

Déterminants socioéconomiques des paquets d'adaptation au changement climatique chez les producteurs de maïs (*Zea mays* L.) au Nord-est du Bénin

Oscar Iboukoun Ayedegue^{*1}, Jacob Afouda Yabi¹, Patrice Ygué Adegbola², Barnabé Agalati¹

⁽¹⁾Université de Parakou (UP). Faculté d'Agronomie (FA). Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE). Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES). BP 123 Parakou (Bénin). E-mail : oscson10@yahoo.fr

⁽²⁾Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale de Agonkanmey (CRA-Agonkanmey). 01 BP 884 Cotonou (Bénin).

Reçu le 28 janvier 2022, accepté le 02 mars 2022, publié en ligne le 11 mars 2022

RESUME

Description du sujet. Le maïs, principal aliment de base et importante source de revenu pour les ménages agricoles au Bénin, est très affecté par les effets néfastes du changement climatique qui risque de s'aggraver à moins de développer des stratégies appropriées d'adaptation.

Objectif. L'étude vise à analyser les facteurs qui déterminent les choix des paquets d'adaptation au changement climatique au Nord-Est du Bénin en vue d'indiquer les conditions qui favorisent le choix des paquets les plus appropriés à promouvoir.

Méthodes. Les données ont été récoltées au moyen d'une enquête socioéconomique auprès de trois cent cinq (305) producteurs de maïs dans les communes de Kandi, Banikoara et Ségbana, sélectionnés à travers un processus d'échantillonnage aléatoire simple. A travers le modèle de régression probit multinomial, les facteurs qui influencent le choix des paquets d'adaptation ont été identifiés.

Résultats. Les résultats obtenus ont montré que les producteurs de maïs avec des conditions socioéconomiques plus favorables optent pour des paquets intégrant un plan de renouvellement des facteurs de production sur le moyen terme dans le but de générer davantage de moyens de subsistance dans le futur. Tandis que ceux dont les conditions socioéconomiques sont moins favorables, s'orientent vers les paquets qui garantissent la récupération immédiate des investissements consentis.

Conclusion. L'amélioration des conditions socioéconomiques est le préalable pour l'adoption des paquets d'adaptation appropriés. Ils peuvent servir à orienter les différents acteurs sur les axes pertinents d'intervention pour lever les contraintes à l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique pour une agriculture durable.

Mots-clés : Paquets d'adaptation, changement climatique, régression probit multinomial, producteurs de maïs, Nord-est/Bénin

ABSTRACT

Socioeconomic determinants of climate change adaptation packages among maize producers (*Zea mays* L.) in East-northern Benin

Description of the subject. Maize, the main staple food and important source of income in Benin, is highly affected by the adverse effects of climate change, which is likely to worsen unless appropriate adaptation strategies are developed.

Objective. The study analyzes factors that determine climate change adaptation packages choices in East northern Benin.

Methods. Data were collected through a socio-economic survey of three hundred and five (305) maize producers in Kandi, Banikoara and Segbana municipalities, selected through a simple random sampling process. Through the multinomial probit regression model, factors that influence the choice of climate change adaptation packages have been identified.

Results. The results show that maize producers with better socio-economic conditions choose different packages from those with worse conditions. Indeed, respondents with better conditions opt for packages that integrate a medium-term plan for the renewal of production factors with the aim of generating more livelihoods in the

future. While those with poorer conditions opt for packages that guarantee the immediate recovery of investments made and livelihood production levels that are fairly close from one season to the next.

Conclusion. The improvement of producers' socio-economic conditions is necessary for the adoption of adaptation packages that guarantee the sustainable exploitation of production factors. They can be used to guide development actors on the relevant areas of intervention to remove constraints to the adoption of adaptation strategies consistent with sustainable agriculture.

Keywords: Adaptation packages, climate change, multinomial probit regression, maize producers, East-northern Benin

1. INTRODUCTION

Le secteur agricole joue un rôle essentiel dans l'économie des pays d'Afrique subsaharienne. Il contribue à l'alimentation et au revenu de la majorité de ses habitants. Cependant, les tendances récentes des performances dans ce domaine sont peu reluisantes. En effet, l'évolution de la productivité agricole en Afrique a été plus lente que dans le reste du monde (Willy et Holm-Müller, 2013), amenant des auteurs à soutenir que l'Afrique s'éloigne davantage de la frontière de la productivité agricole, contredisant ainsi l'hypothèse de convergence (Wurlod et Eaton, 2015). La dégradation des terres, le faible investissement dans le secteur agricole et le changement des variables climatiques (température moyenne élevée, précipitations rares et irrégulières) qui ont caractérisé les activités agricoles de la région (Di Falco *et al.*, 2011 ; Willy et Holm-Müller, 2013) seraient à l'origine de cette situation.

Le changement climatique constitue aujourd'hui une contrainte majeure pour l'agriculture car il augmente non seulement les coûts de production et le risque de mauvaises récoltes, mais met également en péril la stabilité de l'ensemble de la chaîne de production agricole (Wheeler et von Braun, 2013). Les données scientifiques sur le changement climatique suggèrent que même avec une politique d'atténuation forte, les performances agricoles plus faibles et stagnantes observées dans la région de l'Afrique subsaharienne persisteront et s'empireront, si le secteur ne trouve pas de moyens de s'adapter au changement climatique (Pachauri *et al.*, 2011) dans le cadre d'un scénario de maintien du statu quo pour le secteur agricole.

Le changement climatique se traduit par une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des événements climatiques extrêmes qui affectent sérieusement l'environnement, l'économie, les niveaux de sécurité alimentaire et la pauvreté des pays de la région (Calzadilla *et al.*, 2014). En effet, la littérature au sujet de l'impact du changement climatique sur l'agriculture suggère des pertes importantes de rendement (de 20 à 50 %) des cultures céréalières et oléagineuses aux horizons proches et lointains (Doukpolo, 2014), entraînant des bouleversements sociaux plus fréquents comme les émeutes de la faim de 2008 et une augmentation

des prix des produits alimentaires (Hillel et Rosenzweig, 2009 ; Goutaine, 2017). Ces perspectives peu encourageantes justifient le rôle crucial que l'adaptation doit jouer dans le plan global de réponse aux menaces pour le bien-être des populations. Les stratégies d'adaptation ont le potentiel de réduire les pertes de rendement dues aux changements climatiques.

Des auteurs soutiennent l'idée que les communautés rurales peuvent faire face avec succès aux impacts négatifs du changement climatique grâce à la mise en œuvre des pratiques d'adaptation (Eakin *et al.*, 2014 ; Waha *et al.*, 2013). Cette conviction a suscité de nombreux efforts pour promouvoir des stratégies d'adaptation par le biais de projets et programmes. Dans le domaine de la recherche, l'analyse des mesures d'adaptation les plus efficaces et celle des facteurs déterminants leur adoption afin d'aider à une vulgarisation ciblée, ont été les centres de débats au cours des dernières décennies. Les études révèlent que plusieurs mesures d'adaptation sont adoptées (Berhe *et al.*, 2017). Cependant, malgré ces mesures d'adaptation, les conséquences du changement climatique sur la production agricole demeure préoccupante. En effet, l'indice national des prix des produits alimentaires connaît une tendance haussière et constitue un frein à l'accès des ménages vulnérables aux biens de premières nécessité au Bénin. Par ailleurs, moins de la moitié des ménages (47,5 %) étaient en sécurité alimentaire, 42,9 % en sécurité alimentaire limitée et 9,6 % en insécurité alimentaire globale (modérée 8,9 % et sévère 0,7 %) en 2017 (Programme Alimentaire Mondiale, 2019). Cette situation semble s'aggraver, éloignant ainsi le Bénin des possibilités de l'élimination de la faim, tel qu'envisagé dans le deuxième objectif du programme de développement durable à l'horizon 2030.

Une préoccupation de plus en plus grandissante au sein de la communauté scientifique et susceptible d'expliquer cette tendance est l'étude d'efficacité des réponses aux changements climatiques par l'adaptation. En effet, des auteurs soutiennent que l'adaptation peut être considérée comme un facteur clé de gestion du changement climatique à condition que l'on identifie les bonnes options (Altieri *et al.*, 2015). Ils estiment que certaines

options d'adaptation ne pourront modérer les dommages du changement climatique que pour le très court terme (Matthews *et al.*, 2013) et accentuent même la vulnérabilité des systèmes de production (Altieri *et al.*, 2015). Selon ces auteurs, ces options sont celles qui concourent à la limitation de la biodiversité, à l'utilisation prononcée des engrais et pesticides chimiques contrairement à celles comprenant l'agroforesterie, les cultures de couverture, l'intégration de la production animale et végétale, l'utilisation des engrais organiques, la jachère, l'association et la rotation culturales.

Une étude multi-pays qui a exploré la résilience des systèmes agricoles des petits exploitants africains face à la variabilité et au changement climatique entre 2007 et 2010, a révélé les préférences pour des stratégies intégrant l'amélioration de la fertilité des sols avec des résidus organiques, la jachère et les pratiques de gestion efficiente des ressources en eau. De même, leur intérêt pour le développement de mécanismes d'établissement et de maintien des réserves alimentaires, de soutien des filets de sécurité sociale afin de protéger les groupes sociaux vulnérables, la conservation des arbres fruitiers locaux et d'autres variétés de cultures adaptées localement est remarquable (Mapfumo *et al.*, 2013). En effet, de nombreuses études (Houkponou *et al.*, 2017 ; Wale *et al.*, 2021) ont montré des taux d'adoption très élevés des stratégies intégrant l'utilisation des pesticides et engrais chimiques associée à d'autres pratiques qui entravent la conservation de la biodiversité. Il en ressort que les choix des options d'adaptation par les agriculteurs résultent d'un exercice de priorisation suivant des variables à élucider.

