

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation  
(MESRSI)  
Université Thomas SANKARA (U.T.S)

Unité de Formation et Recherche en Sciences Economiques et Gestion  
(UFR/SEG)

Programme du Troisième Cycle Interuniversitaire (P.T.C.I)

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master Recherche en Economie Industrielle.

### Thème

Déterminants et effet de l'adoption de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages  
au Burkina Faso : cas du transect Yilou-Kamboinsé

Présenté par : **OUEDRAOGO Soumaïla**

#### Sous la direction de :

**Pr. Noël THIOMBIANO,**  
*Agrégé des Facultés de Sciences Economiques*  
Université Thomas SANKARA

#### Sous la codirection de :

**Dr. Safietou SANFO,**  
*Maitre-Assistante en Sciences Economiques*  
Université Thomas SANKARA  
**Dr. Pascaline COULIBALY/LINGANI,**  
Chargé de recherche, Sociologie de  
l'Environnement  
INERA-CNRST- Burkina Faso

**Octobre 2021**

## **DEDICACE**

*A ma famille et à tous ceux qui ont toujours cru en moi et qui m'ont soutenu.*

## REMERCIEMENTS

L'accomplissement de ce travail est le fruit de la contribution de plusieurs personnes et structures auxquelles nous tenons à remercier.

Nos remerciements vont à l'endroit de :

- **Pr Noël THIOMBIANO**, notre directeur de mémoire. Merci de nous avoir accepté comme votre étudiant malgré vos multiples occupations administratives et professionnelles. Vous avez toujours été disponible et vos conseils et orientations ont contribué énormément à améliorer la qualité de notre document.
- **Dr Safietou SANFO** pour avoir accepté d'assurer la codirection de notre mémoire. Votre constante disponibilité et vos critiques constructives nous ont été d'une très grande utilité.
- **Dr Pascaline COULIBALY/LINGANI**, merci de nous avoir accepté comme stagiaire et codirigé notre mémoire malgré vos nombreuses responsabilités. Votre expérience et votre expertise nous ont été d'une grande utilité.
- Tout le personnel enseignant de l'UFR/SEG pour la rigueur dans leur travail durant toutes ces années.
- **Pr Tito Nestor TIEHI**, directeur du PTCL, et son personnel pour la tenue du CCCO, malgré le contexte sanitaire.

Nous remercions l'INERA pour l'accord de stage, la mise à disposition des données et le soutien financier durant cette période.

Nous remercions par ailleurs, le Directeur de WASCAL et son personnel pour l'accueil chaleureux durant la période de stage. Nous remercions particulièrement nos collègues stagiaires de ladite structure pour leurs apports, suggestions et critiques constructives.

Nous remercions le grand-frère **Yassia OUEDRAOGO** pour ses conseils et encouragements.

Nous sommes reconnaissants envers les aînés **Hamidou OUEDRAOGO** et **Boukary OUEDRAOGO**, doctorants à l'école doctorale de l'Université Thomas SANKARA et envers le camarade **Rasmané SORO** pour les multiples conseils et orientations.

Nous ne saurons terminer sans remercier l'ensemble des étudiants de la 24<sup>e</sup> promotion du PTCL et plus particulièrement à ceux de l'Université Thomas SANKARA pour leurs soutiens multiformes et conseils.

## SOMMAIRE

<b>DEDICACE</b> .....	i
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	ii
<b>SOMMAIRE</b> .....	iii
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	iv
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	v
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>1 Revue de littérature sur les déterminants de l'adoption de l'agroforesterie et l'effet de l'adoption sur le revenu agricole</b> .....	6
<b>2 Méthodologie de Recherche sur l'effet de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages</b> .....	13
<b>3 Analyse des résultats</b> .....	24
<b>4 Conclusion</b> .....	35
<b>5 Bibliographie</b> .....	37
<b>6 Annexes</b> .....	viii

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1</b> : signes attendus des coefficients.....	19
<b>Tableau 2</b> : Fréquences des variables exogènes.....	24
<b>Tableau 3</b> :Corrélation entre les variables du modèle.....	27
<b>Tableau 4</b> : Résultats de l'estimation du modèle d'adoption.....	29
<b>Tableau 5</b> : Effet de l'adoption sur le revenu (ln (revenu agricole)).....	32

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

<b>COP</b>	: Conférence des Parties
<b>DGESS</b>	: Direction Générale des Etudes Statistiques Sectorielles
<b>EPA</b>	: Enquête Permanente Agricole
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization / Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
<b>FCFA</b>	: Franc de la Communauté Financière Africaine
<b>PHMECV</b>	: Programme d'Harmonisation et de Modernisation des Enquêtes sur les Conditions de vie des ménages.
<b>PIB</b>	: Produit Intérieur Brut
<b>PNUE</b>	: Programme des Nations Unies pour l'Environnement
<b>RAMSES S II</b>	: Roles of Agroforestry in sustainable intensification of small farms and food SEcurity for SocIeties in West Africa
<b>RG A</b>	: Recensement Général de l'Agriculture
<b>RNA</b>	: Régénération Naturelle Assistée

## **Résumé**

L'objectif de notre recherche est d'analyser l'effet de transferts de fonds des migrants sur l'adoption de l'agroforesterie et d'évaluer l'effet de cette adoption sur le revenu agricole des ménages. Le modèle d'effet de traitement endogène a été utilisé pour l'estimation. Des résultats d'estimation, il ressort que le transfert de fonds des migrants, la tenure et le revenu des produits forestiers non ligneux augmentent la probabilité d'adoption de l'agroforesterie. En revanche, les hommes adoptent moins la technologie par rapport aux femmes. La migration aussi diminue la probabilité d'adoption de la technologie. De l'équation de revenu, il découle que l'adoption influence positivement et significativement le revenu agricole. L'adoption de l'agroforesterie a augmenté le revenu agricole par tête de ménage de 175,84 FCFA soit 2,20%. En plus de l'adoption, le revenu agricole augmente avec l'âge et le revenu des produits forestiers non ligneux, mais diminue avec l'éducation. Les décideurs politiques devraient avoir des décisions fermes sur la spéculation foncière que vit actuellement, le pays tout en sécurisant le foncier afin d'encourager l'adoption de l'agroforesterie. Ils devraient également promouvoir la cueillette et la transformation des produits forestiers non ligneux qui pourraient générer des ressources de financement agricole.

Mots-clés : adoption de l'agroforesterie ; revenu agricole ; effet de traitement ; Burkina Faso

## **Abstract**

The objective of our research is to analyse the effect of migrant remittances on the adoption of agroforestry and to assess the effect of this adoption on household agricultural income. The endogenous treatment effect model was used for estimation. The estimation results show that migrant remittances, tenure and income from non-timber forest products increase the probability of adopting agroforestry. In contrast, men adopt the technology less than women. Migration also reduces the probability of technology adoption. From the income equation, it follows that adoption positively and significantly influences farm income. The adoption of agroforestry increased farm income per household head by 175.84 FCFA or 2.20%. In addition to adoption, farm income increases with age and income from non-timber forest products, but decreases with education. Policy makers should take firm decisions on the current land speculation in the country and secure land tenure to encourage the adoption of agroforestry. They should also promote the collection and processing of non-timber forest products that could generate agricultural finance.

Keywords: agroforestry adoption, farm income, treatment effect, Burkina Faso

## INTRODUCTION

L'adoption d'innovations technologiques dans l'agriculture telles que l'agroforesterie a attiré une attention considérable parmi les économistes du développement. Pour Feder et al. (1985), deux raisons sous-tendent cette affirmation. La première tire son origine de l'importance de la production agricole dans la contribution à la sécurité alimentaire des ménages. En revanche, la deuxième raison se réfère au rôle de la technologie dans la production et l'augmentation des revenus. L'agroforesterie constitue une solution à la dégradation des terres agricoles. En effet, Olujobi (2018) souligne que l'agroforesterie peut être adoptée comme une stratégie efficace pour résoudre le problème de l'épuisement des nutriments du sol en vue d'apporter une réponse au problème de dégradation des sols.

Au-delà des experts de la discipline, l'adoption de l'agroforesterie a suscité un grand intérêt aux yeux des décideurs. En effet, Scherr (1995) soutient que l'augmentation des investissements dans l'agroforesterie tropicale et dans la recherche et le développement de la foresterie agricole a été encouragée par les donateurs et les gouvernements. Cet intérêt de l'agroforesterie a été également reconnu au niveau international. Ainsi, FAO (2015) rapporte que la Convention-cadre sur les changements climatiques, la Convention sur la diversité biologique des Nations Unies et le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ont reconnu le potentiel qu'a l'agroforesterie à contribuer au développement durable.

Le phénomène de la déforestation et de la dégradation des terres dans le monde milite aussi en faveur de l'adoption de l'agroforesterie. En effet, Baig et al. (2008) soutiennent que bien vrai que le phénomène soit mondial, il est encore plus préoccupant dans les pays en développement qui connaissent une diminution à un rythme alarmant de leurs forêts productives ainsi que leurs terres fertiles. La déforestation reste donc une préoccupation environnementale à l'échelle mondiale même si elle se pose avec beaucoup plus d'acuité dans les pays en développement (Rahman, 2014). L'effet de la croissance de la population est également non négligeable sur le système agroforestier. Ainsi, pour Dugué et al., (2015), la pression croissante des populations rurales sur les ressources naturelles, l'accentuation des aléas climatiques et les capacités d'investissement limitées des exploitations familiales ont entraîné progressivement une dégradation des agrosystèmes. En outre, les principales espèces

forestières sont de plus en plus soumises à une surexploitation qui dépasse leurs capacités de renouvellement naturel (Yelemou et al., 2007).

Dans les pays en développement comme le Burkina Faso, la rareté des terres arables accentue ces problèmes. En effet, Combary (2016) indique que l'agriculture burkinabè est confrontée à des contraintes importantes telles que la rareté des terres arables. Cette rareté des terres arables ne favorise pas la pratique de la jachère et cela influence négativement les parcs agroforestiers. C'est dans ce sens que Augusseau (2006) mentionne que dans le sud-ouest du Burkina Faso, la biodiversité des arbres et les parcs traditionnels sont sous pression, à mesure que les périodes de jachère diminuent et que les techniques de culture intensive se développent. Pourtant, les arbres jouent un rôle important dans les stratégies des agriculteurs. Cela a pour conséquence directe la baisse du rendement. La faiblesse des rendements a une cause structurelle. Selon les résultats de l'Enquête Permanente Agricole EPA (2010 à 2020) réalisée par la Direction Générale des Etudes Statistiques Sectorielles du Ministère en charge de l'Agriculture, l'observation des rendements montre que ceux-ci sont plus ou moins stables, indiquant ainsi que l'agriculture burkinabè ne se modernise pas.

L'adoption des techniques culturales est présentée comme une solution pour aboutir à une agriculture durable capable d'influencer de manière significative et positive les conditions de vie des ménages notamment alimentaires (Feder et al., 1985 ; Neupane et Thapa, 2001 ; Mendola, 2007). En effet, Boserup (1965) montre qu'à mesure que les densités de population augmentent et/ou que la demande de produits agricoles augmente, les pressions foncières qui en résultent induisent l'adoption d'innovations technologiques. Parmi ces technologies, l'agroforesterie occupe une place de choix. En effet, pour Mbow et al. (2013), avec les pénuries alimentaires et les menaces accrues du changement climatique, l'intérêt pour l'agroforesterie augmente grâce à son potentiel à répondre à divers besoins d'adaptation à la ferme et à remplir de nombreux rôles dans les voies d'atténuation liées au changement climatique. L'agroforesterie fournit des services écosystémiques et réduit les impacts humains sur les forêts naturelles. Dhakal (2015) soutient que dans un contexte du changement climatique où l'agroforesterie est considérée comme une agriculture intelligente face au climat, il est de la plus haute importance d'étudier les facteurs qui conduisent les agriculteurs à adopter une pratique de gestion des terres aussi prometteuse. En outre, selon des études effectuées par FAO (2015), davantage de recherche est nécessaire pour déterminer quels sont

les facteurs qui encouragent l'adoption des pratiques agroforestières dans différents contextes ruraux.

