



Changement climatique, pratiques de conservation des terres et revenu des petits exploitants agricoles au Sénégal

Blaise Waly Basse*¹, Amadou Sall Mbaye²

⁽¹⁾Université Assane Seck de Ziguinchor. UFR Sciences Economiques et Sociales. Département Economie-Gestion. BP 523 Ziguinchor (Sénégal). E-mail : bwbasse@univ-zig.sn

⁽²⁾Université Assane Seck de Ziguinchor. Ecole Doctorale Espaces, Sociétés, Humanités. BP 523 Ziguinchor (Sénégal).

Reçu le 15 avril 2025, accepté le 14 juin 2025, publié en ligne le 28 juin 2025

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/rafea.v8i2.4>

RESUME

Description du sujet. Au Sénégal, l'augmentation de la production agricole ainsi que l'amélioration des conditions de vie des petits exploitants constituent un défi majeur. Ainsi, la diffusion et l'adoption de pratiques agricoles durables peut constituer un instrument de politique économique efficace.

Objectif. L'objectif de cette étude est d'identifier les facteurs capables d'induire un changement de comportement en matière d'utilisation de la jachère et de la fertilisation écologique ainsi que leur impact sur le revenu des exploitants agricoles.

Méthodes. Une enquête quantitative sur 6 922 ménages a été réalisée sur toute l'étendue du territoire sénégalais. Pour prendre en compte le problème d'endogénéité, une régression multinomiale à changement endogène a été utilisée.

Résultats. Les données obtenues révèlent que la taille de l'exploitation, le revenu non agricole, l'obtention d'une subvention, l'accès au crédit, la formation spécialisée en agriculture, le sexe et la zone agroécologique influencent la décision des petits exploitants sénégalais à adopter les pratiques agricoles durables (PAD). L'étude révèle que l'adoption de la jachère ou de la fertilisation écologique seule n'a aucun impact significatif sur le revenu, tandis que la combinaison de la jachère et de la fertilisation écologique augmente le revenu des ménages agricoles de 158 190 FCFA.

Conclusion. Cette étude a permis d'identifier les facteurs capables de favoriser l'adoption des pratiques agricoles durables. Elle a également montré que la combinaison de pratiques agricoles durables est plus intéressante en matière d'augmentation du revenu des exploitants agricoles.

Mots-clés : Exploitants agricoles, changement climatique, adoption des pratiques écologiques, revenu, Sénégal

ABSTRACT

Climate change, land conservation practices and income of small-scale farmers in Senegal

Description of the subject. In Senegal, increasing agricultural production and improving the living conditions of small farmers is a major challenge. The dissemination and adoption of sustainable agricultural practices can therefore be an effective economic policy tool.

Objective. The aim of this study is to identify the factors capable of inducing a change in behaviour with regard to the use of fallow and ecological fertilisation, as well as their impact on farmers' income.

Methods. A quantitative survey of 6,922 households was carried out throughout Senegal. To take account of the endogeneity problem, a multinomial regression with endogenous change was used.

Results. The data obtained reveal that farm size, off-farm income, receipt of a subsidy, access to credit, specialised agricultural training, gender and agro-ecological zone influence the decision of Senegalese smallholders to adopt sustainable agricultural practices (SAPs). The study reveals that the adoption of fallow or ecological fertilisation alone has no significant impact on income, while the combination of fallow and ecological fertilisation increases farm household income by 158,190 FCFA.

Conclusion. This study identified the factors capable of encouraging the adoption of sustainable agricultural practices. It also showed that the combination of sustainable agricultural practices is more interesting in terms of increasing farmers' income.

Keywords: Farmers, climate change, adoption of ecological practices, income, Senegal

1. INTRODUCTION

La santé des sols constitue la base de l'alimentation (Gunawardena, 2022). Malheureusement dans le monde, plus de 3,2 milliards de personnes sont menacées par la dégradation des sols (Weeraratna, 2022). A l'échelle mondiale, 25 % de la superficie totale des terres a été dégradée (Weeraratna, 2022), et selon Pani (2020), 75 % de la diminution de la fertilité des sols est causée par les activités agricoles et cette dégradation des terres rend plus vulnérable le secteur agricole. En effet, l'agriculture est frappée de plein fouet par plusieurs préoccupations, notamment les effets du changement climatique, l'accroissement de la population, l'épuisement des ressources naturelles et la pauvreté rurale. Ces dernières sont, en partie, imputables au modèle d'agriculture industrielle qui repose sur l'utilisation intense des ressources. Bachmann et Seck (2018) considèrent qu'en Afrique, les politiques agricoles sont principalement influencées par des modèles de développement qui encourage une industrialisation rapide, mettant l'accent sur les grandes entreprises commerciales et les grands producteurs utilisant des moyens mécanisés. Celles-ci orientent la production agricole vers l'exportation et profitent majoritairement aux entreprises dotées de capitaux pour assurer les coûts d'investissement nécessaires. Les petits exploitants se retrouvent alors exclus de ce développement, vulnérables et laissés pour compte, nonobstant qu'ils constituent la frange la plus importante et parviennent à satisfaire 80 % de la demande alimentaire africaine (Mulvany et Murphy, 2015).

En identifiant les pratiques agricoles durables (PAD) comme une solution pour optimiser la production et promouvoir un modèle agricole plus respectueux de l'environnement, l'étude souligne l'importance d'une transition vers une agriculture plus durable pour relever les défis de l'agriculture sénégalaise et garantir aux petits producteurs un revenu plus élevé à long terme. Au Sénégal, l'agriculture constitue un levier important pour le développement économique et social à travers la création d'emplois, la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté. C'est pourquoi, le Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS), visant la transformation du secteur agricole, occupe une place primordiale dans le Plan Sénégal Emergent (PSE). Comptant 909 638 ménages agricoles, dont 67,5 % situés en milieu rural (ANSD, 2024), l'agriculture sénégalaise emploie environ 50 % de la population active et contribue à hauteur de 9,4 % au Produit Intérieur Brut, soit environ 1 217 milliards de FCFA en 2018, soit une hausse de 9,1 % par rapport à 2017 (ANSD, 2020). Malgré les progrès réalisés, l'agriculture sénégalaise traverse des difficultés telles que la dégradation et l'appauvrissement des

sols, le défi de transformation, l'insuffisance d'infrastructures de production et de conservation ainsi que les pertes agricoles. Ces facteurs contribuent fortement à la baisse de la productivité et du revenu agricole des ménages.

