

**JOURNAL OF APPLIED ECONOMICS AND
MANAGEMENT OF ORGANIZATIONS
(JAEMO)**

***REVUE D'ECONOMIE APPLIQUÉE ET DE
GESTION DES ORGANISATIONS
(REAGO)***



ISSN 1987-1694

Vol. 2 – N° 1 – december / décembre 2025

Email : jaemoeditor@gmail.com

Online : www.lread.ml



<http://esjindex.org/search.php?id=7919>



<https://www.ascidatabase.com/masterjournalist.php?v=17501>

EDITORIAL LINE

Journal of Applied Economics and Management of Organizations (JAEMO) publishes scientific manuscripts in the field of economics and management sciences as well as in very close fields. Nowadays, economics and management sciences have progressed a lot to the point that they have made alliances with neighboring sciences. This journal aims to promote very specialized, original and innovative scientific research.

Currently, the journal publishes in two languages: French and English. The JAEMO journal is biannual (one issue in June and the second in December). The articles to be published by the journal must deal with a very clear problem in the fields as defined above, present the conceptual framework, the well-provided methodology, the quality data with rigorous treatment and the results that can contribute to scientific research and applied policies.

Theoretical articles are also welcome as long as they indicate the modeled stylized facts and the intuitions on advanced theories. These types of manuscripts must demonstrate advanced conceptualization and use rigorous methodological tools to pave the way for future empirical verifications. In any case, the journal remains very demanding on scientific rigor.

PUBLICATION AND FORMAT

The journal is published in electronic and paper versions under the ISSN 1987-1694 twice a year. The online version is available in PDF format in the form of the complete volume or offprints. The edited version is in A4 format.

LIGNE EDITORIALE DE LA REVUE

Journal of Applied Economics and Management of Organizations (JAEMO) publie les manuscrits scientifiques dans le domaine des sciences économiques et de gestion ainsi que dans les domaines très proches. De nos jours, les sciences économiques et de gestion ont beaucoup progressé au point qu'elles ont fait des alliances avec les sciences voisines. Cette revue se veut faire la promotion de la recherche scientifique très pointue, originale et innovante.

Actuellement, la revue publie dans deux langues qui sont le français et l'anglais. La revue JAEMO est semestrielle (un numéro le mois de juin et le second en décembre). Les articles à publier par la revue doivent porter sur une problématique très claire dans les domaines tels que définis ci-dessus, présenter le cadre conceptuel, la méthodologie bien fournie, les données de qualité avec un traitement rigoureux et les résultats pouvant contribuer à la recherche scientifique et aux politiques appliquées.

Les articles théoriques sont aussi les bienvenus pour autant qu'ils indiquent les faits stylisés modélisés et les intuitions sur des théories avancées. Ces types de manuscrits doivent faire preuve d'une conceptualisation avancée et user d'outils méthodologiques rigoureux pour ouvrir la voie à des vérifications empiriques futures. En tout état de cause, la revue reste très exigeante sur la rigueur scientifique.

PARUTION ET FORMAT

La revue paraît en version électronique et en version papier sous l'ISSN 1987-1694 deux fois par an. La version en ligne est disponible en format PDF sous forme du volume complet ou des tirés à part. La version éditée est en format A4.

SCIENTIFIC COUNCIL ECONOMIC SCIENCES

CONSEIL SCIENTIFIQUE SCIENCES ECONOMIQUES

Pr Ahmadou Aly MBAYE, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Birahim Bouna NIANG, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Maman Nafiou MALAM MAMAN, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Jean-Jacques EKOMIE, Université Omar Bongo ; Pr Adama DIAW, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Gilbert Marie Aké N'GBO Université Félix Houphouët Boigny ; Pr Kimséyinga SAVADOGO, Université Thomas SANKARA ; Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA ; Pr Noel THIOMBIANO, Université Thomas SANKARA ; Pr Omer COMBARY, Université Thomas SANKARA ; Pr Youssoufou HAMADOU DAOUDA, Université Djibo HAMANI ; Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi ; Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi ; Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé ; Pr AKLESSO Egbendewe-Mondzozo, Université de Lomé ; Pr Akilou AMADOU, Université de Lomé ; Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Ousmane Papa KANTE, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako.

ECONOMIC SCIENCES READING COMMITTEE

COMITE DE LECTURE SCIENCES ECONOMIQUES

Pr Birahim Bouna NIANG, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA ; Pr Noel THIOMBIANO, Université Thomas SANKARA ; Pr Omer COMBARY, Université Thomas SANKARA ; Pr Maman Nafiou MALAM MAMAN, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Youssoufou HAMADOU DAOUDA, Université Djibo HAMANI de Tahoua ; Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi ; Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi ; Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé ; Pr AKLESSO Egbendewe-Mondzozo, Université de Lomé ; Pr Akilou AMADOU, Université de Lomé ; Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop ; Pr PILO Mikémina, Togo, Université de KARA ; Pr Ndiack FALL, Université Cheikh Anta Diop ; Pr MOHAMED BELLO Ibrahim, Université Djibo HAMANI ; Pr LOKONON Kounagbè Odilon Boris, Université de Parakou ; Pr ZOUNGRANA Tibi Didier, Université Thomas SANKARA.

SCIENTIFIC COUNCIL MANAGEMENT SCIENCES

CONSEIL SCIENTIFIQUE SCIENCES DE GESTION

Pr Tidjani Bassirou, Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; Pr Augustin Anassé Adja Anassé, Université de Bouaké ; Pr Nadédjo Bigou-Lare, Université de Lomé ; Pr El Bachir Wade, Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; Pr Serge Francis Simen Nana, Université Cheik Anta Diop de Dakar ; Pr Zakari Yaou KAKA, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako ; Pr Bertrand Sogbossi Bocco, Université de Parakou ; Pr Jean Paul Mamboudou, Université Omar Bongo de Libreville ; Pr Emmanuel Hounkou, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Judith B. Glidja, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Rosaline Worou H., Université d'Abomey-Calavi ; Pr Karima Sylla Doucouré, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Yao Messah Kounetsron, Université de Lomé ; Pr Mamadou Toe, Université Thomas Sankara de Ouagadougou ; Pr Jean-Max Kono Abe, Université de Yaoundé II ; Pr Adama Tahirou Younoussi Meda, Université Djibo Hamani de Tahoua ; Pr Birahim Gueye, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Seydou Sané, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Balibié Serge Auguste Bayala, Université Ouaga II ; Pr Boubacar Baïdari, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Désirée Altante Biboum, Université de Douala ; Pr Raphaël Nkakleu, ESSEC de Douala ; Pr Fatou Diop Sall, Université Gaston Berger de Saint Louis.

MANAGEMENT SCIENCES READING COMMITTEE

COMITE DE LECTURE SCIENCES DE GESTION

Pr Serge Francis Simen Nana, Université Cheik Anta Diop de Dakar ; Pr Yaou Zakari Kaka, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako ; Pr Boubacar Baidari, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Balibié Serge Auguste Bayala, Université Ouaga II ; Pr Désirée Altante Biboum, Université de Douala ; Pr Judith Glidja, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Karima Sylla Doucouré, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Birahim Gueye, Université Gaston Berger Saint Louis ; Pr Yao Messah Kounetsron, Université de Lomé ; Pr Raphaël Nkakleu, ESSEC de Douala – Tsotso Kouévi, Université de Lomé ; Pr Djaoudath Alidou, Université de Parakou ; Pr Tanko A. Tankpé, Université de Kara ; Pr Fatou Diop Sall, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Augustin Anassé Adja Anassé, Université de Bouaké ; Pr Nadédjo Bigou-Lare, Université de Lomé ; Pr El Bachir Wade, Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; Pr Houdou Attikou Diallo, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako ; Pr Amara Nimaga, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako

PUBLICATION DIRECTOR / DIRECTEUR DE PUBLICATION

Issoufou SOUMAILA MOULEYE, Maître de Conférences Agrégé

EDITORIAL TEAM / EQUIPE DE REDACTION

Dr Amadou BAMBA, Dr Boubacar KAMISSOKO, Dr Abdoulaye MAÏGA, Dr Abdoulaye Soumaïla MOULAYE, Dr Yaya SIDIBE, Dr Souaïbou Samba Lamine TRAORE, Dr Abdoulaye N'Tigui KONARE, Dr Aminata S. Coulibaly, Dr Khalid DEMBELE, Dr Kadia CISSE, Dr Bakary BERTHE, Dr Bakary KONE, Dr Sidiki KOUMA.

