit ou probit pourrait conduire à des estimations biaisées des facteurs influençant l'adoption de ces stratégies [28]. Pour tenir compte de l'interdépendance dans les décisions d'adoption des stratégies d'adaptation, la littérature [29 - 31] suggère

l'utilisation d'un modèle de régression probit multivarié. Le probit multivarié est une extension du modèle probit bivarié [25] et applique les techniques de simulation de Monte Carlo pour estimer simultanément le système d'équation de régression probit multivarié [32]. Les adoptions conjointes pour les quatre stratégies d'adaptation aux changements climatiques peuvent être modélisées par un système de quatre **Equations** d'adoption dichotomiques Y_i comme suit :

$$\begin{cases} Y_1 = 1 \text{ si } U_1^* > U_0^*, Y_1 = 0 \text{ si autrement} \\ Y_2 = 1 \text{ si } U_2^* > U_0^*, Y_2 = 0 \text{ si autrement} \\ Y_3 = 1 \text{ si } U_3^* > U_0^*, Y_3 = 0 \text{ si autrement} \\ Y_4 = 1 \text{ si } U_4^* > U_0^*, Y_4 = 0 \text{ si autrement} \end{cases} \quad (2)$$

La probabilité d'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques (équation 2) est estimée à l'aide du modèle de régression probit multivarié afin de tenir compte d'éventuelle corrélation entre les termes d'erreurs des différentes équations binaires d'adoption [25]. De façon empirique, le modèle estimé avec les variables incluses dans les estimations se présente de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{Strategie}_j = & \alpha_1 \text{sexe}_i + \alpha_1 \text{age}_i + \alpha_1 \text{suptot}_i + \alpha_1 \text{bien}_{\text{etre}_i} + \alpha_1 \text{group}_i + \alpha_1 \text{revenu}_i \\ & + \alpha_1 \text{contprod}_i + \alpha_1 \text{carder}_i + \alpha_1 \text{ongloc}_i + \alpha_1 \text{onginter}_i + \alpha_1 \text{projet}_i \\ & + \alpha_1 \text{op}_i + \alpha_1 \text{institution}_i + \alpha_1 \text{vente}_i + \alpha_1 \text{orientma}_i + \alpha_1 \text{routebitu}_i \\ & + \alpha_1 \text{pistecaros}_i + \alpha_1 \text{pistenoncaros}_i + \alpha_1 \text{lire}_i + \alpha_1 \text{ecrire}_i + \alpha_1 \text{coton}_i \\ & + \alpha_1 \text{mais1}_i + \alpha_1 \text{mais2}_i + \alpha_1 \text{niebe2}_i + \alpha_1 \text{sorgho2}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (3)$$

La variable dépendante dans **'Equation** ci-dessus est une variable dichotomique qui prend la valeur 1 si le producteur i adopte la stratégie d'adaptation j (avec $j = \text{Variété améliorée, Semi précoce, Semis tardif, Forte densité de semis}$) et 0 si non. La description des variables indépendantes se présentent comme suit :

Tableau 1 : Description des variables indépendantes incluses dans les modèles estimés

Variables	Description	Variables	Description
Sexe	Sexe	Vente	Orientation vente
Age	Age	Orientma	Orientation marché
Suptot	Superficie totale disponible	Routebitume	Route bitumée
Bienetre	Niveau de bien être	Pistecaros	Piste carrossable
Group	Membre d'un groupe de producteurs	Pistenoncaros	Piste non carrossable
Revenu	Revenu total annuel de l'exploitation 2016 - 2017	Lire	Alphabétisation, savoir lire uniquement
Contprod	Contribution de la production végétale (cultures annuelles) dans le revenu total	Ecrire	Alphabétisation, savoir écrire uniquement
Carder	Contact avec le CARDER/DDAEP	Coton	Coton comme 1 ^{ère} culture
Ongloc	Contact avec les Organisations Non-Gouvernementales (ONG) Locales	Mais1	Mais comme 1 ^{ère} culture
Onginter	Contact avec les ONG internationales	Mais2	Mais comme 2 ^{ème} culture
Projet	Contact avec le projets/programmes	Niébé2	Niébé comme 2 ^{ème} culture
Op	Contact avec les Faïtières OP	Sorgho2	Sorgho comme 2 ^{ème} culture
Institution	Contact avec les institutions de recherches		