Etant donné que seulement 29 % des exploitations agricoles appliquent au moins une pratique agro-écologique (DAPSA, 2022 ; cité par DAPSA, 2024), il devient nécessaire d'identifier les pratiques susceptibles d'optimiser la production et de réfléchir sur une transition vers un modèle d'agriculture plus durable, essentiel pour relever les défis de l'agriculture sénégalaise. Ce modèle doit reposer sur des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et favorisant de meilleures conditions d'existence des ménages agricoles. Les PAD apparaissent ainsi comme un modèle qui pouvant contribuer de manière significative à l'amélioration des revenus. Selon Nacro *et al.* (2011), les PAD sont des techniques qui permettent de satisfaire les besoins actuels et d'améliorer les moyens d'existence, tout en préservant l'environnement de façon durable et de s'adapter au changement climatique. Elles couvrent un large éventail de pratiques, telles que l'utilisation de semences et d'engrais biologiques, la rotation des cultures, la conservation des sols, la gestion de l'eau, la lutte biologique contre les ravageurs, etc.

La littérature montre également que l'adoption des PAD est conditionnée par des facteurs socioéconomiques, institutionnels et agroécologiques. Par exemple, Tey *et al.* (2017) soulignent que les déterminants tels que le genre, le niveau d'instruction (éducation), la taille de l'exploitation et l'accès au service de vulgarisation influencent fortement la décision des producteurs de s'engager dans des pratiques durables. Parallèlement, Basse *et al.* (2022) et Setsoafia *et al.* (2022) ont indiqué que l'usage combiné de plusieurs pratiques génère souvent des retombées positives sur le revenu et la sécurité alimentaire des ménages agricoles.

Dans cette panoplie de PAD, deux pratiques ont été retenues dans le cadre de cette étude, à savoir : la jachère et la fertilisation écologique. Au Sénégal, la jachère, longtemps utilisée dans les systèmes agricoles traditionnels, consiste à laisser reposer la terre sur une période donnée, une méthode éprouvée pour régénérer naturellement sa productivité. Malgré sa pertinence écologique, son usage tend à diminuer sous la pression de l'extension des surfaces cultivées et des systèmes de production de plus en plus intensifs. Toutefois, Masse *et al.* (1998) ont montré que la jachère bien que moins pratiquée, reste une stratégie efficace pour restaurer les sols dégradés, améliorer la

productivité à long terme et réduire la dépendance aux intrants chimiques.

La fertilisation écologique, quant à elle, désigne l'utilisation de matière organique (compost, fumier, résidus végétaux, etc.) pour nourrir les cultures tout en améliorant la structure et la biodiversité des sols. Dans un contexte sénégalais, où l'accès aux engrais minéraux est souvent limité par les coûts et les difficultés d'approvisionnement, cette pratique offre une alternative accessible et durable. Gebremariam et Wünscher (2016), Khonje *et al.* (2018), Abdallah *et al.* (2021), Connor *et al.* (2021), Basse *et al.* (2022) et Setsoafia *et al.* (2022) ont souligné les effets positifs de la fertilisation organique sur le rendement des cultures et le revenu agricole, en contribuant à la résilience des petits exploitants.

L'adoption des PAD reste cependant hétérogène et dépendante de plusieurs facteurs, notamment les caractéristiques sociodémographiques et socioéconomiques des ménages agricoles. Selon Diagne *et al.* (2021), les exploitants sensibilisés aux enjeux environnementaux ou ayant reçu une formation sur les techniques agroécologiques sont plus enclins à adopter les PAD. Au Ghana, Abdulai et Huffman (2014) ont montré que l'éducation des agriculteurs, les contraintes en matière de capital et de main-d'œuvre, les réseaux sociaux et les contacts avec les agents de vulgarisation, ainsi que le type de sol de l'exploitation déterminent principalement l'adoption du buttage. Malgré une prise de conscience grandissante de leur importance pour la durabilité de l'agriculture, l'adoption des PAD est inégalement répartie au Sénégal. Si certaines études identifient les déterminants généraux de l'adoption d'innovations, peu analysent spécifiquement la combinaison de pratiques comme la jachère et la fertilisation écologique. L'interaction entre les facteurs socioéconomiques, institutionnels et environnementaux, ainsi que leur impact différencié sur ces choix, reste peu explorée. De plus, l'effet des PAD sur les revenus des exploitants est souvent abordé de manière globale, sans distinction par type de pratique. Ce manque de connaissances justifie alors une étude approfondie des déterminants et des effets économiques spécifiques de ces pratiques au Sénégal.

Cet article vise à combler ce vide empirique en analysant les déterminants de l'adoption de façon unique de la jachère et de la fertilisation écologique, ainsi que les déterminants de leur combinaison. En s'appuyant sur des données collectées auprès des petits exploitants au Sénégal, il évalue également leur impact sur le revenu des ménages.

L'étude permet de souligner le rôle de la jachère et de la fertilisation écologique dans la préservation des sols, la résilience climatique et la gestion durable des ressources naturelles. Elle éclaire aussi les pratiques les plus rentables économiquement et

oriente les décisions d'investissement agricoles vers des stratégies plus durables et efficaces.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site d'étude

Cette étude a été conduite au Sénégal, un pays d'Afrique de l'Ouest qui s'étend sur une superficie de 196 722 km². Le pays est délimité par l'océan Atlantique à l'ouest, la Mauritanie au nord, le Mali à l'est, et la Guinée ainsi que la Guinée-Bissau au sud et la Gambie qui forme une enclave à l'intérieur du territoire sénégalais. L'agriculture constitue un pilier essentiel de l'économie nationale et de la subsistance des populations rurales. Le secteur agricole sénégalais est majoritairement caractérisé par une agriculture pluviale, saisonnière et extensive, reposant sur des exploitations familiales de petite taille. La superficie cultivée par ménage agricole est estimée à environ 3,36 hectares, répartie en moyenne sur deux à trois parcelles (DAPSA, 2021).

Le pays est subdivisé en six zones agroécologiques (ZAE) distinctes (Figure 1), chacune présentant des caractéristiques biophysiques, climatiques et socioéconomiques spécifiques qui influencent les systèmes de production agricole et les pratiques culturales. Les ZAE sont : la zone des Niayes, la Vallée du Fleuve Sénégal, le Bassin Arachidier, le Sénégal Oriental, le Ferlo et la Casamance. La zone des Niayes où la production horticole est plus importante comparativement à toutes les autres zones agro-écologiques, les sols sont argileux. Cependant, en considérant la salinité, Ndiaye *et al.* (2012) révèlent que, dans la zone des Niayes, il y a des sols extrêmement salins, des sols légèrement salins et des sols non salins. La proximité avec l'océan atlantique fait que les températures oscillent entre 24 °C et 28 °C avec un cumul annuel de précipitation d'environ 500 mm, au sud, et 300 mm au nord en 2009 (Fall *et al.*, 2022).