De nombreuses études ont été menées pour étudier les facteurs influençant l'adoption des stratégies d'adaptation. Les plus récentes commencent à s'intéresser aux facteurs influençant les choix de quelques pratiques entrant dans la composition des stratégies d'adaptation (Azadi *et al.*, 2019). Les stratégies d'adaptation au changement climatique sont constituées d'un ensemble des pratiques organisées de manière cohérente (Traoré *et al.*, 2013). Ainsi, les stratégies d'adaptation sont des paquets de pratiques agencées de manière spécifique. Il est donc important que l'analyse des facteurs déterminant l'adoption des stratégies d'adaptation considère les paquets d'adaptation pour tenir compte des besoins et contraintes générés par les interactions entre les pratiques qui les composent.

Par ailleurs, un intérêt particulier pour le maïs est perceptible dans les travaux de recherche en lien avec le changement climatique. En effet, le maïs est le principal aliment de base (Bricas *et al.*, 2016) dont une part importante est destinée à

l'autoconsommation et constitue une source de revenus notamment dans la partie nord du pays où sa production est la plus importante. De ce fait, le maïs est devenu une culture très importante et stratégique au point d'attirer davantage l'attention de la communauté scientifique. La littérature prédit que le maïs sera la culture la plus affectée dans le contexte des conditions climatiques futures. En effet, le maïs est la première céréale produite et le principal produit de base de l'alimentation des populations béninoises. Il se positionne comme une culture commerciale et une culture de subsistance (Baco, 2019) et par conséquent, une baisse de sa production va affecter sérieusement la sécurité alimentaire du pays et les revenus des maïsiculteurs. Le maïs représente donc une culture d'intérêt quand il s'agit d'analyser les facteurs favorisant l'adoption des stratégies appropriées d'adaptation au changement climatique.

L'étude vise à analyser les facteurs qui déterminent les choix des paquets d'adaptation au changement climatique au Nord-Est du Bénin en vue d'identifier les conditions qui favorisent le choix des paquets les plus appropriés.

Cette étude permet d'orienter les décideurs sur les conditions à promouvoir pour l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique pour une production durable du maïs.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

La zone d'étude comprend les communes de Kandi, Banikoara et Ségbana. Elle est limitée au Nord par les communes de Malanville et Karimama, à l'Ouest par le département de l'Atacora et le Burkina Faso, au Sud par les communes de Sinendé, Bembéréké et Kalalé et à l'Est par la République fédérale du Nigéria. Elle est située entre 10°55' et 11°18' de latitude Nord puis entre 2°26' et 3°41' de longitude Est, et couvre une superficie de 12275 km². La composition géomorphologique du milieu d'étude comprend des plaines et des plateaux d'une altitude moyenne de 250 m.

L'hydrographie du milieu de recherche est composée des affluents du fleuve Niger que sont le Mékrou, l'Alibori et la Sota et les types de sol qu'on rencontre dans la zone d'étude sont ferrugineux, argileux et limoneux noirs, granito gneissique et des sols sur grès.

Le climat de la zone d'étude est de type soudano-sahélien avec une saison pluvieuse et une saison sèche. La hauteur pluviométrique annuelle moyenne oscille entre 850 et 1150 mm. Quant à la température, elle reste élevée avec des minimas entre 23 et 24 °C et des maximas entre 35 et 36 °C.

Dans l'ensemble, la végétation de la zone d'étude est composée de savanes boisées, arbustive et herbacée avec des plages d'épineux aux endroits soumis à une forte influence anthropique. Par

ailleurs, le long des cours d'eau, il y a une végétation bien boisée. Les espèces qui caractérisent ces formations végétales sont le néré, le caïlcédrat, le karité et le baobab.

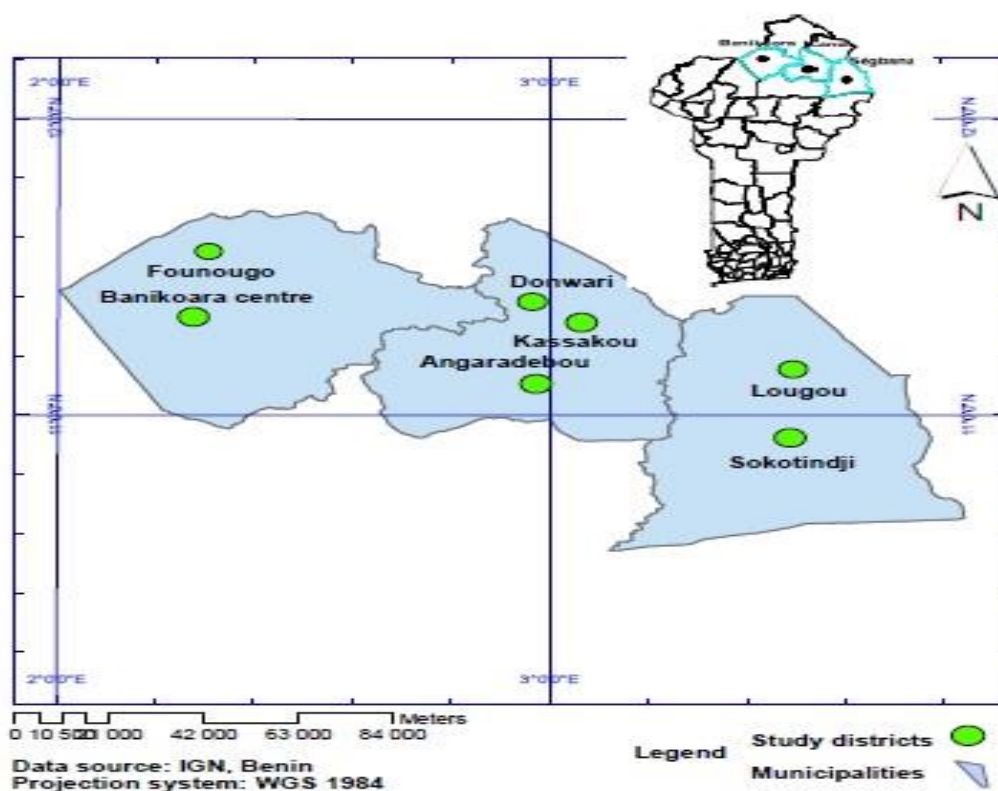


Figure 1 : Situation géographique du milieu d'étude

2.2. Collecte des données

Les données sur les caractéristiques socioéconomiques et démographiques ont été collectées en Janvier 2021 à travers des entretiens individuels sur la base d'un questionnaire et des focus group sur la base d'un guide d'entretien. Pour recueillir ces informations, un choix raisonné des communes ayant les plus grandes parts de production de maïs a été opéré sur la base des données statistiques de la Direction Départementale de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (DDAEP) au cours des trois dernières années. Le choix des arrondissements et villages a été effectué avec le concours des agents des cellules communales de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA), pôle 2, sur la base du critère de forte zone de production. Les enquêtés cibles sont des producteurs dont la culture du maïs représente non seulement un moyen de subsistance mais aussi une source importante de revenu. Ils ont été sélectionnés à proportion égale des coopératives de producteurs de maïs dans chaque village. Une sélection aléatoire simple de producteurs au sein des coopératives dans chaque village a permis de collecter les données auprès de trois cent cinq (305) producteurs à travers un

questionnaire structuré élaboré à l'aide de l'application kobocollect. Par ailleurs, les données de paquets d'adaptation utilisées dans cette étude résultent des travaux de Ayedegue *et al.* (2021) qui ont permis de déterminer les compositions de pratiques d'adaptation qu'élaborent ces enquêtés pour s'adapter au changement climatique, au moyen de la classification hiérarchique (tableau 1). Ainsi, quatre combinaisons de pratiques ont été déterminées. Trois variables de classification permettent de distinguer ces paquets. Il s'agit du choix variétal (cycle court ou moyen), des stratégies de gestion de risque (labour et semis précoces, renouvellement de semences, semis échelonné, production sur différents sites et augmentation de l'emblavure des cultures résilientes) et du mode de gestion de la fertilité (engrais minéral ou combinaison d'engrais minéral et organique). L'analyse de la composition de ces paquets à la lumière de la littérature (Adégbola *et al.*, 2017 ; Alteri, 2015) a permis de conclure que le paquet 4 (réduction de l'utilisation de l'engrais minéral par l'introduction de l'engrais organique dans la stratégie de fertilisation, diversification culturelle, production animale et mise en jachère des terres) est celui qui garantit l'exploitation durable de la terre,

la conservation de la biodiversité et capable d'atténuer les effets du changement climatique.

