
Déterminants des stratégies de gestion intégrée de fertilité des sols comme technique d'adaptation aux changements climatiques par les producteurs agricoles au Nord du Bénin

Roger C. Bambani*, Fifanou Vodouhe G., Jacob Yabi A.

Université de Parakou. Faculté d'Agronomie. Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales. BP 123 Parakou (Bénin). Email : rbambanichab@gmail.com

Reçu le 22 janvier 2024, accepté le 02 mars 2024, publié en ligne le 30 mars 2024

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v7i1.5>

RESUME

Description du sujet. Le maïs et le soja sont des associations de cultures les plus dominantes dans toutes les régions du Bénin à cause des variabilités climatiques et la dégradation très poussée des sols cultivables ainsi que les moyens de fertilité très limités des sols.

Objectif. L'étude vise à déterminer les facteurs qui influencent l'adoption des différentes stratégies de gestion intégrée de fertilité des sols (SGIFS) dans l'ouest de l'Atacora au nord du Bénin.

Méthodes. La recherche s'est déroulée dans l'ouest de l'Atacora au nord du Bénin et qui regroupe les communes de Tanguiéta, Matéri, Coby et Boukombé. Au total, mille quarante (1040) producteurs ont été échantillonnés en utilisant une approximation de la loi de distribution normale à travers la formule de Degnelie (1998). Les données collectées ont été analysées à l'aide d'un modèle de regression probit multivarié (MVP) afin d'identifier les facteurs qui influencent l'adoption de ces stratégies.

Résultats. Les résultats du modèle ont prouvé que plusieurs variables socioéconomiques ont contribué de manière significative à la décision d'adopter les stratégies d'adaptation évaluées dans le cadre de la présente étude. Il s'agit notamment, de l'appartenance à une association, du niveau d'alphabétisation, de la superficie emblavée, du nombre d'années d'expériences, du contact avec les structures de vulgarisation qui ont impacté positivement l'adoption de la plupart des stratégies de GIFS.

Conclusion. Ces résultats révèlent que les parties prenantes et les décideurs politiques devraient tenir compte des facteurs climatiques et socioéconomiques lors de la promotion des innovations agricoles.

Mots-clés : Pratiques paysannes, perception, stratégies de gestion, fertilité des sols, adaptation aux changements climatiques.

ABSTRACT

Determinants of integrated soil fertility management strategies as a technique for adaptation to climate change by agricultural producers in Northern Benin

Description of the subject. Maize and soybean are the most dominant crop combinations in all regions of Benin, due to climatic variability and the extensive degradation of cultivable soils, as well as very limited soil fertility resources.

Objective. The study aim was to determine the factors influencing the adoption of different integrated soil fertility management strategies (ISFM) in western Atacora in northern Benin.

Methods. The research took place in the western Atacora region of northern Benin, covering the municipality of Tanguiéta, Matéri, Coby and Boukombé. A total of 1,040 producers were sampled, using an approximation of the normal distribution law based on Degnelie's (1998) formula. The collected data were analyzed using a multivariate probit regression model (MVP) to identify factors influencing the adoption of these strategies of ISFM.

Results. The model results proved that several socio-economic variables contributed significantly to the decision to adopt the adaptation strategies evaluated in the present study. In particular, membership of an association, literacy level, over-planted area, number of years of experience and contact with extension structures had a positive impact on the adoption of most of the strategies identified.

Conclusion. These results show that stakeholders and policy-makers should take climatic and socio-economic factors into account when promoting agricultural innovations.

Keywords: Farming practices, perception, management strategies, soil fertility, adaptation to climate change.

1. INTRODUCTION

Les impacts du changement climatique et les pertes et dommages qui en découlent prennent de plus en plus d'ampleur IPCC (2018). La surface destinée à la production alimentaire mondiale, devrait d'ici-là se réduire de 400 millions d'hectares, dû à l'effet de la poursuite de la dégradation des sols, des changements climatiques et d'une demande accrue en agro-carburant Valentin *et al.* (2021). Plusieurs experts affirment qu'il faut s'attendre à des phénomènes météorologiques extrêmes et plus fréquents à l'avenir IPCC (2014). L'évaluation de la dégradation et de la restauration des terres par l'IPBES sur la biodiversité et les services écosystémiques montre que la dégradation des terres dans le monde est un vaste problème qui ne montre aucun signe de ralentissement Willemen *et al.* (2020). Les effets du changement climatique sur la production agricole sont prédominants dans les pays en développement de l'Afrique subsaharienne, où l'agriculture est tributaire de la pluie OECD/FAO (2016; van Ittersum *et al.* (2016). Affectée par les effets néfastes du changement climatique, cette agriculture est de plus en plus confrontée à la dégradation progressive des terres cultivables Phiri *et al.* (2022). Le changement climatique accroît la vulnérabilité des agrosystèmes à la dégradation des sols et réduit l'efficacité des options traditionnelles (mise en jachère) de restauration des sols Issoufou *et al.* (2020).

A cet effet, les petits exploitants agricoles confrontés à ces défis doivent s'adapter aux changements climatiques pour éviter l'aggravation de l'insécurité alimentaire dans les années à venir Gilbert (2012). En effet, pour faire face aux impacts négatifs du changement climatique, les agriculteurs ont besoin de stratégies ex-ante et ex-post afin de gérer les risques climatiques et d'améliorer leurs moyens de subsistance, c'est-à-dire d'accroître leur résilience Asfaw *et al.* (2016). De nos jours, les changements climatiques et les effets néfastes de l'agriculture intensive amènent les agronomes à concevoir des innovations de nature systémique qui permettent de concilier la protection des ressources naturelles et les enjeux de productivité face à l'augmentation de la démographie mondiale Roussy *et al.*(2015). Il s'agit d'innovations combinant des outils agronomiques classiques comme l'allongement des rotations avec des techniques de production novatrices telles que la gestion intégrée de fertilité des sols. La production française de grandes cultures a plus que triplé durant ces 50 dernières années grâce à la mise en place d'innovations technologiques comme l'amélioration variétale ou la production d'engrais de synthèse et de traitements phytosanitaires FAO

(2013). L'innovation devient ces dernières années, le moteur de la compétitivité, de la croissance, de la rentabilité et de la création des valeurs durables YAKOUB *et al.*(2021). Ainsi, l'adoption de ces technologies agricoles améliorées est un moyen important pour s'adapter aux changements climatiques, améliorer la productivité agricole et faciliter la transition d'une agriculture de subsistance à une agriculture orientée vers le marché Bezu *et al.* (2014); Gebru *et al.* (2021).

Plusieurs stratégies d'adaptation et d'atténuation des effets de la variabilité du climat ont été développées et mises en œuvre dans de nombreux pays. Selon FAO (2017), l'adoption des pratiques de la gestion intégrée de la fertilité des sols par les agriculteurs a été relativement faible au niveau mondial malgré leur performance face à l'atténuation des effets climatiques. En conséquence, un certain nombre de mesures incitatives ont été introduites pour promouvoir l'adoption de l'Accord de Paris FAO (2014). Selon Adekambi *et al.* (2021), la dégradation des sols au Bénin touche déjà plus de deux tiers des surfaces cultivées. Pour les petits exploitants agricoles, les changements et les variabilités climatiques actuels et futurs pourraient constituer des problèmes importants Getnet *et al.*(2022). L'adaptation au climat et à l'environnement est un processus complexe qui, au-delà de la base d'actifs d'un ménage, impliquent d'autres caractéristiques des systèmes socio-écologiques respectifs y compris la perception de l'environnement et la capacité d'adaptation Belay *et al.*(2023); Sisay *et al.* (2023). L'amélioration de l'utilisation et de la gestion des intrants peut réduire les écarts de rendement, mais le manque d'informations sur les meilleures combinaisons spatialement explicites d'utilisation d'intrants et d'options de gestion des cultures empêche une prise de décision adaptée et efficace en vue de combler les écarts de rendement Getnet *et al.* (2022).