Par contre, dans la Vallée du Fleuve Sénégal, on y trouve des sols sableux, argileux et sablo-limoneux et argilo-limoneux. La particularité de cette zone est l'adoption d'un système intensif avec une maîtrise totale de l'eau et la motorisation intensive de la plupart des opérations culturale et post-récolte. Globalement, la mécanisation est forte dans les grands périmètres et en particulier dans le delta du fleuve, alors que plus en amont, les itinéraires techniques sont plus intensifs en main-d'œuvre (SAED/DPDR, 2001). Les moyennes annuelles des températures maximales atteignent 30 à 34 °C et celles des températures minimales de 19 à 21 °C (Ndiaye *et al.*, 2022).

La zone du bassin arachidier est relativement plate avec quelques dépressions. Au Nord couvrant le Centre-Nord du territoire (Louga, département de

Kébémér, Thiès, partie continentale, Diourbel et Kaolack, département de Gossas), les sols les plus dominants sont : (i) les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés (ou sols Dior), très sableux avec 2 à 4 % d'argile ; (ii) les sols bruns subarides (ou sols Deck) hydromorphes.

Au Sud du bassin qui s'étend du Centre-Sud au Centre-Ouest du territoire (Fatick, Kaolack, Kaffrine), les sols les plus dominants sont : (i) les sols ferrugineux tropicaux lessivés (ou sols beiges) avec une texture sableuse et un lessivage d'argile ; (ii) les sols peu évolués d'origine non climatiques gravillonnaires sur cuirasse latéritique ; (iii) les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions ferrugineuses (« terres neuves ») (CSE, 2005).

Dans la partie orientale, avec un taux d'installation de GDT de 4,8 %, les sols sont de types ferrugineux

tropicaux lessivés, hydromorphes et lithiques (FIDA, 2019). Au plan pluviométrique, la zone orientale se situe entre les isohyètes 450 mm et 800 mm avec de hautes températures (entre 37 et 45 °C) se situant entre mars et juin (ANSD, 2021a).

Dans la partie sud du pays (Casamance), les principaux types de sols rencontrés sont : les sols hydromorphes au niveau des vallées, exploités pour la riziculture et le maraîchage ; les sols ferrugineux tropicaux et ferralitiques sableux ou argilo-sableux sur les plateaux et terrasses formant les bassins versants, exploités en cultures pluviales (arachide, niébé, riziculture, etc.) et colonisés par des formations ligneuses, le plus souvent des palmeraies (ANSD, 2021b). C'est une zone où la pluviométrie est plus importante (entre 1000 et 1500 mm) avec des températures qui dépassent 35 °C entre janvier et juin (ANSD, 2021b).

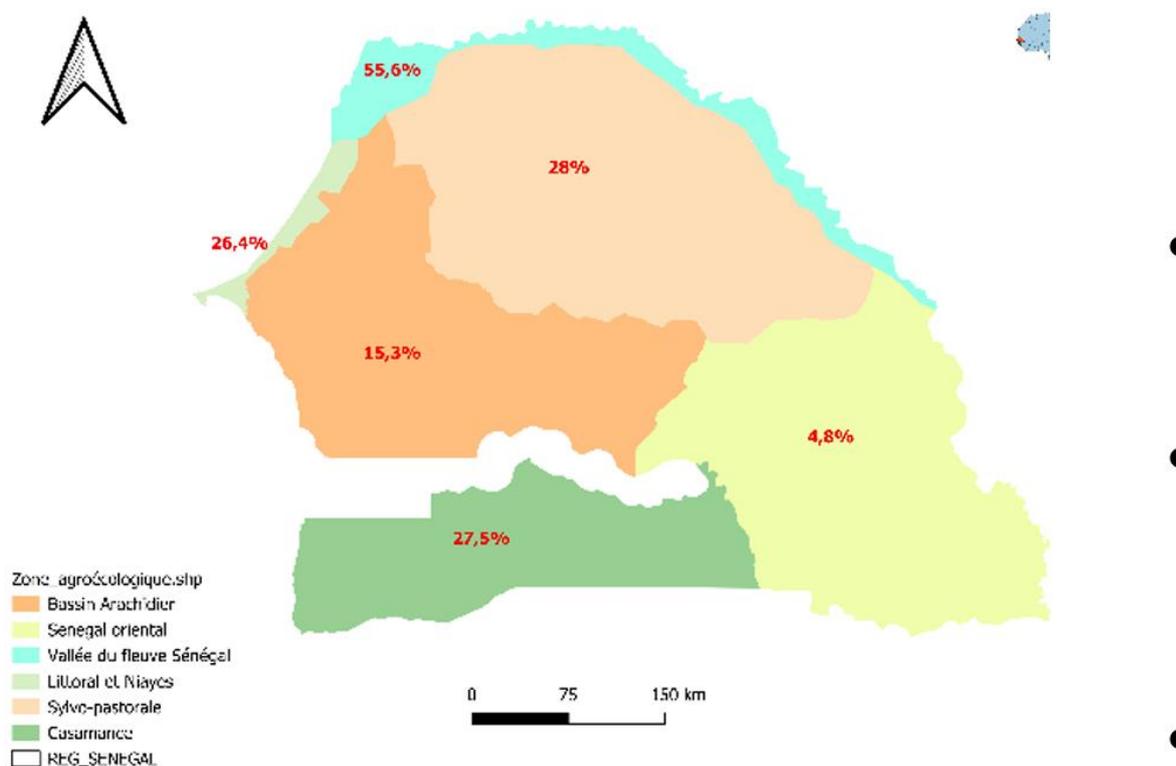


Figure 1. Zones agroécologiques avec proportion des ménages ayant au moins une installation de gestion durable des terres (GDT).

Source : DAPSA (2022, cité par DAPSA, 2024).

2.2. Méthode de régression multinomiale à changement endogène

Etant donné que chez les producteurs, l'adoption d'une ou plusieurs composantes des PAD est influencée par des facteurs observés et des facteurs non observés, alors un problème d'endogénéité se pose en raison de la nature auto-sélective de la décision de participation. Ceci engendre un biais de sélection à résoudre pour une estimation cohérente de l'impact du traitement. En outre, les exploitants peuvent confronter à une panoplie de choix (supérieur à deux) sur les techniques de PAD à adopter. Dans de tel cas, les études antérieures ont montré que le modèle de régression multinomiale à changement endogène (en anglais, Multinomial Endogenous Treatment Effect model – METE) est plus approprié pour résoudre le souci lié au biais de sélection, ainsi que pour estimer

l'impact de l'adoption de manière cohérente (Abdallah *et al.*, 2021 ; Setsoafia *et al.*, 2022 ; Eshetu *et al.*, 2023). Pour une utilisation optimale de ce modèle, cette étude se concentre sur trois pratiques d'agriculture durable : l'usage de fertilisants écologiques F (engrais bio, compost, fumier, foliaire bio) et la conservation des sols C (la jachère ou encore la rotation des cultures). Ainsi, les exploitants agricoles ont une large gamme de choix de package de PAD, présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Choix de packages de PAD