Tableau 1. Paquets technologiques d'adaptation au changement climatique

Pratiques d'adaptation	Paquet 1	Paquet 2	Paquet 3	Paquet 4
Variété de cycle court	x	x	x	
Renouvellement de semence		x	x	
Reprise du semis	x	x	x	
Labour et semis précoce	x	x	x	
Variété de cycle moyen			x	x
Diversification des cultures les plus résilientes				x
Production sur différents sites			x	x
Semis échelonné	x	x	x	
Augmentation de la dose d'engrais minéral	x	x	x	
Système de production animale et végétale et utilisation partielle de l'engrais organique				x
Mise en jachère des terres				x
Rotation culturale		x		

Source : Ayedegue *et al.* (2021)

Légende : X (adoption de la pratique de la ligne correspondante)

2.3. Analyse des données

Cadre théorique

Le cadre d'analyse de cette étude s'inspire du modèle comportemental du ménage agricole. Ce modèle fournit un cadre qui considère simultanément les fonctions de producteur et de consommateur du ménage agricole. Il suppose que le ménage agricole fait ses choix de consommation et de production pour maximiser l'utilité de la consommation sous réserve d'un ensemble de contraintes, dont le revenu total, les changements climatiques, etc. Les options d'adaptation faites par le ménage, destinées à lever les contraintes liées aux changements climatiques, dépendent du niveau d'accès à l'information relative aux mesures d'ajustements disponibles, de la comparaison entre les actifs requis pour la mise en œuvre des ajustements et ceux auxquels le ménage a accès, de la perception de la probabilité d'occurrence des perturbations et de l'évaluation de l'effet de l'option d'adaptation sur les conditions à court et moyen termes du ménage agricole. En effet, certaines options présentent l'avantage de modérer les effets néfastes des changements du climat à court terme (Matthews *et al.*, 2013), mais altèrent les capacités d'adaptation à moyen terme, tandis que les avantages résultant d'autres options d'adaptation, ne sont obtenus qu'à moyen terme, mais ces options renforcent les capacités d'adaptation de manière irréversibles (Adégbola *et al.*, 2017). Idéalement, le chef de ménage choisirait de lever durablement les contraintes liées au changement climatique. Cependant, pour envisager cette option, il faut que le revenu du ménage suffise à répondre à ses besoins de subsistance de court terme, le temps que la stratégie d'adaptation

commence à payer. Autrement, il ferait le choix de la stratégie qui lui permet de satisfaire les besoins du moment en attendant de trouver des ressources lui permettant de changer d'options.

L'analyse de la capacité des ressources à satisfaire les besoins du ménage jusqu'à ce que les meilleures options ne commencent à payer, ferait partie des facteurs influençant le choix de la stratégie d'adaptation. Cette analyse correspond à la théorie du comportement adaptatif selon laquelle, chaque décision vise la poursuite d'un objectif spécifique. Ainsi, l'objectif de subsistance du moyen terme sera visé lorsque celui du court terme sera satisfait. Par ailleurs, la préférence pour un paquet d'adaptation k n'est envisageable que si l'utilité maximale espérée avec son adoption (U_k) est meilleure à l'utilité espérée avec n'importe quelle autre option d'adaptation (U_j). C'est-à-dire, si $U_k > U_j$ ou lorsque $y_i^* = U_k - U_j > 0$. (1)

J étant l'ensemble des modalités de la variable dépendante, y^* une variable latente qui n'est pas observable. Pour chaque agriculteur i , la différence d'utilité entre le choix du paquet k et les autres peut être écrite comme une fonction des caractéristiques observées (x_i) et des caractéristiques non observées (ε_i), c'est-à-dire :

$$\begin{aligned}
 y^* &= U_k - U_j = x_k \beta_k + \varepsilon_k - (x_j \beta_j + \varepsilon_j) \\
 \text{Prob}(U_k - U_j > 0) &= \text{Prob}[(x_k \beta_k + \varepsilon_k) - (x_j \beta_j + \varepsilon_j)] > 0 \\
 &= \text{Prob} \left\{ \varepsilon_1 > (x_k - x_1)' \beta_1 + \varepsilon_k, \dots, \varepsilon_j > (x_k - x_j)' \beta_j + \varepsilon_k \right\} \\
 &= F_j(x_j, \beta_j) \quad (2)
 \end{aligned}$$

Avec F la fonction de probabilité cumulée suivant une loi de distribution résultant de la spécification du modèle. Les paramètres β de l'équation (2) sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance dans la version 15 de l'application Stata.

Spécification du modèle

L'approche analytique généralement utilisée pour examiner la décision d'adoption est le modèle Probit ou Logit. Elle est pertinente, lorsque l'on considère que tous les choix d'adoption dépendants font partie de la même décision, l'adoption (Sodjinou *et al.*, 2019). Ainsi, ce modèle est adapté à l'analyse de toutes les situations dont la variable dépendante n'a que deux modalités : l'adoption et la non-adoption. Cependant, lorsque la variable dépendante a au moins trois modalités et l'on veut élucider les facteurs qui déterminent chacune d'elles, les Probit/Logit multivariés et multinomiaux sont adaptés. Les probit/Logit multivariés correspondent à l'étude des situations dont les variables dépendantes sont susceptibles d'être combinées tandis que les modèles multinomiaux sont adaptés pour analyser les facteurs influençant des options alternatives (Yegbemy, 2013 ; Juana, 2013). Par conséquent, le Probit/Logit multinomial correspond bien à l'analyse des paquets d'adaptation car ils résultent de toutes les combinaisons des pratiques d'adaptation élaborées par les producteurs de maïs dans la zone d'étude pour s'adapter au changement climatique et le choix d'un paquet exclu systématiquement celui d'un autre.

Le Logit multinomial présente plus de facilités dans les calculs comparativement au Probit Multinomial. Il fournit une forme fermée pratique pour les probabilités de choix sous-jacentes, sans avoir besoin de l'intégration de la méthode multivariée, ce qui facilite le calcul des situations de choix caractérisées par de nombreuses alternatives (Ayedegue *et al.*, 2020). Toutefois, ce modèle pose le problème d'indépendance des alternatives non pertinentes. Le Probit multinomial lève cette contrainte. D'où le choix du Probit multinomial dans le cadre de cette étude, qui spécifie F dans l'équation (2) en tant que fonction de répartition de la loi de distribution normale. Ainsi, l'équation (2) devient :

$$\text{Prob}(U_k - U_j > 0) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\sum_{k=1}^K (x_{k1} - x_{k2}) \beta_{k1} + \varepsilon_k\right) \exp\left(-\sum_{k=2}^K (x_{k2} - x_{k3}) \beta_{k2} + \varepsilon_k\right) \dots \exp\left(-\sum_{k=j}^K (x_{kj} - x_{kj}) \beta_{kj} + \varepsilon_k\right) \phi(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_j) d\varepsilon_1 \dots d\varepsilon_j}{\sum_{k=1}^K \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\sum_{k=1}^K (x_{k1} - x_{k2}) \beta_{k1} + \varepsilon_k\right) \exp\left(-\sum_{k=2}^K (x_{k2} - x_{k3}) \beta_{k2} + \varepsilon_k\right) \dots \exp\left(-\sum_{k=j}^K (x_{kj} - x_{kj}) \beta_{kj} + \varepsilon_k\right) \phi(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_j) d\varepsilon_1 \dots d\varepsilon_j} \quad (3)$$

avec ϕ , la fonction de densité de la loi normale réduite de moyenne nulle.

Estimation du modèle

L'estimation du modèle permettra de confronter l'hypothèse nulle selon laquelle les variables explicatives ont simultanément un effet nul sur la probabilité d'opter pour chacun des paquets d'adaptation avec celle qui postule que les variables explicatives ont des effets différents non nuls sur la probabilité d'opter pour chacun des paquets d'adaptation. Sur la base des résultats d'études antérieures, trois catégories de facteurs ont été pris en compte dans le modèle de la présente étude. Il s'agit des caractéristiques socioéconomiques et démographiques, des moyens de production et de la perception des producteurs. Ainsi, le modèle générera une équation de spécification pour chaque paquet d'adaptation sous la forme :

$$\text{Prob}_k = \sum_a \beta_{ak} Z_a + \sum_b \beta_{bk} M_b + \sum_c \beta_{ck} P_c + C_{0k} + \varepsilon_k \quad (4)$$

Prob_k étant la probabilité de choix du paquet d'adaptation k au regard des A caractéristiques socioéconomiques et démographiques (Z), des B moyens de production (M) et de sa C perception (P) des effets du changement climatique.

La variable dépendante ayant 4 modalités, à chaque paquet correspond un chiffre compris entre 1 et 4. Ainsi, les paquets P_1 , P_2 , P_3 et P_4 sont respectivement représentés par les chiffres 1, 2, 3 et 4 dans le modèle. Etant donné que le paquet P_4 , est composé de pratiques résilientes d'adaptation au changement climatique, il est choisi comme référent. Quant aux variables indépendantes, la revue documentaire a permis d'identifier les variables prises en compte dans le modèle. Les variables socioéconomiques et démographiques entrées dans le modèle sont :

-le sexe : il est admis que l'activité agricole est essentiellement menée par les hommes. Par ailleurs, ils sont chefs d'exploitation (Ayedegue *et al.*, 2020) et responsables de la satisfaction des besoins de ses membres. Par conséquent, ils sentent plus le devoir de prendre des décisions favorisant la rentabilité de l'activité contrairement aux femmes. On s'attend donc à ce que les hommes soient plus portés vers le paquet P_4 que les femmes ;

-l'âge : l'âge est associé à l'accumulation du savoir résultant des leçons tirées des expériences vécues. Selon Danso-Abbeam *et al.* (2017) et Simtowe *et al.* (2019), l'amélioration du niveau d'adoption des technologies pourrait être attribué au savoir et expériences acquis par les producteurs les plus âgés au fil du temps et à leur capacité à évaluer les informations technologiques contrairement aux jeunes. Il est donc attendu que l'âge influence positivement le choix du paquet P_4 que les autres ;

-l'expérience du producteur : à partir de leurs expériences, les producteurs apprennent à connaître leur environnement et comprennent mieux la manifestation du changement climatique dans leur milieu (Yegbemy, 2014) pour prendre des décisions d'adaptation efficaces et durables. Par

conséquent, l'expérience en production de maïs devrait plus motiver à choisir le paquet P₄ que les autres ;

-le niveau d'instruction : l'instruction favorise l'adoption de pratiques de fumure organique et d'utilisation rationnelle des facteurs de production (Yabi *et al.*, 2018 ; Babah-daouda *et al.*, 2021). Il en est ainsi parce que les producteurs plus instruits sont plus capables de conserver la bonne information en vue de s'en servir dans des contextes appropriés. Le niveau d'instruction influencerait donc plus l'adoption du paquet P₄ que les autres ;