Au Bénin, des stratégies ont été déjà développées par les producteurs eux-mêmes, certains par des ONG, et d'autres par les scientifiques afin de maintenir les moyens de subsistances des paysans Savi *et al.*(2021); Yegbemey *et al.*(2021). De nombreuses études ont analysé quantitativement les déterminants de l'adoption de ces stratégies dans le secteur agricole au niveau des ménages Yabi *et al.* (2016) ; Adebiyi *et al.* (2019) ; Adekambi *et al.* (2021) ; Ayeni *et al.* (2021). Adekambi *et al.* (2021) au nord du Bénin et Musafiri *et al.* (2022) à l'ouest du Kenya ont montré que la superficie emblavée est favorable à l'adoption des stratégies de GIFS.

L'objectif de la présente étude est de déterminer les facteurs qui influencent l'adoption des différentes stratégies de gestion intégrée de fertilité des sols par les producteurs agricoles dans le Nord du Bénin. La présente étude permet aux producteurs de développer les stratégies de gestion intégrée de fertilité des sols et de connaître les facteurs qui conditionnent leur adoption en vue de lutter efficacement contre les effets néfastes du changement climatique dans un contexte où les coûts des intrants chimiques deviennent de plus en plus insupportables avec la guerre russo-ukrainienne.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Choix de la zone d'étude

La présente étude a été conduite au nord du Bénin plus précisément dans l'Atacora-ouest qui regroupe

les communes de Matéri, Tanguiéta, Cobly et Boukoubé (10°40 et 11°20 de latitude nord et 1°20 et 2° de longitude). Ces communes sont traversées par la chaîne de l'Atacora avec 700 m d'altitude en moyenne dont le sommet se situe à Boukoubé (835 m). Ce trait physique explique non seulement le caractère très accidenté du relief, mais aussi l'insuffisance des terres cultivables qui de surcroît, dégradées par l'érosion, les rendent infertiles et inaptes aux cultures Kombienou *et al.*(2020). Cette zone a été choisie parce que les sols ferrugineux et peu profonds ont une faible capacité de rétention d'eau et une faible fertilité naturelle des sols Adegii *et al.* (1999). Ainsi, l'adoption des techniques de production agroécologiques moins dégradantes des formations forestières et protectrices des sols permettrait d'atténuer les effets néfastes du changement climatique dans la zone.

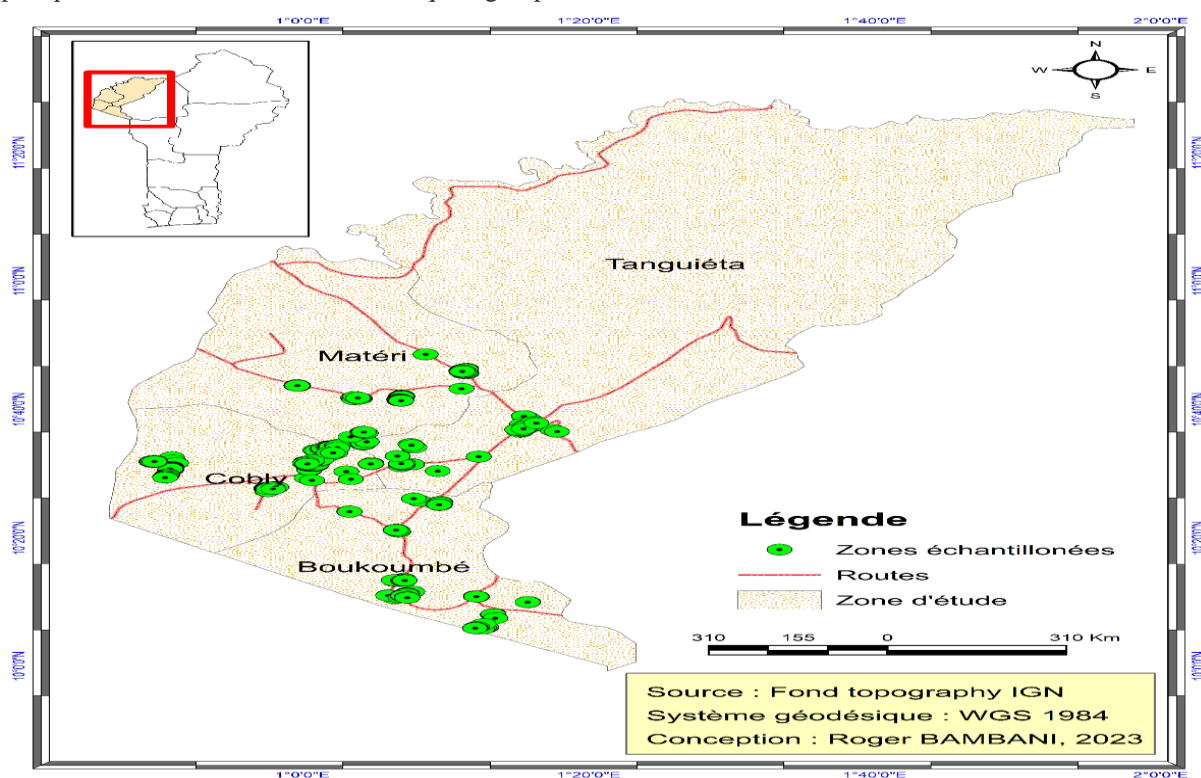


Figure 1. Carte de la zone d'étude montrant les sites de collecte de données

2.2. Échantillonnage et outils de collecte des données

Dans le cadre de la présente étude, la taille de la population d'étude n'est pas connue. Il sera donc déterminé la taille représentative de la cible à enquêter en utilisant une approximation de la loi de distribution normale à travers la formule de Degnelie (1998).

$$n = \frac{P_i (1 - P_i) U^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}{d^2}$$

Par commune, quatre villages ont été retenues suivant les critères principaux à savoir le nombre de producteurs de céréales et de légumineuse (maïs et soja) et la variabilité sociolinguistique déterminés à partir d'une enquête exploratoire. Au total, 16 villages ont été retenus dans la zone. La taille n de l'échantillon est ainsi sensiblement égale à 1040 producteurs de maïs et de soja. Cet échantillon a été réparti à l'intérieur de chaque commune en fonction de la densité démographique de chaque village INStAD (2016). Dans cette perspective, des missions de prospection ont été organisées dans les communes sélectionnées pour une prise de contact

avec le terrain. Dans les différents villages retenus, des séances d'information ont été organisées avec l'équipe de recherche. Cette approche a facilité la tâche à l'équipe d'enquêteurs et leur a permis d'organiser dans chacun des villages cibles des *focus groups* et interviews individuels.

2.3. Analyse des données

L'attention soutenue accordée durant ces dernières années aux stratégies innovantes d'adaptation aux effets du changement climatique, a amené plusieurs chercheurs à s'intéresser aux déterminants des stratégies Ojo *et al.* (2019) ; Zampaligré *et al.* (2019); Mairura (2021); Belay *et al.* (2023). Cependant, la plupart des études visant à analyser les déterminants de l'adoption de nouvelles stratégies n'ont pas réussi à capturer l'interdépendance et la relation entre elles, ainsi que la corrélation potentielle entre les perturbations non observées (terme d'erreur) Sileshi (2019). Procéder à une modélisation bivariée exclut les informations économiques utiles issues de l'adoption des pratiques interdépendantes et simultanées Bekele et Drake (2003). Dans cette étude, le modèle de régression probit multivarié a été utilisé (MVP) pour identifier les facteurs qui influencent l'adoption des stratégies de gestion intégrée de fertilité des sols après leur caractérisation. En revanche, les modèles multinomiaux sont utiles lorsque les modèles de réponses bivariées comportent plus de deux résultats possibles Amare *et al.* (2018). A titre d'exemple, Sileshi (2019) a utilisé un modèle Probit multivarié pour analyser les déterminants de l'adoption des mesures de conservation de l'eau et des sols en Ethiopie. Par ailleurs, le producteur adopte une innovation agricole si l'utilité attendue de l'adoption est supérieure à l'utilité attendue de toute autre mesure alternative, y compris le statu quo (c'est-à-dire ne pas adopter de mesure). Ainsi, le producteur adoptera une pratique de GIFS, si l'utilité attendue, représentée par $U_{1(\pi)}$, est supérieure à celle qu'il obtiendra s'il ne l'avait pas adopté ou s'il avait adopté, représentée par Y_{ij}^* , soit $Y_{ij}^* = U_{1(\pi)} - U_{o(\pi)} > 0$ où Y_{ij}^* est le bénéfice net (variable latente) que le producteur peut engranger s'il adopte la stratégie de GIFS ou encore les bonnes pratiques d'utilisation des terres cultivables.