Package (J)	Description	Valeur affectée	Codification
Package 1	Non-adoption de PAD	0	C ₀ -F ₀
Package 2	Jachère uniquement	1	C ₁ -F ₀
Package 3	Fertilisation écologique uniquement	2	C ₀ -F ₁
Package 4	Combinaison de fertilisation écologique et de la jachère	3	C ₁ -F ₁

Source : Données de l'EAA 2021-2022

Le METE, développé par Deb & Trivedi (2006), est une procédure d'estimation en deux étapes. Dans la première étape, les facteurs qui influencent la décision d'adopter une option (un package de pratiques) de composante de PAD sont estimés à l'aide d'un modèle logit multinomial et en supposant que les termes d'erreur sont identiquement et indépendamment distribués. Le modèle est spécifié comme suit :

$$P_{ij} = Pr(\eta_{ij} < 0 | X_i) = \frac{\exp(X_i \beta_j)}{\sum_{m=1}^J \exp(X_i \beta_m)}$$

(1)

où P_{ij} est la probabilité pour le producteur i d'adopter la PAD j ; η_{ij} est le package de PAD défini comme $\eta_i = \eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_j$ avec η_j une variable dichotomique indiquant le package choisi ; X_i un ensemble de variables observables qui caractérisent le ménage agricole et β_j un ensemble de paramètres à estimer, qui représentent l'effet de chaque variable X_i sur la probabilité d'adopter la PAD j . L'estimation du Maximum de Vraisemblance est modélisée pour estimer les paramètres de la première étape du modèle.

La deuxième étape permet d'établir une relation entre la variable résultat (le revenu) et les variables exogènes, en utilisant la méthode des Moindres Carrés Ordinaires. Mathématiquement, l'équation est spécifiée comme suit :

$$\begin{cases} \text{Package 1 : } Q_{i1} = Z_i \alpha_1 + u_{i1} \text{ if } I = 1 \\ \vdots \\ \text{Package J : } Q_{iJ} = Z_i \alpha_1 + u_{iJ} \text{ if } I = J \end{cases} \quad (2)$$

où I est un indice montrant le choix d'un package de PAD J par le producteur i ; Q_i est le revenu du producteur i ; Z est un vecteur de variables

exogènes ; α_1 et α_j sont les paramètres à estimer et u_{i1} et u_{ij} sont les termes d'erreur.

Toutefois, il est important de noter que les résultats obtenus à la première étape sont inclus dans la seconde étape afin de réaliser une estimation sans biais en éliminant le risque de corrélation entre les termes d'erreur dans l'équation (1) et les termes d'erreur dans l'équation (2). Cette corrélation peut survenir lorsque les facteurs inobservés (instruments) spécifiés influencent simultanément l'adoption des PAD et le revenu des ménages agricoles. Les instruments spécifiés dans cette étude sont : avoir suivi une formation spécialisée en agriculture et non accès aux fertilisants conventionnels.

L'effet moyen de traitement est estimé en faisant la comparaison des résultats attendus des adoptants et des non-adoptants. Pour une meilleure estimation, de façon consistante et cohérente, la commande « *mtreatreg* » est utilisée pour calculer les coefficients des variables censées expliquer l'adoption des PAD, ainsi que pour estimer l'impact des PAD sur le revenu.

2.3. Présentation des données de l'étude

Dans cette étude, les données issues de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) 2021-2022 ont été mobilisées. Marquant la transition entre le programme AGRISurvey mis en œuvre depuis 2017 et l'Initiative 50x2030 dans laquelle la Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA) s'est engagée, l'EAA 2021-2022 a pour objectif premier de fournir des informations sur le niveau des principales productions agricoles des exploitations agricoles de type familial. C'est une opération statistique qui renseigne également sur les caractéristiques physiques des parcelles cultivées (géo-localisation, superficie) et les investissements majeurs réalisés à

leur niveau (intrants agricoles, opérations culturales, gestion et restauration des sols). En outre, elle est une enquête par sondage à deux degrés, qui a pour unités primaires les districts de recensement ruraux (DR) tels que définis lors du Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE) de 2013 et pour unités secondaires les ménages agricoles. L'EAA 2021-2022 utilise la

méthodologie harmonisée au niveau de l'ensemble des pays du CILSS.

Sur une base de sondage de 755 532 ménages agricoles dont 458 797 pratiquant l'agriculture pluviale, la taille de l'échantillon est de 7378 répartis dans 1382 DR et 42 départements du Sénégal. A l'issue de l'opération de nettoyage de la base de données, des ménages ont été éliminés, ce qui a conduit au final à une base comportant 6922 ménages agricoles.

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques sociodémographiques des répondants

Le Tableau 2 présente les caractéristiques sociodémographiques des ménages agricoles du Sénégal. Il ressort de l'analyse de ce tableau que le revenu moyen des ménages est estimé à 578 000 FCFA. Cette estimation du revenu est effectuée tout en prenant en considération les revenus tirés de la transformation directe des produits récoltés par le ménage agricole lui-même. Cependant, un grand écart est noté entre les revenus des différents ménages producteurs. Cela peut être expliqué par divers facteurs, notamment de la valorisation des produits agricoles, étant donné que les ménages ayant plus de revenus sont ceux qui ont intégré une chaîne de valeur et se sont adonnés à la transformation de leurs récoltes. Parallèlement, le revenu non agricole, tiré des activités économiques non agricoles et des transferts extérieurs, tourne en moyenne autour de 146 675 FCFA. L'âge moyen du chef de ménage est de près de 53 ans. Le tableau 2 renseigne également sur la taille moyenne des ménages agricoles, qui est de 10 individus. Ce résultat est plus ou moins acceptable, dans la mesure où il est proche du nombre de membres moyens des ménages au niveau national, estimé à 10 membres par l'ANSD (2023) dans le cadre du Recensement Général de la Population et de l'Habitat.