-l'accès au crédit : la disponibilité de ressources financières est nécessaire pour la mise en place de certaines opérations culturales. Le crédit complète souvent les ressources propres des producteurs pour l'achat des intrants mais aussi la réalisation de certaines opérations culturales. L'accès au crédit favorise l'adoption de pratiques de diversification culturelle, d'utilisation durable de la terre (Babah-daouda *et al.*, 2021 ; Mogaka *et al.*, 2021). Par conséquent, il est attendu que cette variable influence positivement l'adoption du Paquet P₄ que les autres ;

-l'existence d'autres sources de revenu : des sources de revenu complémentaires facilitent la mobilisation de ressources financières utiles à la mise en œuvre des opérations culturales et à l'approvisionnement. Elle est adaptée pour financer des opérations structurantes car elle ne soumet pas le producteur à la pression du remboursement. Mogaka *et al.* (2021) ont trouvé que l'existence d'une source de revenu secondaire influence les pratiques d'utilisation durable des terres et d'utilisation rationnelle des ressources en eau. Cependant, une source de revenu alternative pourrait motiver à considérer l'activité agricole comme plus risquée avec le changement climatique au point de la négliger au détriment de l'activité extra-agricole. L'effet d'autres sources de revenu est par conséquent mitigé ;

-l'accès aux services de vulgarisation : les services vulgarisation agricole sont une source d'apprentissage pour les producteurs. Ils reçoivent l'information relative aux pratiques innovantes à l'amélioration des intrants et apprennent à s'en servir par les agents des services de vulgarisation agricole. Des auteurs (Yegbemey, 2014 ; Babah Daouda *et al.*, 2021) ont montré que le contact avec les services de vulgarisation influence l'adoption des pratiques de diversification agricole, d'ajustement de calendrier et d'autres pratiques agricoles. Par conséquent, la nature de l'influence du contact avec les services de vulgarisation sur le choix d'un paquet d'adaptation ne peut être défini ;

-la durée de la période de soudure : la période de soudure représente l'intervalle de temps situé entre l'épuisement du stock de récoltes de la campagne précédente et le démarrage de récolte des cultures

de la campagne en cours. La durée de cette période renseigne sur le niveau de vulnérabilité des ménages par rapport à la satisfaction des moyens de subsistance. Ainsi, les producteurs dont les périodes de soudure sont de longues durées ont plus de pression à satisfaire les besoins de subsistance de leurs ménages que ceux qui connaissent des périodes de soudure de courte durée. Les producteurs ayant plus de pression auraient moins de marges de manœuvre pour trouver des réponses durables au phénomène du changement climatique que leurs homologues qui ont moins de pression. Par conséquent, la durée de la période de soudure serait un facteur favorable au choix des paquets P₁, P₂ et P₃ que le paquet P₄ ;

-le mode d'accès à la terre : le mode d'accès à la terre définit la garantie de sécurité dont bénéficie les investissements réalisés sur la terre. En effet, la durée de récupération de certains investissements va au-delà de la campagne agricole si bien que l'une des conditions de leur réalisation est la garantie que l'investisseur puisse l'exploiter pour une durée qui lui permet de récupérer au moins son investissement. Mogaka *et al.* (2021) ont signalé une influence positive du mode d'accès direct à la terre sur l'adoption des pratiques d'association des cultures, de rotation et de diversification culturelle. Ainsi, il est attendu que le mode d'accès direct à la terre influence positivement sur l'adoption du paquet P₄ que les autres.

Les variables relatives aux moyens de production sont liées à :

-la superficie disponible : la disponibilité des terres cultivables est importante lorsque l'on fait l'option de la mise en jachère des terres. En effet, la mise en jachère des terres suppose que des terres actuellement inutilisées sont disponibles pour accueillir les cultures en attendant que celles mises en jachère se reconstituent. Ainsi, Yegbemey (2014) a trouvé que les pratiques d'ajustement du mode d'utilisation de la terre sont positivement influencées par la disponibilité des terres cultivables. Il en ressort que les producteurs ayant plus de superficies disponibles préféreraient le paquet P₄ aux autres ;

-la superficie emblavée : la superficie emblavée indique l'importance que l'on accorde à l'activité agricole parmi les activités génératrices des moyens de subsistance. Dans le contexte actuel du changement climatique, les producteurs qui emblavent de grandes superficies sont plus exposés que les autres. Par conséquent, leurs outils de gestion de risque sont censés être plus affinés que ceux des autres producteurs. Velandia *et al.* (2009) a montré que la superficie emblavée influence positivement l'adoption des stratégies de gestion de risque en Agriculture. Ainsi, il est attendu que les producteurs qui emblavent de grandes superficies portent leur choix sur des paquets qui garantissent

le renouvellement continue des facteurs de production. Cependant, l'application de la fumure organique à grande échelle demeure un défi si bien que cette pratique peut être corrélée négativement avec la superficie emblavée. Mogaka *et al.* (2021), a trouvé que la superficie emblavée influence négativement l'adoption des pratiques de conservation du sol, d'agroforesterie, mais elle détermine positivement l'adoption de l'association des cultures, leur diversification et l'économie des ressources en eau. Par conséquent, l'influence de la superficie emblavée sur les paquets d'adaptation n'est pas définie ;

-le nombre d'actifs agricoles : certaines stratégies d'adaptation font appel à des opérations (production de fumure organique, entretien des animaux, ...) dont la mise en œuvre nécessite de la main d'œuvre permanente. Yegbemey (2014) a trouvé que le nombre d'actifs agricoles influence positivement les pratiques d'ajustement du calendrier et d'opérations agricoles. Etant donné que le paquet 4 est composé de beaucoup de ces pratiques, le nombre d'actifs agricoles influencerait son adoption que celle des autres paquets.

-le grand matériel agricole : Le matériel agricole permet de réaliser plus rapidement et moins péniblement certaines opérations agricoles. Ainsi, le grand matériel (charrue, charrette, motoculteur, tracteur, magasin de stockage et bœufs de traits) est nécessaire pour les producteurs qui font face à de fréquentes opérations de préparation de champs sur les terres mise en jachère dans le contexte du changement climatique en vue d'ajuster le calendrier cultural à la période favorable qui devient de plus en plus courte. D'où l'hypothèse de son influence positive sur le choix du paquet P₄ mieux que les autres paquets.

La nature des effets néfastes du changement climatique perçus par les producteurs, le milieu de

résidence, les caractéristiques des sites de production font aussi partie des données explicatives du modèle. En effet, la preuve de la corrélation entre les perceptions et l'adaptation au changement climatique a été largement relayée dans la littérature (Yegbemey, 2014 ; Sorgho *et al.*, 2020 ; Babah Daouda *et al.*, 2021). La perception est le mécanisme par lequel les producteurs se rendent compte de la nature de la menace que représente le changement climatique sur leur activité à la suite duquel ils identifient des mesures d'ajustement en vue d'atténuer ses effets néfastes.

Quant aux caractéristiques des zones de culture, elles pourraient influencer sur le choix du paquet d'adaptation car elle renseigne sur les caractéristiques globales du milieu de culture en rapport avec les conditions nécessaires à l'activité (ampleur des perturbations climatiques, fertilité du sol, sécurité des récoltes, accès aux marchés d'écoulement...). Ce raisonnement est l'un des facteurs qui motive le déplacement des producteurs de certaines zones pour d'autres généralement plus éloignées de leur lieu de résidence. Babah-Daouda *et al.* (2021) ont montré que les producteurs dont les champs sont éloignés de leur domicile, optent pour la pratique d'apport de fumure organique comme mesure d'adaptation au changement climatique. Le lieu de résidence est pertinent comme variable explicative car la nature des perturbations climatiques varie d'un milieu à un autre. Les pratiques d'adaptation étant élaborées en réponse aux perturbations spécifiques à chaque milieu, il est raisonnable que le lieu de résidence affecte le choix du paquet d'adaptation. La codification et les signes attendus de ces variables sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2. Variables indépendantes du modèle

Variables	Description	Valeurs	Signes attendus			
Variable dépendante						
PAQUA	Paquets d'adaptation au changement climatique	1= Paquet 1 ; 2=Paquet 2 3=Paquet 3 ; 4=Paquet 4				
Variables indépendantes						
Variables	Description	Valeurs	Signes attendus			
			P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
SEX	Sexe de l'enquêté	0= femme ; 1= homme	-	-	-	+
ANGA	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Angaradébou	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
KASSA	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Kassakou	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
DOW	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Donwari	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
BANI	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Banikoara centre	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
FOUNO	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Founougo	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
LOUGO	L'arrondissement de résidence de l'enquêté est Lougou	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±

ZOLACU	Site de production exclusivement situé dans une zone largement cultivée	0= Non ; 1= Oui	+	+	+	-
ZOPECU	Site de production exclusivement situé dans une zone très peu cultivée	0= Non ; 1= Oui	-	-	-	+
COZOC	Parcelles réparties entre zones largement et très peu cultivées	0= Non ; 1= Oui	-	-	+	+
AGE	Age de l'enquêté	quantitatives	-	-	-	+
EXPER	Expérience de l'enquêté en tant que producteur de maïs	quantitatives	-	-	-	+
NIVIN	Niveau d'instruction de l'enquêté	0 = Aucun ; 1= Primaire 2= Secondaire 3= Universitaire	-	-	-	+
SDISM	Superficie disponible	quantitatives	-	-	-	+
GRAM	Effectif du grand matériel agricole dans le ménage	quantitatives	-	-	-	+
ACTIF	Nombre d'actifs agricoles	quantitatives	-	-	-	+
SEMBM	Superficie de terres emblavées	quantitatives	-	-	-	+
ACTSE	Existence de source de revenu secondaire	0= Non ; 1= Oui	-	-	-	+
MODAT	Mode d'accès à la terre	0=indirect ; 1= direct	-	-	-	+
ACREDI	Accès au crédit	0= Non ; 1= Oui	-	-	-	+
CONVUL	Contact avec les structures de vulgarisation	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
PERARE	Perception de l'arrêt du développement des cultures	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
PERIF	Perception de l'inachèvement de la phase de fructification	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
PERSP	Perception des sauts de peuplement	0= Non ; 1= Oui	±	±	±	±
DUPES	Durée de la période de soudure	quantitatives	+	+	+	-