TECHNICAL TEAM AND SECRETARIAT

EQUIPE TECHNIQUE ET SECRETARIAT

Djimé Silamakan DIAWARA

Fousseyni BAGAYOGO

Ibrahim Ahmadou TOURE

© *Journal of Applied Economics and Management of Organizations*

SUMMARY / SOMMAIRE

Titres et Auteurs / Titles and Authors	Pages
<p>Stratégies de diversification des riziculteurs face au changement climatique au sud du Mali</p> <p><i>Diversification strategies of rice farmers in response to climate change in southern Mali</i></p> <p>Madou SIDIBE, Moussa MACALOU et Abdoulaye NIENTAO</p>	1-19
<p>Asymptotic tests of exponential variation index against alternatives</p> <p><i>Tests asymptotiques de l'indice de variation exponentielle contre des alternatives</i></p> <p>Aboubacar Yacouba TOURE, Amadou BAMBA et Alhousseyni Amadou MAÏGA</p>	20-26
<p>Déterminants de la Fidélité des Clients dans les Compagnies d'Assurance Non-Vie au Mali : Cas des Assurances Automobiles</p> <p><i>Determinants of Customer Loyalty in Non-Life Insurance Companies in Mali: The Case of Motor Insurance</i></p> <p>M. Brahima DAOU, Pr Salia Sinaly TRAORE, Dr Falingué KEITA et Dr Mohamed Amadou Salia DICKO</p>	27-37
<p>Dépenses publiques et croissance économique : vérification de la Loi Wagner pour le Mali</p> <p><i>Public Expenditure and Economic Growth: Testing Wagner's Law in Mali</i></p> <p>Abdoulaye TOURÉ, Lamine TRAORE, Dramane Lassana TRAORÉ</p>	38-54
<p>Analyse de la rentabilité économique de la digitalisation de l'état civil au Mali</p> <p><i>Analysis of the economic profitability of the digitization of civil registration in Mali</i></p> <p>Abdoulaye KONATE, Fousseny DIALLO et Bakary BERTHE</p>	55-69
<p>Financement par le marché régional des titres publics et mobilisation des ressources fiscales en zone UEMOA : substitution ou complémentarité ?</p> <p><i>Financement par le marché régional des titres publics et mobilisation des ressources fiscales en zone UEMOA : substitution ou complémentarité ?</i></p> <p>Djimé Silamakan DIAWARA, Amadou BAMBA, Issoufou SOUMAÏLA MOULEYE et Abdoulaye MAIGA</p>	70-80

<p>L'influence de la rupture de carburant causée par les attaques terroristes contre les camions-citernes sur la mobilité des Bamakois</p> <p><i>The influence of fuel shortages caused by terrorist attacks on tankers on the mobility of the people of Bamako</i></p> <p>KAKA Zakari Yaou, SAMASSEKOU Sory, TOGOLA Boubacar et TRAORE Bintou</p>	81-96
<p>Investissement public en infrastructure de transport et croissance économique au Mali</p> <p><i>Public investment in transport infrastructure and economic growth in Mali</i></p> <p>M. Mahmoud Ag ALY, Dr Cheick Kader M'BAYE et Dr Falingué KEITA</p>	97-109
<p>Analyse de la contribution par secteur du PIB sur la croissance et la pauvreté humaine au Niger comparé à l'Inde</p> <p><i>Analysis of the contribution of GDP by sector to growth and human poverty in Niger compared to India</i></p> <p style="text-align: center;"><i>ALI ISSAKA ABIBOULAH</i></p>	110-123
<p>L'instabilité politique comme facteur de vulnérabilité de la dette publique au Mali</p> <p><i>Political instability as a factor of public debt vulnerability in Mali</i></p> <p>Kalifa DIARRA, Aly Badara SAMASSEKOU, Jacob COULIBALY et Sory DOLO</p>	124-136
<p>Incidences des redevances et impositions additionnelles sur les échanges des produits pétroliers au sein de la Confédération de l'AES : Éléments de preuve fondés sur le prix à l'export</p> <p><i>Impact of royalties and additional taxes on trade in petroleum products within the AES Confederation: Evidence based on export prices</i></p> <p>Boukari DAN BOUGA et Tarno MAMANE</p>	137-158

Stratégies de diversification des riziculteurs face au changement climatique au sud du Mali

Diversification strategies of rice farmers in response to climate change in southern Mali

Madou SIDIBE¹, Moussa MACALOU² et Abdoulaye NIENTAO³

¹Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Bamako ; e-mail : madousidibe395@gmail.com

²Institut Polytechnique Rurale de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou; e-mail : macabin-tou@gmail.com

³Doctorant à l'Université de Liège ; Programme d'Economie des Filières ; e-mail : nientaota@gmail.com

Résumé :

Le changement climatique augmente le risque et l'incertitude des agriculteurs en affectant négativement leurs productivités agricoles. Parmi les stratégies utilisées dans la littérature pour atténuer les effets du changement climatique figurent la diversification des cultures. Au Mali, les études sur la diversification des cultures ont été majoritairement réalisées dans la zone cotonnière. Cependant, la présente étude a été menée dans les systèmes rizicoles au sud du Mali. Elle vise à identifier les facteurs déterminants l'adoption des stratégies de diversification avec les légumes et les tubercules et mesurer le niveau de diversification des riziculteurs. Le modèle probit multivarié (MVP) a été utilisé pour analyser les facteurs qui influencent les stratégies de diversification des producteurs du riz et l'Indice de Diversité de Simpson pour mesurer le niveau de diversification des producteurs. Les données ont été collectées auprès de 574 producteurs dans les régions de Sikasso et Ségou. Les résultats montrent que le score SDI moyen s'élève à 0,66 indiquant que les riziculteurs sont diversifiés dans l'ensemble. Aussi, les résultats du modèle Multi Varié Probit (MVP) montrent que localité, terrain, irrigation et revenus sont les principaux facteurs déterminants l'adoption des stratégies de diversification des cultures. En outre la monoculture du riz est encouragée par l'âge, l'éducation et le crédit.

Mots clé : Stratégie de diversification, adoption, déterminants, systèmes rizicoles

Abstract:

Climate change increases farmers' risk and uncertainty by negatively affecting their agricultural productivity. Among the strategies discussed in the literature to mitigate the effects of climate change is crop diversification. In Mali, most studies on crop diversification have been conducted in the cotton-growing areas. However, the present study was carried out in rice-growing systems in southern Mali. It aims to identify the factors determining the adoption of diversification strategies with vegetables and tubers and to measure the level of diversification among rice farmers. The multivariate probit model (MVP) was used to analyze the factors influencing rice farmers' diversification strategies, and the Simpson Diversity Index was used to measure the level of diversification among farmers. Data were collected from 574 producers in the Sikasso and Ségou regions. The results show that the average SDI score is 0.66, indicating that rice farmers are generally diversified. Moreover, the results of the Multivariate Probit (MVP) model reveal that location, land characteristics, irrigation, and income are the main factors determining the adoption of crop diversification strategies. In contrast, rice monoculture is encouraged by age, education, and access to credit.

Keywords: *Diversification strategy, adoption, determinants, rice-based systems*

JEL Classification : *Q12, Q18, O13, Q16*

1. Introduction

La production agricole mondiale est intrinsèquement soumise à divers risques et incertitudes, inhérents aux opérations agricoles et contribuant aux fluctuations des niveaux de production et des revenus agricoles, en raison de la diversité des décisions prises dans un contexte climatique, économique, institutionnel et social (Akhtar et al., 2021). Ces défis omniprésents exigent l'adoption de stratégies robustes de gestion des risques, parmi lesquelles la diversification se distingue comme une approche cruciale pour atténuer les pertes potentielles et renforcer la résilience des systèmes agricoles (Islam et al., 2020). Dans ce contexte, la diversification désigne l'expansion des activités d'une exploitation agricole au-delà d'une seule culture ou d'un seul type d'élevage, pour inclure plusieurs activités agricoles, voire des activités génératrices de revenus hors exploitation (Islam et al., 2020). Cette stratégie est particulièrement vitale pour les petits exploitants agricoles, souvent confrontés à une vulnérabilité accrue face à la volatilité des marchés et aux chocs climatiques, faisant de la diversification une voie essentielle pour parvenir à des systèmes de culture résilients et à de meilleures conditions de vie (Melak, 2025). L'efficacité de la diversification comme stratégie d'atténuation des risques est renforcée par sa capacité à stabiliser les revenus agricoles, à optimiser l'utilisation des ressources et à favoriser la durabilité écologique (Gheddar, 2023).

C'est dans ce contexte que le projet AICCRA (*Accelerating Impacts of CGIAR Climate Research for Africa*) a été initié par la banque mondiale et plusieurs institutions de recherche du CGIAR sur l'agriculture pour améliorer la productivité et renforcer la résilience des exploitants agricoles. Le programme AICCRA a fait la promotion des stratégies d'adaptation aux changements climatiques comme l'intégration des légumes et tubercules dans les bassins de production de riz.

Empiriquement, plusieurs études se sont intéressées aux facteurs influençant les stratégies de diversification des cultures des petits exploitants agricoles (Grilli *et al.*, 2024; Workie, 2023; George & Sharma, 2020; Debasis *et al.*, 2018). Au Mali, les études sur la diversification des cultures ont été majoritairement réalisées dans la zone cotonnière. Ces études incluent la rotation coton-céréales (Douyon *et al.*, 2022 ; Dembélé *et al.*, 2018), la rotation céréales - céréales (Ba *et al.*, 2019) et l'association des cultures (Sogoba *et al.*, 2020). À notre connaissance, dans la littérature, il n'y a pas d'études axées sur la diversification du riz avec les légumes et les tubercules. Par conséquent, les facteurs influençant l'adoption de ces stratégies de diversification restent méconnus. Pour combler ce gap de la littérature dans le contexte malien, la présente étude cherche à identifier les déterminants de l'adoption des stratégies de diversification du riz avec les légumes et les tubercules. Elle pose donc la question de recherche suivante : quels sont les facteurs qui influencent l'adoption des stratégies de diversification du riz avec les légumes et les tubercules ?

Le reste du document est organisé comme suite : la section suivante présente la revue de la littérature, la troisième section présente la démarche méthodologique, la quatrième section est consacrée aux résultats et discussion. Puis la dernière section conclut et propose quelques recommandations pour orienter les prises de décision dans l'élaboration des politiques agricoles.