Tableau 2. Caractéristiques sociodémographiques des ménages agricoles

Variable	Description	Moyenne	Ecart-type
Variable dépendante			
Revenu agricole	Revenu brut de la production agricole (FCFA)	578 800	1 053 619
Variables indépendantes			
ZAE Vallée du Fleuve Sénégal	1 si membre réside dans la VFS et 0 sinon	0,045	0,207
ZAE Niayes	1 si membre réside dans les Niayes et 0 sinon	0,027	0,161
ZAE Bassin arachidier	1 si membre réside dans 1 Bassin arachidier et 0 sinon	0,515	0,500
ZAE Casamance	1 si membre réside en Casamance et 0 sinon	0,263	0,440
Sexe	1 si le chef de ménage est un homme et 0 sinon	0,936	0,246
Statut matrimonial	1 si le chef de ménage est marié et 0 sinon	0,932	0,252
Age	Age révolu du chef de ménage	52,690	13,520
Taille du ménage	Nombre de personnes dans un ménage	10,124	4,579
Sans éducation	1 si le chef de ménage n'a pas d'éducation et 0 sinon	0,735	0,441
Elémentaire	1 si le chef de ménage a un niveau d'éducation élémentaire et 0 sinon	0,148	0,355
Moyen secondaire	1 si le chef de ménage a un niveau d'éducation moyen/secondaire et 0 sinon	0,093	0,291
Culture maraichère	1 si le ménage pratique la culture maraichère et 0 sinon	0,183	0,386
Culture pluviale	1 si le ménage pratique la culture pluviale et 0 sinon	0,967	0,179
Taille de l'exploitation	Superficie des terres cultivées en hectare	3,701	3,530
Main d'œuvre	Nombre d'employés embauchés	0,839	3,204
Titre foncier	1 si le document du champ est un titre foncier et 0 sinon	0,925	0,263
Revenu non agricole	Revenu tiré d'activité non agricole (FCFA)	146 675	352 960
Membre OP	1 si membre d'une OP et 0 sinon	0,216	0,412

Subvention	1 si ménage reçoit une subvention et 0 sinon	0,199	0,399
Accès au crédit	1 si l'agriculteur a accès au crédit et 0 sinon	0,101	0,302
Choc de production	1 si l'agriculteur a subi un choc et 0 sinon	0,731	0,444
Formation spécialisée	1 si l'agriculteur reçoit une formation spécialisée en agriculture et 0 sinon	0,073	0,259

Légende : ZEA (Zone Agro-écologique), OP (Organisation paysanne).

3.2. Catégorisation des Pratiques Agricoles Durables (PAD)

Le tableau 3 indique la répartition des ménages agricoles qui appliquent des PAD en différentes catégories. Sur les quatre packages de PAD identifiés dans cette étude de 2 981 ménages agricoles, près de 50 % des producteurs n'ont adopté aucune PAD, tandis que l'autre moitié a au moins utilisé une PAD. En effet, les agriculteurs qui ont adopté uniquement la jachère, comme pratique de conservation des sols, représentent 27,68 % de l'échantillon, alors que 16,34 % des exploitants ont choisi de pratiquer uniquement la fertilisation écologique. Enfin, le tableau 3 montre également la combinaison de PAD a été optée par 15,10 % des producteurs agricoles, représentant ainsi 25,54 % des adoptions de PAD.

Tableau 3. Catégorisation des PAD

Traitement	Description	Nombre	Pourcentage (%)	Cumul
C ₀ -F ₀	Aucune des PAD (catégorie de base)	1 219	40,89	40,89
C ₁ -F ₀	Utilisation de la jachère uniquement	825	27,68	68,57
C ₀ -F ₁	Utilisation de la fertilisation écologique uniquement	487	16,34	84,90
C ₁ -F ₁	Combinaison de fertilisation écologique et de la jachère	450	15,10	100
Total		2 981	100	

Source : Données de l'EAA 2021-2022

3.3. Déterminants de l'adoption des PAD au Sénégal

Le tableau 4 comporte les résultats de l'estimation permettant d'identifier les facteurs qui expliquent la décision d'adopter les PAD par les agriculteurs. Ainsi, il est important de noter que les petits exploitants qui n'ont choisi aucune PAD, c'est-à-dire ceux qui sont de la catégorie C₀F₀, sont utilisés comme groupe de référence dans les estimations empiriques. Les résultats révèlent que les variables telles que la taille de l'exploitation et les ressources financières (revenu non agricole et obtention d'une subvention) influencent significativement et positivement sur l'utilisation d'une PAD unique (jachère ou fertilisation écologique) et sur leur combinaison. En d'autres termes, les agriculteurs qui disposent de plus de ressources financières et de taille d'exploitation peuvent investir dans des équipements et sont moins contraints par les considérations financières immédiates, ce qui fait qu'ils sont plus enclins à adopter les PAD.

En revanche, la résidence dans la zone agroécologique de la Vallée du Fleuve Sénégal est négativement corrélée à la pratique durable dans l'agriculture qu'elle que soit la catégorie de PAD. Cette zone est connue pour son système de riziculture intensive, qui s'appuie fortement sur des intrants chimiques et des pratiques culturales conventionnelles peu durables. Au contraire, dans la zone des Niayes, l'adoption de la fertilisation écologique et la combinaison de la jachère et de la fertilisation écologique sont positivement influencées.

Le tableau 4 montre aussi le rôle du genre et des types de cultures dans l'adoption des PAD. Les femmes sont plus susceptibles de pratiquer des techniques d'agriculture durable dans leurs exploitations, notamment la fertilisation écologique, comme l'illustre le signe négatif du coefficient associé au « chef de ménage homme ». Il convient également de noter que les variables des pratiques de culture pluviale et maraichère influencent négativement et de façon respective le choix unique d'utiliser les fertilisants écologiques et l'utilisation de la jachère ainsi que la combinaison de deux. Les cultures pluviales et maraichères au Sénégal ont souvent des cycles de production courts, ce qui peut limiter l'intérêt de certains producteurs pour des pratiques comme la jachère qui nécessite un temps de repos considérable pour le sol.

L'accès au crédit encourage les petits exploitants à adopter la pratique de la conservation des sols. L'accès au crédit permet aux producteurs, en plus d'investir dans des technologies et des pratiques comme la conservation des sols, de bénéficier dans une certaine mesure de programmes de formation et d'assistance techniques, leur permettant ainsi d'acquérir des compétences nécessaires pour mettre en œuvre les pratiques de conservation des

sols de manière efficace. De plus, les faits de suivre une formation spécialisée en agriculture et de subir un choc de production constituent des facteurs déterminants pour la décision de choisir uniquement la conservation de sols et la combinaison de la jachère et la fertilisation écologique. Les chocs de production sont en fait des événements indésirables qui peuvent inciter les petits exploitants à adopter des PAD pour être plus résilient. En cas de baisse de rendement, les PAD peuvent être mises en œuvre comme mesures palliatives aux externalités.