Malgré les multiples opportunités en faveur de l'adoption de l'agroforesterie ainsi que son importance sur l'amélioration des conditions de vie de ménages via son rôle sur le revenu, son adoption reste problématique. En effet, Kimiti et al., (2016) soulignent que dans les terres semi-arides de Makueni, au Kenya, l'adoption de pratiques agroforestières est faible malgré le potentiel reconnu de l'agroforesterie pour contribuer à des systèmes agricoles plus résilients, à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté.

Le Burkina Faso est un pays essentiellement agricole. En effet, plus de  $\frac{2}{3}$  de la population tire l'essentiel de ses moyens de subsistance dans l'agriculture avec une faible contribution au PIB ( $\frac{1}{3}$ ). En outre, l'incidence de la pauvreté en 2018 était de 41,4% (PHMECV, 2018). Cette pauvreté est inégalement répartie dans le pays. Ainsi Yilou est situé dans une région considérée comme l'une des plus pauvres au Burkina Faso (55,4% sont des pauvres). L'incidence de la pauvreté de Guibaré, chef-lieu de département de Yilou est estimée entre 48% et 55%. En ce concerne la commune de Ouagadougou, elle enregistre un faible niveau d'incidence de la pauvreté. Cependant, elle est considérée comme l'une des communes comptant plus de pauvres (247 323 ).

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'être à l'origine de cette pauvreté. Ce sont entre autres la faible mécanisation de l'agriculture, le faible taux d'accès au crédit, le faible taux d'accès aux services de vulgarisation agricole, le faible taux d'adoption de technologie agricoles. Dans notre recherche, nous nous focaliserons sur le dernier facteur.

Le Burkina Faso connaît un faible taux d'adoption de technologie agricoles tels l'agroforesterie. En effet, la plupart des espèces agroforestières au Burkina Faso sont issues d'une régénération naturelle (95,7% des parcelles) ; celles provenant d'une plantation ne sont présentes que sur 4,1% des parcelles. (RGA phase II, 2008). Toutefois, le taux moyen d'adoption nationale est acceptable. Ainsi, 62,3% des parcelles exploitées portent de nombreuses espèces agroforestières.

Le faible taux de plantation d'arbres illustre le délaissement de l'activité de reboisement par la population. Il est donc nécessaire de trouver des solutions appropriées au problème de faible taux de plantation des arbres sur les parcelles en vue d'améliorer de façon considérable, les conditions de vie des ménages. D'où l'intérêt de notre thème d'étude : L'effet de l'adoption de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages.

Plusieurs études se sont intéressées au rôle joué par les arbres dans la quête du bien-être de la population locale. Ainsi, Kidané (2006) affirme que les arbres et les arbustes ont une variété de fonctions qui contribuent directement ou indirectement aux moyens de subsistance d'une société donnée. Dans la même dynamique, David (1997) soutient que les institutions intervenant dans l'agroforesterie, la recherche agricole et les transferts de technologies ont pour objectif d'améliorer les conditions des ménages pauvres par le biais de l'augmentation de leurs revenus.

Dans notre recherche, deux pratiques agroforestières retiennent notre attention. Il s'agit de la plantation des arbres et leur régénération naturelle assistée (RNA). Ouoba et al., (2019) notent que la RNA et la plantation sont les techniques d'enrichissement des parcs les plus employées par les producteurs. Le travail va s'appesantir sur la plantation ainsi que la régénération naturelle des plantes suivantes : le karité, le néré, l'acacia albida, le neem, le baobab, le piliostigma. Les raisons qui ont guidé notre choix sont multiples.

Le karité est très important pour la population rurale. En effet, Ouoba et al. (2020) soulignent que le karité présente une importance sociale, culturelle, économique et alimentaire pour le Burkina Faso où il occupe la quatrième place dans les produits d'exportation.

Le néré occupe une place importante en raison de sa capacité à fournir divers biens d'usage aux populations locales. Différents produits peuvent en être tirés au besoin pour une consommation directe ou conservés pour servir de nourriture pendant la période de soudure (Goudiaby, 2014).

Le baobab est une espèce à usage multiples et très prisé au Burkina Faso. En effet, il est classé parmi les cinq espèces ligneuses prioritaires (Bationo et al., 2010).

L'acacia albida est une plante ligneuse essentiellement épineuse. C'est une espèce qui est beaucoup utilisée comme aliment pour bétail. Au Burkina Faso, les gousses de cette espèce

sont utilisées comme aliment d'embouche. Sur le plan environnemental, l'acacia joue un rôle important. Elle participe à la fertilisation du sol et à la lutte contre l'érosion (Guinko, 1997).

Le piliostigma améliore la richesse du sol par la séquestration du carbone. L'association du piliostigma avec les cultures annuelles permet de passer les périodes de sécheresse sans inquiétude (Yélékou et al., 2013).

Le tourteau de neem contient des éléments nutritifs qui influencent positivement la productivité du maïs. Le tourteau peut être utilisé pour palier la cherté des engrais minéraux et stimuler à une meilleure productivité des sols dégradés au Burkina Faso (Traoré et al., 2019).

Malgré cette importance des arbres, ils bénéficient de peu d'attention en termes de gestion. En effet, contrairement aux autres cultures de rente (coton, sésame, arachide, etc.) qui bénéficient d'efforts de développement intégrés, avec des investissements substantiels pour améliorer les ressources génétiques des cultures, les activités dans l'industrie du karité se sont concentrées presque exclusivement sur le traitement et la commercialisation.

Dans le domaine forestier, les innovations technologiques qui sont à la portée du paysan, au regard de ses capacités techniques et organisationnelles ainsi que du contexte culturel et économique connaissent des taux d'adoption élevés (Zarafi et al., 2021). C'est ce qui amène Bene et al., (1977) à définir l'agroforesterie comme un système de mise en valeur des terres qui augmente la production globale, combine les cultures, les arbres utiles et les plantes forestières avec éventuellement des animaux de façon simultanée ou séquentielle et met en jeu des pratiques compatibles avec des valeurs sociales des populations locales.

La capacité d'investissement des petits exploitants africains est limitée par des revenus faibles aussi bien agricoles que non agricoles (Buresh et Tian, 1998).

Toutefois, le transfert de fonds des migrants pourrait être une aide considérable facilitant son adoption. Ainsi, pour Ouédraogo (2004), les transferts de fonds constituent une source importante de financement des investissements agricoles au Burkina Faso. Pour David (1997), les transferts de fonds sont une source potentielle de capital d'investissement dans l'agriculture.

Plusieurs études comme celle de Brauw (2018) ont analysé l'effet de la migration sur la production agricole, mais rares sont les études qui se sont intéressées au phénomène de la

migration comme facteur déterminant de l'adoption de technologie agricole, notamment des pratiques agroforestières. Constatant cela, nous nous demandons quels sont les déterminants et l'effet de l'adoption de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages ?

Dans notre étude, nous essayons de répondre à cette question en examinant les facteurs déterminants de l'adoption de l'agroforesterie au Burkina Faso ainsi que l'effet de son adoption sur le revenu agricole des ménages. Nous analysons l'effet direct des transferts de fonds des migrants sur l'adoption de l'agroforesterie et son effet indirect sur le revenu agricole des ménages.

Cette étude a pour objectifs spécifiques d'analyser l'effet de transferts de fonds des migrants sur l'adoption de l'agroforesterie et d'évaluer l'effet de cette adoption sur le revenu agricole des ménages au Burkina Faso.

Pour atteindre ces objectifs, nous supposons que les transferts de fonds influencent positivement l'adoption de l'agroforesterie et en retour l'adoption de l'agroforesterie a une influence positive sur le revenu agricole des ménages.

La suite du travail est organisée en quatre parties. La première partie concerne la revue de littérature. La deuxième partie porte sur la méthodologie. Dans la troisième partie, nous présentons et analysons les résultats et enfin, nous concluons et donnons des implications de politiques économiques dans la quatrième partie.

## **1 Revue de littérature sur les déterminants de l'adoption de l'agroforesterie et l'effet de l'adoption sur le revenu agricole**

Cette partie aborde les revues théoriques et empiriques.

### **1.1 Analyse théorique des déterminants de l'adoption**

Dans cette partie, il est question d'analyser trois théories que sont la théorie de l'action raisonné, la théorie de l'innovation et la théorie d'acceptation de la technologie.

#### **1.1.1 Théorie de l'action raisonnée**

Ce modèle a été d'abord spécifié par Fishbein (1967) avant d'être étendu par Fishbein et Ajzen (1975). La théorie suppose une séquence causale menant des croyances, en passant par

l'attitude, la "norme sociale" et l'intention jusqu'au comportement. Elle rapporte que la séquence causale est activée par l'émergence de deux types de croyances à savoir: (i) les croyances qu'une personne a sur les conséquences de l'exécution (ou de la non-exécution) d'un comportement spécifique en combinaison avec une évaluation de ces conséquences et (ii) les croyances qu'une personne ou d'autres personnes approuveraient ou désapprouveraient l'exécution (ou la non-exécution) d'un comportement spécifique, ainsi que sa motivation à se conformer à ce qu'il pense qu'ils voudraient qu'il fasse.

### **1.1.2 Théorie de la diffusion de l'innovation**

Rogers (1995) distingue quatre principaux éléments du modèle de diffusion des innovations. Il rapporte que l'innovation se définit comme une idée perçue comme nouvelle par un individu ou une organisation. Cette nouveauté de l'idée explique l'incertitude que manifestent les individus vis-à-vis de l'innovation. La perception qu'ont les individus des innovations détermine donc le taux d'adoption des innovations. Les canaux de communication par lesquels l'innovation se propage au sein de la population cible déterminent le taux d'adoption de l'innovation. Il ajoute que la plupart des individus ne sont pas très influencés par les évaluations scientifiques d'une innovation, même s'ils ont connaissance de ces résultats de recherche. Le temps est également impliqué dans le processus de diffusion dans les catégories d'adoptant. Les individus n'adoptent pas les innovations à la même période. Les premiers adoptants, s'ils réussissent sont des modèles qui contribuent à diffuser et à promouvoir l'innovation. Le système social constitue le quatrième facteur susceptible d'influencer l'adoption de l'innovation. Le système peut avoir des normes qui encouragent ou découragent un individu à adopter ou à rejeter une innovation.

### **1.1.3 Modèle d'acceptation de la technologie**

Le modèle d'acceptation de la technologie est l'un des modèles le plus utilisé pour la prédiction du comportement des individus vis-à-vis de la technologie et des systèmes d'information (Abourrig et al., 2019). Ce modèle a été proposé par Davis (1986) dans sa thèse de doctorat. Le modèle permet d'améliorer notre compréhension des processus d'acceptation par l'utilisateur, en fournissant de nouvelles perspectives théoriques sur la conception et la mise en œuvre réussie des systèmes d'information. Elle fournit ainsi, une base théorique pour une méthodologie pratique de "test d'acceptation par les utilisateurs" qui permettrait d'évaluer les nouveaux systèmes proposés avant leur mise en œuvre.

## **1.2 Etudes empiriques sur les déterminants de l'adoption de l'agroforesterie et l'effet de l'adoption sur le revenu agricole**

La littérature distingue plusieurs pratiques agroforestières. En effet, Kessler et Boni (1991) soulignent qu'il y a plusieurs techniques et mesures, qui sont basées essentiellement sur des pratiques déjà appliquées dans le monde rural pour maintenir et améliorer le système existant de "parc arboré". Ces techniques et mesures sont les suivantes : les défrichements contrôlés, la protection de la régénération naturelle, la plantation d'arbres, l'association arbre – culture, la gestion rationnelle et l'entretien des arbres.

La majorité des études sur l'adoption de l'agroforesterie se sont basées sur la plantation des arbres et se divisent en deux grands groupes. En effet, un premier groupe s'est occupé de l'identification des facteurs influençant l'adoption de l'agroforesterie alors que le deuxième, au-delà de l'adoption a essayé de mettre en évidence l'effet de l'adoption sur des indicateurs de bien-être des ménages adoptants.

Analysons d'abord les études du premier groupe. Ce groupe s'est fixé comme objectif d'identifier les facteurs explicatifs de l'adoption de l'agroforesterie. C'est dans cette dynamique que Khan et al. (2017) affirment que l'agroforesterie offre des opportunités uniques pour augmenter la biodiversité, prévenir la dégradation des terres et réduire la pauvreté, en particulier dans les pays en développement, mais les facteurs expliquant l'adoption par les agriculteurs ne sont pas bien compris.