Le développement de l'équation en considérant les variables énumérées ci-dessus, donne lieu au système suivant :

$$\begin{aligned}
 Prob_1 &= \beta_{1a}KASSA + \beta_{1b}DOW + \beta_{1c}ANGA + \beta_{1d}BANI + \beta_{1e}FOUNO + \beta_{1f}LOUGO + \beta_{1g}COZOC + \\
 &\beta_{1h}COPECU + \beta_{1i}ZOLACU + \beta_{1j}SEX + \beta_{1k}AGE + \beta_{1l}SDISM + \beta_{1m}ACTIF + \beta_{1n}NIVIN + \beta_{1o}EXPER + \\
 &\beta_{1p}SEMBM + \beta_{1q}ACTSE + \beta_{1r}MODAT + \beta_{1s}ACREDI + \beta_{1t}DUPES + \beta_{1u}CONVUL + \beta_{1v}PERARE + \\
 &\beta_{1w}PERIF + \beta_{1x}PERSP + C_{01} + \varepsilon_1 \\
 Prob_2 &= \beta_{2a}KASSA + \beta_{2b}DOW + \beta_{2c}ANGA + \beta_{2d}BANI + \beta_{2e}FOUNO + \beta_{2f}LOUGO + \beta_{2g}COZOC + \\
 &\beta_{2h}COPECU + \beta_{2i}ZOLACU + \beta_{2j}SEX + \beta_{2k}AGE + \beta_{2l}SDISM + \beta_{2m}ACTIF + \beta_{2n}NIVIN + \beta_{2o}EXPER + \\
 &\beta_{2p}SEMBM + \beta_{2q}ACTSE + \beta_{2r}MODAT + \beta_{2s}ACREDI + \beta_{2t}DUPES + \beta_{2u}CONVUL + \beta_{2v}PERARE + \\
 &\beta_{2w}PERIF + \beta_{2x}PERSP + C_{02} + \varepsilon_2 \\
 Prob_3 &= \beta_{3a}KASSA + \beta_{3b}DOW + \beta_{3c}ANGA + \beta_{3d}BANI + \beta_{3e}FOUNO + \beta_{3f}LOUGO + \beta_{3g}COZOC + \\
 &\beta_{3h}COPECU + \beta_{3i}ZOLACU + \beta_{3j}SEX + \beta_{3k}AGE + \beta_{3l}SDISM + \beta_{3m}ACTIF + \beta_{3n}NIVIN + \beta_{3o}EXPER + \\
 &\beta_{3p}SEMBM + \beta_{3q}ACTSE + \beta_{3r}MODAT + \beta_{3s}ACREDI + \beta_{3t}DUPES + \beta_{3u}CONVUL + \beta_{3v}PERARE + \\
 &\beta_{3w}PERIF + \beta_{3x}PERSP + C_{03} + \varepsilon_3 \\
 Prob_4 &= \beta_{4a}KASSA + \beta_{4b}DOW + \beta_{4c}ANGA + \beta_{4d}BANI + \beta_{4e}FOUNO + \beta_{4f}LOUGO + \beta_{4g}COZOC + \\
 &\beta_{4h}COPECU + \beta_{4i}ZOLACU + \beta_{4j}SEX + \beta_{4k}AGE + \beta_{4l}SDISM + \beta_{4m}ACTIF + \beta_{4n}NIVIN + \beta_{4o}EXPER + \\
 &\beta_{4p}SEMBM + \beta_{4q}ACTSE + \beta_{4r}MODAT + \beta_{4s}ACREDI + \beta_{4t}DUPES + \beta_{4u}CONVUL + \beta_{4v}PERARE + \\
 &\beta_{4w}PERIF + \beta_{4x}PERSP + C_{04} + \varepsilon_4
 \end{aligned} \tag{5}$$

Les variables indépendantes ont été introduites une à une dans le modèle afin d'y soustraire celles qui indiquent des aberrations. Les signes des paramètres ont permis de dire si la variable indépendante considérée présente une influence positive ou négative sur chaque paquet d'adaptation. Toutefois, leurs valeurs ne correspondent pas aux effets marginaux des variables explicatives analysées. Ces effets marginaux sont calculés pour les deux types de variables entrées dans le modèle. Les effets marginaux des variables continues et quasi continues sont donnés par la formule : $\frac{\partial(y=1|x)}{\partial x} = \phi(x\beta)\beta$, avec $\phi(\cdot)$, la fonction de densité de la loi normale et β les paramètres du modèle. Quant aux variables binaires, leurs effets marginaux sont calculés par la moyenne arithmétique des variations des probabilités individuelles induites par le passage de l'état $x = 1$ à celui de $x = 0$, soit $P[y = 1|\bar{x}_{(r)}, r = 1] - P[y = 1|\bar{x}_{(r)}, r = 0]$, avec $\bar{x}_{(r)}$ la moyenne de toutes les autres variables du modèle et r la variable explicative dont on évalue l'effet marginal.

3. RESULTATS

3.1. Statistiques descriptives des variables indépendantes

Variables continues

Les producteurs de maïs enquêtés ont une expérience (EXPER) moyenne de 25 ans. La durée de la période de soudure (DUPES) varie de 0 à 3 mois et le taux de scolarisation s'établit à 92 % environ. Les nombres de grands équipements et/ou aménagements (GRAM) et d'actifs agricoles (ACTIF) environnent respectivement 4 et 6 en moyenne tandis que les superficies disponibles (SDISM) et emblavées (SEMBM) valent respectivement 12 et 13 ha en moyenne (Tableau 3).

Tableau 3. Statistiques descriptives des variables quantitatives indépendantes

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
EXPER	1	64	25,29	12,03
DUPES	0	5	1,44	1,98
GRAM	0	9	4,58	3,25
ACTIF	1	19	6,26	3,91
SDISM	0	24	12,85	8,18
SEMBM	1	28	13,38	5,09
Total	305			

Variables qualitatives

Les enquêtés sont presque tous de sexe masculin (97 %) et ont à 50 % une source de revenu secondaire qui permet de compléter leurs revenus agricoles pour faire face aux besoins de leur ménage. Les zones largement cultivées sont occupées par 39 % des producteurs, 48 % accèdent à la terre par le mode direct et 77 % entretiennent des contacts avec les structures de vulgarisation. En effet, la plupart des producteurs de maïs produisent aussi du coton qui leur permet de bénéficier de l'appui des services de vulgarisation agricole. Les perceptions de l'arrêt précoce du développement des cultures, de l'inachèvement de la phase de fructification et des sauts de peuplement sont respectivement de 24 %, 64 % et 41 %. La répartition des enquêtés suivant leur niveau d'instruction montre que 43 % n'ont aucun niveau d'instruction, 37 % ont le niveau du primaire, 15 % ont le niveau du secondaire et à peine 4 % ont le baccalauréat.

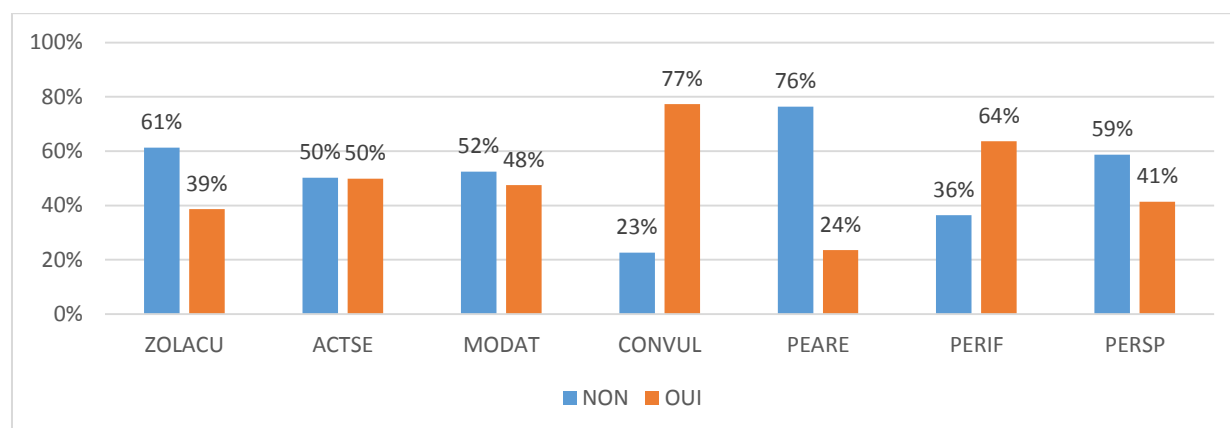


Figure 2. Répartition des enquêtés selon les variables qualitatives indépendantes du modèle

3.2. Déterminants du choix des paquets d'adaptation

L'hypothèse nulle correspond au modèle dans lequel les coefficients de toutes les variables indépendantes sont simultanément égaux à 0. Le test de χ^2 de la statistique de Wald est de 0,0082. Ce résultat permet de rejeter l'hypothèse de nullité des variables explicatives. Par conséquent, le modèle est pertinent pour traduire la nature des relations entre les paquets d'adaptation et les

variables explicatives considérées. Les variables expliquées P_1 , P_2 et P_3 sont respectivement et significativement expliquées par neuf (09) (dont 4 au seuil de probabilité de 1 %, 2 au seuil de 5 % et 3 au seuil de 10 %), huit (08) (dont 3 au seuil de 1 %, 4 au seuil de 5 % et 1 au seuil de 10 %) et onze (11) (dont 6 au seuil de 1 %, 2 au seuil de 5 % et 3 au seuil de 10 %) variables explicatives du modèle. Cinq (05) de ces variables influencent simultanément le choix des trois paquets par rapport à la référence, une (01), détermine

simultanément les paquets 2 et 3 et huit (08) influencent sur le choix de l'un des trois (03) paquets comparativement au paquet 4.