2-2. Zone d'étude, données et échantillonnage

La présente étude a été menée dans la zone du nord du Bénin où des risques liés aux changements climatiques restent élevés mais avec une évolution spectaculaire ces deux dernières décennies de la production du maïs perçue comme une culture de rente [33]. Cette zone fournit à elle seule plus de 55 % de la production nationale en maïs [2]. Le choix des communes et des villages d'enquêtes a été fait de manière raisonnée et avec l'aide des cadres de la Directions Départementales de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (DDAEP) (ex Centre d'Actions Régional pour le Développement Rural - CARDER). Les communes retenues sont celles dans lesquelles la majorité des ménages agricoles produisent le maïs. Dans chacun des villages choisis, la liste exhaustive des producteurs de maïs a été établie de concert avec le chef de village et numérotés de 1 à n suivant l'ordre d'enregistrement. En fonction du nombre de producteurs à enquêter dans le village, le pas est déterminé en divisant le nombre de producteurs de maïs dénombrés par le nombre de producteurs à interviewer. Cette approche a permis de sélectionner, par village, de façon aléatoire 5 à 10 producteurs de maïs. Au total, les données ont été collectées auprès de 751 producteurs de maïs sélectionnés de façon aléatoire et stratifié. Les données collectées se rapportent à la campagne agricole 2016-2017 et ont concerné les caractéristiques socioéconomiques et démographiques des ménages enquêtés, l'accès ou non aux services de vulgarisation, les perceptions des changements climatiques et les différentes stratégies d'adaptation mises en œuvre par les producteurs enquêtés, l'état des infrastructures d'accès aux villages d'enquêtes, etc.

3. Résultats et discussion

3-1. Statistiques descriptives des variables socioéconomiques, démographiques et institutionnelles

Les statistiques descriptives des variables dépendantes et des variables indépendantes introduites dans les modèles sont présentées au **Tableau 2**. Les variables dépendantes sont représentées par quatre stratégies d'adaptation que sont les variétés améliorées, le semis précoce, le semis tardif et une forte densité de semis. Environ 18 % des producteurs enquêtés ont déclaré avoir adopté les variétés améliorées de maïs résistantes à la sécheresse, 59 % environ ont pratiqué le semis précoce, 44 % pour le semis tardif et 31 % ont pratiqué une forte densité de semis comme stratégies d'adaptation aux changements climatiques. Le faible taux d'adoption des variétés améliorées résistantes à la sécheresse va dans le sens d'études empiriques antérieures [34]. En ce qui concerne les variables indépendantes, environ 30 % des producteurs enquêtés ont reçu une éducation primaire, 14 % une éducation secondaire premier cycle. Seulement 5 % des producteurs enquêtés ont atteint le second cycle de l'éducation secondaire. 97 % des producteurs enquêtés sont des hommes et âgés en moyenne de 47 ans. La majorité des producteurs de l'échantillon (60 % environ) ont déclaré appartenir à une organisation paysanne. Les producteurs du maïs tirent plus de la moitié (64 % environ) de leur revenu de la production végétale. Quant aux relations des producteurs avec leur environnement, la majorité des enquêtés (69 % environ) affirment avoir de contact avec les structures publiques de conseil agricole. Par contre, ils sont seulement 15 % à en bénéficier des interventions des projets/programmes et 14 % pour les faîtières des organisations de producteurs. L'encadrement technique régulier fourni par les ONG locales et internationales ne profite qu'à une minorité de producteurs (10 % pour les ONG locales et 9 % pour les ONG internationales opérant sur le sol béninois). Le maïs constitue la première culture produite pour seulement 49,5 % des producteurs enquêtés et plus de 60 % produisent le maïs pour la vente. Par ailleurs, 40 % environ des enquêtés vivent dans des villages dont l'accès est assuré par des routes bitumées et 49 % accèdent à leur village par des pistes carrossables.

Tableau 2 : Statistique descriptive des variables dépendantes et indépendantes introduites dans le modèle probit multivarié

Variable	Modalités	Moyenne	Ecart-type
Variables dépendantes de l'étude			
Variétés améliorées	1 = Oui 0 = Non	0,184	0,387
Semis précoce	1 = Oui 0 = Non	0,592	0,491
Semis tardif	1 = Oui 0 = Non	0,442	0,496
Forte densité de semis	1 = Oui 0 = Non	0,311	0,463
Variables indépendantes de l'étude			
Éducation primaire	1 = Oui 0 = Non	0,297	0,457
Éducation secondaire, 1er cycle	1 = Oui 0 = Non	0,144	0,351
Éducation secondaire, second cycle	1 = Oui 0 = Non	0,052	0,221
Sexe du producteur	1 = masculin, 0 = féminin	0,974	0,156
Age du producteur	Ans	47,531	12,318
Superficie totale exploitable	Hectares	20,694	23,179
Superficie en plantation fruitiers (palmier, anacarde, etc.)	Hectares	2,554	5,724
Superficie en plantation non fruitiers (teck, acacia, etc.)	Hectares	0,252	1,447
Niveau de bien être	1 = Très pauvre à 5 = Aisé	2,63	0,626
Membre d'un groupe de producteurs	1 = Oui 0 = Non	0,596	0,491
Contribution de la production végétale (cultures annuelles) dans le revenu total	%	6,36	4,922
Contact avec le CARDER/DDAEP	1 = Oui 0 = Non	0,692	0,4620
Contact avec les ONG Locales	1 = Oui 0 = Non	0,096	0,295
Contact avec les ONG internationales	1 = Oui 0 = Non	0,090	0,286
Contact avec le projets/programmes	1 = Oui 0 = Non	0,144	0,352
Contact avec les Faïtières OP	1 = Oui 0 = Non	0,153	0,360
Orientation vente	1 = Vente comme objectif 0 = Non	0,625	0,484
Route bitumée	1 = Oui 0 = Non	0,207	0,405
Piste carrossable	1 = Oui 0 = Non	0,582	0,493
Maïs comme 1ere culture	1 = Oui 0 = Non	0,428	0,495