2. Revue de la littérature

2.1. Justification économique de la diversification

La justification économique de la diversification repose souvent sur le principe de réduction du risque global du portefeuille, les corrélations négatives entre différentes activités permettant d'atténuer les fluctuations de revenus (Adhikari & Khanal, 2021 ; Melak, 2025). Ceci est particulièrement pertinent pour les riziculteurs, car la diversification vers d'autres cultures ou l'élevage peut les protéger des risques liés à la monoculture, tels que l'instabilité des prix ou les

pertes de rendement dues aux ravageurs et aux maladies (Akhtar et al., 2021). De plus, la diversification des cultures constitue un mécanisme d'adaptation essentiel face aux aléas climatiques, les décisions relatives à l'utilisation des terres étant fortement influencées par les moyens de subsistance des agriculteurs et les conditions physico-économiques locales (Nguyễn et al., 2016). Enfin, la perception des risques agricoles par les agriculteurs, notamment les événements climatiques et les menaces pour la biosécurité, est un facteur déterminant de leurs stratégies de gestion des risques, favorisant la diversification des productions végétales et animales (Duong et al., 2019). Cependant, l'efficacité de la diversification peut être étroitement liée à d'autres outils de gestion des risques, tels que l'assurance récolte. En effet, une augmentation du recours à l'assurance pourrait paradoxalement réduire l'incitation des agriculteurs à diversifier leurs cultures, entraînant potentiellement des conséquences imprévues comme le déclin de la biodiversité (Knapp et al., 2021). De plus, les implications financières de l'adoption de nouvelles pratiques, notamment dans un contexte de volatilité macroéconomique mondiale, nécessitent une évaluation approfondie du rapport coût-efficacité des politiques associées aux stratégies de diversification (Kalogiannidis et Syndoukas, 2024). Ceci souligne l'interaction complexe entre les différentes approches d'atténuation des risques et la nécessité d'une compréhension globale du processus décisionnel des agriculteurs face à l'incertitude (Roessali et al., 2021). Malgré les avantages reconnus, l'adoption des stratégies de diversification par les riziculteurs reste inégale, souvent freinée par un manque de transparence de l'information, un soutien institutionnel limité et un manque de capitaux (Duong et al., 2019).

2.2. Définition de la diversification

Le terme diversification est utilisé dans la littérature dans des sens très différents (Khan, 2017). Certains auteurs l'utilisent pour décrire la diversification par les cultures, par exemple la rotation des cultures, les cultures intercalaires, l'agroforesterie (Sawadogo *et al.*, 2022; Snyder *et al.*, 2020; Tamburini *et al.*, 2020). D'autres le définissent en faisant références aux stratégies de gestion dans les exploitations par exemple la diversification de l'élevage, les systèmes agricoles intégrés et l'intégration d'activités non agricoles (Miaris & Hansson, 2025; Rasmussen *et al.*, 2024; Dembele *et al.*, 2018; Saha & Bahal, 2010). Selon Rasmussen *et al.* (2024), le concept de diversification va au-delà du niveau de l'exploitation agricole, englobant la diversification au sein du secteur agricole dans son ensemble, y compris la transformation à valeur ajoutée, le marketing et les canaux de distribution. Quant à Snyder *et al.* (2020), elle consiste d'une manière spécifique à augmenter la diversité intraspécifique des cultures au sein d'un champ agricole en cultivant plusieurs variétés, par exemple, le passage des cultures de base telles que le riz à des cultures à plus forte valeur ajoutée (Tripathy & Das, 2020). Ainsi, dans le présent papier le terme diversification fait référence à la rotation du riz avec les légumes et/ou les tubercules.

2.3. Mesure de la diversification des cultures

La mesure efficace de la diversification des cultures nécessite une approche intégrant divers indices et méthodologies qui sont adaptés à des questions de recherche spécifiques et à la disponibilité des données. Une mesure couramment utilisée est l'indice de Herfindahl-Hirschman, initialement développé pour mesurer la concentration des marchés, qui peut être adapté pour évaluer la concentration de la production agricole (Singh *et al.*, 2023). Une version modifiée de l'indice de diversité, prenant en compte les structures de corrélation de la répartition des cultures, offre une compréhension plus nuancée de la diversité des cultures dans des régions spécifiques, facilitant la planification pour améliorer les schémas cultureux (Bharati *et al.*, 2015). L'indice de Simpson est fortement pondéré en faveur des espèces les plus abondantes dans l'échantillon, tout en étant moins sensible à la richesse des espèces (Khan, 2017). Cette méthode capture efficacement la mesure dans laquelle quelques cultures dominantes éclipsent le paysage

agricole. À l'inverse, l'indice de Shannon-Wiener, ancré dans la théorie de l'information, quantifie l'incertitude associée à la prédiction de l'espèce d'un individu sélectionné au hasard, fournissant ainsi une mesure de l'équité et de la richesse des espèces (Rasmussen et al., 2024). Cet indice pèse de manière égale les espèces avec très peu d'individus et celles avec de nombreux individus (Rahut *et al.*, 2014).

3. Méthodologie

3.1. Cadre théorique

Les théories économiques permettent de comprendre comment des acteurs rationnels, tels que les agriculteurs, prennent des décisions en situation de risque et d'incertitude afin de maximiser leur utilité ou leur profit (Gheddar, 2023). Plus précisément, la théorie de l'utilité espérée et la théorie des perspectives offrent des cadres d'analyse des processus décisionnels des agriculteurs confrontés à des résultats incertains, notamment en ce qui concerne la diversification des cultures comme stratégie d'atténuation des risques (Gheddar, 2023). La théorie de l'utilité espérée postule que les agriculteurs privilégieront les stratégies qui maximisent leur utilité anticipée, en tenant compte des probabilités et des conséquences de différents événements, ce qui conduit souvent à des comportements d'aversion au risque, comme la diversification des cultures pour réduire l'impact des événements défavorables sur une seule culture (Lim, 2023). À l'inverse, la théorie des perspectives reconnaît que les agriculteurs peuvent adopter des attitudes différentes face au risque selon que les résultats potentiels sont perçus comme des gains ou des pertes, ce qui influence leur propension à diversifier leurs cultures en fonction de points de référence perçus plutôt que de leur richesse absolue (Finger et al., 2023). Ce fondement théorique est en outre étayé par des observations selon lesquelles les services de vulgarisation agricole, en favorisant l'adoption de technologies et en améliorant les pratiques agricoles, peuvent réduire considérablement les risques de production, encourageant ainsi des approches diversifiées (Alam et al., 2024 ; Rahman & Connor, 2022).

3.2. Méthode de mesure du niveau de diversification

Suivant Nyamayevu *et al.* (2024), l'étude a utilisé l'Indice de Diversité de Simpson (SDI) exprimé comme suit :

$$SDI = 1 - \sum \left(\frac{\text{Area of crop } i}{\text{Total area}} \right)^2 \quad (1)$$

L'étude considère trois niveaux de diversification pour l'indice de diversification comme les études antérieures (Nyamayevu *et al.*, 2024 ; Gebiso *et al.*, 2023 ; Saha & Bahal, 2010). Ces études sur le SDI ont considéré que la diversification est faible avec 0.38, moyenne avec 0.39 et de 0.63 au-delà elle est élevée. Contrairement à ces études antérieures sur le SDI qui n'ont pas avancé d'arguments scientifiques par rapport à la répartition proportionnelle du SDI entre les trois classes de diversification, cette étude fait une répartition équitable du SDI entre les trois classes en considérant toute valeur du SDI comprise entre le premier tiers de la valeur maximale du SDI comme diversification faible (c'est-à-dire SDI inférieur ou égal à 0.33), toute valeur du SDI comprise entre le second tiers de la valeur maximale du SDI comme diversification moyenne (SDI compris entre 0.34 et 0.66), et toute valeur du SDI comprise entre le dernier tiers de la valeur maximale du SDI comme diversification élevée (c'est-à-dire SDI supérieur ou égal à 0.67).

Tableau 1: Répartition de SDI selon les classes de diversification

Niveau de diversification	Caractéristique de la rotation des cultures	Bénéfices Agronomiques	Risques
Diversification faible (0 – 0,33)	Monoculture ou 1-2 cultures dominantes	Gestion simplifiée	Risque accru des ravageurs/maladies, dégradation des sols
Diversification modérée (0,34-0,66)	3-4 cultures dominantes	Meilleure santé des sols, lutte modérée contre les ravageurs	Des arbitrages sur les rendements
Diversification élevée (0,67-1)	Plusieurs cultures, Distribution équilibrée	Maximum de biodiversité, élimination des parasites, fertilité du sol	Gestion complexe, Réduction éventuelle du rendement à court terme

Source: Auteur à partir de Tariq *et al.*, (2019)

3.3. Modèle empirique de déterminants de l'adoption des stratégies de diversification des riziculteurs

Suivant Zakaria et al. (2020), l'étude a utilisé le modèle probit multivarié pour analyser les déterminants de l'adoption des stratégies de diversification des producteurs du riz au sud du Mali. La théorie de maximisation de l'utilité sous-tend l'adoption et la diffusion des innovations. Conformément à la théorie de l'utilité aléatoire, le résultat observé de l'adoption des stratégies de diversification peut être formulé. Considérons le i -ème riziculteur ($i = 1, \dots, N$) faisant face à la décision d'adopter ou non les stratégies disponibles. Soit Y_0 l'utilité que le riziculteur tire de la non-adoption d'une stratégie donnée et Y_k l'utilité tiré de l'adoption de la k -ième stratégie de diversification : où k représente le choix des stratégies de diversification avec les légumes (L), tubercules (T), et les légumes et tubercules (LT). Le riziculteur décide d'adopter le k -ième stratégie si $Y_{ik}^* = Y_k - Y_0 > 0$. L'utilité nette (Y_{ik}^*) que le riziculteur tire de l'adoption k -ième stratégie est une variable latente déterminée par les caractéristiques observées des ménages, de la parcelle et de la localité (X_i) et le terme d'erreur (ε_i):

$$Y_{ik}^* = X_i^* \beta_k + \varepsilon_i \quad (k = L, T, LT) \quad (2)$$

En effet, les préférences non observées dans l'équation (2) peuvent être transformées en l'équation binaire observée pour chaque choix de stratégie de diversification, comme illustré dans l'équation (3) :

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{if } Y_{ik}^* > 0 \\ 0 & \text{si non} \end{cases} \quad (k = L, T, LT) \quad (3)$$

Pour l'adoption de plusieurs stratégies, les termes d'erreur stochastique sont supposés suivre conjointement une distribution normale multivariée (MVN) avec une moyenne conditionnelle nulle et une variance normalisée à un seul (pour l'identification des paramètres) où : $(U_L, U_T, U_{LT}) \rightarrow MVN(0, \Omega)$ où Ω représente la matrice des covariance symétriques.