Marenya et Barrett (2007) ont examiné les déterminants au niveau des ménages de l'adoption d'une gestion améliorée des ressources naturelles dans l'ouest du Kenya. Ils trouvent que la contrainte des ressources limite l'adoption de la gestion intégrée de la fertilité des sols et la gestion intégrée des ressources naturelles par les ménages. En revanche, le niveau d'instruction et le sexe du chef de ménage ont tous eu un effet positif significatif sur la probabilité d'adoption. Yabi et al., (2016), ont trouvé un résultat similaire en analysant les déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Bénin. En effet, il ressort de l'étude que le niveau d'instruction influence positivement l'adoption de l'agroforesterie. En revanche, la taille du ménage exerce une influence négative sur l'adoption de l'agroforesterie. Toujours conformément au résultat de Marenya et Barrett (2007), Oli et al., (2015) par l'analyse des déterminants socio-économiques de la culture des arbres dans les fermes au milieu des

collines du Népal aboutissent au résultat selon lequel l'éducation est positivement liée au nombre d'arbres sur les terres agricoles d'un ménage. En outre, Mariko et Sangaré (2017) ont utilisé un modèle à équations simultanées pour analyser l'impact de la migration et des transferts de fonds sur les zones d'origine des migrants au Mali. Selon le résultat trouvé, les transferts en espèce constituent le principal déterminant de l'adoption de la traction animale avec un coefficient positif. Cependant, leur résultat montre que le nombre de migrants influence négativement la probabilité que le ménage adopte la traction animale. Toujours en accord avec ces auteurs, Gubert (2000), dans son document de travail intitulé migration, envois de fonds et aléa moral : preuve de la région de Kayes, soutient que le processus de migration, à travers l'afflux de ressources a contribué à promouvoir l'adoption de techniques modernes (traction, engrais chimique) parmi les ménages migrants. Frantsel (1999) dans son étude intitulée « Facteurs socio-économiques affectant le potentiel d'adoption des jachères arborées améliorées en Afrique » a montré que l'accès au revenu non agricole est lié positivement à l'adoption de l'agroforesterie. Il montre encore une fois de plus, l'importance des ressources financières dans l'adoption de l'agroforesterie. Irshad et al. (2011) dans une étude sur l'identification des facteurs affectant le système agroforestier au Pakistan ont révélé que le niveau d'éducation du chef de famille est un facteur qui encourage la culture d'arbres à la ferme. Cependant, le manque de ressources et le nonaccès aux pépinières sont des facteurs limitant l'établissement d'arbres agricoles. Cela est en accord avec les résultats de Marenya et Barrett (2007). En outre, ils trouvent que la taille du ménage est positivement liée à l'adoption de l'agroforesterie.

En revanche, d'autres études sont arrivées à des résultats contraires. En effet, Khan et al., (2017) dans une étude Pakistanaise sur les systèmes agroforestiers comme options alternatives d'utilisation des terres dans la zone aride de Thal sont arrivés à la conclusion que le niveau d'éducation du chef de ménage et le revenu non agricole ont un impact négatif sur l'adoption de la plantation des arbres. Mais, ils trouvent que l'âge du chef de ménage a un impact positif sur la plantation. Quant à Phiri et al., (2003), ils se sont intéressés à l'association du statut de richesse et du genre avec la plantation de jachères arborées améliorées à l'Est de la Zambie. De cette étude, il n'y a eu aucune preuve d'une association entre la richesse ou le sexe et la plantation de jachères améliorées.

Kpadenou et al., (2019), dans leur étude sur les déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques agroécologiques en production maraîchère dans la vallée du Niger au Bénin ont

trouvé que l'âge du chef de ménage influence négativement l'adoption de l'agroforesterie. En revanche, leurs résultats montrent que le nombre d'actifs agricoles et le mode d'accès à la terre ont une influence positive sur l'adoption de l'agroforesterie. Les études de Mwase et al., (2015) aboutissent à des résultats similaires pour ce qui est de la variable âge. En effet, dans leur étude portant sur les facteurs affectant l'adoption de l'agroforesterie et de l'agriculture à feuilles persistantes en Afrique australe, ils trouvent une relation négative entre l'âge et l'adoption de l'agroforesterie. En ce qui concerne la relation entre l'adoption de l'agroforesterie et le mode d'accès à la terre, leurs résultats sont similaires à ceux de Ouoba et al., (2019). En effet, Ouoba et al., (2019) en examinant les connaissances et perceptions des producteurs sur la gestion des parcs à karité au Burkina Faso, se sont intéressés à la relation entre le statut foncier et l'adoption de l'agroforesterie. Au regard de leur résultat, le statut de propriété est un paramètre qui conditionne l'évolution de la densité du parc agroforestier. Ainsi, les non propriétaires n'ont pas le droit de planter dans leurs exploitations ni de collecter les produits issus des arbres. Par ailleurs, une plantation d'arbres de la part des non propriétaires terriens est considérée comme un signe d'appropriation de la terre. En accord avec ce résultat, Bonkougou (2004) soutient que la propriété foncière est un facteur affectant la participation de la communauté locale à la conservation des parcs à karité. Pour lui, la disponibilité des terres affecte négativement l'adoption de l'agroforesterie.

Les études portant sur la relation entre migration et adoption de technologies agricoles n'ont pas fait l'objet de consensus. Ainsi, Lucas (2007) en analysant le rapport migration et développement rural a conclu que la migration affecte positivement l'adoption de la nouvelle technologie. Il ressort des travaux de Neupane et al., (2001) sur l'adoption de l'agroforesterie dans les collines du Népal, que la migration a un effet positif sur l'adoption de l'agroforesterie. Toutefois, des résultats contraires sont révélés par d'autres études. En effet, Augusseau et al., (2006) dans leur étude sur la biodiversité des arbres, de la dynamique des terres et stratégies paysannes à la frontière agricole du sud-ouest du Burkina Faso ont montré qu'environ 50 % des agriculteurs migrants possèdent des terres ailleurs et peuvent en tirer des bénéfices pour investir. Ceci est confirmé par le fait que les agriculteurs migrants disposent de plus d'outils agricoles que les agriculteurs indigènes. Ils arrivent à la conclusion selon laquelle, la biodiversité des arbres existants dans les parcs du sud-ouest du Burkina Faso est menacée par l'évolution des pratiques agricoles et que ce changement n'est pas le résultat des

migrations. Cependant, ils trouvent que les agriculteurs migrants donnent la priorité à la production de cultures annuelles plutôt que celle des arbres.

Bannister et Nair (2002) ont quant à eux, porté l'intérêt de leur analyse sur l'importance des caractéristiques des ménages et celle des exploitations en Haïti. L'analyse des caractéristiques des ménages a consisté à comparer les ménages adoptants et les ménages non-adoptants. Quant aux caractéristiques des exploitations, elles ont consisté à comparer les exploitations ayant bénéficié une pratique agroforestière et celles n'ayant pas bénéficié de l'agroforesterie d'un même ménage. Plusieurs autres auteurs (Neupane et Thapa, 1999 ; Mendola 2007 ; Kassie 2016 ; Birhane et al., 2019 ; Giusti et al., 2019) ont reconnu l'importance de l'agroforesterie. Toutefois, ces derniers sont allés au-delà de la simple adoption de l'agroforesterie et ont mis l'accent sur l'effet de l'adoption sur l'amélioration du bien-être du ménage.

Cette deuxième vague d'auteurs a évalué différemment l'effet de l'adoption de l'agroforesterie par rapport aux indicateurs de bien-être des ménages. On distingue deux principaux volets en fonction de l'indicateur retenu. Ces indicateurs sont principalement le revenu et la valeur actuelle nette.

Le premier volet se focalise sur l'effet de l'adoption de l'agroforesterie sur le revenu des ménages. Ainsi, Birhane et al., (2019) ont mené une étude visant à identifier l'effet du maintien des arbres à acacia polyacantha sur des terres agricoles sur l'amélioration de la fertilité des sols et les revenus des agriculteurs en Ethiopie. Leurs résultats obtenus en utilisant le modèle de sélection de Heckman montrent que non seulement, la plantation d'arbres d'acacia polyacantha a un effet positif sur le revenu des ménages, mais elle améliore aussi la productivité agricole via l'amélioration de la fertilité du sol. Neupane et Thapa (1999) quant à eux, ils se sont intéressés aux effets de l'intervention agroforestière sur la fertilité des sols et le revenu des ménages au Népal. Ils ont effectué une analyse et sont arrivés à la conclusion que l'adoption de l'agroforesterie améliore les nutriments du sol. Cette même étude révèle que la plantation des arbres améliore le rendement des cultures annuelles. L'étude de Islam et al., (2012) au Bangladesh a révélé que les pratiques agroforestières contribuent dans le changement du revenu et le statut de pauvreté des participants. Ils ont également trouvé que la taille de la famille était significative dans la formation du revenu. Neupane et Thapa (2001) ont examiné l'impact d'une intervention agroforestière sur le revenu agricole au Népal. La

méthode de l'analyse avantage-coût a été utilisée et les résultats trouvés montrent que l'adoption de l'agroforesterie améliore le revenu agricole. En utilisant la méthode de Matching, Mendola (2007), dans son étude sur l'adoption de la technologie et réduction de la pauvreté a abouti au résultat selon lequel l'adoption de l'agroforesterie augmente le revenu des ménages pauvres en ressources. Kassie (2016) a examiné la relation entre l'adoption de l'agroforesterie et la productivité des terres en Ethiopie. Dans sa démarche, il a d'abord identifié les déterminants de l'adoption de l'agroforesterie à l'aide d'un modèle probit avant de déterminer l'effet de l'agroforesterie sur la productivité des cultures à l'aide des moindres carrés ordinaires. Les résultats de son premier modèle montrent que la taille de l'exploitation, la taille de la famille et l'existence de la dégradation de terres affectent positivement l'adoption. Les études de Mbow et al., (2013) révèlent que l'échec des services de vulgarisation dans les pays africains pauvres limite la possibilité d'étendre les innovations en agroforesterie pour améliorer les systèmes d'utilisation des terres. Les auteurs soulignent également que les investissements limités dans le secteur de l'agroforesterie par rapport aux systèmes agricoles intensifiés expliqueraient l'échec de son adoption.

Quant au deuxième volet, il distingue les méthodes d'évaluation économique pour comparer différentes pratiques agroforestières. Betters (1988) dans son étude sur la planification de stratégie économique optimale pour les systèmes agroforestiers, a comparé l'association eucalyptus-haricot et eucalyptus-maïs. Il ressort de son analyse que l'association eucalyptus-haricot a la valeur actuelle nette la plus élevée tandis que eucalyptus-maïs a le rapport avantage coût le plus élevé. L'intégration de ces deux combinaisons dans un programme linéaire montre qu'il existe une combinaison optimale de ces deux pratiques qui maximise la valeur actuelle mais que la main d'œuvre et la terre ne constituent pas une contrainte.

Contrairement à ces trois volets qui se sont concentrés sur des pratiques agroforestières mises en œuvre par l'intermédiaire d'un projet, Sood (2004) s'est focalisé sur l'agroforesterie traditionnelle. Son étude se distingue également du premier volet par le fait qu'elle teste l'influence du revenu sur l'adoption de l'agroforesterie contrairement à ce volet qui s'intéresse à l'effet de l'agroforesterie sur le revenu des ménages. Ainsi, il a analysé l'influence de l'économie des ménages et de l'agriculture sur l'adoption de l'agroforesterie traditionnelle dans l'Himalaya occidental en Inde. Ses résultats prouvent que le revenu influence l'intensité de l'adoption de l'agroforesterie.

Il existe de nombreuses études sur les facteurs qui influencent l'adoption de l'agroforesterie et son effet sur le revenu. Toutefois, contrairement aux autres études d'adoption de technologies agricoles comme la traction animale (Gubert, 2000 ; Mariko et Sangaré, 2017), peu d'études intègrent la migration comme variable capable d'influencer l'adoption. Pourtant, nombreuses sont les études qui mettent en évidence la relation négative entre la contrainte des ressources financières et l'adoption de l'agroforesterie (Frantsel, 1999 ; Marenya et Barrett 2007). Dans notre étude nous intégrons les envois de fonds ainsi que le nombre de migrants du ménage comme variables influençant l'adoption de l'agroforesterie.