Tableau 4. Estimation des déterminants de l'adoption des PAD

Variable	Type de package de PAD		
	C ₁ -F ₀ (N=825)	C ₀ -F ₁ (N=487)	C ₁ -F ₁ (N=450)
ZAE Vallée Fleuve Sénégal	-1,057 (0,293) ***	-1,439 (0,395) ***	-3,724 (1,045) ***
ZAE Niayes	-1,486 (0,691) **	0,878 (0,394) **	1,081 (0,465) **
Sexe (homme)	0,021 (0,298)	-0,574 (0,301) **	0,141 (0, 400)
Statut matrimonial	0,184 (0,283)	0,242 (0,301)	0,649 (0,377) *
Age	-,001 (0,004)	0,010 (0,005) **	-0,005 (0,005)
Sans éducation	-0,069 (0,173)	0,193 (0,210)	0,150 (0,213)
Elémentaire	-0,209 (0,212)	0,053 (0,254)	-0,154 (0,264)
Taille du ménage	0,002 (0,013)	0,008 (0,015)	-0,014 (0,016)
Culture maraichère	-0,329 (0,160) **	0,238 (0,172)	-0,331 (0,201) *
Culture pluviale	0,600 (0,531)	-1,058 (0,371) ***	-0,191 (0,535)
Taille de l'exploitation	0,0712 (0,018) ***	0,040 (0,021) *	0,118 (0,020) ***
Revenu non agricole	4,08e-07 (1,89e-07) **	6,31e-07 (1,94e-07) ***	6,98e-0 (1,98e-07) ***
Main d'œuvre	-0,024 (0,017)	-0,011 (0,019)	-0,090 (0,030) ***
Titre foncier	0,195 (0,220)	-0,148 (0,227)	0,287 (0,275)
Subvention	0,941 (0,145) ***	1,419 (0,160) ***	0,958 (0,171) ***
Accès au crédit	0,690 (0,185) ***	-0,164 (0,242)	0,356 (0,228)
Membre OP	0,211 (0,142)	-0,115 (0,167)	-0,192 (0,179)
Formation spécialisée	0,672 (0,226) ***	-0,380 (0,318)	1,335 (0,252) ***
Choc de production	0,631 (0,126) ***	0,128 (0,138)	0,690 (0,157) ***
Constante	-2,354 (0,638) ***	-1,058 (0,538) *	-2,975 (0,729) ***

Légende : ZAE (Zone Agro-écologique) ; PAD (Pratique Agricole Durable), OP (Organisation paysanne)

Source : Auteur, à partir des données de l'EAA 2021-2022

3.4. Impact des PAD sur le revenu des ménages agricoles au Sénégal

La commande « mtreareg » permet d'obtenir directement, en plus des déterminants des PAD, une estimation des effets de traitement des différentes covariables retenues sur le revenu des petits exploitants, ainsi que de ceux de chaque catégorie de PAD. Cependant, l'analyse des résultats présentés dans le tableau 5 se focalise uniquement sur les effets de traitement des packages de pratiques durables dans l'agriculture. Les résultats indiquent une disparité des impacts des différents packages sur le revenu. Ainsi, le tableau 5 montre que l'adoption unique des techniques de conservation des sols comme la jachère ou l'utilisation de la fertilisation écologique n'ont pas d'impact significatif sur le revenu des petits exploitants sénégalais. Ce résultat peut se traduire par une insuffisance importante de l'adoption de la jachère ou de la fertilisation écologiques de sorte qu'elles soient capables d'augmenter le revenu des ménages. Il est important de noter aussi qu'au Sénégal, la jachère perd aujourd'hui son ampleur d'antan, elle est substituée par la pratique fréquente de la rotation des cultures. En parallèle, l'utilisation unique des fertilisants écologiques reste limitée et est souvent associée à l'usage de fertilisants non organiques. Ce qui pourrait engendrer un impact non significatif sur le revenu.

Nonobstant, l'impact non significatif de l'adoption de manière séparée des deux PAD, leur combinaison fait état d'une amélioration significative et positive des revenus des petits exploitants. En effet, les résultats révèlent que la combinaison de la jachère et de la fertilisation augmente en moyenne le revenu des petits exploitants de 158 190 FCFA. Ce résultat confirme l'hypothèse selon laquelle, les effets de synergie entre les pratiques durables renforcent leur impact économique, à travers une amélioration de la productivité et une restitution des nutriments du sol, tout en réduisant les coûts de fertilisation.

Tableau 5. Estimation des effets de traitement moyen

Variabes	dy/dx	Std. Err.	z	P> z
ZAE Vallée Fleuve Sénégal	425130,50	92004,25	4,62	0,000 ***
ZAE Niayes	634285,20	132373,30	4,79	0,000 ***

Sexe (homme)	-56874,85	94528,26	-0,60	0,547
Statut matrimonial	112858,1	91238,92	1,24	0,216
Age	1373,74	1340,88	1,02	0,306
Sans éducation	-38855,49	56825,41	-0,68	0,494
Elémentaire	72118,46	69557,70	1,04	0,300
Taille du ménage	-447,31	4174,39	-0,11	0,915
Culture maraichère	143068,70	51376,31	2,78	0,005 ***
Culture pluviale	-580589,80	124379,10	-4,67	0,000 ***
Taille de l'exploitation	93949,33	5612,47	16,74	0,000 ***
Revenu non agricole	0,36	0,05	7,12	0,000 ***
Main d'œuvre	10482,92	5636,34	1,86	0,063 *
Titre foncier	106682,50	68610,01	1,55	0,120
Subvention	-12554,76	46225,02	-0,27	0,786
Accès au crédit	137366,30	61465,61	2,23	0,025 **
Membre OP	97194,35	46732,33	2,08	0,038 **
Constante	408890,10	169171,00	2,42	0,016 **
_C ₁ -F ₀	54353,46	52638,05	1,03	0,302
_C ₀ -F ₁	-77671,17	60305,42	-1,29	0,198
_C ₁ -F ₁	158192,10	61758,25	2,56	0,010 ***
/Insigma	13,77	0,01	1032,83	0,000
/lambda_C ₁ -F ₀	-42560,40	33264,16	-1,28	0,201
/lambda_C ₀ -F ₁	110308,00	32483,48	3,40	0,001
/lambda_C ₁ -F ₁	-49452,70	33299,11	-1,49	0,138
sigma	955281,80	12735,85		

Source : Auteur, à partir des données de l'EAA 2021-2022

4. DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette étude convergent avec de nombreuses recherches antérieures menées sur l'adoption des PAD en Afrique subsaharienne. D'une part, les facteurs socioéconomiques et institutionnels jouent un rôle déterminant. La taille et l'accès aux ressources financières se révèlent être des éléments clés dans l'adoption de PAD. En effet, les exploitations mieux dotées en capital bénéficient d'une capacité d'investissement accrue, ce qui leur permet de financer des innovations telles que la fertilisation écologique ou la jachère. Ces conclusions rejoignent les travaux de Manda *et al.* (2016), de Gebremariam et Wünsch (2016) et de Setsoafa *et al.* (2022), qui insistent sur le fait que des exploitants dotés d'un plus grand potentiel économique sont plus enclins à adopter des technologies agricoles avancées, tout en présentant une meilleure tolérance au risque. Par ailleurs, l'accès aux crédits et aux formations spécialisées constituent un levier essentiel pour surmonter les obstacles techniques et financiers. Comme le montrent Tambo *et al.* (2021), des programmes de financement dédiés facilitent non seulement l'acquisition d'intrants organiques et la construction d'infrastructures de conservations des sols, mais permettent également aux agriculteurs d'acquérir de nouvelles compétences techniques, indispensables à l'implémentation efficace des pratiques durables.