3.3.1. Spécification empirique du modèle de déterminants de l'adoption des stratégies de diversification des riziculteurs

Le probit multivarié (MVP) peut être estimé empiriquement comme suite :

$$DS_k = \alpha_0 + \alpha_1 \text{âge} + \alpha_2 \text{localité} + \alpha_3 \text{educ} + \alpha_4 \text{sex} + \alpha_5 \text{superficie} + \alpha_6 \text{accès}_{\text{irrig}} + \alpha_7 \text{extension} + \alpha_8 \text{accès}_{\text{credit}} + \alpha_9 \text{possession}_{\text{cheptel}} + \alpha_{10} \text{accès}_{\text{SIC}} + \alpha_{11} \text{revenu} + \varepsilon \quad (4)$$

Où DS est la variable dépendante binaire, qui prend la valeur 1 si le riziculteur i adopte la stratégie de diversification k (avec k = diversification du riz avec les légumes, diversification du riz avec les tubercules, diversification du riz avec les légumes et les tubercules) et 0 si non

Les variables utilisées dans le modèle incluent âge, localité, éducation, sexe, superficie emblavée, accès au système d'irrigation, accès au service d'extension, accès au crédit, possession du cheptel, accès aux services d'information climatique et revenu. Le tableau 1 résume ces variables explicatives avec leur signe respectif attendu.

L'âge du chef d'exploitation est une variable mesurée en nombre d'année révolue. Cette variable a été hypothétisée dans la littérature. Les résultats montrent un lien ambigu entre l'âge et la diversification des cultures. D'un côté, les agriculteurs plus âgés ont une préférence pour la spécialisation avec un degré de diversification faible. Cette préférence est attribuable à leur aversion au risque. Plusieurs études menées en Haute-Autriche, indiquent que les agriculteurs plus âgés ont montré une plus forte diminution de la diversification au fil du temps (Weiss & Briglauer, 2002). Par ailleurs, Rashid, *et al.* (2024) ont trouvé une relation positive entre l'âge et la diversification agricole en Bangladesh, indiquant que les plus âgés tendent à diversifier leurs activités pour mieux gérer les risques et améliorer la stabilité de leurs revenus.

La localité (emplacement Sikasso ou ailleurs) est une variable binaire prenant la valeur 1 si l'exploitation est située dans la région de Sikasso et 0 sinon. Elle est utilisée dans la présente étude pour capter l'effet des différences agroécologiques sur la diversification des cultures. La littérature existante (Nyamayevu *et al.*, 2024; Yobe *et al.*, 2019; Khatun and Roy, 2012) révèle une influence positive significative de la location sur la diversification. Alors, la présente étude s'attend à une association positive entre la location et la diversification.

L'éducation est une variable qui indique le niveau d'alphabétisation du chef d'exploitation et mesurée en nombre d'années. La littérature est unanime sur le lien positif entre l'éducation et la diversification agricole (Islam *et al.*, 2024 ; Shekhar *et al.*, 2024 ; Abera *et al.*, 2021 ; Anshiso & Shiferaw, 2016 ; Rahut *et al.*, 2014). L'étude s'attend à ce que l'éducation et la diversification agricole soient positivement liées.

Le sexe est une variable indiquant le genre du producteur et prend la valeur 1 si le producteur est homme et 0 si non. Les résultats des travaux de diversification ne convergent pas sur la relation entre le sexe et la probabilité de diversification. Le sexe peut avoir une influence positive ou négative sur la diversification en fonction des décisions et préférences du chef de famille (Kemboi *et al.*, 2020). Les études réalisées par Kassegn & Abdinasir (2023) et Yizengaw (2015) ont trouvé une association négative entre le sexe et la diversification tandis que l'étude de Workie, (2023) sur la diversification agricole en Éthiopie, a montré une relation positive. Ce qui indique que les familles dirigées par les hommes ont une forte probabilité de se lancer dans la diversification.

La superficie est une variable qui indique le nombre total d'hectare dédié à la riziculture. La littérature sur la diversification des cultures est unanime sur la relation positive entre la superficie et la diversification agricole. Les ménages disposant de grandes superficies sont plus

enclins et plus capables de cultiver un ensemble diversifié de cultures (Nyamayevu *et al.*, 2024; Gebiso *et al.*, 2023; Zalissa, 2022 ; Yizengaw, 2015). L'étude s'attend à ce que la superficie et la diversification agricole soient positivement associées.

L'irrigation est une variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur se sert du barrage pour irriguer ses parcelles et 0 si non. La littérature a hypothétisé cette variable, supposant qu'elle ait un lien positif avec la diversification. Les opportunités d'irrigation rendent possible la production de multiples cultures, tout en facilitant la production tout au long de l'année, et par conséquent l'engagement dans la diversification des cultures (Kemboi *et al.*, 2020 ; Khatun and Roy, 2012). Cependant, Les données de Mazrou *et al.* (2024) ont révélé que l'accès à l'irrigation n'a aucun lien avec l'adoption de stratégies de diversification des moyens de subsistance parmi les petits exploitants au Pakistan. L'étude suppose que cette variable exerce une influence positive sur la probabilité de diversification des cultures.

L'extension est une variable binaire prenant la valeur 1 si le producteur a un accès aux services de vulgarisation et 0 si non. Plusieurs études sont convenues sur le fait que ces services stimulent la participation à la diversification agricole (Mazrou *et al.*, 2024 ; Makate *et al.*, 2016). Par ailleurs, des études comme Rashid *et al.*, (2024); Dembele *et al.* (2018) et Gebru *et al.* (2018) ont témoigné une association négative entre la diversification des cultures et l'accès au service de vulgarisation. En Éthiopie, Yizengaw (2015) n'a trouvé aucun lien significatif entre les services de vulgarisation et les stratégies de diversification des moyens de subsistance. Le lien entre l'accès aux services de vulgarisation et la diversification est ambigu.

L'accès aux services d'information climatique (pluviométrie, température, date du début et de fin d'hivernage) est une variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur a accès aux services d'information climatique et 0 si non. L'étude suppose que l'accès aux services d'information sur la pluviométrie ou la date du début d'hivernage influence positivement la diversification des cultures. Au Bangladesh, Islam *et al.* (2024) ont trouvé que les agriculteurs qui reçoivent des informations agricoles via téléphone sont plus impliqués dans la diversification des cultures.

L'accès au crédit est une variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur a accès au crédit et 0 si non. La littérature est unanime sur le lien positif entre l'accès au crédit et la diversification agricole (Mazrou *et al.*, 2024 ; Ahmed *et al.*, 2018 ; Gebru *et al.*, 2018). Cependant, Islam *et al.* (2024) n'ont pas trouvé de relation significative entre la diversification des cultures et l'accès au crédit en Bangladesh. L'étude s'attend à ce que les producteurs ayant accès au crédit participent plus à la diversification des Cultures.

La possession animale est une variable binaire qui prend la valeur 1 si le producteur possède des animaux et 0 si non. Il existe un consensus dans la littérature sur le lien positif entre la possession des animaux et la diversification agricole. Une augmentation du nombre d'animaux accroît l'adoption par les ménages agricoles, une stratégie de diversification des moyens de subsistance exclusivement basée sur l'exploitation agricole (Gebiso *et al.*, 2023; Kassegn & Abdinasir, 2023; Ba *et al.*, 2019; Dembele *et al.*, 2018; Yizengaw, 2015). L'étude s'attend à ce que la possession des animaux influence positivement la diversification des cultures dans les différents systèmes du riz.

Le revenu est une variable qui indique le revenu rizicole en franc CFA. Le signe attendu du revenu des ménages sur la probabilité de diversification est positif dans la présente étude. Plusieurs evidences empiriques (Mazrou *et al.*, 2024; Kassegn & Abdinasir, 2023; Yobe *et al.*, 2019; Gebru *et al.*, 2018) convergent sur l'association positive entre le revenu des agriculteurs tiré des activités agricoles et leur stratégie de diversification. En revanche, selon certains travaux

récents, le revenu tiré des activités extra-agricoles restent associé négativement à la diversification des cultures (Islam et al., 2024; Gebiso et al., 2023; Amine & Fatima, 2016).

3.3. Données

Les données primaires et secondaires ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Les données primaires ont été collectées dans la zone d'intervention (les régions de Sikasso et Ségou) du programme Accelerating Impacts of CGIAR Climate Research for Africa (AICCRA). En outre, les données secondaires ont été recueillies à travers la revue documentaire sur le sujet d'étude notamment les articles scientifiques, les rapports des structures telles l'Institut National de la Statistique du Mali (INSTAT-Mali) et la banque mondiale.

3.3.1. Zone d'étude

Les grands bassins de production rizicoles au Mali sont Sikasso et Ségou et regroupent les quatre systèmes de production du riz (Plateau, Bas-fond, maîtrise totale d'eau et submersion). En effet, pour une meilleure représentativité des différents systèmes de riziculture, six zones de production rizicole ont été choisies dont cinq dans la région de Sikasso (Niena, Souroufun, Loutana, Finkolo-Ganadougou et Selingue) et une zone dans la région Ségou (Niono) (fig1).