De ces cinq (05) variables qui influencent simultanément sur les trois (03) paquets, deux les déterminent positivement contre trois (03) qui les influencent négativement. Ces trois (03) variables concernent la superficie des terres cultivables disponibles dans le ménage du producteur (SDISM), l'existence d'une deuxième source de revenu (ACTSE) et du mode d'accès à la terre (MODAT). Ces résultats indiquent que les producteurs ayant de vastes superficies disponibles, qui ont une deuxième source de revenu ou qui accèdent à la terre par le mode direct préfèrent moins le paquet 1 au paquet 4. En effet, la disponibilité des terres cultivables est un facteur nécessaire à la mise en œuvre de la jachère, une pratique de P₄, car la mise en jachère des terres suppose la disponibilité régulière et suffisante des terres cultivables en dehors de celles à maintenir inutilisées pendant une certaine période. La préférence du paquet 4 comparativement aux autres paquets, par les producteurs ayant une deuxième source de revenu et qui accèdent à la terre par le mode direct traduit leur choix d'investir pour s'adapter de manière résiliente au changement climatique en comptant sur les marges de manœuvre qu'offre la deuxième source de revenu pour contribuer à faire face aux besoins fondamentaux du ménage et sur la sécurité des investissements garantie par le droit d'usage permanent de la terre. Les perceptions de l'arrêt du développement des cultures et des sauts de peuplement sont les (02) variables qui déterminent positivement la préférence des paquets 1, 2 et 3 comparativement au paquet 4. Les enquêtés estiment que ces effets néfastes résultent de l'insuffisance de nutriments pour satisfaire les besoins des plantes. L'augmentation des doses d'engrais minéraux appliqués permettrait donc de combler cette insuffisance. Ainsi, les producteurs qui observent ces effets préfèrent les paquets dans lesquels les doses d'engrais minéraux appliqués sont revues à la hausse comme les paquets 1, 2 et 3.

Les producteurs qui combinent les sites de culture en répartissant leurs emblavures entre les sites peu cultivés et ceux largement cultivés (COZOC) préfèrent moins le paquet 2 au paquet 4 alors qu'ils préfèrent le paquet 3 au paquet 4. Le raisonnement qui sous-tend l'adoption du paquet 2 soutient que les saisons sont devenues très courtes si bien que la seule solution est la culture des variétés de cycle court quel que soit la zone de culture. Ainsi, ils ne sont pas favorables au changement de sites de production car ils estiment que cette stratégie n'induirait aucun effet bénéfique alors qu'elle fait appel à des investissements non négligeables. La combinaison des sites de production fait partie des

pratiques des paquets 3 et 4. Cependant, avec le paquet 3, les variétés de maïs de cycle court sont produites dans des zones dont le régime de précipitations est jugé peu favorable tandis qu'avec le paquet 4 ces zones accueillent les cultures rustiques comme le sorgho (*Sorghum bicolor*) et l'igname (*Dioscorea* sp). La nature de la relation entre le paquet 3 et la combinaison de zone de culture en référence au paquet 4, résulterait du fait qu'en situation de détresse hydrique, les variétés de maïs de cycle court réussissent mieux que les cultures rustiques. En effet, même si les cultures rustiques supportent mieux la sécheresse que les variétés de maïs de cycle moyen et long, il n'en demeure pas moins que leur rendement est aussi en baisse et leur durée de conservation est moins longue selon les producteurs.

L'arrondissement de résidence Lougou (LOUGO), le nombre d'actifs agricoles (ACTIF), le nombre d'années d'expérience du producteur (EXP) et la superficie emblavée (SEMBM) influence significativement et exclusivement sur le choix du paquet 1. Les trois premières variables influencent négativement le choix du paquet 1 tandis que la dernière le détermine positivement. Ces résultats indiquent que les producteurs avec de nombreuses années d'expérience, ceux qui résident dans l'arrondissement de Lougou et ceux dont les actifs agricoles sont nombreux préfèrent moins le paquet 1 au paquet 4. L'intérêt des producteurs résidents de Lougou pour le paquet P₄ serait lié à leur observation relative à la nature des bouleversements climatiques. En effet, les enquêtés dans cette zone partagent l'opinion que la répartition des précipitations varie d'une zone à l'autre de manière imprévisible. Ainsi, la production sur différents sites de production est une stratégie de diversification du portefeuille qui améliore les chances de réussite de certaines parcelles même si des échecs sont enregistrés sur d'autres. Quant aux actifs agricoles, la nature de l'influence de cette variable vient du fait que non seulement la production de l'engrais organique mais aussi l'entretien des animaux desquels l'on obtient la matière organique, requièrent de la main d'œuvre disponible de manière permanente. Ce facteur est un préalable très important à l'adoption du paquet 4. Par contre, il n'est pas indispensable pour l'adoption du paquet 1 car la plupart (80 %) des pratiques qui le composent sont réalisables à travers la main d'œuvre occasionnelle et par les enfants du ménage. La préférence des producteurs plus expérimentés du paquet 4 par rapport au paquet 1 se fonde sur les leçons tirées concernant les effets durablement avantageux des pratiques du paquet 4 contre les gains éphémères de l'application excessive de l'engrais minéral, une des pratiques du paquet 1, à partir de leurs constats. L'effet positif de la superficie emblavée sur le paquet 1 par rapport

au paquet 4 montre que les producteurs qui emblavent de vastes superficies préfèrent le paquet 1 au paquet 4. En effet, la production et l'application de l'engrais organique sur de vastes superficies demeurent un défi au regard de son exigence en main d'œuvre.

Le paquet 2 est exclusivement et positivement déterminé par la durée de la période de soudure dans les ménages des enquêtés. Ce résultat montre que les producteurs dont les ménages connaissent de longues périodes de soudure préfèrent le paquet 2 au paquet 4. Les périodes de soudure plus longues traduisent la limitation de moyens de subsistance dans les ménages des producteurs concernés. Etant donné leur situation socio-économique, à défaut de réussir à l'améliorer de façon immédiate, il paraît raisonnable d'opter pour des paquets réduisant les écarts défavorables de niveau de production de moyens de subsistance d'une campagne à l'autre. Le choix du paquet 2 par cette catégorie de producteurs semble s'appuyer sur ce raisonnement. En effet, selon les enquêtés, l'adoption du paquet 4, consiste à consentir un investissement pour générer des gains sur plusieurs campagnes agricoles. Généralement, la campagne au cours de laquelle l'engrais organique est appliqué serait moins fructueuse que les campagnes suivantes. Par contre, l'application de l'engrais minéral permet d'obtenir des niveaux de récoltes assez proches d'une campagne à l'autre toute chose étant égale par ailleurs.

L'accès au crédit, le contact avec les services de vulgarisation agricole et la perception de l'inachèvement de la phase de fructification du cycle de développement du plant de maïs, influencent la décision du choix du paquet 3 par rapport à la référence P₄. Ces trois variables explicatives influencent positivement le choix du paquet 3. Ces résultats montrent que l'accès au crédit et le contact avec les services de vulgarisation sont plus utiles pour l'adoption du paquet 3 que pour celui du paquet 4. En effet, les besoins en ressources financières pour l'approvisionnement en intrants sont plus importants avec l'adoption de P₃ qu'avec celui de P₄. Le renouvellement des semences des variétés de

cycle court et moyen, et l'approvisionnement en engrais minéral utile pour augmenter les doses appliquées exigent des dépenses à effectuer par les producteurs ayant fait l'option du paquet 3 que ceux qui ont choisi le paquet 4 n'effectuent pas. Quant à la corrélation entre P₃ et les services de vulgarisation, elle serait fondée sur le fait que le circuit d'approvisionnement des semences et de l'engrais minéral, intrants indispensables à la mise en œuvre de ce paquet, passe par les agences de vulgarisation agricole. Enfin, la perception de l'inachèvement est favorable au choix de P₃ comparativement à P₄ parce que les producteurs estiment que l'inachèvement de la phase de fructification peut être résolu avec la culture de variété de cycle moyen en révisant à la hausse les doses d'engrais minéral appliquées sur ces parcelles. Selon les enquêtés, les variétés de cycle moyen répondent favorablement à l'engrais minéral, lorsque sa dose d'application est revue à la hausse.

De ces résultats, il ressort que les producteurs tiennent compte des contraintes, des risques et des avantages à court et moyen terme de chaque paquet d'adaptation pour choisir celui qui leur paraît le plus convenable. Ainsi, les producteurs moins expérimentés avec des ménages caractérisés par des périodes de soudure de longues durées, des actifs agricoles peu nombreux, sans aucune autre source de revenu, qui accèdent à la terre par le mode indirect et n'ayant presque pas de réserves de terres cultivables choisissent entre P₁, P₂ et P₃ suivant les spécificités de leurs perceptions, de leur niveau d'accès au crédit, de leur emblavure, de leurs zones de résidence et de culture. A l'opposé, les producteurs plus expérimentés avec des actifs agricoles nombreux, des sources de revenu secondaire, ayant des réserves importantes de terres cultivables et accédant à la terre par le mode direct sont favorables au choix de P₄. Il résulte de cette synthèse que les producteurs qui optent pour les paquets 1, 2 et 3 ont des conditions socio-économiques moins bonnes que ceux qui font de P₄ leur moyen d'adaptation au changement climatique (Tableau 4).