## **2 Méthodologie de Recherche sur l'effet de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages**

Il s'agira dans cette partie, d'examiner les données utilisées et la méthodologie d'analyse.

### **2.1 Les données utilisées**

Dans cette partie, il s'agit d'analyser la zone d'étude et les sources de données

#### **2.1.1 Zone d'étude**

Yilou est un village situé dans la province de Bam dans la région du centre Nord du Burkina Faso. Avec un climat de type soudano-sahélien, caractérisé par des précipitations annuelles de 400 à 600 mm, Yilou se trouve à environ 80 km de la capitale Ouagadougou. Le village connaît une saison des pluies allant de Juin à Octobre. Constituée majoritairement de Moose et de Peulhs, les principales activités du village à l'image des autres villages du Burkina Faso, sont l'agriculture et l'élevage. Son système d'agriculture est basé sur les céréales. La population de la province de Bam est estimée à 473 955 habitants avec une superficie de 4 084 km<sup>2</sup> en 2020. Les ménages agricoles ont une taille moyenne de 13 personnes avec 9 membres actifs par ménage. La population agricole de la province est estimée à 40.900 en 2019 avec 32.100 ménages agricoles. La province de Bam a été classée comme une zone de crise d'insécurité alimentaire en 2019 par le ministère de l'agriculture (MAAH/DGESS/EPA,2014-2019) avec moins de 50% de sa population vivant dans un logement décent soit 43,4%. Yilou est situé dans une région considérée comme l'une des plus pauvres au Burkina Faso (55,4%). L'incidence de la pauvreté dans le département de Guibaré

ou se trouve yilou est estimée entre 48% et 55%. Quant à Kamboinsé, il est situé dans la province de Kadiogo dans la partie Nord de Ouagadougou. La population de la ville de Ouagadougou est estimée à 2 453 496 habitants en 2020. La taille moyenne des ménages agricoles du centre est estimée à 9 personnes en 2019 avec en moyenne 7 personnes actives par ménage. Le nombre de ménages agricoles moyen de la région du centre est estimée à 58.100 ménages. La région a été considérée comme une zone sous-pression d'insécurité alimentaire en 2019 (MAAH/DGESS/EPA,2014-2019). Par ailleurs, La commune de Ouagadougou est classée parmi les localités qui enregistrent un faible niveau d'incidence de la pauvreté. Soit 16,8%. Cette faible incidence cache une réalité. En effet, la commune de Ouagadougou compte plus de pauvres (247 323 ) par rapport aux autres du Burkina Faso.

### **2.1.2 Sources de données**

Notre étude est basée sur données en coupe instantanée, recueillies en 2020 auprès de 137 ménages dans le cadre du projet RAMSE II. Ce sont des données primaires, à la fois qualitatives et quantitatives, collectées à l'aide d'un questionnaire. La base de données que nous avons utilisée comprend quatre grandes catégories de variables. i) Les caractéristiques des ménages comme l'âge du chef de ménage, le statut familial du chef de ménage, le sexe du chef de ménage ainsi que le niveau d'éducation du chef de ménage ;ii) les dotations en ressources constituées du nombre de migrants, du revenu des produits forestiers non ligneux et la taille du ménage ; iii) les facteurs biophysiques comme la qualité du sol et la taille de la parcelle; iv) Les risques et incertitudes regroupant le statut foncier du ménage et les envois de fonds des migrants. Cette base contient également des données sur l'adoption de l'agroforesterie. L'ensemble de ces données ont été collectées dans le transect Yilou-Kamboinsé.

## **2.2 Méthodologie d'analyse**

Cette partie comprend le cadre conceptuel, la spécification empirique et la spécification des variables explicatives

## **2.2.1 Modèle Théorique et définition des variables explicatives**

### **2.2.1.1 Modèle Théorique**

Dans cette partie, il s'agit d'identifier un modèle économétrique qui répond au mieux les besoins de la recherche. Il s'agit d'un modèle qui aide à identifier les facteurs qui pourraient renforcer la volonté des ménages d'adopter l'agroforesterie. Cette étape est cruciale dans la recherche, car elle conditionne la qualité et partant la fiabilité des résultats. Plusieurs manières d'examiner l'effet de l'adoption de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages sont listées par la littérature. Cette divergence s'explique par la recherche d'une meilleure modalité statistique qui valorise au mieux les données collectées sur le terrain. L'appariement des scores de propension est couramment utilisé dans l'estimation de l'effet moyen du traitement. Cependant, cette dernière ne tient pas compte du biais résultant de facteurs non observables (Adebayo et al., 2018). En effet, les agriculteurs peuvent s'autosélectionner ou peuvent avoir des capacités innées qui sont en corrélation avec le revenu agricole (Anang et al., 2020). Cela pose un problème de sélection de l'échantillon. Le modèle à effet de traitement endogène corrige le biais de sélection résultant de l'affectation non aléatoire des ménages dans l'échantillon. Il est fréquemment utilisé dans la littérature pour évaluer les programmes. Otsuki (2010) a utilisé ce modèle pour évaluer l'effet de l'agroforesterie sur la productivité au Kenya. Pattayak et Mercer (2002) l'ont utilisé pour estimer l'effet de l'agroforesterie sur la qualité du sol. D'autres auteurs ont utilisé ce modèle pour évaluer l'effet des technologies autres que l'agroforesterie. En effet, Anang et al. (2020) ont évalué l'adoption de la vulgarisation agricole et son effet sur le revenu agricole au Ghana.

Pour estimer l'effet de l'adoption sur le revenu agricole, nous utilisons le modèle à effet de traitement endogène. Ce modèle fournit une estimation non biaisée de l'effet de l'adoption sur le revenu agricole en générant à la fois le paramètre d'effet ainsi que d'autres paramètres à l'aide d'un modèle de régression linéaire incluant la variable d'adoption.

Heckman (1976,1978) a introduit ce modèle dans la littérature existante, tandis que Maddala (1983) a dérivé le maximum de vraisemblance et les estimateurs de la fonction de contrôle du modèle. Il passe en revue certaines applications empiriques et le décrit comme un modèle de commutation endogène. Barnow, Caïn et Goldberger (1981) fournissent une autre dérivation utile de ce modèle. Ils se concentrent sur la déduction des conditions pour lesquelles le biais d'auto-sélection de l'estimateur MCO simple de l'effet de traitement est non nul et de signe

spécifique. D'autres auteurs comme Cameron et Trivedi (2005) et Wooldridge (2010) décrivent le modèle comme un modèle d'effet de traitement endogène et le relient à des travaux récents.

Notons que l'estimation à l'aide du modèle s'effectue en deux étapes. La première étape consiste à identifier les facteurs influençant l'adoption à l'aide d'un modèle probit. Quant à la deuxième étape, elle consiste à trouver l'effet de l'adoption sur le revenu agricole du ménage à l'aide d'un modèle linéaire.

### **2.2.1.2 Définition des Variables**

Pattanayak et al., (2003) ont analysé une vaste littérature sur l'adoption des technologies agricoles et forestières. Cet examen a produit les cinq catégories générales de déterminants suivantes : caractéristiques des agriculteurs, dotations en ressources, incitations du marché, facteurs biophysiques, et risque et incertitude. Une brève description a été faite sur chacune des catégories.

Caractéristiques des agriculteurs : Elles comprennent les variables comme l'âge, le sexe, l'éducation et le statut social. Il est impossible de déterminer à priori la direction de l'influence sur l'adoption de cette large catégorie.

Dotations en ressources : Elles comprennent les avoirs tels que la terre, la main-d'œuvre, le bétail et l'épargne. En général, les dotations en ressources sont susceptibles d'être positivement corrélées avec la probabilité d'adoption.

Incitations du marché : Cette catégorie se concentre sur les déterminants explicitement économiques de l'adoption tels que les prix, la disponibilité des marchés, le transport et le potentiel perte ou gain de revenu. De toute évidence, un facteur qui devrait augmenter les avantages nets associés à la technologie est susceptible d'avoir une influence positive sur l'adoption.

Facteurs biophysiques : Ils se rapportent aux exemples incluant la qualité du sol, la pente des terres agricoles et la taille de la parcelle. En général, des conditions de production biophysique moins bonnes créent une incitation positive à adopter des technologies.

Risque et incertitude : Quant à cette dernière, elle se manifeste à court et à long terme. Ainsi, à court terme, les fluctuations des prix des produits de base, la production projetée et les précipitations sont des exemples. L'insécurité foncière est considérée comme un exemple de risque et incertitude de long terme. Un faible risque favorise l'adoption de l'agroforesterie.

## **2.2.2 Modèle empirique**

### **2.2.2.1 Choix des variables explicatives de l'adoption et signe attendu**

La variable dépendante est l'adoption de l'agroforesterie. Comme mentionné plus haut, La littérature sur l'adoption des technologies agricoles et forestières a produit cinq catégories générales de déterminants. Dans notre étude, nous avons retenu huit variables réparties dans les quatre premières catégories comme suit : les variables retenues dans les caractéristiques des agriculteurs sont l'âge du chef de ménage, statut familial du chef de ménage, sexe du chef de ménage. Dans la catégorie de dotations des ressources, nous avons : nombre de migrant, revenu des produits forestiers non ligneux. Dans la catégorie des facteurs biophysiques, nous avons la qualité du sol. En ce qui concerne la catégorie risque et incertitude, nous retenons le statut foncier du ménage et les envois de fonds des migrants.

L'âge du chef de ménage : dans la littérature, il y a deux manières de mesurer l'âge. En effet, il peut être mesuré en considérant l'âge moyen de tous les membres du ménage ou l'âge du chef de ménage (Pattanayak et al., 2003). Dans notre étude, nous considérons l'âge du chef de ménage. Dans leurs études, Pattanayak et al., (2003) en analysant 32 études empiriques d'adoption d'agroforesterie ont montré que la variable âge est incluse dans 68% des échantillons. Ces résultats montrent que lorsqu'elle est significative, elle est positivement corrélée à la décision d'adoption. En outre, selon Bannister et Nair (2002), le nombre d'arbres matures par hectare trouvés sur les terres familiales augmente avec l'âge. D'après Langewiesche (2004), les jeunes qui cultivent un champ commun avec leurs frères ne peuvent pas planter d'arbres, seul le fils aîné avec son statut de futur chef de famille est autorisé à le faire. Au regard de ces résultats, nous supposons que l'âge du chef de ménage est positivement lié à l'adoption.

Taille du ménage : il est attendu qu'elle exerce un effet positif sur l'adoption. Pour Kimiti et al. (2016), le nombre d'arbres dans la parcelle est influencée positivement par la taille du ménage.

Le statut foncier : jouissent pleinement des droits sur la terre, ceux qui l'ont hérité de leur parent. Les autres ont donc des droits limités sur l'utilisation de la terre. Nous attendons de cette variable un signe positif. Pour Zerihun et al. (2014), le régime foncier est la variable la plus controversée dans la plupart des études sur l'adoption. Cependant, ils ont trouvé que la propriété privée des terres favorise l'adoption des pratiques agroforestières en Afrique du Sud. Langewiesche (2004) rapporte que les non propriétaires ne peuvent repiquer un arbre afin d'éviter qu'ils ne revendiquent un jour la propriété du sol.

Envois de fonds des migrants : Marenya et Barrett (2007) sont arrivés à la conclusion que la contrainte des ressources limite l'adoption de l'agroforesterie. Irshad et al. (2011) ont cité le manque de ressources comme le principal facteur externe limitant leurs décisions d'utilisation des terres. Pour aller dans ce sens, nous pensons que l'envoi de fonds des migrants influence positivement l'adoption de l'agroforesterie.

Cependant, un résultat contraire a été trouvé pour le nombre de migrants dans beaucoup d'études d'adoption de technologie agricoles comme celle de Mariko et Sangaré (2017). Ces auteurs trouvent que le nombre de migrants influence négativement la probabilité d'adopter la traction animale. Nous attendons également un signe négatif dans le cadre de cette étude.