3-2. Corrélations entre les différentes stratégies d'adaptation aux changements climatiques

Les résultats de corrélation entre les différentes stratégies d'adaptation au changement climatique issus de la régression probit multivarié sont présentés au **Tableau 3**. Les résultats permettent de confirmer l'utilisation d'un modèle probit multivarié. En effet, le test du ratio de vraisemblance pour la corrélation globale des termes d'erreurs des différents modèles, $\chi^2(6) = 49,608$, $p < 0,000$, est significativement différent de zéro au seuil de 1 %, permettant ainsi de rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les termes d'erreurs des quatre modèles d'adoption de stratégies d'adaptation aux changements climatiques ne sont pas corrélés. La décision d'adopter une stratégie d'adaptation aux changements climatiques est donc déterminée par celle d'une autre et vice-versa. Les résultats ont par ailleurs révélé des complémentarités ou non entre les stratégies d'adaptation prises deux à deux. Les corrélations entre les variétés améliorées

résistante à la sécheresse et le semis précoce ($\rho = -0,140, p < 0,05$) d'une part, entre les variétés améliorées résistantes à la sécheresse et le semis tardif ($\rho = -0,109, p < 0,10$), entre les variétés améliorées résistantes à la sécheresse et la forte densité de semis ($\rho = -0,112, p < 0,10$) et les semis tardif et précoce ($\rho = -0,134, p < 0,01$) d'autre part sont négatives et significativement différentes de zéro. Ces résultats suggèrent que les producteurs de maïs qui adoptent les améliorées résistantes à la sécheresse n'adoptent plus ni les semis précoce et tardifs, ni la forte densité de semis. Les corrélations entre les stratégies d'adaptation aux changements climatiques « forte densité de semis » et « semis précoce » d'une part ($\rho = 0,281, p < 0,01$) et « forte densité de semis » et « semis tardif » d'autre part ($\rho = 0,162, p < 0,01$) sont positives et significativement différentes de zéro. Ces résultats suggèrent donc que l'adoption de la « forte densité de semis » comme stratégie d'adaptation aux changements climatiques s'accompagne de l'adoption soit du « semis précoce », soit du « semis tardif ». Autrement dit, les producteurs de maïs qui adoptent la « forte densité de semis » comme stratégie d'adaptation aux changements climatiques adoptent nécessairement en complément soit la stratégie de « semis précoce » soit celle relative au « semis tardif ». Ces résultats révèlent les différentes combinaisons que font les producteurs de maïs des différentes stratégies d'adaptation aux changements climatiques auxquelles ces derniers sont exposés. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par [35]. La corrélation la plus élevée est observée entre les stratégies d'adaptation « forte densité de semis » et « semis précoce » (28 %) et celle la plus faible corrélation est observée entre les variétés améliorées résistante à la sécheresse et le semis précoce (11,11 %).

Tableau 3 : Matrice de corrélations issue du modèle probit multivarié entre les différentes stratégies d'adaptation

	Variété améliorées	Semis précoce	Semis tardif	Forte densité de semis
Variété améliorées		-0,140 (0,061)**	-0,109 (0,062)*	-0,112 (0,065)*
Semis précoce			-0,134(0,057)**	0,281 (0,057)***
Semis tardif				0,162 (0,056)***
Test de log de vraisemblance	chi2(6) ($\rho_{21} = \rho_{31} = \rho_{41} = \rho_{32} = \rho_{42} = \rho_{43} = 0$) := 49,608***			

Erreur standard entre parenthèses

*, *** représentent la signification au seuil de 10 % et 1 % respectivement

3-3. Déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques

Les résultats d'estimation du modèle probit multivarié pour l'analyse des déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques sont présentés dans le **Tableau 4**. Le niveau d'instruction des producteurs de maïs enquêtés a une influence significative seulement sur les stratégies de semis précoce et tardif. Ainsi, les producteurs de maïs ayant un niveau d'étude secondaire premier cycle ont tendance à adopter le semis tardif comme stratégie d'adaptation ($\alpha = 0,287, p < 0,05$). Tandis qu'une corrélation négative et significative est observée entre le niveau d'étude secondaire second cycle et l'adoption de semis précoce comme stratégie d'adaptation ($\alpha = -0,371, p < 0,10$). Une augmentation du nombre d'années d'étude ne favorise pas l'adoption de la stratégie d'adaptation relative au semis précoce.