D'autre part, le rôle de la localisation agro-écologique apparaît comme un déterminant crucial. Les divergences observées entre la Vallée du Fleuve

Sénégal et la Zone des Niayes illustrent l'importance du contexte environnemental et du mode de production dominant. Dans des zones à forte intensification chimique, telles que la Vallée du Fleuve Sénégal, l'adoption de pratiques alternatives est souvent perçue comme risquée et moins rentable à court terme, en raison de l'empreinte historique de la riziculture intensive reposant sur des intrants chimiques. En revanche, dans la zone des Niayes, caractérisée par une plus grande diversité de systèmes de production, allant de l'agriculture pluviale à l'horticulture, l'intégration de pratiques telles que la jachère et la fertilisation écologique semble plus attrayante. Ces constats corroborent les travaux de l'IED Afrique (2016), qui mettent en lumière l'influence du contexte agro-écologique sur l'adoption des pratiques durables.

Le genre constitue également un facteur différenciateur important dans l'adoption des PAD. Les résultats de cette étude indiquent que les femmes adoptent plus facilement des techniques telles que la fertilisation écologique, une observation qui concorde avec les études de Tambo *et al.* (2021) et de Setsoafa *et al.* (2022). Cette tendance pourrait s'expliquer par le rôle traditionnel des femmes dans la gestion du foyer et de l'alimentation, les rendant plus sensibles aux approches axées sur les préservations des ressources naturelles et sur la pérennité des systèmes agricoles. De surcroît, les disparités de

genre dans l'accès aux ressources, à l'information et à la formation semblent influencer sur la nature des pratiques adoptées, renforçant ainsi la nécessité de politiques spécifiques pour promouvoir l'équité dans l'accès aux innovations agricoles.

Par ailleurs, l'analyse des synergies entre différentes pratiques souligne que l'adoption isolée d'une technique, qu'il s'agisse de la jachère ou de la fertilisation écologique, ne suffit pas à améliorer significativement le revenu des exploitants. Ce constat rejoint l'idée largement diffusée dans la littérature selon laquelle, les pratiques durables doivent être mises en œuvre de manière intégrée pour générer des effets positifs tangibles. Des études, notamment celles de Gebremariam et Wünscher (2016) et d'Oduniyi et Tekana (2021), ont démontré que seule la combinaison de plusieurs techniques, telles que la rotation des cultures, la fumure organique et l'utilisation des semences améliorées, peut engendrer un effet de synergie capable d'augmenter les rendements et, par conséquent, d'améliorer les revenus des exploitants. Cette approche globale permet non seulement de restaurer la fertilité des sols, mais aussi de réduire les coûts liés aux intrants, renforçant ainsi la rentabilité de l'activité agricole. Setsoafa *et al.* (2022) ont montré que l'adoption de trois PAD a un impact plus important sur le revenu que l'utilisation d'une pratique unique ou la combinaison de deux. Alors, il apparaît clairement que la combinaison de PAD est un choix optimal qui renforce l'efficacité des pratiques agricoles. De plus, le fait de laisser reposer, de restituer et d'apporter des nutriments au sol simultanément contribuent à sa fertilité, ce qui permettrait d'obtenir un meilleur rendement. Cela permet également à l'exploitant de réduire ses coûts liés à la fertilisation des sols, ce qui se répercute sur la rentabilité économique de l'activité agricole, notamment en termes de hausse du revenu.

5. CONCLUSION

L'agriculture sénégalaise est confrontée à de nombreux défis, notamment la dégradation des sols, l'appauvrissement des ressources naturelles, les changements climatiques et la faible productivité. Les PAD apparaissent comme une solution prometteuse pour relever ces défis et améliorer les conditions de vie des ménages agricoles, notamment l'amélioration de leurs revenus. Cette étude se fixe pour objectif d'identifier les facteurs déterminants de l'adoption des PAD au Sénégal et d'évaluer leur impact sur le revenu des ménages agricoles. La méthode de régression multinomiale à changement endogène a été ainsi mise en œuvre sur les données de l'EAA 2021-2022. Les résultats de l'étude révèlent que plusieurs facteurs influencent la décision des petits exploitants sénégalais d'adopter les PAD. Parmi ces facteurs, on peut noter : la taille de l'exploitation, le revenu non

agricole, l'obtention d'une subvention, l'accès au crédit, la formation spécialisée en agriculture, le sexe et la zone agro-écologique. Ils montrent aussi un impact positif sur le revenu des ménages agricoles au Sénégal. Cependant, cet impact n'est pas uniforme à toutes les techniques de PAD, mais dépend exclusivement de la combinaison des PAD adoptée. Ainsi, l'adoption de la jachère ou de la fertilisation écologique seule n'a aucun impact significatif sur le revenu. Toutefois, la combinaison de la jachère et de la fertilisation écologique augmente le revenu des ménages agricoles de 158 190 FCFA en moyenne. Les PAD se positionnent alors comme un outil pour améliorer les conditions de vie, à travers le revenu, des petits exploitants.

Sur la base des résultats obtenus, l'étude souligne l'importance d'accorder une place primordiale de la promotion des PAD dans les politiques publiques. Cela peut se faire à travers la mise en place de programmes de sensibilisation des petits exploitants sur les enjeux des PAD, du dérèglement climatique et de la dégradation environnementale. Ces programmes doivent nécessairement intégrer des activités de renforcement technique, allant de la fourniture de connaissances et compétences à l'amélioration du ratio agent de vulgarisation/agriculteur. Les agents de vulgarisation auront particulièrement la charge d'apporter un appui technique et d'encourager le développement de nouvelles techniques de PAD. L'investissement dans les PAD nécessite souvent des moyens plus ou moins importants. Donc, des politiques d'octroi de crédits incitatifs et conditionnels au PAD devraient être mis en place, telle que pratiquer dans le secteur rizicole donnant naissance au financement tripartite intégré.

Références

- Abdallah A.-H., Abdul-Rahman A. & Issahaku G., 2021. Sustainable Agricultural Practices, Farm Income and Food Security among Rural Households in Africa. *Research Square*, 13 p. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-330019/v1>
- Abdulai A. & Huffman W., 2014. The Adoption and Impact of Soil and Water Conservation Technology: An Endogenous Switching Regression Application. *Land Economics*, 90(1), 26-43. <https://doi.org/10.3368/le.90.1.26>
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographique (ANSD), 2020. *Enquête harmonisée sur les Conditions de Vie des Ménages au Sénégal*. Rapport final, 181 p.
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographique (ANSD), 2021a. *Situation économique et sociale régionale de Ziguinchor*, 133 p.
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographique (ANSD), 2021b. *Situation économique et sociale régionale de Tambacounda*, 97 p.

- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographique (ANSD), 2023. *Recensement général de la Population et de l'Habitat (RGPH-5)*. Rapport préliminaire, 22 p.
- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographique (ANSD), 2024. *Recensement Général de la Population et de l'Habitat*. Rapport national, 418 p.
- Bachmann L. & Seck S.M., 2018. Promouvoir l'agriculture saine et durable auprès des exploitations familiales : Voies durables pour un meilleur système alimentaire au Sénégal. *Enda Pronat. Eval.-Nr.*, 2153(Z),1031 – 1147.
- Basse B. W., Mbaye S. & Diop O., 2022. Impact des bonnes pratiques agricoles sur le rendement des cultures d'anacarde (noix de cajou) au Sénégal. *Science, Technologie, Développement*, 2(1), 1-15.
- Connor M., De Guia A.H., Pustaka A.B., Sudarmaji K.M. & Hellin J., 2021. Rice Farming in Central Java, Indonesia—Adoption of Sustainable Farming Practices, Impacts and Implications. *Agronomy*, 11(5), 881-895. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050881>
- Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques (DAPSA), 2021. *Les exploitations agricoles de type familial au Sénégal*. Rapport final, 21 p.
- Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques (DAPSA), 2024. *Pratique de l'agroécologie au Sénégal : enjeux et défis*. Note politique, 4 p.
- Deb P. & Trivedi P. K., 2006. Maximum Simulated Likelihood Estimation of a Negative Binomial Regression Model with Multinomial Endogenous Treatment. *The Stata Journal: Promoting communications on statistics and Stata*, 6(2), 246-255. <https://doi.org/10.1177/1536867X0600600206>.
- Diagne C., Leroy B., Vaissière A. C., Gozlan R. E., Roiz D., Jarić I., Salles J. M., Bradshaw C. J. & Courchamp F., 2021. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, 592, 571–576.
- Eshetu F., Haji J., Ketema M. & Mehare A., 2023. Impact of rural out-migration on poverty of households in southern Ethiopia. *Cogent Economics & Finance*, 11(1), 2169996. <https://doi.org/10.1080/23322039.2023.2169996>.
- Fall M., Niang S. & Sy B.A. 2022. *Les Niayes du Littoral Nord du Senegal: Processus de Mise en Place, Salinisation des eaux Souterraines et des Sols*. ESI Preprints, 199 p. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.11.2022>.
- Fonds International de Développement Agricole, 2019. *Etude sur le potentiel agricole des zones agroécologiques du Sénégal*. Rapport, 113 p.
- Gebremariam G. & Wünscher T., 2016. Combining sustainable agricultural practices pays off: evidence on welfare effects from Northern Ghana. *AgEcon Search, Research Access Agricultural & Applied Economics*, 24 p.
- Gunawardena U.A.D.P., 2022. Soil Degradation: Causes, Consequences, and Analytical Tools. In *Land Degradation Neutrality: Achieving SDG15 by Forest Management*. Springer Nature Singapore PteLtd, pp. 155-170.
- IED Afrique, 2016. L'impact de l'agroécologie en questions. *Revue Sur L'agriculture Durable À Faibles Apports Externes*, 32(3), 1-34.
- Khonje M.G., Manda J., Mkandawire P., Tufa A.H. & Alene A.D., 2018. Adoption and welfare impacts of multiple agricultural technologies : Evidence from eastern Zambia. *Agricultural Economics*, 49(5), 599-609. <https://doi.org/10.1111/agec.12445>
- Manda J., Alene A.D., Gardebroek C., Kassie M. & Tembo G., 2016. Adoption and Impacts of Sustainable Agricultural Practices on Maize Yields and Incomes : Evidence from Rural Zambia. *Journal of Agricultural Economics*, 67(1), 130-153. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12127>
- Manda J., Gardebroek C., Kuntashula E. & Alene A.D., 2018. Impact of improved maize varieties on food security in Eastern Zambia : A doubly robust analysis. *Review of Development Economics*, 22(4), 1709-1728. <https://doi.org/10.1111/rode.12516>
- Masse D., Cadet P., Chotte J.-L., Diatta M., Floret C., N'Diaye-Fay, N., Pate E., Pontanier R., Thioulouse J. & Villenave C., 1998. Jachères naturelles et restauration des propriétés des sols en zone semi-aride : cas du Sénégal. In Ganry, F., & Feller, C. (Eds.), *Sols tropicaux : quelques expériences de gestion de la matière organique*. *Agriculture et Développement*, (18), 31-38.
- Mulvany P. & Murphy B., 2015. Sustaining local food webs: insights from Kenya and the UK. *Food Chain*, 5(3): 181–202. <https://doi.org/10.3362/2046-1887.2015.009>.
- Nacro S., Ouedraogo S., Traore K., Sankara E., Kabore C. & Ouattara B., 2011. Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(4), 1044-1055. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i4.63042>.
- Ndiaye O., Diallo A., Matty F., Thiaw A., Fall R.D. & Guisse A. 2012. Caractérisation des sols de la zone des Niayes de Pikine et de Saint-Louis. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(1), 519-528.
- Ndiaye, P.M., Bodian A. & Diop S.B. 2022. Paradoxe d'évaporation dans la Vallée du Fleuve Sénégal. *Physio-Géo*, 17, 67-82.
- Oduniyi O.S. & Tekana S.S., 2021. Does Information Acquisition Influence the Adoption of Sustainable Land Management Practices? Evidence From Mpumalanga Province South Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 769094.
- Pani P., 2020. *Land Degradation and Socio-Economic Development: A Field-based Perspective*. Springer International Publishing; Springer, 178 p.
- Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED), 2001.

Intensification de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal : acquis et perspectives, 23 p.

Setsoafia E.D. Ma W. & Renwick A., 2022. Effects of sustainable agricultural practices on farm income and food security in northern Ghana. *Agricultural and Food Economics*, 10(9), 2-15. <https://doi.org/10.1186/s40100-022-00216-9>

Tambo J.A., Matimelo M., Ndhlovu M., Mbugua F. & Phiri N., 2021. Gender-differentiated impacts of plant clinics on maize productivity and food security: Evidence from Zambia. *World Development*, 145, 105519. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105519>.

Tey Y.S., Li E., Bruwer J., Abdullah A.M., Brindal M., Radam A., Ismail M.M. & Darham S., 2017. Factors influencing the adoption of sustainable agricultural practices in developing countries: a review. *Environmental Engineering and Management Journal*, 16(2), 337-349. <https://doi.org/10.30638/eemj.2017.034>.

Weeraratna S., 2022. *Understanding Land Degradation: An Overview*. SpringerBriefs in Geography, 75 p.