Sexe du chef de ménage : Cette variable a été utilisée dans plusieurs études antérieures comme déterminant de l'adoption de technologie agricole. En effet, Bannister et Nair (2003) ont retenu le sexe comme facteur explicatif de l'adoption de l'agroforesterie en Haïti. Kassie et al., (2014) l'ont également retenue comme facteur explicatif de l'adoption des variétés améliorées de maïs en Tanzanie. Etant donné que la majorité des chefs de ménage sont des hommes et que la responsabilité en matière de prise de décision agricole leur incombe. Nous attendons à ce que cette variable soit corrélée positivement à l'adoption.

En ce qui concerne le statut familial, nous supposons que les chefs de ménage mariés ont une grande probabilité d'adopter l'agroforesterie. Pour Nkamleu et Coulibaly (2000), dans les communautés rurales, les individus mariés ont un niveau de responsabilité plus élevé. Le signe attendu est positif.

Le revenu des produits forestiers non ligneux constituent une source de financement importante pour l'adoption de l'agroforesterie. Un revenu plus élevé devrait encourager son adoption. Karki et Bauer (2004) ont retenu le revenu non agricole comme un facteur

déterminant de l'adoption de technologie agricole. Nous utilisons le revenu des produits forestiers non ligneux comme un proxy du revenu non agricole. Nous attendons à ce qu'il soit positivement lié à l'adoption.

Qualité du sol : si l'exploitant agricole perçoit que la terre est dégradée, il aura tendance à adopter l'agroforesterie. La prise de conscience de l'état de dégradation de la terre est sensée encourager l'adoption de la technologie. Le signe attendu de cette variable est donc négatif. Zerihun et al. (2014) arrivent à une conclusion similaire.

### 2.2.2.2 Choix des variables affectant le revenu des ménages

Les produits issus de l'environnement forestier sont d'une importance considérable en termes d'amélioration des conditions de vie des ménages dans les pays en développement (Mamo et al., 2007). Notre variable d'intérêt est donc l'adoption de l'agroforesterie. C'est une variable binaire qui prend la valeur 1 en cas d'adoption et 0 en absence d'adoption. La littérature liste plusieurs types de variables susceptibles d'affecter le revenu des ménages. Elle inclut les caractéristiques des ménages et des communautés (Adeoti, 2008). En effet, Sen (1992) les classe en trois principaux groupes : (i) les actifs fonciers et les nouvelles technologies comme le statut foncier, la qualité du sol, le bétail, les terres possédées et cultivées ; (ii) les caractéristiques démographiques qui sont composées de la taille de la famille, de l'âge du chef de ménage et (iii) les actifs humains constitués des variables comme l'éducation. Dans notre recherche, nous supposons que les caractéristiques socioéconomiques des ménages qui déterminent l'adoption expliquent le revenu. Il s'agit de l'âge du chef de ménage, la taille de la famille, l'éducation, le statut foncier, le statut matrimonial du chef de ménage, la taille de la parcelle et le revenu des produits forestiers non ligneux. La variable dépendante est le logarithme du revenu agricole par habitant du ménage. Ce revenu est obtenu en divisant le revenu agricole total du ménage par la taille du ménage. Par la suite, nous considérons le logarithme de cette valeur.

Les signes attendus de l'adoption et du revenu sont résumés dans le tableau 1

**Tableau 1** : signes attendus des coefficients

Label	Nom	Signe sur l'adoption	Signe sur le ln (revenu agricole)	Unité
-------	-----	----------------------	-----------------------------------	-------

L'âge du chef de ménage	Age	+	+	Année
Sexe du chef de ménage	Sex	+		Dichotomique
Statut familial du chef de ménage	Stat	+	+	Dichotomique
Niveau scolaire du chef de ménage	Scol		+	Dichotomique
Taille du ménage	Tme n		+	Personne
Nombre de migrant	Migr	-		Dichotomique
Revenu produit forestier	Rpf	+	+	Dichotomique
Statut foncier du ménage	Ten	+	+	Dichotomique
Envoi de fonds	Enmi	+		Dichotomique
Qualité du sol	Qal	-		Dichotomique
Adoption de l'agroforesterie	Adop t		+	Dichotomique

**Source :** construction de l'auteur

### 2.2.2.3 Modèle empirique d'adoption

Mercer et al., (2003) ont développé un modèle d'adoption d'agroforesterie comme un choix d'investissement en utilisant la théorie économique néoclassique et les études d'adoption antérieures. Ils considèrent un ménage représentatif qui maximise son utilité sous contraintes. Les flux de revenus attendus des investissements alternatifs dépendent des dotations en ressources du ménage, des conditions biophysiques des terres agricoles, des incitations du marché et des risques à court et à long terme. Par conséquent, le ménage choisit l'ensemble des investissements qui maximise son utilité.

Considérons le choix du ménage  $i$  au moment de décider d'adopter l'agroforesterie. Le ménage compare son utilité nette attendue ( $U_i$ ) avec et sans adoption de l'agroforesterie et investit dans l'agroforesterie s'il s'attend à être mieux loti (Mercer et al., 2005). La forme réduite de l'équation d'utilité est donnée par :

$$U_i = \alpha_1 I_i + \alpha_2 L_i + \alpha_3 R_i + \alpha_4 Z_i + \alpha_5 H_i + \varepsilon_i$$

Ou  $I_i$ ,  $H_i$ ,  $L_i$ ,  $Z_i$  et  $R_i$  représentent respectivement les caractéristiques des agriculteurs, les dotations en ressources, les incitations du marché, les facteurs biophysiques, et la catégorie de risque et incertitude et  $\mathcal{E}_i$  le terme d'erreur.

$U_i$  n'est pas observé, néanmoins on peut établir une relation entre  $U_i$  et  $y$  avec  $y$  la décision d'adoption du ménage. Ainsi, pour chaque observation du ménage  $i$ , on observe  $y_i=1$  si le ménage adopte l'agroforesterie et  $y_i=0$  si non. On aura donc la spécification suivante :

$$y = \begin{cases} 0 & \text{si } U_i \leq 0 \\ 1 & \text{si } U_i > 0 \end{cases}$$

Selon Hurlin (2003), la probabilité d'adoption peut être définie comme une espérance de la variable  $y_i$ . Soit :

$$E[y_i] = Pr(y_i=1) \times 1 + Pr(y_i=0) \times 0 = Pr(y_i=1) = P_i$$

L'espérance de  $y_i$  donne donc la probabilité d'adoption de la technologie.

#### 2.2.2.4 Modèle empirique de l'effet sur le revenu

Suivant la méthode d'estimation à deux étapes du modèle de traitement endogène, l'équation de traitement ainsi que l'équation de résultat sont spécifiées comme suit :

$$y_i = X_i \beta + \delta Z_i + \mathcal{E}_i \quad (1)$$

$$z_i = w_i \gamma + \mu_i \quad (2)$$

$$\text{Où } z_i = \begin{cases} 0 & \text{si } w_i \gamma + \mu_i \leq 0 \\ 1 & \text{si } w_i \gamma + \mu_i > 0 \end{cases} \quad (3)$$

$z_i$  est une variable observable qui prend la valeur 1 pour les adoptants et 0 pour les non adoptants.  $X_i$  et  $w_i$  représentent respectivement les vecteurs de variables de revenu et d'adoption.  $\beta$  et  $\gamma$  sont des paramètres du modèle à estimer.  $\mathcal{E}_i$  et  $\mu_i$  représentent les termes d'erreurs. Ils sont bivariés (conjointement normaux) de moyenne nulle avec une matrice de covariance :

$$\text{cov}(\mathcal{E} | i, \mu_i) = \begin{bmatrix} \sigma_\mu^2 & \rho\sigma \\ \rho\sigma & \sigma_\varepsilon^2 \end{bmatrix}$$

Les vecteurs de variables  $X_i$  et  $w_j$  sont des exogènes, car ils ne sont pas liés aux termes d'erreur. Le modèle est appelé modèle contraint parce que les paramètres de variance et de covariance sont identiques à travers les groupes de traitement et de contrôle. Cependant, ce modèle peut être généralisé à un modèle de revenu potentiel avec des paramètres de variance et de covariance distincts pour les adoptants et les non-adoptants. Le modèle devient alors un modèle non contraint. Il est généralisé comme suit :

$$y_{i1} = X_{i1}\beta + \mathcal{E}_{i1} \quad \text{adoptants}$$

$$y_{i0} = X_{i0}\beta + \mathcal{E}_{i0} \quad \text{non-adoptants}$$

On ne peut observer  $y_{i1}$  et  $y_{i0}$  à la fois. Nous observons :  $y_i = Z_i y_{i1} + (1 - Z_i) y_{i0}$

Dans ce modèle sans contrainte, le vecteur de termes d'erreur  $(\mathcal{E}_{i1}, \mathcal{E}_{i0}, \mathcal{E}_i)$  affecte simultanément l'équation de traitement et de résultat avec la matrice de covariance :

$$\text{cov}(\mathcal{E} | 1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}) = \begin{bmatrix} \sigma_{\mathcal{E}1}^2 & \sigma_{\mathcal{E}_{1\mathcal{E}_2}}^2 & \sigma_{\mathcal{E}_{1\mathcal{E}}}^2 \\ \sigma_{\mathcal{E}_{2\mu_1}}^2 & \sigma_{\mathcal{E}_2}^2 & \sigma_{\mathcal{E}_{2\mathcal{E}}}^2 \\ \sigma_{\mathcal{E}\mathcal{E}_1}^2 & \sigma_{\mathcal{E}\mathcal{E}_2}^2 & \sigma_{\mathcal{E}}^2 \end{bmatrix}$$

Notons que la covariance  $\sigma_{\mathcal{E}_{1\mathcal{E}_2}}^2$  ne peut pas être identifiée car nous n'observons jamais à la fois  $y_{i1}$  et  $y_{i0}$ . Toutefois, son identification n'est pas nécessaire pour estimer les autres paramètres, car toutes les variables et le revenu sont observés dans chaque groupe. Cela nous conduit à normaliser la variance de l'erreur de traitement à être égale à 1 parce que nous observons seulement si un résultat se produit sous traitement.

Le modèle empirique se présente comme suit :

Equation d'adoption :

$$z_i = \gamma_0 + \gamma_1 \text{enmi}_i + \gamma_2 \text{age}_i + \gamma_3 \text{stat}_i + \gamma_4 \text{ten}_i + \gamma_5 \text{qal}_i + \gamma_6 \text{rpf}_i + \gamma_7 \text{migr}_i + \gamma_8 \text{sex}_i + \mu_i$$

Equation de revenu :

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 age_i + \beta_2 rpf_i + \beta_3 stat_i + \beta_4 scol_i + \beta_5 \square_i + \beta_6 tmen_i + \beta_7 ten_i + \delta adopt_i + v_i$$

### 2.2.2.5 Procédure d'estimation

Comme susmentionné, l'estimation au moyen du modèle à effet de traitement endogène s'effectue en deux étapes. Ainsi, la première étape consiste à estimer l'adoption de l'agroforesterie à l'aide d'un modèle probit. A partir de cette estimation, on obtient le ratio de Mills. Dans la seconde étape, l'estimation se fait à l'aide des Moindres Carrés Ordinaires en intégrant le ratio de Mills ainsi obtenu dans l'équation de revenu. Dans la deuxième équation, en plus de la variable d'adoption qui affecte le revenu, d'autres variables sont incluses dans le modèle. Ce modèle estime l'effet moyen de traitement (ATE).