Tableau 2 : Description des variables

Variable indépendante	Description des variables et la mesure	Référence indicative	Signes attendus
Age	Age du répondant (en années)	(Nyamayevu et al., 2024)	+/-
Localité	Variable binaire (prend la valeur 1 si le répondant est de Sikasso et 0 si non)	(Nyamayevu et al., 2024)	+ /-
Niveau d'éducation	Variable binaire (prend la valeur 1 si le répondant a reçu l'éducation formelle et 0 si non)	(Mamo, 2023)	+
Sexe	Variable binaire (1 si le répondant est homme et 0 si non)	(Yizengaw, 2015)	+/-
Superficie	Variable continue (Cultivated land area) (hectares)	(Nyamayevu et al., 2024)	+
Accès à l'irrigation "Canalisation"	Variable binaire (prend la valeur 1 si le barrage est la source d'eau et 0 si non)	Kemboi et al., 2020	+
Extension	Variable binaire (1 si le répondant a reçu des services de vulgarisation et 0 si non)	(Mazrou et al., 2024)	+
Access SIC	Variable binaire (1 si le répondant reçoit des services d'information climatique et 0 si non)	(Amine&Fatima, 2016)	+
Accès _crédit	Variable binaire (1 si le répondant a reçu du crédit et 0 si non)	(Yizengaw et al. 2015)	+
Possession du cheptel	Variable binaire (1 si le répondant possède des animaux et 0 si non)	Dembélé et al. (2018)	+
Revenu	Variable discrète	Mazrou et al., 2024	+

Source : auteurs

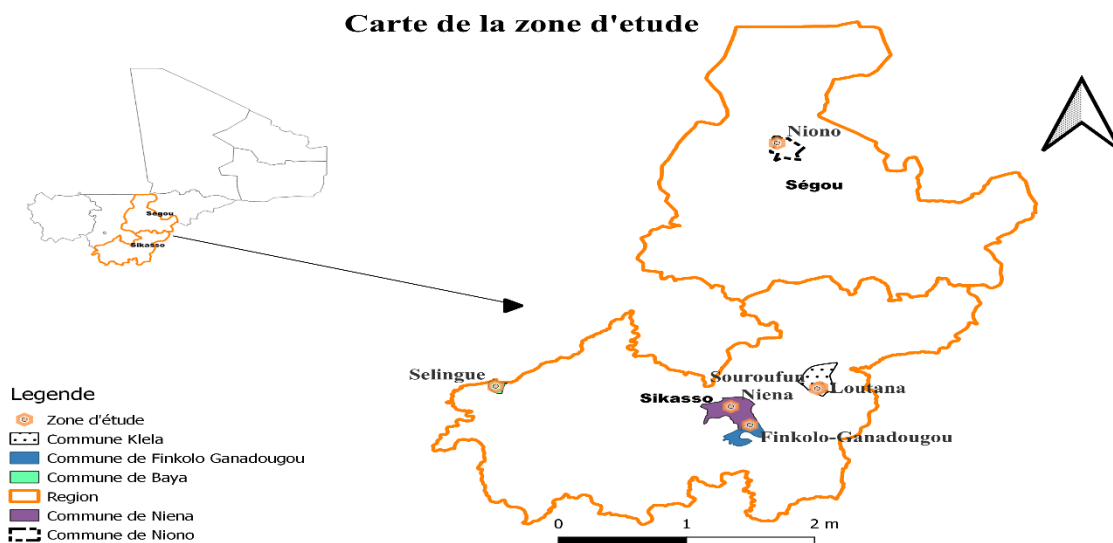


Figure 1: Zone d'étude

Source : Auteur, 2024

3.3.2. Technique d'échantillonnage

Une technique d'échantillonnage à plusieurs étapes a été adoptée pour collecter les données auprès des répondants, généralement le chef de ménage ou une personne impliquée dans la prise de décision de production agricole.

Dans la première étape, les régions de Sikasso et Ségou ont été choisies de façon raisonnée où les stratégies de diversification avec les légumes et les tubercules sont pratiquées dans les zones rizicoles. La deuxième étape a consisté au choix raisonné des zones de production de riz et d'un village dans chacune de ces zones choisies pour représenter les quatre systèmes de production du riz au Mali. Ainsi, six villages ont été choisis au total dont 4 villages faisant la rotation du riz avec les légumes et les tubercules (Finkolo-Ganadougou, Selingué, Loutana, Niono) et 2 villages faisant la monoculture du riz (Niéna, Souroufun).

La quatrième étape consistait à tirer au hasard 148 producteurs, faisant la rotation du riz avec les légumes ; 164 producteurs faisant du riz et tubercules ; 112 faisant Riz légume et tubercule. Puis, 25 autres producteurs n'ayant pas adopté de stratégies de diversification ont été échantillonnés dans chacun de ces villages. En fin, deux villages n'ayant pas bénéficié de technologie de diversification (Souroufun, Niéna) ont été identifiés dans les mêmes régions pour collecter l'information auprès de 25 producteurs chacun. Ainsi, l'étude a eu au total un échantillon de 574 producteurs dont 148 diversifiant le riz avec les légumes, 164 producteurs diversifiant le riz avec les tubercules, 112 diversifiant avec le riz-légumes-tubercules et 150 ne faisant pas la diversification.

3.4. Porté et limite de l'étude

Les variables climatiques telles que les précipitations, la température qui sont d'une influence significative sur la décision de diversification des cultures ont été ignorées dans le présent travail. De plus, l'étude n'a pas tenu compte de la perception des producteurs sur le changement climatique. Ces variables pourront être prises en compte par les recherches futures.

Tableau 3 : Répartition de l'échantillon par village

	Site	Type de producteur			Total	
		Riz-legume	Riz-tubercule	Riz-lég-tub		Riz
Sikasso	Selingué	32	34	16	25	107
	Finkolo-Ganadougou	38	47	35	25	145
	Loutana	46	40	36	25	147
	Niena	0	0	0	25	25
	Souroufoun	0	0	0	25	25
Se-gou	Niono	32	43	25	25	125
	Total	148	164	112	150	574

Source : Auteur, 2023

4. Résultats et Discussion

4.1. Statistiques descriptives des producteurs du riz

4.1.1. Le taux d'adoption des stratégies de diversification des cultures

La répartition des producteurs de riz en fonction des stratégies de diversification est résumée dans le tableau 4. Les résultats montrent que la stratégie de diversification riz-tubercules est l'option la plus adoptée par les producteurs avec en moyenne 46.85% et elle est suivie par celle du riz-légumes avec 42.29%. La stratégie des trois cultures, riz-légumes-tubercules, est aussi non négligeable pour une moyenne de 32% des producteurs. Ces résultats relatifs à l'adoption de la diversification confirment et s'inscrivent en cohérence avec les conclusions des travaux de Douyon *et al.*, (2022), indiquant que près de 46% des producteurs combinent plus de 4 cultures comme stratégie de diversification.

Tableau 4 : Stratégies de diversification des cultures dans les zones rizicoles

Pourcentage de producteurs par village	Riz-légume	Riz-tubercule	Riz-légume-tubercule
Selingué	9,14%	9,71%	4,57%
Finkolo-ganadougou	9,14%	12,29%	7,14%
Loutana	10,86%	13,43%	10%
Niena	13,14%	11,43%	10,29%
Total	42,29%	46,86%	32%

Source : données d'enquête, octobre-2023

4.1.2. L'indice de diversification

L'analyse du niveau de diversification montre une différence remarquable entre les stratégies adoptées par les producteurs (Tableau 5). Les adoptants de riz-légume-tubercule se situent considérablement dans la catégorie de SDI élevé. Près de 62% ont un score de diversification compris entre 0,67 et 1 et pratiquement aucun producteur ne se situe dans la catégorie de

diversification faible (score compris entre 0 et 0,33). Quant aux adoptants du riz tubercules, aucun producteur ne se trouve dans la catégorie de diversification faible, majoritairement ils se situent dans la diversification modérée (57,93%) avec un score compris entre 0,34 et 0,66. En ce qui concerne l'adoption du riz et légume, il y a une forte implication également avec 38,09% dans la catégorie modérée et 46,94% dans la diversification élevée.

Tableau 5 : Distribution des producteurs par niveau de diversification

Stratégies Diversification	Catégories de SDI	Pourcentage
Riz-légume	Faible (0–0.33)	14,97%
	Modéré (0,34-0,66)	38,09%
	Elevé (0,67-1)	46,94%
Riz-tubercule	Faible (0–0.33)	0%
	Modéré (0,34-0,66)	57,93%
	Elevé (0,67-1)	42,07%
Riz-légume-tubercule	Faible (0–0.33)	0%
	Modéré (0,34-0,66)	38,40%
	Elevé (0,67-1)	61,61%

Source : données d'enquête, octobre-2023

Les résultats, révélant globalement que l'indice de diversification de Simpson (SDI) des producteurs est de 0.66, indiquent que les producteurs se situent dans la catégorie de diversification moyenne. Autrement dit, SDI (0.66) indique que les producteurs de riz sont moyennement diversifiés. Ce résultat confirme les résultats des travaux de diversification au sud du Mali (Douyon et al., 2022; Ba et al., 2019), trouvant un grand intérêt des petits exploitants à la diversification des cultures avec un score de diversification allant à 0.66. Dans le même ordre d'idée, Nyamayevu et al., (2024) ont trouvé qu'au Malawi, 77,3% des producteurs sont dans la diversification moyenne avec un score de diversification compris entre 0,39 et 0,63. Aussi, de pareil résultats ont été trouvés au Bangladesh par Islam et al., (2024) avec un score de diversification allant de 0,6 à 0,79.