Ces résultats pourraient traduire que les producteurs ayant reçu une instruction formelle préfèrent des variétés plus adaptées au semis tardif. Le sexe du producteur de maïs a une influence positive et significative sur l'adoption des variétés améliorées ($\alpha = 4,889$, $p < 0,01$) et de la stratégie d'adaptation relative au semis tardif ($\alpha = 0,970$, $p < 0,05$). Ces résultats stipulent que, pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques, les hommes préfèrent adopter les variétés améliorées de maïs et pratiquer le semis tardif comparativement aux femmes. Les résultats ont également révélé l'influence positive et significative de l'âge du producteur sur la probabilité d'adopter les variétés améliorées de maïs ($\alpha = 0,014$, $p < 0,01$). Autrement dit, plus âgé est le producteur, plus grande est la probabilité qu'il adopte les variétés améliorées de maïs. Ce résultat pourrait être justifié par le fait que dans les milieux ruraux, les producteurs âgés détiennent généralement de suffisamment de terres et pourraient se permettre d'allouer une partie pour différentes variétés améliorées dont celles de maïs résistants à la sécheresse en vue d'optimiser la productivité. Par exemple, la statistique descriptive a montré que les adoptants de variétés améliorées de maïs ont une disponibilité de terre significativement plus élevée que les non - adoptants (27,71 ha contre 19,48 ha pour les non-adoptants). Cette influence significative de l'âge sur l'adoption des variétés améliorées de maïs corrobore ceux de [36 - 39] qui avaient montré que les producteurs plus âgés adoptent plus facilement les technologies que les plus jeunes. Par contre, [40] avaient abouti à des résultats contraires. Pour eux, les producteurs relativement moins âgés sont plus disposés à essayer de nouvelles technologies que ceux d'un certain âge. Cette catégorie de producteurs développe plus l'esprit associatif favorable à l'acquisition des informations et de nouvelles connaissances sur les nouvelles technologies [41, 42]. La probabilité d'adopter des variétés améliorées de maïs résistantes à la sécheresse tend à augmenter significativement pour les producteurs exploitant une grande superficie annuellement ($\alpha = 0,005$, $p < 0,05$) tandis que celle d'adopter le semis tardif tend à diminuer significativement pour la même catégorie de producteurs de maïs ($\alpha = -0,005$, $p < 0,05$). Les grandes superficies exploitées incitent les producteurs à adopter les variétés à haut rendements dans le but d'optimiser l'utilisation et de diversifier leur production. Cela pourrait justifier la non pratique des semis tardifs par ces producteurs.

Ces résultats rejoignent ceux trouvés par [43 - 45] qui avaient montré une corrélation positive et significative entre la taille des exploitations des producteurs et l'adoption des variétés tolérantes à la sécheresse. La diversification des sources de revenu traduite par la possession de plantations non fruitières (teck, acacia, etc.), a une influence positive et significative seulement sur l'adoption des variétés améliorées ($\alpha = 0,066$, $p < 0,05$). Ces résultats révèlent et confirment donc le rôle crucial du financement dans l'adoption des technologies agricoles. En d'autres termes, la diversification des revenus allège les contraintes financières du producteur et facilite l'accès aux variétés améliorées dont l'adoption nécessite un certain investissement financier. Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par, entre autres, [46, 23, 24] qui avaient démontré une corrélation positive et significative entre l'accès des producteurs au (micro) crédit et l'adoption des technologies agricoles telles que les variétés améliorées. La perception du producteur de maïs enquêté de son niveau de bien-être est négativement et significativement corrélé avec l'adoption de la forte densité de semis uniquement ($\alpha = -0,188$, $p < 0,05$). Autrement dit, les producteurs (très) pauvres sont ceux qui adoptent la forte densité de semis. Cela indique que cette catégorie de producteurs développe une stratégie de maximisation relative à l'utilisation de la quantité de semences améliorées. En effet, les producteurs dont la capacité financière est relativement faible n'ont pas les ressources d'investir sur de grandes superficies et d'ailleurs de pouvoir faire face aux différentes charges inhérentes. [22] sont parvenus aux résultats similaires sur l'influence positive et significative du niveau de bien-être des ménages des agriculteurs sur l'adoption des variétés améliorées en milieu rural Éthiopien. La part du revenu issue de la production végétale dans le revenu total du producteur a une influence positive et

significative sur l'adoption du semis précoce ($\alpha = 0,041$, $p < 0,05$) et de la forte densité de semis ($\alpha = 0,020$, $p < 0,05$) comme stratégies d'adaptation aux changements climatiques mais une influence négative et significative sur l'adoption du semis tardif ($\alpha = -0,024$, $p < 0,05$). Ces résultats indiquent que les producteurs qui pratiquent l'agriculture comme activité principale adoptent le semis précoce combiné à l'adoption de la stratégie de « forte densité de semis » en vue de minimiser les risques liés aux changements climatiques et de ce fait optimiser leur productivité. Cela n'est pas surprenant puisque l'adoption du « semis précoce » et de la « forte densité de semis » comme stratégies d'adaptation, sont positivement et significativement corrélées. Autrement dit, les producteurs qui dépendent essentiellement de l'agriculture pour leur revenu adoptent les stratégies d'adaptation moins risquées telles que le semis précoce et le semis à forte densité. Nos résultats ont par ailleurs montré que les producteurs ayant de contacts avec le conseil agricole public d'une part, et les ONG locales d'autres part ont tendance à adopter les variétés améliorées de maïs résistantes à la sécheresse ($\alpha = 0,437$, $p < 0,01$ et $\alpha = 0,478$, $p < 0,01$, respectivement pour le contact avec les structures publiques de conseil agricole et le contact avec les ONG locales. Le contact avec les services de vulgarisation, à travers les agents des services nationaux de vulgarisation et/ou les ONG, permet aux producteurs d'être informés et de disposer des informations techniques adéquates des technologies agricoles. De plus, ce contact contribue à améliorer leur connaissance technique et la maîtrise de gestion desdites technologies concourant ainsi à leur décision d'adopter ces technologies. En effet, [9, 47] ont montré que le conseil agricole constitue une courroie de transmission et de diffusion de nouvelles technologies/innovations et informations utiles qui sont susceptibles d'améliorer la productivité des exploitations agricoles. Aussi, le conseil agricole constitue-t-il un mécanisme par lequel les informations sur les innovations peuvent être transmises aux agriculteurs ? [48]. Ces résultats corroborent ceux des études empiriques antérieures [21, 23, 42, 49, 50] qui avaient aussi observé l'influence positive de l'accès des producteurs à la vulgarisation sur l'adoption des technologies agricoles. [50] avaient également affirmé que les informations diffusées par les services de vulgarisation agricole améliorent le niveau d'adoption des nouvelles technologies.