L'utilisation de cette méthode suppose que les termes d'erreurs  $\mu_i$  et  $v_i$  sont corrélés. Dans ce cas, l'estimation de  $\delta$  dans l'équation du revenu par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) est biaisée. Ce biais peut être due à une erreur de spécification suite à l'omission de variables. Pour vérifier l'existence du biais de sélection, des tests sont effectués sur le coefficient estimé de l'inverse du ratio de Mills. Les hypothèses suivantes sont posées et testées :

$$\begin{cases} H_0: \lambda = 0 \\ H_1: \lambda \neq 0 \end{cases}$$

Si la probabilité est inférieure à 5%, on ne peut pas accepter  $H_0$  qui est l'hypothèse d'absence de corrélation entre  $\mu_i$  et  $v_i$ . Il y a dépendance entre l'équation d'adoption et l'équation de revenu. L'estimation conjointe des deux équations par la méthode de traitement endogène est adéquate pour estimer le coefficient  $\delta$ . Son estimation par les MCO conduit à des résultats biaisés car il y a un biais de sélection. Ce biais découle d'une sous-estimation ou d'une surestimation de  $\delta$ . La différence du résultat attendu entre les adoptants et les non adoptants est donné par :

$$E[y_i \{Z \mid i=1, X_i, w_i\}] - E[y_i \{Z \mid i=0, X_i, w_i\}] = \delta + \text{terme de sélection.}$$

Un terme positif (respectivement négatif) du terme de sélection implique que les MCO surestiment (respectivement sous-estiment) le terme de sélection. (Otsuki, 2010).

Si la probabilité est supérieure à 5%, on ne rejette pas  $H_0$ . Une estimation par les MCO est adéquate pour évaluer l'effet de l'agroforesterie.

### 3 Analyse des résultats

Dans cette partie, nous présentons et nous discutons des résultats de l'analyse statistique et économétrique. Elle est divisée en deux sections. Dans la première section, il est question de faire une analyse descriptive des variables du modèle et dans la deuxième section nous analysons les résultats de l'estimation économétrique du modèle à effet de traitement endogène.

#### 3.1 Statistiques descriptives

L'analyse descriptive consiste à examiner les caractéristiques des ménages selon le statut de l'adoption en se basant sur des statistiques comme la moyenne, l'écart type et les tests de différence de moyennes. Les résultats de l'analyse sont consignés dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Fréquences des variables exogènes

Variables	Adoptants	Non adoptants	Total	Différence	Unité
Âge du chef du ménage	53,161 (12,695)	46,043 (13,153)	49.576 (13,366)	-7,118***	Année
Envoi de fonds des migrants (1=envoi)	0,838 (0,370)	0,260 (0,442)	0,547 (0,499)	-0,577***	Dichotomique
Statut familial (1=marié)	0,926 (0,262)	0,956 (0,205)	0,941 (0,235)	0,030	Dichotomique

Niveau d'éducation (1=scolarisé)	0,558 (0,500)	0,463 (0,502)	0,510 (0,501)	-0,095	Dichotomique
Existence d'un migrant dans le ménage (1=oui)	0,632 (0,485)	0,550 (0,501)	0,591 (0,493)	-0,081	Dichotomique
Sexe du chef de ménage (1=homme)	0,941 (0,237)	0,985 (0,120)	0,963 (0,188)	0,044	Dichotomique
Tenure (1=propriétaire)	0,691 (0,465)	0,188 (0,393)	0,437 (0,497)	-0,502***	Dichotomique
Qualité du sol (1=bon)	0,779 (0,417)	0,695 (0,463)	0,737 (0,441)	-0,083	Dichotomique
Tirer un revenu des produits forestiers ligné. (1=oui)	0,691 (0,465)	0,275 (0,449)	0,481 (0,501)	-0,401***	Dichotomique
Revenu agricole par habitant du ménage	27818,75 (24578,77)	7967,473 (7653,534)	17820,66 (20643,2)	-19851,28 ***	FCFA
Revenu agricole totale	110983,3 (96968,51)	110123 (79993,68)	110550 (88498,52)	-860,3455	FCFA
Taille parcelle	4,111 (11,323)	1,938 (10,819)	3,016 (11,085)	-2,172	Hectare
Taille du ménage	7,955 (3,865)	8,550 (6,484)	8,255 (5,335)	0,594	Personne

Note : \*\*\*significatif à 1% ; \*\*significatif à 5% ; \*significatif à 10%.

Source : construction de l'auteur

NB : les valeurs entre parenthèse sont des ecart-types.

Ces résultats montrent que l'échantillon est composé de 137 ménages dont 68 adoptants et 69 non adoptants. Il ressort de l'analyse que 49,63% des ménages ont adopté l'agroforesterie tandis que 50,36% ne l'ont pas adopté.

L'échantillon qui fait l'objet de notre étude est dominé par des hommes. En effet, 96,35% des chefs de ménages sont des hommes. En outre, nous constatons que parmi les producteurs, il y a moins d'hommes adoptants soit 94,11% que d'hommes non-adoptants soit 98,52% même si la différence n'est pas significative. Une grande partie de ces chefs de ménages est mariée. Ainsi, 94,16% des chefs de ménages sont mariés. Cette analyse révèle qu'en moyenne, il y a plus de non-adoptants mariés (95,56%) que d'adoptants mariés (92,64%). L'analyse de l'incidence d'adoption selon le niveau d'instruction révèle que 56% des répondants étaient instruits. Même si la différence n'est pas significative entre les adoptants et les non-adoptants en termes de niveau d'instruction, la proportion des adoptants instruits était supérieure à celle des non-adoptants instruits soit 56% contre 46%. L'âge moyen des chefs de ménages est de 50 ans. En outre, l'âge moyen des adoptants est supérieur à celui des non-adoptants, soit 53 et 46 respectivement pour les adoptants et les non-adoptants. La différence de la moyenne d'âge est significative à un 1%. L'échantillon analysé a une taille moyenne de 8 personnes par ménage. Les ménages adoptants ont une taille moyenne de 7 personnes alors que les non-

adoptants ont une taille moyenne de 8. La différence de moyenne n'est pas significative. Quant à la taille de la parcelle, elle était en moyenne de 3 ha par ménage sur l'échantillon analysé. Les adoptants avaient une superficie moyenne de 4 ha contre une superficie moyenne de 2 ha pour les non-adoptants. Une grande majorité des ménages interrogés a enregistré un migrant soit 59%. Les ménages adoptants ont enregistré plus de migrants que leur homologue non-adoptants. 63% des ménages adoptants ont enregistré de migrants contre 55% de non-adoptants.

Nos résultats montrent que 44% des ménages concernés par l'étude, sont propriétaires de leur terrain d'exploitation. Parmi ces propriétaires 69% sont des adoptants et 19% des non-adoptants. Par ailleurs, le test de différence de moyenne montre que la différence entre les adoptants propriétaires de terrains et les non-adoptants propriétaires de terrain est significative à 1%. En ce qui concerne la qualité du sol, 74% des agriculteurs enquêtés estiment que leur sol est de bonne qualité. Une plus grande proportion des adoptants pense que leur sol est de bonne qualité soit 77%. Cette perception de la qualité du sol est partagée par 69% des non-adoptants. Une telle perception des ménages agricoles peut dissuader l'adoption de l'agroforesterie.

L'examen des résultats du revenu tiré des produits forestiers non ligneux montre que 48% de l'échantillon en bénéficie. La proportion des adoptants qui tire profit de ces produits est de 69%, une proportion qui est relativement faible chez les non-adoptants soit 27%. La différence de moyenne entre adoptant et non-adoptants des bénéficiaires du revenu des produits forestiers non ligneux est significative à 1%. Quant au revenu agricole par membre de ménage, l'analyse révèle que chaque membre de ménage a un revenu agricole moyen qui s'élève à 17 820 FCFA. Ce revenu est plus important chez les adoptants que chez les non-adoptants. En effet, les adoptants ont un revenu agricole moyen par membre de ménage de 27 818 FCFA alors que ce revenu est de 7 967 FCFA chez les non-adoptants. Une différence significative de 1% a été trouvée entre les adoptants et les non-adoptants. En ce qui concerne, l'analyse du revenu agricole totale des ménages, elle révèle qu'en moyenne les enquêtés ont un revenu agricole annuel de 110 550 FCFA. Il ressort également de l'analyse que les adoptants ont un revenu agricole plus élevé que les non-adoptants. Ainsi, le revenu moyen annuel de l'agriculture des adoptants était 110 983 FCFA contre 110 123 FCFA pour les non-adoptants. Les résultats montrent également que plus de 54% des producteurs bénéficient des fonds de migrants. Parmi eux, 84% sont des adoptants alors que 26% sont des non-adoptants.

La différence entre la proportion des ménages adoptants et celle des non-adoptants est significative à 1%.

En somme, nous pouvons retenir que le test de moyenne a donné des différences significatives. Les non-adoptants sont moins âgés, bénéficient moins des envois de fonds des migrants, possèdent moins de terre, tirent peu de revenu issu des produits forestiers non ligneux, ont un revenu agricole par ménage plus faible.

Notons que les statistiques descriptives ne donnent que des aperçus indicatifs des effets des variables explicatives sur les variables dépendantes. Les analyses économétriques suivantes fournissent des preuves plus formelles et plus concluantes de l'effet de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages.

Faisons d'abord un test de corrélation linéaire pour exclure une des variables fortement corrélées et éviter les problèmes de multicollinéarité. Ces résultats sont présentés dans le tableau 3.

### ➤ Test de corrélation

**Tableau 3:**Corrélation entre les variables du modèle

	Age	Scol	stat	Sup	Tmen	ten	rpf	adopt	Enmi	migr	sex	Qal
Age	1,00											
Scol	0,04	1,0										
Stat	-0,06	0,5	1,00									
Sup	0,13	0,12	0,03	1,00								
Tmen	0,16	0,16	0,18	0,06	1,00							
Ten	0,28	-0,04	0,03	0,00	-0,07	1,00						
Rpf	0,14	0,10	0,05	0,00	0,06	0,20	1,00					
Adopt	0,26	0,09	0,06	0,09	0,05	0,50	0,41	1,00				
Enmi	0,11	0,03	0,03	0,04	0,04	0,32	0,34	0,58	1,00			
Migr	0,04	0,07	0,14	0,00	0,02	0,01	0,11	0,08	0,37	1,00		
Sex	-0,01	0,19	0,44	0,28	0,17	0,06	0,10	0,11	0,02	0,00	1,00	
Qal	-0,04	0,07	0,06	0,04	0,12	0,09	0,01	0,09	0,09	0,02	0,02	1,00

Le tableau 3 montre que la multicollinearité ne constitue pas un problème, car aucune variable n'est fortement corrélée à l'autre.

### **3.2 Estimation de l'adoption de l'agroforesterie et de son effet**

Cette partie est consacrée à la présentation des résultats de l'estimation du modèle d'effet de traitement endogène. L'estimation de ce modèle s'effectue en deux étapes. En effet, une première estimation présente les résultats du modèle d'adoption de l'agroforesterie et une deuxième présente ceux de l'effet de l'agroforesterie sur le revenu agricole. La première section est donc consacrée à l'analyse des résultats de l'équation d'adoption et dans la deuxième section, nous discutons des résultats de l'effet de l'adoption sur le revenu agricole

#### **3.2.1 Modèle d'adoption**

Les résultats de l'équation d'adoption sont présentés dans le tableau 4. Ce modèle corrige le biais d'endogénéité qui pourrait exister entre l'équation d'adoption de l'agroforesterie et l'équation du revenu agricole.

Pour juger de l'adéquation du modèle, le test de Wald est utilisé. Ce test permet de mesurer la contribution conjointe des régresseurs dans l'explication du régressant. Son principe consiste à poser une première hypothèse selon laquelle tous les coefficients sont conjointement nuls sauf la constante contre une hypothèse alternative qui suppose qu'il existe au moins un paramètre non nul. Les résultats de l'estimation indiquent une probabilité de rejet à tort de l'hypothèse nulle faible (0,00) et une statistique de Wald de 138,85. Nous ne pouvons pas accepter l'hypothèse nulle qui suppose la nullité des coefficients. Il existe donc au moins un paramètre statistiquement non nul dans le modèle, impliquant l'existence d'au moins une variable susceptible d'expliquer le modèle. La régression est donc bonne et le modèle est adéquat et globalement significatif.