4.1.3. Caractéristiques démographiques socio-économiques et institutionnelles

Le tableau 6 compare les moyennes des caractéristiques démographiques, socioéconomiques et institutionnelles des répondants avec le niveau de significativité des tests de différence des adoptants et non-adoptants. L'étude montre que dans les zones rizicoles, les hommes sont plus impliqués dans la rotation du riz avec les légumes et les tubercules que la monoculture. Au total, 75 % des producteurs ayant alterné le riz avec les légumes et tubercules, vivent dans la région de Sikasso. Cela peut s'expliquer par le potentiel agroécologique de la région et son attraction d'investissement agricole (Dembélé et al., 2018). Les statistiques prouvent que les producteurs faisant de la diversification ont pour la plupart comme activité principale agriculture (97%) comparativement à leur homologue non diversifiant (91%). S'agissant de la possession du cheptel, la différence de moyenne est de 0,106667 statistiquement significative au seuil de 5% montrant que les producteurs qui intègrent les légumes et les tubercules dans les environnements du riz sont beaucoup concentrés sur les cultures comme stratégie génératrice de revenu. L'analyse descriptive met en évidence un différentiel de revenu significatif, les producteurs diversifiants enregistrant en moyenne 457 084,2 FCFA, contre 267 946,4 FCFA pour leurs homologues non-diversifiants. S'agissant des équipements agricoles (traction animale), il ressort qu'en moyenne, les diversifiants sont moins équipés que les non diversifiants, soit une différence de moyenne 0,1466667 et statistiquement significative au seuil de 1%. Les statistiques montrent également qu'en moyenne, les ménages diversifiants utilisent plus le système de canalisation pour irriguer

les parcelles que les ménages non-diversifiant. En outre la majorité des producteurs enquêtés n'ont pas accès au crédit, seulement 7,42% dont 0,05 pour ceux ayant fait la diversification. Cependant, les producteurs diversifiants ont plus l'accès au service d'information climatique que les non diversifiants, soit 37% contre 22%.

Tableau 6 : Comparaison de moyenne des caractéristiques des producteurs

Variables	Echantil- lon	Diversi- fication	Non Diversifi- cation	Différence de moyennes
	N=350	N=200	N=150	
Caractéristiques démographiques				
Sexe (1 si le répondant est homme et 0 si non)	0,6485714	0,685	0,6	0,085*
Caractéristiques socioéconomiques				
Location (1 si le répondant est de Sikasso et 0 si non)	0,7857143	0,75	0,8333333	-0,0833333*
Activité principale (1 si l'agriculture est l'activité principale et 0 si non)	0,9485714	0,98	0,9066667	0,0733333***
Possession animale (1 s'il possède des animaux et 0 si non)	0,7457143	0,7	0,8066667	-0,1066667**
Revenu brut (FCFA)	376025,1	457084,2	267946,4	189137,8***
Equipement du ménage (1 si le ménage possède de la charrue et 0 si non)				
Irrigation source (1 si le barrage est la source d'eau et 0 si non)	0,4114286	0,47	0,3333333	0,1366667***
Caractéristiques institutionnelles				
Accès au crédit	0,0742857	0,005	0,1666667	-0,1616667***
Accès aux SIC (1 si le producteur a accès aux SIC et 0 si non)	0,3037249	0,366834	0,22	0,1468342***

*, ** et *** indiquent respectivement le niveau de signification statistique de 10 %, 5 % et 1 %. Toutes les variables sont présentées sous forme de moyenne dans le tableau mais les variables catégorielles qui y figurent sont interprétées en pourcentage. SIC : Service d'information climatique

Source : données d'enquête, octobre-2023

4.2. Déterminants des stratégies de diversification des producteurs de riz

Le tableau 7 ci-dessous présente les déterminants de l'adoption des stratégies de diversification des cultures dans les systèmes rizicoles au Mali. Le test du ratio de vraisemblance pour la corrélation globale des termes d'erreurs des différents modèles estimés ($\chi^2(2) = 92,167$; $p < 0,000$) est significativement différent de zéro au seuil de 1% et permet donc de rejeter l'hypothèse de l'indépendance des choix des stratégies de diversification.

Les résultats de modèle MVP révèlent que les facteurs tels que la localité, le niveau d'éducation, le sexe, la superficie, l'accès à l'irrigation, l'extension, l'accès au crédit et le revenu sont statistiquement significatif tandis que les facteurs comme la possession du cheptel n'était pas significatif même au seuil de 10%.

L'âge est négativement associé (-0,0163) à la stratégie de diversification riz-tubercule et, se présente statistiquement significatif au seuil de 5% (colonne2 du tableau5). Ce qui implique que plus le producteur prend de l'âge, moins il pratique la rotation du riz avec les tubercules. Ce résultat est attribuable à l'aversion des personnes âgées aux risques et leurs engagements dans d'autres alternatives en fonction des avantages espérés. Avec l'âge et donc l'expérience,

les agriculteurs peuvent envisager les activités non agricoles liées à l'agriculture comme le montrent les résultats de Abdulai & Crole-Rees, (2001). Bien évidemment, Amine & Fatima (2016) ; Nyamayevu et al., (2024) ont également trouvé une association négative entre l'âge et la diversification des cultures. Cependant, l'association positive de l'âge avec la monoculture du riz (colonne 4 du tableau 5) n'est pas surprenante en ce sens qu'étant dans la monoculture du riz, les producteurs ont la latitude de pratiquer d'autres activités génératrices de revenu.

L'influence positive et significative de localité sur les stratégies de diversification implique que les répondants situés dans la région de Sikasso sont plus susceptibles de se diversifier avec les légumes et tubercules. Bien évidemment, la décision de diversification des producteurs peut être affectée significativement par la localité (Yobe et al., 2019). Ces auteurs ont trouvé que le recours aux activités mixtes est plus répandu dans certaines zones agricoles comme stratégie de diversification en Afrique du sud et cela par le fait qu'une région offre des moyens de subsistance plus diversifiés qu'une autre. Au Mali, la région de Sikasso située au sud du Mali embrasse d'énormes potentialités agricoles notamment les investissements publics et privés, offrant des moyens de subsistance plus diversifiés par rapport aux autres régions (Dembele et al., 2018).

L'effet négatif et significatif de l'éducation sur les stratégies de diversification (colonne 2 et 3 du tableau 3) est en contradiction avec les attentes de l'étude. L'éducation est considérée comme un facteur important des stratégies de diversification agricole. Ce résultat est en contradiction avec plusieurs études empiriques notamment Grilli et al., (2024); Kemboi et al., (2020). Par contre, elle est positivement associée à la monoculture du riz (colonne 4 du tableau 3). En effet, l'influence négative de l'éducation dans la présente étude est due au fait que les agriculteurs ayant reçu de l'éducation formelle sont à mesure de s'informer et passer à des analyses comparatives entre la diversification basée sur les céréales et la diversification avec les cultures légumières et tuberculeuses. Par rapport aux ménages sans éducation formelle, les ménages formellement éduqués ont une meilleure compréhension des avantages de la culture du coton à savoir les subventions d'engrais, les crédits agricoles et l'assistance technique. Par conséquent, ces avantages sont des opportunités incitant les agriculteurs à se concentrer sur le coton culture en matière de diversification. Autrement dit, comme le révèlent Dembele et al., (2018) les chefs de famille instruits sont plus susceptibles de se lancer dans les cultures céréalières et cotonnières comme stratégie de diversification.

L'influence négatif et significatif du sexe du producteur sur la probabilité d'adoption du système intégré riz légume implique que plus le champ est exploité par les hommes, plus faible est la probabilité de faire la rotation riz légume. Cela s'explique par le fait que la culture des légumes entre autres tomate, gombo est réservée aux femmes, occupant des petites portions de terre. Tandis que, les hommes sont plus motivés par les tubercules comme pomme de terre, patate douce, igname dont la culture implique assez de ressources financières et de terre. De pareil constat d'effet négatif du sexe sur la probabilité de diversification des cultures est fait par Abera et al., (2021) en Éthiopie.

La superficie totale cultivée est positivement associée aux trois stratégies de diversification et négativement associée à la monoculture du riz. Ce qui indique que l'accès à la terre est un facteur crucial à l'adoption de la diversification des cultures. Ce résultat suggère que les producteurs avec des superficies relativement plus élevés sont plus susceptibles d'alterner le riz avec les légumes et les tubercules. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus dans les études antérieures de diversification comme Gebiso et al., (2023) ; Gebru et al., (2018); Makate et al., (2016).

La disponibilité des services d'irrigation s'est avérée significative au seuil de 5% et exerçait une influence positive sur la probabilité de diversification avec les tubercules. Ce résultat signifie que plus les canaux sont utilisés comme dispositif d'irrigation de la parcelle, plus élevé est la probabilité d'adoption de la diversification avec les légumes et les tubercules. L'accès au barrage avec le système de canalisation permet aux agriculteurs d'exploiter les terres continuellement tout au long de l'année. Ce qui amène les producteurs à envisager les cultures légumières et tuberculeuses au détriment des cultures tributaires à la pluviométrie (céréales sèches et légumineuse). Ce résultat est en accord avec Khatun & Roy, 2012) selon lesquels les infrastructures rurales notamment l'irrigation déterminent la décision de diversification agricole.