Dans le modèle Probit multivarié, il existe plusieurs variables dépendantes binaires Y_{ij} et plusieurs variables latentes Y_{ij}^* . Ces variables latentes dépendent entre autres des caractéristiques socioéconomiques, démographiques ainsi que de l'environnement institutionnel du producteur X_i . Le gain de ce producteur peut se traduire par l'équation suivante $Y_{ij}^* = X_i \beta + \varepsilon_i$, avec $i = 1, 2, 3, \dots, N$ (1) β est le vecteur des paramètres

à estimer et ε_i la perturbation aléatoire du sol. Cependant, en remontant sur la littérature empirique sur l'adoption des technologies agricoles Asfaw et Mulugeta (2017), toutes les technologies complémentaires en terme d'utilités qu'elles permettent à l'exploitant agricole de gagner et de maximiser seront adoptées. En d'autres termes, la décision d'adopter les pratiques de GIFS de la catégorie j par le producteur i dépendrait de la décision d'adopter la pratique de GIFS de la catégorie k , ainsi de suite. Selon cette approche théorique, l'adoption des stratégies d'adaptation aux changements climatiques était conçue comme étant intrinsèquement multivariée. C'est dans ce contexte que le modèle Probit multivarié a été retenu dans le cadre de la présente étude pour déterminer les facteurs influant l'adoption des stratégies de GIFS au nord du Bénin. Ainsi, le modèle Probit multivarié peut être spécifié comme suit:

$$Y_{ij}^* = X_i \beta + \varepsilon_i \dots \dots \dots (1)$$

$$Y_{ij} = 1 (Y_{ij}^* > 0) \dots \dots \dots (2)$$

$$\varepsilon_j = \|\varepsilon_{i1}, \dots, \varepsilon_{im}\| \sim MVN(0, R) \dots \dots \dots (3)$$

$$Y_{ij}^* =$$

$$[Y_{i1} - Y_{im}] \sim MVN(X_{(j)} B, R) \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots (4)$$

Où $i = 1, \dots, N$ ($N = 1040$, $J = 1, \dots, (M = 4)$

indice des variables dépendantes que sont: (i) développement de nouvelles activités agricoles comme stratégies d'adaptation; (ii) modification des pratiques culturales comme stratégies d'adaptation; (iii) utilisation des plantes de couvertures comme stratégies d'adaptation; (iv) utilisation des matières organiques comme stratégies. X_i est un K vecteur de covariance exogène et les ε_i sont supposés être indépendants de i mais corrélés entre j pour tout i , et $\{MVN\}$ désigne la distribution normale multivariée.

3. RÉSULTATS

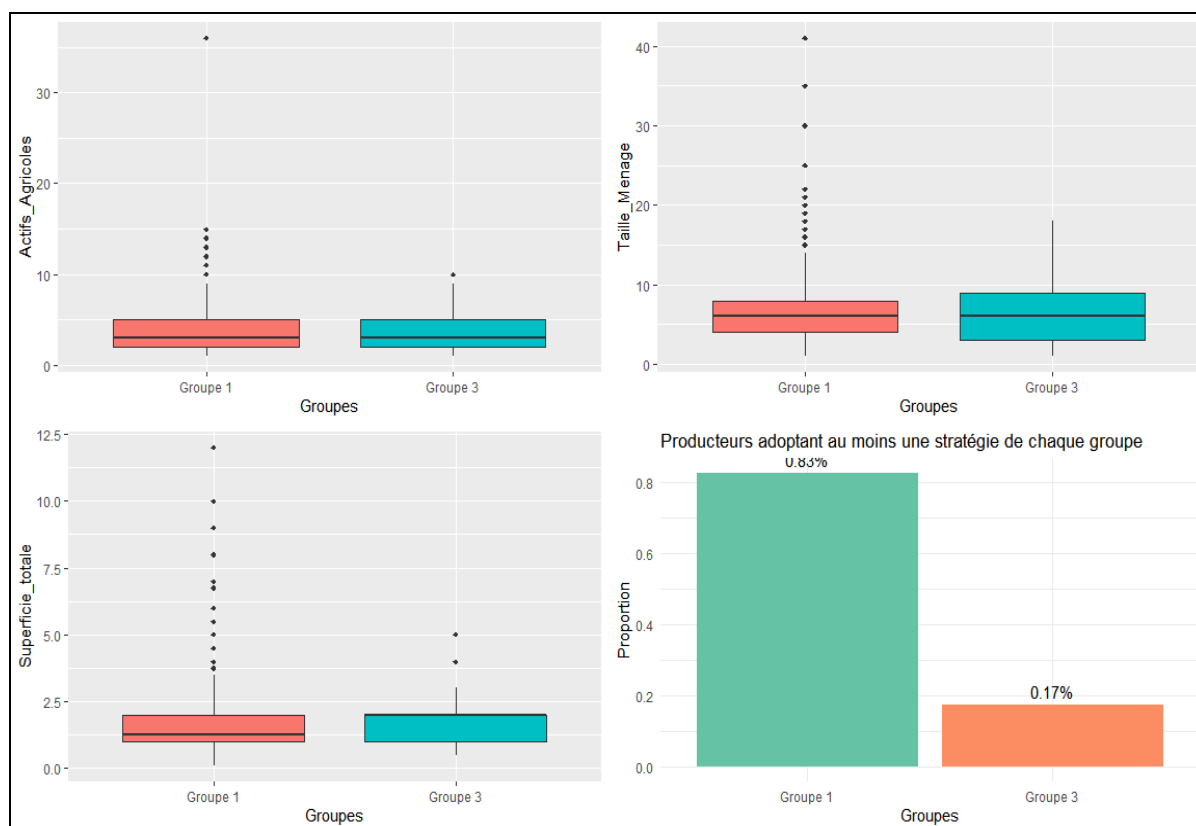
3.1. Caractéristiques des adoptants en lien avec les actifs agricoles, la superficie emblavée et la taille du ménage

Les graphiques à boîtes de la Figure 4 fournissent une représentation visuelle des traits distinctifs des adoptants de stratégies d'adaptation aux changements climatiques, en se basant sur les actifs agricoles, la superficie totale emblavée (tant pour le maïs que pour le soja) et la taille du ménage de l'enquête. En effet, les résultats ne révèlent pas de différences significatives entre les deux groupes. Ainsi, les actifs agricoles présentent des moyennes similaires de $3,47 \pm 2,45$ dans le Groupe 1 et $3,68 \pm 2,27$ dans le Groupe 2, suggérant une homogénéité dans la composition des ressources humaines

agricoles en termes de main-d'œuvre familiale au sein des deux groupes. Toutefois, on note une extension au niveau de certains ménages avec un nombre d'actifs dépassant 30 individus (Groupe 1) contre seulement un maximum de 10 pour le groupe 2. De même, la taille du ménage montre des valeurs proches avec une moyenne de $6,44 \pm 4,16$ pour le Groupe 1 et $6,68 \pm 4,36$ pour le Groupe 2, indiquant une similarité dans la structure familiale des agriculteurs des deux groupes. Mais avec des extremums plus importants dans le groupe 1 (soit un maximum de 40 individus). Enfin, la superficie emblavée demeure comparable entre les groupes, avec des moyennes de $1,67 \pm 1,30$ dans le Groupe 1 et $1,81 \pm 0,98$ dans le Groupe 2. Toutefois, comme pour les autres paramètres, il ressort des extremums plus marqués au niveau des producteurs adoptant les stratégies du groupe 1 notamment avec une extension atteignant 12 hectares (maïs et soja). Ces résultats suggèrent que du point de vue des caractéristiques sociales et de production, les agriculteurs des deux groupes affichent une similitude ; ainsi d'autres éléments, tels que les pratiques agricoles spécifiques ou les préférences individuelles, pourraient jouer un rôle plus déterminant dans la sélection des stratégies agricoles.