Une autre manière de juger de la qualité du modèle est d'évaluer sa capacité à prédire la probabilité d'adoption. Pour Gourieroux (1989), la prédiction du modèle mesure le nombre de fois que la valeur prédite de l'adoption correspond à sa valeur observée. Nos résultats indiquent que la prédiction du modèle sur l'ensemble de l'échantillon est de 83,94%. Ce taux de prédiction dépasse 50% qui est considéré comme le seuil de la bonne prédiction. Nous avons donc une bonne prédiction de la probabilité d'adoption. En outre, sur 72 valeurs

prédites, on note 59 bonnes prédictions soit une capacité de prédiction de 81,94% pour les adoptants. Quant aux taux de prédiction des non-adoptants, il est de 86,15% soit 56 bonnes prédictions sur 65 valeurs prédites. Nous constatons que le taux de prédiction des non-adoptants dépasse le taux de prédiction des adoptants. Des variables susceptibles d'expliquer l'adoption de l'agroforesterie n'ont pas été prise en compte. C'est le cas de la perception des agriculteurs sur le risque et l'incertitude.

La validation du modèle d'effet de traitement endogène repose sur le coefficient de lambda. Ce coefficient permet de mesurer la corrélation entre l'équation de traitement et l'équation du revenu. Dans ce présent travail, la probabilité associée au rejet de l'hypothèse nulle selon laquelle le coefficient de lambda est nul est 0,004. C'est une probabilité qui est inférieure à 1%. L'hypothèse nulle ne peut donc être acceptée. Le coefficient de lambda est statistiquement non nul au seuil de 1%. Les erreurs de l'équation d'adoption et celles de l'équation de résultats sont donc corrélées. Nous pouvons conclure quant à l'existence d'un biais de sélection indiquant que l'estimation de l'équation de revenu à l'aide des Moindres Carrés Ordinaires donnera des résultats biaisés. Cela justifie l'utilisation du modèle d'effet de traitement endogène. Par ailleurs, la valeur du coefficient vaut -0,629. Cela indique que les inobservables qui augmentent l'adoption tendent à diminuer le revenu agricole.

### ➤ **Significativité individuelle des coefficients**

Le test de significativité individuel consiste à vérifier si les coefficients associés aux variables explicatives sont statistiquement non nuls. Il s'agit de tester l'hypothèse nulle qui suppose que le coefficient est nul contre l'hypothèse alternative selon laquelle le coefficient est significativement non nul. La décision d'accepter ou de rejeter une hypothèse se fait sur la base de la probabilité associée au coefficient de la variable explicative. En effet, si cette probabilité est inférieure à 1%, 5% ou 10%, nous concluons par une non acceptation de l'hypothèse nulle impliquant que le coefficient est significatif respectivement à 1%, 5% ou 10%. Dans ce cas, la variation de la variable endogène est expliquée significativement par la variable exogène. Des implications économiques peuvent être tirées sur la base des variables dont les coefficients sont significatifs.

Dans notre travail, le test de significativité individuel des coefficients des variables du modèle d'adoption indique que cinq variables sur huit ont leurs coefficients significatifs. Ces résultats sont présentés dans le tableau 4.

**Tableau 4 : Résultats de l'estimation du modèle d'adoption**

Variabes	Coefficients	dy/dx	Ecart type	Z	P(z)
Constante	-0,430		1,175	-0,37	0,714
Envoi de fonds	1,808***	0,462	0,390	4,63	0,000
Age	0,016	0,003	0,011	1,42	0,156
Statut du chef de ménage	-0,349	-0,068	0,694	-0,50	0,615
Migration	-0,679*	-0,126	0,381	-1,78	0,075
Sexe	-1,827*	-0,324	0,973	-1,88	0,061
Tenure	1,132***	0,265	0,301	3,76	0,000
Qualité du sol	0,154	0,031	0,329	0,47	0,641
Revenu des produits forestiers non ligneux	0,877***	0,197	0,297	2,95	0,003
Lambda	<b>-0,629</b>		<b>0,220</b>	<b>-2,86</b>	<b>0,004</b>
Rho	-0,752				
Sigma	0,836				
Nombre d'observations	137				
Prob>Chi2	0,000				
Wald (9)	138,85				
Non adoptant correctement prédit (%)	86,15				
Adoptants correctement prédit (%)	81,94				

Note : \*\*\*significatif à 1% ; \*\*significatif à 5% ; \*significatif à 10%.

Source : construction de l'auteur.

### ➤ Interprétation économique

Les résultats montrent que les envois de fonds des migrants influencent positivement et significativement la probabilité d'adoption à un seuil de 1%. Les ménages qui bénéficient des fonds de migrants adoptent plus la technologie que ceux qui n'en bénéficient pas. Une explication possible de ce résultat est que l'adoption de l'agroforesterie demande des ressources financières importantes et les transferts de fonds peuvent contribuer à lever cette contrainte de financement de l'agroforesterie. Mariko et Sangare (2017) ont trouvé que les transferts de fonds des migrants influencent positivement la traction animale au Mali. Pour Reardone et al. (2007), les ménages ruraux dans de nombreux pays en développement sont

confrontés à des contraintes de crédit auxquelles les revenus non agricoles peuvent aider à surmonter.

L'existence de migrant dans le ménage joue négativement et significativement sur la probabilité d'adoption à 10%. Les ménages avec au moins un membre émigré à un taux d'adoption de l'agroforesterie faible par rapport à leur homologue sans migrant. L'agroforesterie, tout comme les cultures annuelles se réalisent en période hivernale. Il y a donc un arbitrage dans l'affectation de la main d'œuvre entre culture annuelle et agroforesterie. Cet arbitrage se fera sans doute au détriment de l'agroforesterie car les ménages sont moins motivés à investir en main d'œuvre dans une activité de gestion des terres qui produira ses bénéfices à long terme. La diminution de la main d'œuvre par le biais de la migration peut donc provoquer un réajustement dans l'affectation de la main d'œuvre au préjudice de l'adoption de l'agroforesterie. La migration est un signal que le ménage ne pourra pas exploiter toute la terre et recevra éventuellement une demande venant des autres ménages. Pour éviter l'appropriation de leur terre par ces derniers, les ménages d'origine des migrants peuvent augmenter leurs superficies cultivées. Cette combinaison entre réduction de main d'œuvre et augmentation de la superficie réduit la propension à adopter l'agroforesterie. Ces résultats confirment ceux trouvés par Mariko et Sangare (2017).

L'analyse du coefficient de la variable sexe indique une relation négative entre le sexe et l'adoption de l'agroforesterie. Il est significatif à 10%. Ce résultat implique que les ménages dirigés par des femmes sont plus enclins à adopter l'agroforesterie que les ménages dirigés par les hommes. Cela est dû au fait que les femmes, chef de ménages sont des veuves et peuvent récupérer la terre héritée de leur défunts maris. Dans nos contrées, les femmes bénéficient directement des produits de l'agroforesterie à travers le ramassage des produits forestiers non ligneux. De ce fait, elles sont plus réceptives aux technologies agroforestières. Les résultats sont contraires à nos attentes, mais sont similaires à ceux trouvés par Ahmed et Anang (2019). Cependant, d'autres études ont abouti à des résultats contraires. C'est le cas de Kassie (2016).

La tenure a une influence positive et significative sur l'adoption de l'agroforesterie au seuil de 1%. Les ménages propriétaires de leur parcelle d'exploitation sont disposés à mener des actions de long terme en vue de la conservation du sol mais aussi profiter des revenus tirés des plantations dans le temps. Les projets d'agroforesterie peuvent cibler les ménages disposant

une propriété foncière. Une sécurité foncière accrue augmente donc la probabilité d'adoption de l'agroforesterie. Ce résultat corrobore les travaux de nombreux auteurs (Pattanayak et Mercer, 2002 ; Nkamleu, 2005 ; Otsuki, 2010 ; Zerihun et Worku, 2014 ; kpadenou et al., 2019).

De l'analyse des résultats, il ressort que le revenu des produits forestiers non ligneux a une influence positive et significative sur la probabilité d'adoption de l'agroforesterie à 10%. Les ménages profitant des retombées financières des produits forestiers non ligneux ont une probabilité plus élevée d'adopter l'agroforesterie. Ce signe est conforme à nos attentes. L'adoption de l'agroforesterie est exigeante en matière de dépenses. Ces dépenses concernent précisément l'acquisition des plants et l'embauchement de la main d'œuvre pour l'entretien. Ceux qui disposent de ces ressources seront plus à l'aise pour adopter l'agroforesterie. De plus, selon la théorie microéconomique de la maximisation de l'utilité du consommateur, le consommateur n'adopte la technologie que si l'utilité attendue est positive. Dans une étude récapitulative de 32 études sur l'adoption de l'agroforesterie, Pattanayak et al. (2003) concluent que le signe de la corrélation entre l'adoption de l'agroforesterie et les mesures de dotations est systématiquement positif.

### **3.2.2 L'effet de l'adoption de l'agroforesterie**

Nous estimons l'effet moyen du traitement (ATE) de l'adoption de l'agroforesterie sur le revenu agricole à l'aide de la fonction «etregress» du logiciel Stata 14. Cette fonction estime un effet de traitement moyen (ATE) et peut utiliser l'estimateur cohérent en deux étapes. Lorsqu'il n'y a pas d'interactions entre la variable de traitement et les covariables de résultat, la fonction etregress estime directement l'ATE et l'ATET (Balde et al., 2019). Un des objectifs de notre recherche est d'évaluer l'effet de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages. Dans la présente section, nous analysons les résultats estimés de l'équation de revenu via le modèle de traitement endogène.

L'analyse des résultats indique que quatre variables ont leurs coefficients significatifs. Il s'agit de l'adoption, du niveau d'éducation du chef de ménage, de l'âge du chef de ménage et du revenu des produits forestiers non ligneux. Le niveau d'éducation et l'adoption sont significatives à 1% tandis que l'âge du chef de ménage et du revenu des produits forestiers non ligneux sont significatifs à 10%. Parmi ces variables, seul le niveau d'éducation du chef

de ménage a une influence négative sur le revenu agricole. Les trois autres sont liées positivement au revenu agricole. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

**Tableau 5:** Effet de l'adoption sur le revenu (ln (revenu agricole))

<b>Variabiles</b>	<b>Coefficients</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Z</b>	<b>P(z)</b>
Age	0,011*	0,0059	1,90	0,057
Niveau d'éducation du chef de ménage	-0,482***	0,135	-3,56	0,000
Statut du chef de ménage	0,256	0,319	0,80	0,422
Taille de la parcelle	-0,001	0,005	-0,24	0,809
Taille du ménage	-0,020	0,013	-1,55	0,121
Tenure	-0,169	0,213	-0,80	0,426
Revenu des produits forestiers non ligneux	0,351*	0,186	1,88	0,060
Adoption de l'agroforesterie	1,758***		5,00	0,000
		0,351		

Note : \*\*\*significatif à 1% ; \*\*significatif à 5% ; \*significatif à 10%.

Source : construction de l'auteur

### ➤ **Interprétation économique des résultats des effets marginaux**

Nous allons maintenant présenter et interpréter les effets marginaux des variables significatives, car l'ampleur des effets marginaux est révélatrice du degré d'importance ou de pertinence politique des variables (Bacha et al., 2011)

Les résultats indiquent que l'adoption a un effet positif sur le revenu agricole des ménages. Une quelconque adoption de l'agroforesterie améliore le revenu agricole. L'effet moyen de traitement sur les personnes traitées est 175,84 FCFA. Un ménage qui adopte l'agroforesterie verra son revenu agricole par tête augmenté de 175,84 FCFA soit 2,20%. Ceci est cohérent avec les études antérieures sur la contribution de l'adoption de technologie agricole à l'amélioration des conditions de vie des ménages par l'augmentation du revenu agricole. Suite à une étude de l'impact d'amélioration de l'adoption des variétés améliorées sur les revenus agricoles au Ghana, Ahmed et Anang (2019) ont abouti à des résultats similaires. En effet, ils ont conclu que l'adoption des variétés augmentent le revenu agricole. Les résultats des études de Ding et al. (2011) indiquent également que l'adoption de technologie agricole augmente le revenu du riz pluvial. Kuntashula et Mungatana (2013) ont aussi constaté que les adoptants de la jachère améliorée avaient un revenu agricole plus élevé que les non-adoptants. D'autres auteurs (Mendola, 2007 ; Wu et al., 2010) ont utilisé l'appariement par les scores de propension pour évaluer l'impact des technologies agricoles sur le revenu agricole. Ils

trouvent que l'adoption de la technologie est positivement corrélée au revenu agricole. Kassie et al., (2011) ont utilisé le même modèle et ont conclu que l'adoption permet aux petits producteurs d'améliorer leurs revenus agricoles et d'échapper à la pauvreté. Birhane et al. (2018) rapportent que la plantation d'arbres améliore le revenu des ménages. Neupane et Thapa (2001) montrent également que l'adoption de l'agroforesterie influence positivement le revenu agricole des ménages.