Tableau 7 : Estimation du MVP sur les déterminants des stratégies de diversification

VARIABLES	Riz legume	Riz tubercule	Riz leg-tub	Mono-Riz
Age	-0.00328 (0.00738)	-0.0163** (0.00747)	-0.00925 (0.00844)	0.0121* (0.00693)
Localité	0.736** (0.296)	0.754** (0.326)	0.609* (0.320)	-1.136*** (0.323)
Niveau Education	-0.309 (0.198)	-0.429** (0.204)	-0.506** (0.237)	0.324* (0.190)
Sexe	-0.304* (0.179)	-0.196 (0.182)	-0.208 (0.190)	0.291 (0.177)
Superficie totale	0.257*** (0.0409)	0.276*** (0.0444)	0.308*** (0.0427)	-0.252*** (0.0441)
Irrigation	0.368 (0.242)	0.519** (0.245)	0.375 (0.275)	-0.731*** (0.234)
Extension	-0.224 (0.193)	0.0229 (0.193)	-0.551** (0.219)	-0.102 (0.186)
Crédit	-1.242** (0.485)	-4.427 (68.33)	-4.321 (192.7)	1.399*** (0.370)
Animal	-0.191 (0.196)	-0.0312 (0.198)	0.0581 (0.224)	0.186 (0.196)
Revenu	1.62e-07 (2.04e-07)	5.51e-07* (2.85e-07)	1.04e-07 (1.98e-07)	-7.70e-07** (3.09e-07)
Constant	-0.873** (0.434)	-0.554 (0.445)	-1.119** (0.509)	0.657 (0.417)
Diagnostic du modèle				
Wald chi2(24) = 132.26				
Log likelihood = -284.89015				
Prob > chi2 = 0.0000				
	Coefficients	Erreur standard	Test z	P> z
atrho21	-1.644634	0.2830024	-5.81	0.000
rho21	-0.9281176	0.0392235	-23.66	0.000
Likelihood ratio test of rho21 = 0:				
Chi2(1) = 92.167				
Prob > chi2 = 0.0000				

*, ** et *** indiquent respectivement le niveau de signification statistique de 10 %, 5 % et 1 %.

Source : données d'enquête, octobre-2023

Contrairement aux attentes, le coefficient de l'extension s'est avéré négatif et statistiquement significatif au seuil de 5%. Les services d'extension ont influencé négativement la perception qu'ont les producteurs de la rotation du riz avec les légumes et tubercules. Ceux-ci ayant le contact fréquent avec les agents d'extensions, ont tendance à prioriser d'autres options autres

que l'intégration des légumes et tubercules. Cela s'explique par le dilemme que font face les producteurs au sud du Mali. Il s'agit du choix, en dehors des cultures de base (mil, maïs, riz et sorgho), entre la culture du coton, les cultures légumières et tuberculeuses. Comme le mentionné ci-dessus, la plupart des producteurs connaissant les avantages liés à la culture du coton (l'accès facile à l'engrais, les crédits agricoles et l'assistance technique) jugent nécessaire d'alterner les céréales, plus précisément le maïs avec du coton. Toutes fois, ce résultat est en contradiction avec Mazrou et al., (2024) ; Yobe et al., (2019).

L'accès au crédit est négativement associé à la diversification avec légume à un niveau de signification de 5%. Le coefficient d'estimation suggère que les producteurs qui ont accès au crédit sont réticents à la diversification avec les légumes. Pourtant, le coefficient de la monoculture du riz a été positif et significatif au seuil de 1%, indiquant ces répondants ayant reçu du crédit sont plus dans la monoculture du riz. Un tel résultat est dû aux politiques publiques d'intervention, incitant les producteurs vers les produits stratégiques d'exportation. En effet, le crédit peut être utilisé pour d'autres fins de production agricole y compris les activités extra agricole générant plus de revenu. Ce résultat corrobore les résultats de Kemboi et al., (2020) selon lesquels l'accès au crédit diminue la probabilité que les agriculteurs participent à la diversification des cultures. Par contre, il est en contradiction avec Dembele et al., (2018) au sud du Mali.

Comme attendu, le revenu était positivement associé à la diversification des cultures et statistiquement significatif au seuil de 10% pour la diversification avec les tubercules. Mais les résultats montrent une association négative avec la monoculture. Le coefficient positif implique que les producteurs qui ont de revenu élevé sont plus susceptible de se lancer dans la stratégie de diversification. Cela s'explique par le fait qu'un revenu plus élevé peut permettre aux agriculteurs d'accéder à des ressources productives telle que les actifs agricoles, les intrants comme les fertilisants et la terre, qui sont essentielles pour la diversification. Ces résultats sont en accord avec Mazrou et al., (2024); Dembele et al., (2018); Yizengaw, (2015), montrant que le revenu des ménages agricoles a une influence significative sur leur participation à la diversification des moyens de subsistance.

5. Conclusion et recommandation

La diversification des cultures à travers les cultures climato-intelligentes telles que les légumes et les tubercules a été diffusée dans les environnements rizicoles comme étant de nouvelle technique intelligente face au climat. Cette présente étude fait un examen des facteurs qui influencent l'adoption de ces stratégies au sud du Mali pour estimer les déterminants de l'adoption des stratégies de diversification des producteurs de riz.

Les résultats ont révélé que les producteurs sont moyennement diversifiés dans l'ensemble avec un score SDI s'élevant à 0,66. Les adoptants de riz-légume-tubercule (61,61%) se situent considérablement dans la catégorie de SDI élevé avec un score de diversification au-delà de 0,67. Par ailleurs, les résultats de MVP ont révélé que localité, la superficie, l'accès à l'irrigation et le revenu constituent les principaux facteurs déterminants l'adoption des stratégies de diversification des cultures. En outre la monoculture du riz est encouragée par l'âge, l'éducation, l'accès au crédit.

Sur la base de ces résultats, l'étude recommande :

- Aux décideurs publics d'adapter les politiques agricoles aux spécificités locales, d'accroître les aménagements irrigués tout en favorisant l'accès des producteurs à ces aménagements.
- Aux riziculteurs de diversifier leurs productions avec les légumes et les tubercules pour minimiser les divers risques liés à la production.

Références bibliographiques

- Abdulai, A., & Crole-Rees, A. (2001). Determinants of income diversification amongst rural households in Southern Mali. *Food Policy*, 26(4), 437–452.
- Abera, A., Yirgu, T., & Uncha, A. (2021). Determinants of rural livelihood diversification strategies among Chewaka resettlers' communities of southwestern Ethiopia. *Agriculture and Food Security*, 10(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00305-w>
- Ahmed, M., Bhandari, H., Gordoncillo, P., Quicoy, C., & Carnaje, G. (2018). Factors affecting extent of rural livelihood diversification in selected areas of Bangladesh. *SAARC Journal of Agriculture*, 16(1), 7–21. <https://doi.org/10.3329/sja.v16i1.37419>
- Alam, M. J., Sarma, P. K., Begum, I. A., Connor, J. D., Crase, L., Sayem, S. M., & McKenzie, A. M. (2024). Agricultural extension service, technology adoption, and production risk nexus: Evidence from Bangladesh. *Heliyon*, 10(14).
- Amine, B. F. (2016). DETERMINANTS OF ON-FARM DIVERSIFICATION AMONG RURAL HOUSEHOLDS: EMPIRICAL EVIDENCE FROM NORTHERN ALGERIA. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, Vol. 4 No., 87–99.
- Akhtar, S., Abbas, A., Kassem, H. S., Bagadeem, S., Ullah, R., & Alotaibi, B. A. (2021). Sustainable Crop Production, the Concurrent Adoption of Contract Farming, and Managing Risks through Income Diversification. *Agronomy*, 11(5), 973. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050973>
- Ba, A., Konipo, O., Diarisso, T., Dembele, B., Kone, A., Konte, M., & Doubangolo, C. (2019). Déterminants des stratégies de diversification des cultures dans les exploitations agricoles en zone cotonnière du Mali. *Notes de l'enseignant Chercheur*, 1(2), 98–107.
- Bahal, B. S. and R. (2010). Livelihood Diversification Pursued by Farmers in West Bengal. *Science*, 1–9(2).
- Bharati, P., De, U. K., & Pal, M. (2015). *A Modified Diversity Index and its Application to Crop Diversity in Assam , India*. 19. <https://doi.org/10.1063/1.4907421>
- Crole-Rees, A. C. (2002). Rural Household Strategies in Southern Mali. *BRISK Binary Robust Invariant Scalable Keypoints*. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-010025751>
- Debasis, M., Kumarjit, M., & Lakshmikanta, D. (2018). Trend, pattern and determinants of crop diversification of small holders in West Bengal: A district-wise panel data analysis. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 10(4), 110–119.
- Dembele, B., Bett, H. K., & Kariuki, I. M. (2018). Understanding the multiple sources drivers of agricultural income amongst smallholder farmers in Southern Mali. *Review of Agricultural and Applied Economics (RAAE)*, 21(2), 32–40.
- Dessalegn Anshiso, M. S. (2016). Determinants of Rural Livelihood Diversification: The Case of Rural Households in Lemmo District, Hadiyya Zone of Southern Ethiopia. *Journal of Economics and Sustainable Developmen*, 7(5), 32–39. www.iiste.org
- Diallo, A., Donkor, E., & Owusu, V. (2020). Climate change adaptation strategies, productivity and sustainable food security in southern Mali. *Climatic Change*, 159(3), 309–327.
- Diallo, M., Aman, N., & Adzawla, W. (2019). Factors influencing the adoption of climate smart agriculture by farmers in Segou region in Mali. *Proceedings of the Conference on Climate*

Change and Food Security in West, Africa Dakar, Senegal, 17–18.