Le contact avec les projets et programmes est négativement et significativement corrélé avec l'adoption de la forte densité comme stratégie d'adaptation ($\alpha = -0,248$, $p < 0,10$). De tel résultat n'est pas surprenant d'autant plus que cette pratique ne fait pas partie des bonnes pratiques généralement conseillées par les projets et programmes. De même, les producteurs ayant la vente comme objectif principal de production du maïs n'adopte pas la pratique de semis à forte densité ($\alpha = -0,365$, $p < 0,01$) mais ont tendance à adopter les variétés améliorées (coefficient positif mais non significatif) en vue d'optimiser leur productivité. En effet, l'influence de la variable « maïs comme première culture » sur l'adoption des variétés améliorées de maïs est positive et significative ($\alpha = 0,282$, $p < 0,05$). Autrement dit, les producteurs qui tirent la grande partie de leur revenu agricole du maïs ont tendance à adopter les variétés améliorées résistantes à la sécheresse comme stratégie d'adaptation aux changements climatiques. Comme les variétés améliorées font parties des services offerts par le conseil agricole, il est possible d'établir une corrélation entre le revenu des producteurs et leur accès au conseil agricole. En revanche, cet accès des producteurs au conseil agricole peut être influencé positivement par leur niveau de revenu agricole. Ces constats sont conformes à ceux de [51] qui avaient montré que le revenu des agriculteurs affecte positivement leur accès aux services de vulgarisation notamment dans un contexte de faible couverture des zones de production par les services de vulgarisation publics. [52] avaient également affirmé que le revenu induit par l'adoption des technologies agricoles peut être réinvesti dans l'acquisition de nouvelles technologies.

Tableau 4 : Résultats d'estimation du modèle probit multivarié montrant les facteurs influençant l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques

Variables	Modalités	Variété améliorées		Semis précoce		Semis tardif		Forte densité de semis	
		Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
Education primaire	1 = Oui 0 = Non	0,088	0,132	-0,033	0,112	0,044	0,110	-0,070	0,116
Education secondaire, 1er cycle	1 = Oui 0 = Non	0,168	0,168	-0,012	0,142	0,287**	0,144	-0,044	0,149
Education secondaire, second cycle	1 = Oui 0 = Non	0,190	0,255	-0,371*	0,224	0,168	0,224	-0,194	0,249
Sexe du producteur	1 = masculin, 0 = féminin	4,889***	0,204	0,363	0,284	0,970***	0,368	-0,028	0,321
Age du producteur	Ans	0,014***	0,004	0,004	0,004	0,001	0,004	-0,003	0,004
Superficie totale exploitable	Ha	0,005**	0,002	-0,002	0,002	-0,005**	0,002	-0,002	0,002
Superficie en plantation fruitiers (palmier, anacarde, etc.)	Ha	0,007	0,008	0,001	0,007	-0,006	0,007	0,011	0,007
Superficie plantation non fruitiers (teck, acacia, etc.)	Ha	0,066**	0,033	0,012	0,028	0,023	0,035	-0,018	0,032
Niveau de bien être	1 = Très pauvre à 5 = Aisé	0,048	0,094	0,071	0,077	-0,024	0,079	-0,188**	0,085
Membre d'un groupe de producteurs	1 = Oui 0 = Non	0,209	0,136	-0,151	0,114	0,124	0,113	0,095	0,118
Contribution de la production végétale (cultures annuelles) dans le revenu total	%	-0,011	0,013	0,041**	0,019	-0,024**	0,012	0,020**	0,009
Contact avec le CARDER/DDAEP	1 = Oui 0 = Non	0,437***	0,147	-0,067	0,116	0,117	0,118	-0,031	0,122
Contact avec les ONG Locales	1 = Oui 0 = Non	0,478***	0,184	0,230	0,170	0,215	0,167	-0,291	0,192
Contact avec les ONG internationales	1 = Oui 0 = Non	0,258	0,187	0,191	0,171	0,001	0,171	0,216	0,175
Contact avec les projets/programmes	1 = Oui 0 = Non	0,007	0,154	-0,127	0,134	-0,013	0,138	-0,248*	0,148
Orientation vente	1 = Vente comme objectif 0	0,118	0,125	-0,055	0,107	0,092	0,103	-0,365***	0,107