Tableau 4. Déterminants d'adoption des paquets d'adaptation au changement climatique : Résultat du modèle Probit multinomial

Variables	Paquet 1		Paquet 2		Paquet 3	
	Coef (Err std)	Eff marg (Err std)	Coef (Err std)	Eff marg (Err std)	Coef (Err std)	Eff marg (Err std)
KASSA	-0,0074 (1,7018)	-0,0312 (0,0380)	-1,8118 (2,2555)	-0,2059 (0,1422)	2,2797 (1,6888)	0,6256 (0,2558)
DOW	-3,2262 (1,9705)	-0,0486 (0,0494)	-1,5719 (2,3499)	-0,0961 (0,1792)	-2,1077 (1,7827)	-0,3614 (0,2297)
ANGA	-1,2391 (1,8605)	-0,0413 (0,0444)	1,1971 (1,9467)	0,3074 (0,4483)	-0,2077 (1,7477)	-0,1642 (0,3473)

BANI	-0,3401 (1,2606)	-0,0166 (0,0437)	0,0980 (1,4222)	0,0236 (0,2314)	-0,0446 (1,2725)	-0,0143 (0,3359)
FOUNO	-2,4583 (1,6481)	-0,0488 (0,0512)	-1,3139 (1,7001)	-0,1155 (0,1362)	-0,6155 (1,5619)	-0,0827 (0,3781)
LOUGO	-3,6418** (1,5378)	-0,0673 (0,0655)	-1,9558 (1,7219)	-0,1224 (0,1469)	-2,1716 (1,5539)	-0,3701 (0,2489)
COZOC	-1,3280 (0,8880)	-0,0692 (0,0735)	-2,5795*** (0,9080)	-0,4715 (0,2053)	2,8003*** (0,8987)	0,7946 (0,1143)
GENR	-0,6550 (4,6908)	-0,0265 (0,0358)	-2,5713 (4,6351)	-0,3875 (0,8638)	-1,6256 (4,7448)	-0,0562 (0,8773)
AGE	-0,1065 (0,0778)	-0,0032 (0,0044)	0,0259 (0,0812)	0,0158 (0,0127)	-0,1412** (0,0719)	-0,0411 (0,0190)
SDISM	-0,6967*** (0,1416)	-0,0243 (0,0199)	-0,4960*** (0,1506)	-0,0414 (0,0233)	-0,4702*** (0,1316)	-0,0868 (0,0322)
ACTIF	-0,9064* (0,5465)	-0,0485 (0,0441)	-0,3924 (0,5462)	-0,0588 (0,0759)	0,0338 (0,4992)	0,0587 (0,1253)
NIVIN	-0,7646 (0,5164)	-0,0279 (0,0286)	0,0401 (0,5288)	0,0694 (0,0801)	-0,7412 (0,5253)	-0,2047 (0,1250)
EXPER	-0,1231* (0,0639)	-0,0047 (0,0049)	0,0722 (0,0679)	0,0058 (0,0100)	0,0683 (0,0639)	0,0121 (0,0161)
SEMBM	0,4721*** (0,1181)	0,0170 (0,0146)	0,2346* (0,1358)	0,0090 (0,0186)	0,3442*** (0,1171)	0,0738 (0,0278)
ACTSE	-2,7350*** (0,8183)	-0,1215 (0,0841)	-1,9103** (0,7935)	-0,1802 (0,1233)	-1,2836* (0,7539)	-0,1542 (0,1810)
MODAT	-3,9488*** (0,9138)	-0,2330 (0,1341)	-1,9268** (0,8510)	-0,1445 (0,1266)	-1,3452* (0,7758)	-0,1228 (0,1773)
ACREDI	0,7424 (1,7280)	0,0279 (0,0331)	1,0249 (1,6738)	0,0886 (0,1038)	2,6744* (1,4772)	0,5708 (0,1810)
CONVUL	-0,7532 (0,8798)	-0,0140 (0,0303)	0,4838 (0,8977)	0,1794 (0,1308)	2,2591** (0,8995)	0,6124 (0,1641)
PERARE	6,6617** (2,6422)	0,0733 (0,0694)	6,1235** (2,6254)	0,1121 (0,1307)	6,8839*** (2,6849)	0,6763 (0,1596)
PERIF	1,3702 (1,0180)	0,0022 (0,0258)	1,1641 (1,0017)	-0,0204 (0,0998)	3,4276*** (1,1251)	0,6715 (0,1812)
PERSP	2,1108* (1,1464)	0,0032 (0,0229)	2,7254** (1,1758)	0,0749 (0,1053)	3,9333*** (1,1445)	0,7195 (0,1363)
DUPES	0,0536 (0,0473)	0,0005 (0,0022)	0,1456*** (0,0478)	0,0205 (0,0103)	0,0454 (0,0384)	0,0014 (0,0110)
Cons	9,5192 (5,6297)		2,1082 (5,6773)		4,9777 (5,6526)	

Log likelihood = -90.05852 ; Wald (66) = 96,69, Prob > Chi² = 0,0082

*,**,*** : niveau de significativité à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.

Coef : Coefficient ; Err std : Erreur standard ; Eff marg : Effet marginal

Paquet 4 : modalité de référence

4. DISCUSSION

L'analyse des facteurs déterminants le choix des paquets d'adaptation montre que l'existence d'autres sources de revenu, la réserve de terres cultivables et le mode d'accès direct à la terre sont essentiels à l'adoption du paquet d'adaptation qui garantit l'exploitation durables de la terre, la conservation de la biodiversité et capable d'atténuer les effets du changement climatique. Ces résultats sont conformes à ceux de plusieurs auteurs. En effet, Ojo et Baiyegunhi (2020), ont trouvé que les choix des pratiques naturelles de conservation d'eau

et de sol sont significativement influencés par l'existence des sources de revenu secondaire. De même, Yegbemey (2014) renseigne que la superficie de terres disponibles influence positivement l'adoption des pratiques de réallocation de terres, de diversification des sites de production et de gestion de la fertilité du sol. Dans le même ordre d'idées, les travaux de Muhammad Abid *et al.* (2017) ont montré que les réserves importantes de terres, favorisent l'adoption des pratiques de sélection variétale et de modification des superficies allouées à chacune des cultures du

système de production. Les travaux de Mogaka *et al.* (2021) ont prouvé que le mode d'accès à la terre détermine l'adoption des pratiques d'association, de rotation et de diversification culturale.

De même, le nombre d'actifs agricoles et le nombre d'années d'expérience du producteur, sont des facteurs qui influencent positivement le choix du paquet limitant l'épuisement du sol et des ressources agricoles. Ces résultats corroborent ceux de Babah-Daouda *et al.* (2021) et Yegbemey (2014) qui ont respectivement montré que le nombre d'actifs agricoles et l'expérience du producteur influencent positivement sur l'adoption des pratiques de diversification de cultures.

La superficie emblavée contribue aussi à déterminer positivement les paquets incluant les combinaisons variétales comparativement au paquet 4 dont les pratiques favorisent la conservation du sol. Ces résultats sont conformes à ceux de Mogaka *et al.* (2021) qui ont trouvé que les producteurs avec de grandes emblavures préfèrent moins les systèmes d'agriculture intégrée, les pratiques de conservation du sol et l'agroforesterie. Néanmoins, ces auteurs spécifient que la superficie emblavée détermine positivement les pratiques d'association, de diversification et d'utilisation rationnelle des ressources en eau. Les résultats de Babah-Daouda *et al.* (2021), qui précisent que la superficie emblavée influe positivement sur l'adoption de la pratique de diversification culturale suivent aussi la même tendance. Ces écarts résultent du fait que la méthode d'analyse dans la présente étude révèle l'effet relatif de la superficie emblavée sur les pratiques de combinaisons variétales comparativement aux pratiques de gestion durable des terres.

Par ailleurs, cette étude montre que l'accès aux services de vulgarisation agricole favorise l'adoption de variétés améliorées de semences. Les mêmes résultats sont obtenus par Muhammad *et al.* (2017) qui a montré que l'accès aux services de vulgarisation motive les producteurs à opter pour les variétés améliorées. Cependant, d'autres auteurs (Mogaka *et al.*, 2021 ; Babah-Daouda *et al.* 2021) ont trouvé que l'accès aux services de vulgarisation favorise l'adoption des pratiques de fumure organique, de rotation et d'utilisation rationnelle des ressources en eau. Dans le même ordre d'idées, Yegbemey (2014) a montré que le contact avec les structures de vulgarisation motive les producteurs à adopter les pratiques de diversification agricole et d'ajustements des calendriers et pratiques agricoles. En effet, l'accompagnement des services de vulgarisation a un large contenu adaptable à chaque cible suivant le défi qui se présente dans chaque filière. Ainsi, les possibilités de maîtrise de l'eau étant encore limitées dans la culture du maïs, l'accompagnement pour le choix, la production et la

conservation des variétés améliorées de cycle court est plus pertinent.

L'accès au crédit motive à préférer plus le paquet de combinaisons variétales (P₃) au paquet 4. A l'opposé, les résultats de Sodjinou *et al.* (2019), de Babah-Daouda (2021) et de Mogaka *et al.* (2021) ont montré que l'accès au crédit détermine positivement l'adoption des pratiques en lien avec les mesures de conservation du sol, l'utilisation des plantes améliorantes, la diversification des cultures, le changement de champs et d'utilisation rationnelle des ressources en eau. Les combinaisons variétales ne faisant pas partie des pratiques d'adaptation dans ces études, elles n'ont pas eu la possibilité d'analyser l'importance relative de l'accès au crédit sur les pratiques de combinaisons variétales comparativement à celles des pratiques de conservation du sol, de diversification culturale, et de changements de sites de production.