L'ensemble des résultats obtenus, mettent en évidence de manière frappante la nette prédominance des individus adoptant les stratégies

du Groupe 1 au sein de l'échantillon, quel que soit leurs caractéristiques. C'est d'ailleurs ce que confirme le dernier graphe de la compilation au niveau de la figure 2 en montrant une écrasante majorité de producteurs appartenant à ce groupe, avec une proportion remarquable de 83 %, contre seulement 17 % pour les producteurs adoptant les stratégies du Groupe 2. Ces chiffres soulignent clairement la tendance marquée des agriculteurs à privilégier les pratiques du Groupe 1, suggérant ainsi une adhésion plus répandue à ces stratégies dans la population étudiée. Cependant, il est crucial de noter que malgré cette dominance globale, ces résultats révèlent des informations nuancées en ce qui concerne les facteurs déterminants le choix des producteurs vis-à-vis des stratégies. Autrement dit, la caractérisation globale à partir des statistiques descriptives, qui regroupent différentes stratégies au sein de chaque groupe, peut masquer des nuances et rendre les conclusions moins claires. Ainsi, une évaluation plus fine, visant à examiner chaque stratégie au sein de chaque groupe, apparaît comme une étape nécessaire pour identifier les véritables déterminants de leur adoption. Cette approche plus détaillée permettrait d'obtenir des insights plus précis sur les facteurs qui influent sur les choix spécifiques de stratégies agricoles et, par conséquent, de guider de manière plus éclairée les interventions et les politiques dans le contexte de l'adaptation aux changements climatiques.



3.2. Evaluation de l'indépendance entre les différentes stratégies

La figure 5 présente les résultats des corrélations entre les différentes stratégies adoptées par les producteurs. L'analyse du test du ratio de vraisemblance pour la corrélation globale des termes d'erreurs entre les différentes stratégies ($\chi^2(9) = 736,42$; $p < 2,2e-16$) est significativement différente de zéro au seuil de 1 % et permet donc de rejeter l'hypothèse de l'indépendance des choix des différentes stratégies de GIFS. La décision d'adopter une mesure de GIFS est donc déterminée par celle d'une autre et vice-versa.

En effet, l'analyse de la matrice de corrélation présente des associations significatives entre plusieurs paires de stratégies. Parmi les corrélations les plus marquées, on observe une relation positive substantielle entre la gestion des résidus de récolte (GRR) et l'assolement et rotation des cultures (ARC) ($\rho = 0,87$), ainsi qu'entre la gestion des résidus de récolte (GRR) et la pratique de jachère (PJ) ($\rho=0,62$). Ces fortes corrélations suggèrent une tendance à la co-occurrence de choix de stratégies entre ces paires de stratégies. Autrement dit, ceci prouve que ces trois pratiques ne sont pas simplement choisies de manière indépendante les unes des autres, mais plutôt qu'elles sont perçues comme interconnectées et complémentaires dans le contexte d'une approche globale de la gestion agricole au sein des différentes exploitations.

Outre ces fortes relations, la figure met en évidence des corrélations significatives entre plusieurs stratégies agricoles, notamment une forte corrélation entre les pratiques d'Association de cultures (AC) et d'Assolement et rotation des Cultures (ARC) avec un coefficient de 0,72, ainsi qu'entre AC et Gestion des Résidus de récolte (GRR) avec un coefficient de 0,75. En effet, la forte corrélation entre ARC (Assolement et rotation des Cultures) et AC (Association de cultures ou culture

mixte) suggère une propension des agriculteurs à adopter de manière conjointe également ces deux pratiques. Cette association reflète une approche holistique de la gestion agricole, où la rotation des cultures et l'association de différentes cultures sont perçues comme complémentaires dans la promotion de la durabilité des terres et de la diversification des cultures.

De même, la corrélation significative entre AC et GRR (Gestion des Résidus de récolte) indique une propension à mettre en œuvre ces deux pratiques simultanément. Cette association pourrait témoigner également d'une approche intégrée de la gestion agricole, où la gestion efficace des résidus de récolte est considérée en lien avec l'association de cultures, suggérant une vision globale de la durabilité agricole. Cependant, il est essentiel de noter que la corrélation ne garantit pas la causalité. Ces associations fortes peuvent être le résultat de facteurs confondants ou d'autres variables non mesurées. Par conséquent, bien que les corrélations soient informatives, il s'avère important de mener des analyses plus approfondies pour comprendre pleinement la nature des relations entre le choix des stratégies : d'où la modélisation logistique probit réalisée.

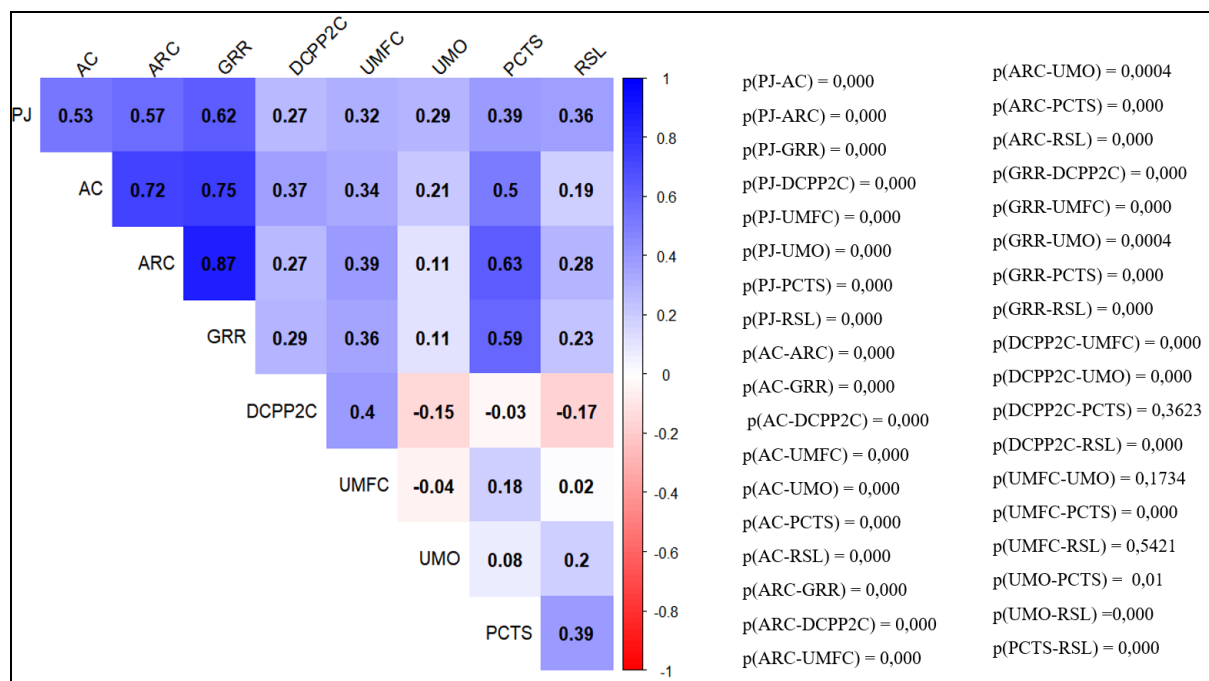


Figure 5. Matrice de corrélation des stratégies agricoles adoptées par les exploitants
 Test du ratio de vraisemblance : $\chi^2(9) = 736,42$; $p\text{-value} < 2,2e-16$

3.3. Facteurs déterminants le choix des stratégies au sein des exploitations agricoles

Le tableau 1 présente les résultats des modèles réalisés. En effet, de l'analyse de ce tableau, il ressort que les variables qui influencent significativement l'adoption de l'une au moins des neuf (9) mesures de GIFS sont : le niveau d'instruction (secondaire et universitaire), l'alphabétisation, l'appartenance à une association, le nombre d'années dans la production agricole, l'activité principale (commerce, élevage), la disponibilité de terre, la taille des ménages, le nombre d'actifs agricoles, l'âge et la vulgarisation.

En effet, le niveau d'instruction influence négativement l'adoption de la plupart des stratégies étudiées (ARC, DCP2C, GRR, PJ). Cela montre que les individus ayant étudiés ont une tendance à ne pas adopter ces stratégies ou préfèrent utiliser les engrais minéraux. Toutefois, les variables telles que l'alphabétisation, l'appartenance à une association et la vulgarisation ont des effets significatifs et positifs sur l'adoption de plusieurs stratégies (ARC, AC, DCP2C, GRR, PJ), suggérant que ces facteurs favorisent l'adoption de pratiques agricoles durables.