Variables	Modalités	Variété améliorées		Semis précoce		Semis tardif		Forte densité de semis	
		Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
	= Non								
Voie d'accès au village : route bitumée	1 = Oui 0 = Non	0,227	0,182	0,033	0,149	-0,339**	0,149	0,128	0,155
Voie d'accès au village : Piste carrossable	1 = Oui 0 = Non	0,207	0,154	-0,035	0,125	-0,559***	0,126	0,004	0,130
Maïs comme 1ere culture	1 = Oui 0 = Non	0,282**	0,130	-0,292***	0,109	0,096	0,108	-0,304***	0,112
Constante		-7,681***	0,511	-0,396	0,437	-0,768	0,507	0,421	0,468
Nombre d'observations		751							
Log de vraisemblance		Wald chi2(76) = 1290,24***							

Coef. = Coefficients ; Err. Std -= Erreur standard

, **, * représentent la signification au seuil de 10 %, 5 % et 1 % respectivement*

4. Conclusion

L'interdépendance entre quatre stratégies d'adaptation aux changements climatiques a été explorée au moyen du modèle probit multivarié. Les résultats ont révélé que l'adoption des différentes stratégies d'adaptation aux changements climatiques par les producteurs de maïs est interreliée. Dans l'ensemble, la probabilité d'adopter une stratégie d'adaptation décroît avec l'adoption d'une autre stratégie stipulant une substitution. Les résultats ont également montré des cas de complémentarité ou la probabilité d'adopter une stratégie d'adaptation augmente avec l'adoption d'une autre stratégie. Globalement, les résultats impliquent que les pratiques de semis précoce ou semis tardif et ou de forte densité ne doivent pas être encouragées conjointement avec l'adoption des variétés améliorées de maïs résistantes à la sécheresse du fait de leur interdépendance. Ce faisant, les politiques agricoles doivent mettre l'accent sur la diffusion des stratégies d'adaptation et faciliter l'accès des producteurs du maïs au conseil agricole.

Références

- [1] - FAO & CEDEAO, "Profil national genre des secteurs de l'agriculture et du développement rural (BENIN)", Série des Evaluations Genre des Pays. Cotonou, Bénin (2018)
- [2] - Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), Production agricole 2011 - 2012 (2019), <https://www.insae-bj.org/statistiques/statistiques-agricoles>. Consulté le 11 septembre 2020
- [3] - PANA-Benin, "Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques. Programme d'action national d'adaptation aux changements climatiques du Bénin. Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN)", Programme d'action National d'adaptation aux Changements Climatiques du Benin. Rapport, (2008), <http://unfccc.int/resource/docs/napa/ben01f.pdf>. Consulté le 10 Août 2020 à 12
- [4] - A. A. DOLO, A. GARANGO, D. CISSE, F. TOURE, A. S. SIDIBE, M. KEITA, A. KODIO et D. TIMBELY, "Perceptions des populations de la commune urbaine de Niono sur les effets néfastes des changements climatiques (CC) sur leurs activités, Région de Ségou, Mali". *Afrique SCIENCE*, 15 (6), (2019) 310 - 321
- [5] - GIEC, "Changements climatiques : Incidences, adaptation et vulnérabilité " - Résumé à l'intention des décideurs", Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Édit. OMM-PNUE, Genève, (2014) 34 p.
- [6] - M. DIOMANDE, K. DONGO, B. R. A. M. A. KONE, G. CISSE, J. BIEMI et B. BONFOH, "Vulnérabilité de l'agriculture pluviale au changement de régime pluviométrique et adaptation des communautés rurales du «V-Baoulé» en Côte d'Ivoire", *African Journal of Science and Technology*, 8(1), (2017) 8 - 16
- [7] - R. N. YEGBEMEY, J. A. YABI, G. B. AÏHOUNTON et A. PARAÏSO, "Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest)", *Cahiers Agricultures*, 23(3), (2014) 177 - 187
- [8] - S. W. NDIRITU, M. KASSIE and B. SHIFERAW, "Are there systematic gender differences in the adoption of sustainable agricultural intensification practices? Evidence from Kenya", *Food Policy*, 49, (2014) 117 - 127
- [9] - IPCC, "Climate Change 2014 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]", In IPCC (Ed.), *Kristin Seyboth (USA)* (2014) Retrieved from <http://www.ipcc.ch>.