- Diamouténé, A. K. (2019). Accès au crédit agricole et performance agricole dans la zone office du Niger: cas de la culture du riz. *Annale Des Sciences Economiques et de Gestion*, 18(2).
- Douyon, A., Worou, O. N., Diama, A., Badolo, F., Denou, R. K., Touré, S., Sidibé, A., Nebie, B., & Tabo, R. (2022). Impact of Crop Diversification on Household Food and Nutrition Security in Southern and Central Mali. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(January).
- Finger, R., García, V., McCallum, C., & Rommel, J. (2023). A note on European farmers' preferences under cumulative prospect theory. *Journal of Agricultural Economics*, 75(1), 465.
- Gebiso, T., Ketema, M., Shumetie, A., & Leggesse, G. (2023). Crop diversification level and its determinants in Ethiopia Crop diversification level and its determinants in. *Cogent Food & Agriculture*, 9(2). <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2278924>
- Gebru, G. W., Ichoku, H. E., & Phil-Eze, P. O. (2018). Determinants of livelihood diversification strategies in Eastern Tigray Region of Ethiopia. *Agriculture and Food Security*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0214-0>
- George, G. P., & Sharma, H. O. (2020). Determinants of crop diversification in Kerala-a temporal analysis. *Journal of Tropical Agriculture*, 58(1), 99–106.
- Gheddar, R. (2023). Decision-making criteria under uncertainty and risk in the agricultural sector. *Journal of Innovations and Sustainability*, 7(4), 6.
- Gupta, R., & Verma, P. (2024). An exploration to agricultural diversification in India: A study of Bundelkhand region. *Asian Development Policy Review*, 12(2), 138-148.
- Grilli, G., Pagliacci, F., & Gatto, P. (2024). Determinants of agricultural diversification: What really matters? A review. *Journal of Rural Studies*, 110(September 2023), 103365.
- Islam, M. S., Jahan, H., Ema, N. S., & Ahmed, M. R. (2024). Determinants of crop diversification and its impact on farmers' income: A case study in Rangpur District, Bangladesh. *JSFA Reports*, 4(10), 352–361. <https://doi.org/10.1002/jsf2.216>
- Islam, M. D. I., Rahman, A., Sarker, M. N. I., Sarker, M. S., & Jian-chao, L. (2020). Factors Influencing Rice Farmers' Risk Attitudes and Perceptions in Bangladesh amid Environmental and Climatic Issues. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(1), 177. <https://doi.org/10.15244/pjoes/120365>
- Joshi, P. K., Gulati, A., Birthal, P. S., & Tewari, L. (2004). Agriculture diversification in South Asia: patterns, determinants and policy implications. *Economic and Political Weekly*, 2457–2467.
- Kassegn, A., & Abdinasir, U. (2023). Determinants of rural households' livelihood diversification strategies: In the case of north Wollo zone, Amhara National Regional State, Ethiopia. *Cogent Economics and Finance*, 11(1).
- Khatun, D., & Roy, B. C. (2012). Rural livelihood diversification in West Bengal: determinants and constraints. *Agricultural Economics Research Review*, 25(1), 115-124.
- Kemboi, E., Muendo, K., & Kiprotich, C. (2020). Crop diversification analysis amongst smallholder farmers in Kenya (empirical evidence from Kamariny ward, Elgeyo Marakwet County). *Cogent Food and Agriculture*, 6(1).
- Khan, S. A. (2017). Tools for Environmental Impact Assessment (EIA) Using Diversity Indices. *Deleted Journal*, 02(04).

- Lempert, R. J., Lawrence, J., Kopp, R. E., Haasnoot, M., Reisinger, A., Grubb, M., & Pasqualino, R. (2024). The use of decision making under deep uncertainty in the IPCC. *Frontiers in Climate*, 6.
- Lim, S. (2023). Risk aversion, crop diversification, and food security. *Applied Economics*, 56(58), 8288. <https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2290586>
- Makate, C., Wang, R., Makate, M., & Mango, N. (2016). Crop diversification and livelihoods of smallholder farmers in Zimbabwe : adaptive management for environmental change.
- Mamunur Rashid, Abu Sayed Mondol, S. R. (2024). *A Review on Status and Influencing Factors of Agricultural Diversification in Bangladesh. September.*
- Mazrou, Y. S. A. ., Ahmad, S. ., Abdelkhair, F. Y. F. ., Mudawi, S. S. A. ., Ashraf, S. ., & Ashraf, I. . (2024). Determinants Of Livelihood Diversification In Punjab, Pakistan. *Migration Letters*, 21(S6), 182–206. <https://doi.org/10.59670/ml.v21iS6.7890>
- Muñoz, R., Vaghefi, S. A., Sharma, A. P., & Muccione, V. (2024). A framework for policy assessment using exploratory modeling and analysis: An application in flood control. *Climate Risk Management*, 45, 100635. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100635>
- Melak, A. (2025). Drivers of smallholder farmers’ crop diversification: Evidence from the rice-dominated farming system of Fogera plain, Northwest Ethiopia. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 25(5), 26629. <https://doi.org/10.18697/ajfand.142.24390>
- Nyamayevu, D., Nyagumbo, I., Chiduwa, M., Liang, W., & Li, R. (2024). *Understanding Crop Diversification Among Smallholder Farmers : Socioeconomic Insights from Central Malawi.* 1–18.
- Paul Jr, M., Aihounton, G. B., & Lokossou, J. C. (2023). Climate-smart agriculture and food security: Cross-country evidence from West Africa. *Global Environmental Change*, 81, 1
- Pindyck, R. S. (2020). What We Know and Don’t Know About Climate Change, and Implications for Policy. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3614104>
- Rahut, D.B., Ali, A., Kassie, M., Marennya, P.P. and Basnet, C. (2014), Rural Livelihood Diversification Strategies in Nepal. *Poverty & Public Policy*, 6: 259-281.
- Rasmussen, L. V., Grass, I., Mehrabi, Z., Smith, O. M., Bezner-Kerr, R., Blesh, J., ... & Kremen, C. (2024). Joint environmental and social benefits from diversified agriculture. *Science*, 384(6691), 87-93.
- Rahman, M. M., & Connor, J. D. (2022). Impact of Agricultural Extension Services on Fertilizer Use and Farmers’ Welfare: Evidence from Bangladesh. *Sustainability*, 14(15), 9385.
- Rehima, M.; Belay, K.; Dawit, A.; and Rashid, Shahidur. 2013. Factors affecting farmers’ crops diversification: Evidence from SNNPR, Ethiopia. *International Journal of Agricultural Sciences* 3(8): 558-565.
- Sanogo, K., Touré, I., Arinloye, D. D. A. A., Dossou-Yovo, E. R., & Bayala, J. (2023). Factors affecting the adoption of climate-smart agriculture technologies in rice farming systems in Mali, West Africa. *Smart Agricultural Technology*, 5(March).
- Sawadogo, M., Zahonogo, P., & Sawadogo, J. P. W. (2022). *Analyse des facteurs explicatifs de l ’ association des cultures au Burkina Faso Analyse des facteurs explicatifs de l ’ association des cultures au Burkina Faso Analysis of intercropping explanatory factors in*

Burkina Faso. 2. <https://doi.org/10.4000/economierurale.10065>

- Singh, N. K., Sunitha, N. H., Tripathi, G., Elizabeth, A., & Jeba, M. V. K. (2023). *Impact of Digital Technologies in Agricultural Extension*. 41(9), 963–970.
- Snyder, L. D., Gómez, M. I., & Power, A. G. (2020). *Crop Varietal Mixtures as a Strategy to Support Insect Pest Control , Yield , Economic , and Nutritional Services*. 4(May), 1–14.
- Sogoba, B., Traoré, B., Safia, A., Samaké, O. B., Dembélé, G., Diallo, S., Kaboré, R., Benié, G. B., Zougmore, R. B., & Goïta, K. (2020). On-farm evaluation on yield and economic performance of Cereal-Cowpea intercropping to support the smallholder farming system in the Soudano-Sahelian zone of Mali. *Agriculture (Switzerland)*, 10(6), 1–15.
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., Heijden, M. G. A. Van Der, Liebman, M., & Hallin, S. (2020). *Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield*. November.
- TANGARA, M. B., MAIGA, A., BAMBA, A., DEMBELE, M., SISSOKO, K., & KONARE, A. N. T. (2020). Cultures de rentes et diversification des revenus agricoles à travers la culture d'échalote en zone Office du Niger. *Revue malienne de science et de technologie*, 1(24).
- Tariq, M., Ali, H., Hussain, N., Nasim, W., Mubeen, M., Ahmad, S., & Hasanuzzaman, M. (2019). Fundamentals of crop rotation in agronomic management. *Agronomic Crops: Volume 1: Production Technologies*, 545-559.
- Tripathy, S., & Das, S. (2020). Impact of crop diversification on tribal farmer's income: A case study from Eastern ghats of India. *arXiv preprint arXiv:2010.10208*.
- Weiss, C. R., & Briglauer, W. (2002). Determinants and dynamics of farm diversification.
- World Bank Group. (2019). *Climate -Smart Agriculture Investment Plan Mali*. 190.
- Workie, D. M. (2023). Livelihood Diversification Strategies and Determinants by Smallholder Farmers in the Highland Areas of North Shewa Ethiopia. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 68(2), 217-228.
- Yizengaw, O. and B. (2015). *Determinants of livelihood diversification strategies : The case of smallholder rural farm households in Debre*. 10(19), 1998–2013.
- Yobe, C. L., Mudhara, M., & Mafongoya, P. (2019). Livelihood strategies and their determinants among smallholder farming households in KwaZulu-Natal province, South Africa. *Agrekon*, 58(3), 340-353.
- Zalissa, S. A. N. F. O. (2022). Analysis of the effect of crop diversification on food security in Burkina Faso. *African Scientific Journal*, 3(14), 583-583.