En ce qui concerne l'âge, les résultats révèlent des différences significatives au niveau de l'adoption des stratégies telles que l'AC, DCP2C, PJ et UMFC. En effet, les plus jeunes (15-30 ans) montrent une probabilité significativement plus faible d'adopter des pratiques telles que l'association culturales (AC), la diversification de cultures par la production de plus de 2 cultures (DCP2C) et l'utilisation minimale des fertilisants chimiques comparativement aux producteurs plus âgés (plus de 45 ans). D'autre part, l'influence positive de l'âge sur l'adoption de la pratique de jachère (PJ) indique par contre une tendance selon laquelle les plus jeunes (15-30 ans) adoptent plus cette stratégie comparativement aux adultes de plus de 45 ans.

Cependant, les résultats du modèle montrent des effets significatifs pour différentes tranches d'âge en termes du nombre d'années d'expérience en production. L'analyse des résultats montre que les agriculteurs, avec 10 à 30 ans d'expérience présentent des probabilités significativement plus faibles d'adopter plusieurs pratiques (ARC, AC, la DCP2C, la GRR et PCTS). Ceci pourrait indiquer une certaine résistance ou une inertie parmi les agriculteurs les moins expérimentés à adopter de nouvelles stratégies, en raison d'une plus faible ouverture d'esprit ou d'expérience en matière de gestion agricole. Ces nuances soulignent l'importance d'adapter les interventions selon le niveau d'expérience des agriculteurs pour favoriser l'adoption de pratiques agricoles durables.

En analysant les résultats par activité principale, bien que le niveau d'influence soit faible (5 %), on observe que les agriculteurs engagés dans le commerce et l'élevage ont des probabilités significativement plus élevées d'adopter d'autres stratégies.

Outre ces éléments, les résultats mettent en évidence également l'impact significatif de la disponibilité des terres sur l'adoption des stratégies agricoles du Groupe 1, notamment l'ARC, l'AC, la GRR, PCTS, PJ et UMFC. Cette observation suggère que les agriculteurs disposant de plus de terres sont plus enclins à mettre en œuvre des pratiques agricoles diversifiées et durables. Cela souligne l'importance de la disponibilité des ressources pour l'adoption de pratiques agricoles durables.

Par ailleurs, les résultats soulignent aussi l'influence significative de deux paramètres liés aux ressources familiales sur l'adoption des stratégies agricoles. Tout d'abord, la taille du ménage montre une association négative avec plusieurs stratégies, dont l'ARC, l'AC, la GRR, PCTS, PJ et UMFC. Ceci prouve que les ménages plus petits sont plus enclins à adopter ces pratiques agricoles. Ainsi, avec moins de membres dans le ménage, la prise de décision semble être plus rapide et adaptative, facilitant ainsi l'adoption de pratiques agricoles plus durables.

Aussi, le nombre d'actifs agricoles au sein du ménage présente une association positive avec ces mêmes stratégies, indiquant que les ménages avec une main-d'œuvre agricole plus importante sont plus enclins à mettre en œuvre des pratiques durables et diversifiées. Ces constatations soulignent l'importance de considérer la dynamique familiale et la main-d'œuvre disponible lors de la conception de politiques visant à promouvoir des pratiques agricoles liées à la gestion intégrée de fertilité des sols.

Enfin, pour ce qui est des stratégies du Groupe 1, on note une influence positive de l'accès au crédit sur l'adoption de la stratégie de Production de culture tolérante à la sécheresse (PCTS). Ce qui est d'ailleurs logique lorsqu'on tient compte du témoignage des producteurs dans lequel ils précisent que « *l'accès aux crédits agricoles nous permet de s'offrir des intrants nécessaires notamment les engrais et les semences améliorées capables d'avoir une durée de vie plus longue en cas d'arrêt précoce des pluies* ». Ainsi, en disposant de moyens financiers, les agriculteurs peuvent investir dans des variétés de cultures spécifiques et dans des technologies adaptées à la sécheresse. De plus, le crédit peut permettre aux agriculteurs de mettre en place des infrastructures d'irrigation ou d'adopter des techniques de gestion de l'eau, renforçant ainsi leur capacité à faire face aux conditions climatiques difficiles et à

promouvoir une agriculture plus résiliente face à la sécheresse.

Tableau 1. Estimation des résultats du modèle Probit multivarié

Variables	Stratégies														
	ARC		AC		DCPP2C		GRR		PCTS		PJ		UMFC		
	Coef	Test Z	Coef	Test Z	Coef	Test Z	Coef	Test Z	Coef	Test Z	Coef	Test Z	Coef	Test Z	
Intercept	-	-3,32	-0,83	-1,63	0,96*	2,1	-0,84	-1,88	0,09	0,228	-	-5,18	-	-4,68	
		1,63***									2,74***		2,39***		
Age	≥ 45	--	--								--				
	15-30	-0,18	-0,98	-0,44*	-2,15	-	-4,23	-0,16	-0,89	0,16	0,913	0,95***	4,08	-0,63**	-3,28
						0,80***									
	30-45	0,23	1,44	0,05	0,33	-0,23	-1,4	0,11	0,74	0,09	0,62	0,78***	3,85	-0,14	-0,84
Sexe	Homme	0,14	1,07	0,25	1,75	-0,09	-0,72	0,02	0,20	-0,11	-0,85	0,87***	5,18	0,57***	3,98
	Aucun	--	--								--				
Instruction	Primaire	-0,22	-1,79	0,15	1,15	0,16	1,28	-0,09	-0,78	0,06	0,539	-0,01	-0,07	0,30*	2,45
	Secondaire	-0,53***	-3,17	-0,23	-1,32	-0,36*	-2,38	-0,4*	-2,54	0,18	1,19	-	-3,8	-0,06	-0,35
												0,71***			
	Universitaire	-0,13	-0,43	0,16	0,49	-0,63*	-2,22	-0,22	-0,75	0,18	0,65	-0,41	-1,32	-0,06	-0,20
Alphabétisation	Oui	0,34*	2,46	-	-3,63	-0,38**	-2,88	0,07	0,56	-0,01	-0,11	-0,09	-0,59	-0,06	-0,47
				0,56***											
Appartenance_Association	Oui	0,49**	3,18	1,06***	6,43	0,56**	3,26	0,65***	4,26	0,13	0,86	0,91***	5,74	0,23	1,38
Vulgarisation	Oui	-0,16	-1,09	-0,41*	-2,44	0,64***	3,76	-0,19	-1,27	-0,47**	-3,21	0,18	1,16	1,31***	7,64
	> 30	--	--								--				
Expériences	0-10	0,37	1,82	0,17	0,81	0,73***	3,48	0,38	1,89	-0,42*	-2,05	0,09	0,37	0,36	1,71
	10-20	-0,43*	-2,15	-	-3,33	0,55**	2,76	-0,36	-1,88	-	-4,33	-0,17	-0,72	0,51*	2,52
				0,69***						0,48***					
	20-30	-0,53**	-2,72	-	-5,73	-0,15	-0,79	-0,41*	-2,21	-0,58**	-3,06	0,11	0,45	0,01	0,04
				1,24***											
Activité principale	Agriculture	--	--								--				
	Artisanat	1,27	1,51	-1,24	0,28	0,12	0,16	6,35	0,07	5,53	0,06	6,63	0,05	0,99	1,05
	Chasse/Pêche	-2,54	-0,03	-2,17	-0,02	-3,93	-0,04	-3,15	-0,01	-4,27	-0,02	6,79	0,02	-2,45	-0,03
	Commerce	0,91*	1,97	-0,02	-0,03	0,77	1,66	0,26	0,53	-0,02	-0,05	0,86	1,75	0,37	0,59
	Elevage	0,77	1,85	0,82	1,81	0,45	1,08	0,77	1,89	-0,02	-0,05	1,19**	2,84	0,74	1,69
	Ouvrier	0,05	0,07	-0,21	-0,33	0,39	0,63	0,7	1,12	0,21	0,34	0,25	1,93	-0,53	-0,85
Accès crédit	Oui	-0,05	-0,42	0,05	0,37	-0,03	-0,22	0,02	0,15	0,28*	2,09	-0,01	1,7	-0,06	-0,41
Terre disponible	Oui	1,56***	12,49	1,33***	9,65	0,1	0,89	1,34***	11,61	1,52***	-3,60	1,05***	7,58	1,06***	9,18
Qualité terre	Fertile	--	--								--				
	Médiocre	0,59	1,27	0,1	0,21	0,16	0,37	0,36	0,86	0,52	1,31	0,87	1,89	0,57	1,19
	Peu fertile	0,36	0,84	-0,11	-0,24	-0,42	-1,02	-0,13	-0,32	-0,26	-0,71	-0,01	-0,02	0,86	1,9
	Très pauvre	-0,14	-0,30	-0,83	-1,68	-	-3,32	-0,63	-1,47	0,01	0,04	-0,1	-0,22	-0,45	-0,89
						1,42***									
Ménages	Taille ménage	-0,1***	-4,75	-	-5,67	-0,03	-1,84	-0,1***	-4,19	-	-3,6	-0,07**	-2,81	-	-5,1
				0,15***						0,06***				0,10***	
	Actifs agricoles	0,14***	4,29	0,17***	4,76	0,06	1,87	0,11***	3,55	0,05	1,86	-0,01	-0,18	0,15***	4,82
Paramètres	Nombre d'observation = 1059														
	Wald chi2(24) = 350														
	Prob > chi2 = 1,2553e-59***														
	Log likelihood = -501,4														