- [10] - F. E. HOUNNOU, H. DEDEHOUANOU, A. ZANNOU, J. AGBAHEY and G. BIAOU, "Economy-Wide Effects of Climate Change in Benin : An Applied General Equilibrium Analysis", *Sustainability*, 11(23), (2019) 6569
- [11] - R. LOKOSSOU, G. AKOUEHOU, H. LOHAHOUEDE, R. IDOHOU, R. G. KAKAI, J. GANLO and B. SINSIN, Endogenous Strategies to Face Climate Change and Maintains Ecosystem Resilience in Forest of Three Rivers in the North of Benin. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 6(1), (2017) 2319 - 1473
- [12] - P. OUÉDRAOGO, B. A. BATIONO, J. SANOU, S. TRAORÉ, S. BARRY, S. D. DAYAMBA, J. BAYALA, M. OUÉDRAOGO, S. SOETERS and A. THIOMBIANO, "Uses and vulnerability of ligneous species exploited by local population of northern Burkina Faso in their adaptation strategies to changing environments", *Agriculture & Food Security*, 6(1), (2017) 15
- [13] - A. A. NASWEM, G. A. AKPEHE and M. N. AWUAGA, Adaptation strategies to climate change among rice farmers in Katsina-Ala local government area of Benue state, Nigeria", *IOSR J Agric Veterinary Sci (IOSR-JAVS)*, 9(10), (2016) 33 - 37
- [14] - T. J. N. T THIOMBIANO, "Adoption of Adaptation Strategies for Climate change : Case of Burkina Faso Farmers", *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 7(1), (2018) 53 - 65
- [15] - X. A. SHINBROT, K. W. JONES, A. RIVERA-CASTAÑEDA, W. LÓPEZ-BÁEZ and D. S. OJIMA, "Smallholder farmer adoption of climate-related adaptation strategies : The importance of vulnerability context, livelihood assets, and climate perceptions", *Environmental management*, 63(5), (2019) 583 - 595
- [16] - G. W. GEBRU, H. E. ICHOKU and P. O. PHIL-EZE, "Determinants of smallholder farmers' adoption of adaptation strategies to climate change in Eastern Tigray National Regional State of Ethiopia" *Heliyon*, 6(7), (2020) e04356
- [17] - K. T. THINDA, A. A. OGUNDEJI, J. A. BELLE and T. O. OJO, "Understanding the adoption of climate change adaptation strategies among smallholder farmers : Evidence from land reform beneficiaries in South Africa", *Land Use Policy*, 99, (2020) 104858
- [18] - A. A. AL-AMIN, T. AKHTER, A. H. M. S. ISLAM, H. JAHAN, M. J. HOSSAIN, M. M. H. PRODHAN and M. KI analysis of farmers' perceptions of and adaptation to climate change impacts : empirical evidence fr of Bangladesh", *Climatic Change*, 156(4), (2019) 545 - 565
- [19] - A. DIALLO, E. DONKOR and V. OWUSU, "Climate change adaptation strategies, productivity and sustainable food security in southern Mali", *Climatic Change*, (2020) 1 - 19
- [20] - M. MARIE, F. YIRGA, M. HAILE and F. TQUABO, "Farmers' choices and factors affecting adoption of climate change adaptation strategies: evidence from northwestern Ethiopia", *Heliyon*, 6(4), (2020) e03867
- [21] - M. KASSIE, M. JALETA, B. SHIFERAW, F. MMBANDO and M. MEKURIA, "Adoption of interrelated sustainable agricultural practices in smallholder systems : evidence from rural Tanzania", *Technol. Forecast Soc. Change* 80 (3), (2013) 525 - 540
- [22] - H. TEKLEWOLD, M. KASSIE, B. SHIFERAW, G. KÖHLIN, "Cropping system diversi-fication, conservation tillage and modern seed adoption in Ethiopia : impacts on household income, agrochemical use and demand for labor", *Ecol. Econ.* 93, (2013) 85 - 93
- [23] - M. KASSIE, H. TEKLEWOLD, M. JALETA, P. MARENYA and O. ERENSTEIN, "Understanding the adoption of a portfolio of sustainable intensification practices in eastern and southern Africa" *Land use policy*, vol. 42, (2015) 400 - 411
- [24] - P. WAINAINA, S. TONGRUKSAWATTANA and M. QAIM, "Tradeoffs and complementarities in the adoption of improved seeds, fertilizer, and natural resource management technologies in Kenya", *Agricultural Economics*, 47(3), (2016) 351 - 362
- [25] - W. Greene, "Functional forms for the negative binomial model for count data" *Economics Letters*, 99(3), (2008) 585 - 590