Mogaka (2021) a trouvé que le sexe du producteur entre en ligne de compte pour orienter le choix des pratiques d'adaptation. En effet, il a montré que les producteurs de sexe masculin sont plus favorables aux pratiques de diversification, de rotation culturale et d'agriculture biologique. Dans la présente étude, l'échantillon est quasiment constitué d'hommes. La variable « sexe » n'influence donc pas significativement les paquets d'adaptation dans cette étude en raison de cette répartition de ses modalités (97 % d'hommes et 3 % de femmes).

5. CONCLUSION

L'adaptation au changement climatique par les producteurs de maïs au Nord-est du Bénin se fait à travers des combinaisons intelligentes de différentes pratiques dont les variantes tournent autour de la sélection variétale, la redistribution des parcelles allouées aux cultures, la diversification des sites de production, la révision de la dose et de la composition des fertilisants et la modification des pratiques culturales.

L'analyse des facteurs déterminants le choix des paquets d'adaptation montre que les producteurs choisissent les paquets en fonction de leurs conditions socioéconomiques. Ainsi, ceux ayant des conditions meilleures s'orientent vers des paquets qui favorisent une utilisation durable des ressources tandis que les autres portent leur choix sur des paquets garantissant peu l'exploitation durable des facteurs de production mais qui préviennent contre les risques d'écarts défavorables des moyens de subsistance. En effet, ces derniers sont caractérisés par l'inexistence de marges de manœuvre pour compenser les variations défavorables de moyens de subsistance. Ces résultats montrent qu'en dehors de la perception des producteurs et des contraintes relatives aux moyens de production, la pression des

besoins de subsistance des ménages des producteurs contribue à expliquer le choix qu'ils opèrent parmi les options d'adaptation disponibles. Ils permettront d'orienter les acteurs de développement sur les axes pertinents d'accompagnement dans le but de faciliter l'adoption des stratégies résilientes d'adaptation au changement climatique.

Une étude sociologique sur la perception des producteurs, des facteurs qui déterminent le choix des paquets d'adaptation au changement climatique permettrait d'avoir une vue complète des axes d'intervention pour l'amélioration du niveau d'adoption des stratégies résilientes au changement climatique.

Références

Adégbola Y. P., Ahoyo Adjovi N. R., Kouton-Bognon H. P. B., Montcho D. & Mensah S. E., 2017. Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Farm Yields and Income in Benin. *FARA Research Results*, 1, 1 – 58.

Ayedegue L. U., Issaka K. & Yabi J. A., 2020. Typology and Determinants of Climate Change Adaptation Strategies in Rice Growing in North Benin. *European Scientific Journal*, 16(6), 207 – 235.

Ayedegue O. I., Yabi J. A. & Adégbola P. Y., 2021. Analyse des paquets d'adaptation au changement climatique au Nord Est du Bénin. *Afrique SCIENCE*, 19 (04), 62 – 77.

Altieri M. A., Nicholls C. I., Henao A. & Lana M. A., 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 869-890.

Azadi Y., Yazdanpanah M., Forouzani A. & Mahmoudi H., 2019. Farmers' adaptation choices to climate change: a case study of wheat growers in Western Iran. *Journal of Water and Climate Change*, 10, 102-116.

Babah-Daouda M. & Yabi J., 2021. Déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation par les producteurs maraîchers face aux variabilités climatiques dans les communes de Djougou et de Tanguiéta au Nord-Ouest du Bénin. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 4 (5), 24-33.

Baco M. N., 2019. La place actuelle du maïs dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) - Numéro Spécial Économie Rurale & Sociologie Rurale (ER&SR) – Novembre 2019, 17-28. En ligne (on line) sur les sites web <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org>. ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin.

Berhe M., Hoag D., Tisfey G. *et al.*, 2017. The effects of adaptation to climate change on income of households in rural Ethiopia. *Research, policy and practice*, 1-15.

Bricas N., Tchamda C. & Mouton F., 2016. *L'Afrique à la conquête de son marché alimentaire intérieur, Enseignements de dix ans d'enquêtes auprès des ménages d'Afrique de l'Ouest, du Cameroun et du Tchad*. AFD collection, Paris, France.

Calzadilla A., Zhu T., Rehdanz K., Tol R. S. J. & Ringler C., 2014. Climate change and agriculture: Impacts and adaptation options in South Africa. *Water Resources and Economics*, 5, 24-48.

Danso-Abbeam G. & Baiyegunhi L. J., 2017. Adoption of agrochemical management practices among smallholder cocoa farmers in Ghana. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(6), 717-728.

Di Falco S., Véronésie M. & Yesuf M., 2011. L'adaptation au changement climatique assure-t-elle la sécurité alimentaire ? Une micro-perspective d'Éthiopie. *American Journal of Agricultural Economics*, 93, 829-846.

Doukpolo B., 2014. *Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine*. Laboratoire Pierre Pagny, Climat, Eau, Ecosystème et Développement, 333 p.

Eakin H. C., Lemos M. C. & Nelson D. R., 2014. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change*, 27, 1-8.

Hillel D. & Rosenzweig C., 2009. Carbon exchange in the terrestrial domain and the role of agriculture. *Research and Industry*, 54, 4-11.

Goutaine S., 2017. Influence des variabilités pluviométriques sur la variation des prix des produits agricoles dans le MAYO-KEBBI. *Revue Ivoirienne de Géographie des savanes*, 3, 107-117.

Hounkponou S. K., Sagbo R. R. S., Nago S. G. A., Hounkpe A. I. & Yabi J. A., 2017. Perception et stratégies d'adaptation des producteurs et productrices de maïs de la commune de Dangbo face aux effets des Changements climatiques. *Revue ECD Espaces, Langues, Sciences Humaines et Sociales*, 1, 21-40.

Mapfumo P., Adjei-Nsiah S., Mtambanengweb F., Chikowo R. & Giller K. E., 2013. Participatory action research (PAR) as an entry point for supporting climate change adaptation by smallholder farmers in Africa. *Environmental Development*, 5, 6–22.

Matthews B., Rivington M., Muhammed S., Newton A. C. & Hallett P. D., 2013. Adapting crops and cropping systems to future climates to ensure food security: The role of crop modelling. *Global Food Security*, 2, 24–28.

Mogaka H. R. & Muriithi L. N., 2021. Factors Affecting Multiple Climate Change Adaptation Practices of Smallholder Farmers in lower Eastern Kenya. *Journal of Agricultural Extension*, 25, 92-100.

Muhammad A. *et al.*, 2017. *Climate change Impacts and Adaptation in the agricultural Sector of Pakistan-Socioeconomic and Geographical Dimensions*. PhD. Faculté de mathématiques, d'informatique et de sciences naturelles, département des sciences de la terre, Université de Hambourg, Allemagne, 188 p.

Ojo T. O. & Baiyegunhi L. J. S., 2020. Impact of climate change adaptation strategies on rice productivity in South-west, Nigeria: An endogeneity corrected stochastic

- frontier model. *Science of The Total Environment*, 745, 141-151.
- Pachauri K. R. & Reisinger A., 2011. *Quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Access, Genève, Suisse, 103p.
- Simtowe F., Marenya P., Amondo E., Worku M. & Erenstein O., 2019. Heterogeneous seed access and information exposure : implications for the adoption of drought-tolerant maize varieties in Uganda. *Agricultural and Food Economics*, 7(1), 1-23.
- Sodjinou E., Hounkponou S. K. & Chabi Adjobo M. A. A., 2019. Facteurs déterminant l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques au Bénin : cas des producteurs de maïs. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) - Numéro Spécial*, 1840-7099.
- Sorgho R., Mank I., Kagoné M., Souares A., Danquah I. & Sauerborn R., 2020. We Will Always Ask Ourselves the Question of How to Feed the Family” : Subsistence Farmers’ Perceptions on Adaptation to Climate Change in Burkina Faso. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7200), 1-25.
- Traore B., Corbeels M., Wijk M. T. V., Rufino M. C. & Giller K. E., 2013. Effets de la variabilité climatique et du changement climatique sur la production agricole au sud du Mali. *Revue Européenne d'Agronomie*, 49, 115-125.
- Velandia M., Rejesus M. R., Knight T. O. & Sherrick B. J., 2009. Factors Affecting Farmers’ Utilization of Agricultural Risk Management Tools : The Case of Crop Insurance, Forward Contracting, and Spreading Sales. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41(1), 107-123.
- Waha K., Müller C., Bondeau A. *et al.*, 2013: Adaptation to climate change through the choice of cropping and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 23, 130-143.
- Wale W.M., Tegegne M. A., Zeleke M.T., Muluaem A. E. & Yigzaw E. S., 2021. Determinants of farmers’ choice of land management strategies to climate change in drought prone areas of Amhara region: The case of Lay Gayint woreda, Northwest Ethiopia. *Journal Degraded and Mining Land Management*, 8, 2661-2671.
- Wheeler T. & Braun J. V., 2013. Impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire mondiale. *Science*, 341, 508-513.
- Willy D. K. & Holm-Müller K., 2013. Social influence and collective action effects on farm level soil conservation effort in rural Kenya. *Ecological Economics*, 90, 94-103.
- Wudlord J. & Eaton D., 2015. Technology Diffusion and its Problematics: the case of global agriculture. *Center for International Environment Studies*, 37, 1-39.
- Yabi J.A., Bachabi F. X., Labiyi I. A., Odé C. A. & Ayena R. L., 2018. Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols utilisés dans la commune de Ouaké au Nord- Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10(2), 779-792.
- Yegbemey R. N., 2014. Adaptation to climate change and sustainable agriculture in West Africa: A case study of maize farming in Benin. *Farming and Rural Systems Economics*, W. Doppler and R. Birner (eds), 145, 1-176. Margraf publishers, Weikersheim, Germany.