*** significative au seuil de 0,1% (p < 0,01), **significative au seuil de 1% (p < 0,01) ; *significative au seuil de 5% (p < 0,05) ; Source : Données enquête, 2023

En ce qui concerne les stratégies caractérisant les producteurs du Groupe 3 en particulier, la régénération du sol avec les légumineuses (RSL) et l'utilisation des matières organiques (UMO), les résultats révèlent aussi des associations significatives avec plusieurs variables explicatives. Tout d'abord, en ce qui concerne l'âge, les agriculteurs âgés de 15 à 30 ans semblent plus enclins à adopter la RSL, tandis que pour l'UMO, les différences d'adoption liées à l'âge ne sont pas statistiquement significatives. Le sexe joue également un rôle important, car les hommes

présentent une propension significativement plus élevée à adopter les deux pratiques.

Outre ces constats, le tableau indique que les individus alphabétisés et ceux ayant pris part aux programmes de vulgarisation, ont une propension plus basse à adopter l'utilisation des matières organiques (UMO). Cela peut nécessiter une réévaluation des méthodes de vulgarisation pour mieux comprendre et surmonter les obstacles potentiels à l'adoption des pratiques agricoles durables parmi les agriculteurs bénéficiant de programmes de vulgarisation.

Par contre, l'appartenance à une association joue un rôle significatif dans la promotion des pratiques agricoles durables. Pour les deux stratégies, l'appartenance à une association est positivement associée à l'adoption. Les coefficients de 0,42 et 0,6 indiquent des effets substantiels, suggérant que les agriculteurs membres d'associations sont plus enclins à adopter ces pratiques. Cela souligne le rôle crucial des réseaux sociaux et des collaborations dans la diffusion et l'acceptation des pratiques agricoles durables.

En ce qui concerne les ressources, les résultats indiquent que la disponibilité de terres et la taille des ménages sont fortement associées à l'adoption de la stratégie de régénération du sol avec les légumineuses (RSL). Par contre, le nombre d'actifs agricoles indique un effet négatif sur l'adoption de cette pratique. Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte une diversité de facteurs sociaux, économiques et environnementaux pour promouvoir efficacement les pratiques agricoles liées à la gestion intégrée de fertilité des sols.

Tableau 2. Estimation des résultats du modèle Probit multivarié

Variables	Stratégies				
	RSL		UMO		
	Coef	Test Z	Coef	Test Z	
Intercept		-2,68***	-5,14	-1,01*	-2,30
Age	≥ 45				--
	15-30	0,69***	3,58	0,03	0,16
	30-45	0,35*	2,13	-0,15	-0,94
Sexe	Homme	0,64***	4,44	0,91***	6,63
Instruction	Aucun				--
	Primaire	-0,04	-0,29	0,09	0,79
	Secondaire	0,14	0,89	0,06	0,42
	Universitaire	0,33	1,19	0,23	0,84
Alphabétisation	Oui	0,11	0,79	-0,72***	-5,15
Appartenance Association	Oui	0,42**	2,67	0,6***	3,83
Vulgarisation	Oui	-1,0***	-6,16	-0,75***	-4,52
Expériences	> 30				--
	0-10	-0,40	-1,91	0,51*	2,37
	10-20	-0,41*	-1,99	0,29	1,43
	20-30	0,07	0,36	0,12	0,58
Activité principale	Agriculture				--
	Artisanat	0,29	0,44	-0,02	-0,03
	Chasse/Pêche	-2,86	-0,03	-5,18	-0,06
	Commerce	0,18	0,33	-0,31	-0,69
	Elevage	0,47	1,16	0,76	1,94
	Ouvrier	-0,91	-1,33	0,17	0,31
Accès crédit	Oui	0,18	1,36	0,39**	2,96
Terre disponible	Oui	1,37***	11,38	0,01	0,09
Qualité terre	Fertile				--
	Médiocre	0,42	0,93	-0,34	-0,84
	Peu fertile	0,44	1,03	-0,39	-1,05
	Très pauvre	0,05	0,12	0,63	1,61
Taille ménage		0,04*	2,5	-0,01	-0,7
Actifs agricoles		-0,09**	-2,93	-0,05	-1,42
Paramètres	Nombre d'observation = 1059				
	Wald chi2(24) = 350				
	Prob > chi2 = 1,2553e-59***				
	Log likelihood = -501,4				

*** significative au seuil de 0,1% ($p < 0,01$), **significative au seuil de 1% ($p < 0,01$) ; *significative au seuil de 5% ($p < 0,05$) ; Source : Données enquête, 2023

4. DISCUSSION

Les changements climatiques impactent négativement les terres agricoles de l'ouest de l'Atacora qui représentent la principale ressource de

subsistance de la population rurale. Les perceptions des effets directs et indirects des risques climatiques contraignent les producteurs à adopter

plusieurs stratégies Faisal *et al.* (2021). Les résultats de la présente étude ont permis d'identifier neuf (09) stratégies les mieux adoptées par l'ensemble des producteurs de l'échantillon. Cette identification est similaire à celle réalisée par Nambima *et al.* (2023) qui ont indiqué que la diversité des pratiques est importante afin de préserver la productivité des sols tout en assurant la biodiversité et la résilience des écosystèmes.

L'analyse des résultats des tests de corrélations montre que la décision d'adopter une stratégie de GIFS est déterminée par celle d'une autre et vice versa ($\chi^2(9) = 736,42$; $p < 2,2e-16$). Ceci corrobore avec les résultats Chivenge *et al.* (2011) ; Shahbaz *et al.* (2021), qui prouvaient que tous les coefficients d'appariement sont positivement corrélés et donc il existe une complémentarité entre les différentes stratégies adoptées par les producteurs de riz dans le sud-ouest du Nigéria. De manière globale, les résultats du modèle probit multivarié sont en phase avec ceux obtenus par Ojo *et al.* (2019) ; Adekambi *et al.* (2021) ; Sisay *et al.* (2023) qui ont trouvé que certains facteurs socioéconomiques des ménages déterminent l'adoption des stratégies face aux variabilités climatiques.

En effet, le niveau d'instruction influence négativement l'adoption de la plupart des stratégies du Groupe 1 telles que l'assolement et la rotation des cultures, les pratiques de jachère, la diversification des cultures par la production de plus de deux (02) cultures. Ceci confirme les résultats de Mthethwa *et al.* (2022) qui ont trouvé que le niveau d'instruction influençait négativement l'adoption des stratégies de GIFS. Cela va sans dire que lorsque les producteurs sont instruits, ils préfèrent utiliser les engrais chimiques en abondance afin d'obtenir de meilleurs rendements que d'adopter les stratégies de GIFS dont les résultats sont parfois lointains. Ainsi, plus le niveau d'instruction est élevé, moins les producteurs adoptent les stratégies, ce qui est contraire aux résultats obtenus par Adebisi *et al.* (2019) qui ont trouvé que le niveau d'instruction impactait positivement l'adoption de la fumure organique. Pour ce qui concerne l'âge, les résultats montrent que les plus âgés du Groupe 1 ont une probabilité plus forte d'adopter les stratégies liées à l'association culturale, à la diversification des cultures et à l'utilisation minimale des fertilisants chimiques. Cela peut se comprendre car les producteurs les plus âgés ont plus d'expériences, ce qui favorise l'adoption des innovations agricoles. Ce résultat ne concorde pas avec ceux obtenus par Adego *et al.* (2019) ; Phiri *et al.* (2022) qui ont tous affirmé qu'une augmentation de l'âge était associée à une plus faible probabilité d'adoption de nouvelles stratégies agricoles. Pour Yabi *et al.* (2016) ; Diaby *et al.* (2020) ; Phiri *et al.* (2022),

cela ne semble guère surprenant étant donné qu'en théorie, les agriculteurs les plus âgés ont beaucoup plus du mal à changer leurs habitudes agricoles par rapport aux plus jeunes.