- [26] - E. M. ROGERS, "Diffusion of innovation," 5th edition. Macmillan Co., New York, (2003)
- [27] - H. R. VARIAN, "Analyse microéconomique", De Boeck, 6e éd., Bruxelles, (2006) 824 p.
- [28] - J. WU and B. A. BABCOCK, "The choice of tillage, rotation, and soil testing practices: Economic and environmental implications", *American Journal of Agricultural Economics*, 80(3), (1998) 494 - 511
- [29] - A. JENKINS, M. M. VELANDIA, D. M. LAMBERT, R. K. ROBERTS, J. A. LARSON, B. C. ENGLISH and S. W. MARTIN, "Factors influencing the selection of precision farming information sources by cotton producers", *Agricultural and Resource Economics Review*, 40(1203-2016-95484), (2011) 307 - 320
- [30] - Z. OTIENO, J. J. OKELLO, R. NYIKAL, A. MWANG'OMBE and D. CLAVEL, "The role of varietal traits in the adoption of improved dryland crop varieties: The case of pigeon pea in Kenya", *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 6 (311-2016-5587) (2011)
- [31] - A. G. TIMU, R. MULWA, J. J. OKELLO and M. KAMAU, "The role of varietal attributes on adoption of improved seed varieties : the case of sorghum in Kenya", *Agriculture & Food Security*, 3(1) (2014) 9
- [32] - J. GEWEKE, "Bayesian inference in econometric models using Monte Carlo integration", *Econometrica : Journal of the Econometric Society*, (1989) 1317 - 1339
- [33] - P. K. DEGLA, P. DAANON, A. ONZO et E. TOMAVO, "Analyse comparative des performances économiques des systèmes de production du maïs dans la commune de Banikoara au Nord-Bénin", *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 8(1) (2020)
- [34] - D. ALY, H. A. SALAMI, L. BABA MOUSSA et L. CHABI GOURO, "Gestion de la biodiversité des variétés cultivées de maïs au Bénin", *Res Gate*, (2018) 4
- [35] - G. DANSO-ABBEAM and L. J. BAIYEGUNHI, Adoption of agrochemical management practices among smallholder cocoa farmers in Ghana. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(6) (2017) 717 - 728
- [36] - P. Y. ADEGBOLA and C. GARDEBROEK, The effect of information sources on technology adoption and modification decisions. *Agricultural Economics*, 37(1) (2007) 55 - 65
- [37] - M. O. OLOUMILADE et J. A. YABI, Facteurs explicatifs de l'adoption des variétés améliorées de soja dans le département du Borgou au Nord du Bénin. *les cahiers du cread*, 35(1), (2019) 51 - 76
- [38] - I. C. SERO, K. ISSAKA, A. B. S. S. GBASSI, I. M. AFOUDA, S. KOUTCHELE, et J. A. YABI, Déterminants de l'adoption des systèmes de production à base d'anacardier au Centre et au Nord-Est du Bénin. *Afrique SCIENCE*, 17(2), (2020) 177 - 188
- [39] - J. A. YABI, F. X. BACHABI, I. A. LABIYI, C. A. ODE et R. L. AYENA, "Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), (2016) 779 - 792
- [40] - S. HUSSEIN, A. ABUKARI and S. KATARA, "Determinants of farmers adoption of improved maize varieties in the Wa municipality", *American International Journal of Contemporary Research*. Vol. 5, No. 4; (2015)
- [41] - V. BINDLISH and R. E. EVENSON, "The impact of T&V extension in Africa: the experience of Kenya and Burkina Faso (English)", *The World Bank research observer*. Vol. 12 (2), (1997) 183 - 201
- [42] - S. A. ADEKAMBI, J. J. OKELLO, S. RAJENDRAN, K. ACHEREMU, E. E. CAREY, J. LOW and P. E. ABIDIN, "Effect of varietal attributes on the adoption of an orange-fleshed sweetpotato variety in Upper East and Northern Ghana", *Outlook on Agriculture*, 49(4), (2020) 311 - 320
- [43] - J. A. TAMBO, "Adaptation and resilience to climate change and variability in north-east Ghana", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 17, (2016) 85 - 94
- [44] - D. BOANSI, J. A. TAMBO and M. MÜLLER, "Analysis of farmers' adaptation to weather extremes in West African Sudan Savanna", *Weather and climate extremes*, 16 (2017) 1 - 13

- [45] - S. BEDEKE, W. VANHOVE, M. GEZAHEGN, K. NATARAJAN and P. VAN DAMME, "Adoption of climate change adaptation strategies by maize-dependent smallholders in Ethiopia", *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 88, (2019) 96 - 104
- [46] - C. NHEMACHENA, R. HASSAN and J. Chakwizira, "Analysis of determinants of farm-level adaptation measures to climate change in Southern Africa", *Journal of Development and Agricultural Economics*, 6(5), (2014) 232 - 241
- [47] - T. F. BOCHER and F. SIMTOWE, "Profit efficiency analysis among groundnut farmers from Malawi", *Journal of Development and Agricultural Economics*, Vol. 9(10), (2017) 278-288, DOI: 10.5897/JDAE2017.0774. <http://www.academicjournals.org/JDAE>
- [48] - R. EVENSON, "Economic impacts of agricultural research and extension", In Bruce L. Gardner and Gordon C. Rausser (eds). *Handbook of Agricultural Economics*, (2000)
- [49] - A. ALBORE, "Review on role and challenges of agricultural extension service on farm productivity in Ethiopia", *International Journal of Agricultural Education and Extension*, 4(1), (2018) 93 - 100
- [50] - Y. LEE, D. AN and T. KIM, "The Effects of Agricultural Extension Service on Farm Productivity : Evidence from Mbale District in Uganda". Preprints, 2017040162 (doi: 10.20944/preprints201704.0162.v1), (2017)
- [51] - E. NAMBIRO, J. OMITI and L. MUGUNIERI, "Decentralization and Access to Agricultural Extension Services in Kenya", Contributed poster prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, (2006)
- [52] - J. MANDA, A. D. ALENE, C. GARDEBROEK, M. KASSIE and G. TEMBO, "Adoption and impacts of sustainable agricultural practices on maize yields and incomes: Evidence from Rural Zambia", *Journal of Agricultural Economics* 66, (2016) 130 - 153