En effet, il faut souligner que l'association de l'âge avec l'adaptation des innovations agricoles et la productivité est controversée dans la littérature. En conséquence, comme dans la présente étude, on pourrait trouver une relation négative avec l'adoption de certaines pratiques agricoles d'une part et positive avec l'adoption d'autres pratiques agricoles d'autre part. Aussi, les résultats de la présente étude révèlent que l'alphabétisation influence positivement l'adoption des stratégies par les producteurs du Groupe 1, ceci peut s'expliquer par le fait que dans une zone rurale, ceux qui ont accès à l'alphabétisation sont ceux qui ont échoué dans le système d'instruction classique ou ceux qui n'ont pas eu la chance d'être scolarisés. Ces centres d'alphabétisation sont parfois des vecteurs de communication très importants et c'est ce qui justifie l'influence positive des variables telles que l'appartenance à une association et la vulgarisation dans l'adoption des stratégies du Groupe 1. Ces constats sont similaires à ceux faits par Adekambi *et al.* (2021), qui ont trouvé que l'appartenance à un groupement et la vulgarisation étaient les principaux facteurs déterminants de l'adoption des stratégies de GIFS au nord du Bénin. De même, les résultats obtenus montrent les effets significatifs pour les différentes tranches d'âge en termes du nombre d'années d'expérience dans la production du maïs et du soja.

Aussi, plus le producteur est expérimenté, mieux il adopte les stratégies d'adaptation aux changements climatiques. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par Adebisi *et al.* (2019) ; Avande *et al.* (2022) qui ont tous trouvé que le nombre d'années d'expérience du producteur est un facteur qui influence significativement l'adoption des stratégies. Ainsi, les agriculteurs les plus expérimentés sont plus susceptibles de mieux s'adapter aux changements climatiques. La taille du ménage, le nombre d'actifs agricoles et l'accès au crédit au sein d'un ménage influencent significativement l'adoption des stratégies du Groupe 1. En réalité, la dynamique familiale et la main d'œuvre disponible ont déterminé l'adoption des stratégies de GIFS de la présente étude. Ces résultats sont similaires à ceux de Musafiri *et al.* (2022) qui ont conclu que la taille du ménage influence négativement l'adoption des stratégies, cela signifie plus le ménage est petit, moins le chef du ménage a des difficultés de prendre une décision d'adopter une innovation agricole. Aussi, le nombre d'actifs agricoles a impacté positivement l'adoption des stratégies du groupe 1. Ces conclusions corroborent avec celles formulées par Ayedegue *et al.* (2021) ; Ayeni *et al.* (2021) et selon lesquelles,

le nombre d'actifs agricoles et l'accès au crédit sont les principaux déterminants du choix des producteurs.

Par ailleurs, en ce qui concerne les stratégies du Groupe 2, les résultats montrent que le sexe, le programme de vulgarisation, l'appartenance à une association, le niveau d'alphabétisation, la taille du ménage et la superficie emblavée influent positivement l'adoption de ces stratégies. En effet, la disponibilité des ressources caractérisées par la taille du ménage et la disponibilité des terres contribuent fortement à l'adoption de la régénération des sols à base des légumineuses. Ces résultats viennent ainsi confirmer ceux obtenus par Zampaligré *et al.* (2019) ; Ayeni *et al.* (2021) ; Musafiri *et al.* (2022) et prouvent que les petits producteurs agricoles diversifient leurs stratégies avec des exploitations plus grandes. Pour ces derniers, la propension des petits exploitants à adopter les innovations agricoles augmentent avec la taille des terres arabes soulignant ainsi l'importance de la propriété foncière.

Contrairement au Groupe 1, la stratégie de régénération des sols à base des légumineuses est négativement associée au nombre d'actifs agricoles. Cette conclusion ne concorde pas avec celle de Zampaligré *et al.* (2019) qui ont constaté que la régénération des sols avec des légumineuses pour la fertilisation des sols et la production de fourrages pour bétail est positivement associée aux actifs agricoles dont dispose le ménage. En outre, les résultats de la présente étude ont prouvé que l'appartenance à une association a un impact significatif et positif pour l'adoption des stratégies liées à l'amendement des sols par les matières organiques et la régénération des sols à base des légumineuses. Ainsi, l'appartenance à une association est un facteur qui favorise la vulgarisation des pratiques innovantes. Ce résultat est similaire à ceux obtenus par Zampaligré *et al.* (2019); Ayeni *et al.* (2021); Avande *et al.* (2022), qui ont tous trouvé que l'appartenance à une coopérative ou à un groupe de producteurs était positivement corrélé à l'adoption des innovations agricoles. Ces résultats s'expliquent du fait que l'appartenance à une association d'agriculteurs est susceptible d'améliorer l'accès à l'information, à la formation et aux connaissances sur les nouvelles technologies et les pratiques agricoles efficaces ayant fait leurs preuves Zampaligré *et al.* (2019) ; Musafiri *et al.* (2022).

5. CONCLUSION

Cette étude a examiné les facteurs qui influencent les décisions des producteurs de l'ouest de l'Atacora au Nord du Bénin sur l'adoption de multiples stratégies de gestion intégrée de fertilité des sols. Les résultats ont prouvé que les ménages

interrogés sont conscients des effets induits par les changements climatiques et adoptent une combinaison de stratégies pour faire face au climat. Les résultats de l'estimation du modèle montrent que l'âge, le sexe, la taille du ménage, le niveau d'instruction, l'appartenance à une association, l'alphabétisation, l'accès au crédit ... etc, sont en corrélation soit positivement ou négativement avec les décisions des producteurs de maïs et ou du soja de l'ouest de l'Atacora pour adopter les stratégies identifiées dans la présente étude. Ainsi, les stratégies liées à l'assolement et la rotation des cultures, la diversification culturale, la gestion des résidus de récoltes et les pratiques de jachères ont été négativement corrélées au niveau d'instruction des producteurs. La prise en compte de ces facteurs dans les politiques publiques et la vulgarisation de l'impact des stratégies de gestion intégrée de fertilité des sols sur la productivité agricole pourraient faciliter leur diffusion et leur adoption dans le monde rural.

Références

- Adebiyi K. D., Maiga-Yaleu S., Issaka K., Ayena M. & Yab, J. A., 2019. Déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin: cas de la fumure organique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(2), 998-1010. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.34>.
- Adegbidi A., Burger K., Gandonou E. & Mulder, I. (1999). Farmers' perceptions and sustainable land use in the Atacora, Benin. IIED. <http://www.iied.org/creed>.
- Adego T., Simane B. & Woldie G.A., 2019. The impact of adaptation practices on crop productivity in northwest Ethiopia: An endogenous switching estimation. *Development Studies Research*, 6(1), 129-141. <https://doi.org/10.1080/21665095.2019.1678186>.
- Adekambi S. A., Codjovi J. E. A. & Yabi J.A., 2021. Facteurs déterminants l'adoption des mesures de gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) au nord du Bénin: une application du modèle probit multivarié au cas de producteurs de maïs. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 664-678. <https://doi.org/dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i2.22>.
- Amare A. & Simane B., 2018. Does adaptation to climate change and variability provide household food security? Evidence from Muger sub-basin of the upper Blue-Nile, Ethiopia. *Ecological Processes*, 7, 1-12.
- Asfaw S., Di Battista F. & Lipper L., 2016. Agricultural technology adoption under climate change in the Sahel: Micro-evidence from Niger. *Journal of African Economies*, 25(5), 637-669. <https://doi.org/10.1093/jae/ejw005>.
- Asfaw D. & Neka M. 2017. Factors affecting adoption of soil and water conservation practices: the case of Wereillu Woreda (District), South Wollo Zone, Amhara Region, Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(4), 273-279. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.10.002>.

- Avande L. F., Aboubacary L. I. & Hinnou L.C., 2022. Strategies d'adaptation des riziculteurs aux effets du changement climatique dans la Commune de Malanville au Bénin. *Agronomie Africaine*, 34(3), 387-402.
- Ayedegue *et al.*, 2021. *Analyse des paquets d'adaptation au changement climatique au Nord Est du Bénin*. pp. 62–77.
- Ayeni G. A., Loumedjinnon E.V.S., Issiaka K., Agani F.O. & Yabi J.A., 2021. Typologie des exploitations de maïs dans le sous-bassin de l'Okpara au Bénin et résilience aux effets des changements climatiques. *Afrique SCIENCE*, 19(1), 12-25. <http://www.afriquescience.net>.
- Bekele W. & Drake L., 2003. Soil and water conservation decision behavior of subsistence farmers in the Eastern Highlands of Ethiopia: a case study of the Hunde-Lafto area. *Ecological economics*, 46(3), 437-451.
- Belay A. D., Kebede W.M. & Golla S.Y., 2023. Determinants of climate-smart agricultural practices in smallholder plots: evidence from Wadla district, northeast Ethiopia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 15(5), 619-637 <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-06-2022-0071>.
- Bezu S., Kassie G.T., Shiferaw B. & Ricker-Gilbert J., 2014. Impact of improved maize adoption on welfare of farm households in Malawi: a panel data analysis. *World Development*, 59, 120-131.
- Chivenge P., Vanlauwe B. & Six J., 2011. Does the combined application of organic and mineral nutrient sources influence maize productivity? A meta-analysis. *Plant and Soil*, 342, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0626-5>.
- Diaby M., Kone Y., Traore K. & Togo A. M., 2020. Analyse des déterminants de l'adoption de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans la zone soudano-sahélienne: cas des cercles de Diéma et Kolokani au Mali. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(2), 473-485. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i2.14>.
- Faisal M., Chunping X., Abbas A., Raza M. H., Akhtar S., Ajmal M.A. & Ali A., 2021. Do risk perceptions and constraints influence the adoption of climate change practices among small livestock herders in Punjab, Pakistan? *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 43777-43791.
- FAO, 2013. *Food And Agriculture Organization Of The United Nations Statistics Division, disponible*, 130 p.
- FAO, 2014. Adoption of Climate-Smart Agricultural Practices: Barriers, Incentives, Benefits and Lessons Learnt from the MICCA Pilot Site in Kenya, 1-62
- FAO, 2017. *Rapport mondial sur la crise alimentaire*, 20 p.
- Geburu M., Holden S. T. & Alfnes F., 2021. Adoption analysis of agricultural technologies in the semiarid northern Ethiopia: a panel data analysis. *Agricultural and Food Economics*, 9, 1-16.
- Getnet M., Descheemaeker K., van Ittersum M.K. & Hengsdijk H., 2022. Narrowing crop yield gaps in Ethiopia under current and future climate: A model-based exploration of intensification options and their trade-offs with the water balance. *Field Crops Research*, 278, 108442. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108442>.
- Gilbert, 2012. *The key to tackling hunger in Africa is enriching its soil*. The big debate is about how to do it.', pp. 525–527.
- INStaD, 2016. *Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013)*. Institut national de la statistique et de l'analyse économique (INSAE), 1-85
- IPCC, 2014. *Economics of Adaptation*, pp. 945-977
- IPCC, 2018. *Summary for Policymakers*, pp. 1-25
- Issoufou A. A., Soumana I., Maman G., Konate S. & Mahamane A., 2020. Dynamic relationship of traditional soil restoration practices and climate change adaptation in semi-arid Niger. *Heliyon*, 6(1).
- Kombienou P.D., Toko I., Dagbenonbakin G.D., Mensah G.A. & Sinsin B.A., 2020. Impacts socio-environnementaux des activités agricoles en zone de montagnes au Nord-Ouest de l'Atacora au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 145(1), 14914-1929. <https://doi.org/doi.org/10.35759/JABs.v145.7>.
- Mairura F.S., Musafiri C.M., Kiboi M.N., Macharia J. M., Ng'etich O.K., Shisanya C.A. & Ngetich F.K., 2021. Determinants of farmers' perceptions of climate variability, mitigation, and adaptation strategies in the central highlands of Kenya. *Weather and Climate Extremes*, 34, 100374.
- Mthethwa K. N., Ngidi M.S.C., Ojo T.O. & Hlatshwayo S.I., 2022. The determinants of adoption and intensity of climate-smart agricultural practices among smallholder maize farmers. *Sustainability*, 14(24), 16926.
- Musafiri C. M., Kiboi M., Macharia J., Ng'etich O.K., Kosgei D.K., Mulianga B. & Ngetich F.K., 2022. Adoption of climate-smart agricultural practices among smallholder farmers in Western Kenya: do socioeconomic, institutional, and biophysical factors matter? *Heliyon*, 8(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08677>.
- Nambima A., Houehanou T., Adjacou M., Yehouenou N., Gouwakinnou G. & Biaoou H., 2023. La variation spatiale des pratiques de gestion durable des terres dans les terres de culture de l'Atacora Ouest au Bénin. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 11(2), 210-216. <https://doi.org/p-ISSN: 2028-991X>.
- OECD, FAO *et al.*, 2016. Agriculture in Sub-Saharan Africa: prospects and challenges for the next decade. *OECD-FAO Agricultural Outlook*, 2025(181), 1-39. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en.
- Ojo T.O. & Baiyegunhi L.J.S., 2020. Determinants of climate change adaptation strategies and its impact on the net farm income of rice farmers in south-west Nigeria. *Land Use Policy*, 95, 103946.
- Phiri A. T., Charimbu M., Edewor S. E. & Gaveta E., 2022. Sustainable Scaling of Climate-Smart Agricultural Technologies and Practices in Sub-Saharan Africa: The Case of Kenya, Malawi, and Nigeria. *Sustainability*, 14(22), 14709.

- Shahbaz P., Haq S.U. & Boz I., 2021. Linking climate change adaptation practices with farm technical efficiency and fertilizer use: A study of wheat–maize mix cropping zone of Punjab province, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16844-5>.
- Roussy C., Ridier A. & Chaib K., 2015. *Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences*, pp. 1-33
- Yakoub S.B. & Achelhi H., 2021. Fondements théoriques et importance de l'innovation: Regards des auteurs au cours des années. *Revue Internationale du chercheur*, 2(1).
- Savi M.M.O.M., Yabi J.A. & Sodjinou E., 2022. Déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation aux variabilités climatiques des producteurs de maïs au Nord-Bénin. *Afrique SCIENCE*, 20(1), 28-40. <http://www.afriquescience.net>.
- Sileshi M., Kadigi R., Mutabazi K. & Sieber S., 2019. Determinants for adoption of physical soil and water conservation measures by smallholder farmers in Ethiopia. *International soil and water conservation research*, 7(4), 354-361.
- Sisay T., Tesfaye K., Ketema M., Dechassa N. & Getnet M., 2023. Climate-smart agriculture technologies and determinants of farmers' adoption decisions in the Great Rift Valley of Ethiopia. *Sustainability*, 15(4), 3471.
- Valentin C., 2021. Défendre les sols pour nourrir le monde. *Le Déméter*, pp. 115-138. IRIS éditions. <https://doi.org/10.3917/iris.abis.2021.01.0117>.
- Willemsen L., Barger N. N., Brink B.T., Cantele M., Erasmus B.F., Fisher J.L. & Scholes R., 2020. How to halt the global decline of lands. *Nature Sustainability*, 3(3), 164-166. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0477-x>.
- Yabi J.A., Bachabi F.X., Labiyi I.A., Ode C.A. & Ayena R.L., 2016. 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), 779-792. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.27>.
- Yegbemey R.N., 2021. Farm-level land use responses to climate change among smallholder farmers in northern Benin, West Africa. *Climate and Development*, 13(7), 593-602. <https://doi.org/10.1080/17565529.2020.1844129>.
- Zampaligré N. & Fuchs L.E., 2019. Determinants of adoption of multiple climate-smart adaptation practices in Sudano-Sahelian pastoral and agro-pastoral production systems. *Sustainability*, 11(18), 4831.