L'éducation du chef de ménage est négativement liée au revenu agricole. En effet, les résultats révèlent que les ménages dirigés par des chefs scolarisés ont un revenu moindre de 48,2% par rapport aux ménages dirigés par des chefs non scolarisés. L'éducation tend donc à éloigner la main d'œuvre du secteur agricole réduisant la productivité ainsi que le revenu agricole. Une explication possible de ce résultat est qu'en milieu rural, ceux qui ont un niveau d'éducation élevé ont l'opportunité d'occuper des emplois non agricoles et bien rémunérés. L'éducation valorise le capital humain en offrant la possibilité d'être employé en dehors du secteur agricole. Bien que ce résultat soit contraire à nos attentes, ils sont similaires aux conclusions des travaux d'autres auteurs. Ainsi, Davis et al., (2012) concluent que le revenu agricole des ménages dont le chef n'a aucune éducation formelle a augmenté plus que ceux dont les chefs sont scolarisés. Ces résultats sont en accord avec les conclusions des travaux de Anang (2017) qui affirme qu'une année supplémentaire d'éducation réduit la main d'œuvre agricole en raison de l'effet négatif de l'éducation sur la productivité agricole.

Nos résultats révèlent que l'âge du chef de ménage est associé positivement au revenu agricole. Ce qui indique que l'âge du chef de ménage augmente avec le revenu agricole. Une année supplémentaire de l'âge entraîne une augmentation du revenu de 1,12%. L'âge est un indicateur proxy de l'expérience. Cela peut s'expliquer par le fait que l'expérience s'acquiert avec l'âge et pourrait se traduire par une augmentation du revenu agricole. Ces résultats sont en accord avec les études existantes révélant une relation positive entre l'âge et le revenu agricole. Omotayo et al. (2021) ont trouvé que la volonté des ménages à payer des plantes indigènes augmentait avec l'âge.

Conformément à nos attentes, les résultats indiquent une relation positive entre les revenus forestiers non ligneux et le revenu agricole. L'accès au revenu des produits forestiers non ligneux entraîne une augmentation du revenu agricole de 35,12%. Ce qui est vraisemblable, car les revenus forestiers non ligneux peuvent jouer un rôle dans le financement des activités

agricoles dans les zones où l'accès au crédit constitue un problème majeur au développement de l'agriculture. Ce financement concerne l'achat d'engrais, des semences améliorées et outils agricoles améliorés (Adam et al., 2013).

#### **4 Conclusion**

L'étude a estimé l'effet de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages. Le modèle à effet traitement endogène a été utilisé pour l'estimation.

Les résultats du modèle d'adoption indiquent que les transferts de fonds des migrants augmentent la probabilité d'adoption de l'agroforesterie. Cela confirme l'hypothèse selon laquelle, les transferts de fonds influencent positivement l'adoption de l'agroforesterie. En plus de la variable d'intérêt, des variables de contrôle sont également significatives. Ainsi, la tenure et le revenu des produits forestiers non ligneux affectent positivement la probabilité d'adoption. En revanche, l'existence de migrants dans un ménage, ainsi que le sexe du chef de ménage diminuent la probabilité d'adoption de l'agroforesterie.

L'analyse de l'équation du revenu montre que l'effet de l'adoption de l'agroforesterie sur le revenu agricole par tête de ménages est de 175,84 FCFA, ce qui représente 2,20% du revenu agricole. Ce qui confirme notre deuxième hypothèse. Les résultats révèlent également que le revenu agricole par tête de ménage augmente avec l'âge et le revenu des produits forestiers non ligneux. Contre toute attente, le niveau d'éducation est négativement corrélé au revenu agricole.

Les résultats impliquent que l'amélioration des conditions économiques des ménages par l'augmentation du revenu agricole passe par la promotion de l'agroforesterie. Les transferts de fonds des migrants sont des ressources financières importantes qui assurent l'adoption de la technologie mais la migration elle-même décourage l'adoption par la perte de main d'œuvre. Bien que les effets de cette perte de main d'œuvre soient compensés par les transferts de fonds, nous ne pouvons pas encourager la migration. Des sources alternatives de financement doivent donc être trouvées pour assurer la promotion des technologies agricoles. Le revenu tiré des produits forestiers non ligneux constituent une source de financement de l'adoption. Pour que ce revenu puisse contribuer convenablement au financement des technologies agricoles, la cueillette et la transformation des produits forestiers non ligneux doivent être considérées comme une activité à part entière. La promotion de l'entrepreneuriat dans ce domaine est nécessaire. Le Burkina Faso connaît depuis quelques années une spéculation foncière qui entrave les activités agricoles ainsi que l'adoption de l'agroforesterie. Pour promouvoir l'agroforesterie, les décideurs doivent faire en sorte que la sécurisation des propriétés foncières soit assurée. Ces politiques doivent tenir compte du genre étant donné que le taux d'adoption des femmes est plus élevé que celui des hommes et les difficultés d'accès des femmes à la terre dans notre pays.

Les politiques en faveur de la promotion des produits forestiers non ligneux ainsi qu'en faveur de l'adoption de l'agroforesterie visent également à augmenter le revenu agricole, d'autant plus que ces deux variables influencent positivement le revenu. Nos résultats montrent que les ménages dont le chef n'est pas scolarisé ont un revenu supérieur aux ménages dirigés par un chef scolarisé. Ces résultats ne veulent nullement dire que le revenu agricole diminue avec l'éducation, mais sont dus au fait que l'objectif de l'enseignement dispensé n'est pas de former des intellectuels qui s'intéressent au domaine agricole. En effet, dans notre recherche nous avons considéré l'éducation de façon générale comme l'ont fait plusieurs études antérieures. Pourtant, pour saisir l'effet de l'éducation sur le revenu agricole, il faudrait d'abord que l'éducation soit orientée vers l'entrepreneuriat agricole. Une telle éducation aura sans doute l'effet attendu sur le revenu agricole. Donc en termes de politique agricole, les décideurs doivent créer des centres de formation en vue de former pendant une durée raisonnable des entrepreneurs agricoles. Compte tenu du lien positif entre l'âge et le revenu agricole, cette politique doit cibler les ménages dont le chef à un âge raisonnable.

Toutefois, notre étude comporte des limites. En effet, nous n'avons pas pu intégrer les variables comme l'accès au crédit, la distance entre la maison et la parcelle d'exploitation. En outre, la variable migration malgré qu'elle soit intégrée ne distingue pas le lieu d'accueil ni s'il s'agit d'une migration nationale ou internationale. Des études futures devraient intégrer ces variables et différencier la migration selon la zone d'accueil. La prise en compte de ces limites permettra de faire des analyses de façon approfondie afin de mieux orienter les décideurs.

## **5 Bibliographie**

Adam, Y. O., Pretzsch, J., & Pettenella, D. (2013). Contribution of Non-Timber Forest Products livelihood strategies to rural development in drylands of Sudan: Potentials and failures. *Agricultural Systems*, 117, 90-97.

- Adeoti, A. I. (2008). Factors influencing irrigation technology adoption and its impact on household poverty in Ghana. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 109(1), 51-63
- Ahmed, H., & Anang, B. T. (2019). Impact of improved variety adoption on farm income in Tolon district of Ghana. *Agricultural Socio-Economics Journal*, 19(2), 105-115.
- Anang, B. T. (2017). Effect of non-farm work on agricultural productivity.
- Anang, B. T., Bäckman, S., & Sipiläinen, T. (2020). Adoption and income effects of agricultural extension in northern Ghana. *Scientific African*, 7, e00219
- Augusseau, X., Nikiéma, P., & Torquebiau, E. (2006). Tree biodiversity, land dynamics and farmers' strategies on the agricultural frontier of southwestern Burkina Faso. *Biodiversity & Conservation*, 15(2), 613-630.
- Bacha, D., Namara, R., Bogale, A., & Tesfaye, A. (2011). Impact of small-scale irrigation on household poverty: empirical evidence from the Ambo district in Ethiopia. *Irrigation and Drainage*, 60(1), 1-10.
- Baig, M. B., Shabbir, A., Nowshad, K., & Muhammad, K. (2008). Germ plasm Conservation of Multipurpose Trees and their Role in Agroforestry for Sustainable Agricultural Production in Pakistan. *Int. J. Agric. Biol*, 10(2).
- Balde, B. S., Diawara, M., Rossignoli, C. M., & Gasparatos, A. (2019). Smallholder-based oil palm and rubber production in the forest region of Guinea: an exploratory analysis of household food security outcomes. *Agriculture*, 9(2), 41.
- Bannister, M. E., & Nair, P. K. R. (2003). Agroforestry adoption in Haiti: the importance of household and farm characteristics. *Agroforestry systems*, 57(2), 149-157.
- Birhane, E., Teklay, R., Gebrehiwet, K., Solomon, N., & Tadesse, T. (2019). Maintaining *Acacia polyacantha* trees in farmlands enhances soil fertility and income of farmers in North Western Tigray, Northern Ethiopia. *Agroforestry Systems*, 93(6), 2135-2149.
- Blein, R., Soulé, B. G., Dupaigne, B. F., & Yérima, B. (2008). Les potentialités agricoles de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). Paris : Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde (FARM), 116.
- Bockel, L., Veyrier, M., Gopal, P., Adu, A. et Ouedraogo, A. 2020. Développement de la filière karité - Principal moteur pro-pauvre de fixation du carbone en Afrique de l'Ouest. Accra. FAO et Alliance Globale du Karité.
- Bonkougou, E. G. (2004). L'arbre à karité (*Vitellaria paradoxa*) et les parcs à karité en Afrique. Atelier international sur le traitement, la valorisation et le commerce du karité en Afrique, 54
- Buresh, R. J., & Tian, G. (1998). Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. In *Directions in Tropical Agroforestry Research* (pp. 51-76). Springer, Dordrecht.

- Betters, D. R. (1988). Planning optimal economic strategies for agroforestry systems. *Agroforestry systems*, 7(1), 17-31.
- Combary, O. S. (2016). Decisions for adopting and intensifying the use of chemical fertilizers in cereal production in Burkina Faso. *African Journal of Agricultural Research*, 11(47), 4824-4830.
- David, S. (1997). Household economy and traditional agroforestry systems in western Kenya. *Agriculture and human values*, 14(2), 169-179.
- Davis, K., Nkonya, E., Kato, E., Mekonnen, D. A., Odendo, M., Miiro, R., & Nkuba, J. (2012). Impact of farmer field schools on agricultural productivity and poverty in East Africa. *World development*, 40(2), 402-413.
- De Brauw, A., & Giles, J. (2018). Migrant labor markets and the welfare of rural households in the developing world: evidence from China. *The World Bank Economic Review*, 32(1), 1-18.
- De Giusti, G., Kristjanson, P., & Rufino, M. C. (2019). Agroforestry as a climate change mitigation practice in smallholder farming: evidence from Kenya. *Climatic Change*, 153(3), 379-394.
- Dhakal, A., Cockfield, G., & Maraseni, T. N. (2015). Deriving an index of adoption rate and assessing factors affecting adoption of an agroforestry-based farming system in Dhanusha District, Nepal. *Agroforestry systems*, 89(4), 645-661.
- Diaby, M., Kone, Y., Traore, K., & Togo, A. M. (2020). Analyse des déterminants de l'adoption de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans la zone soudano-sahélienne : cas des cercles de Diéma et Kolokani au Mali. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(2), 473-485.
- Ding, S., Meriluoto, L., Reed, W. R., Tao, D., & Wu, H. (2011). The impact of agricultural technology adoption on income inequality in rural China: Evidence from southern Yunnan Province. *China Economic Review*, 22(3), 344-356.
- Dugué, P., Djamen Nana, P., Faure, G., & Le Gal, P. Y. (2015). Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales : de la technique aux processus d'innovation.
- Karki, L. B., & Bauer, S. (2004, October). Technology adoption and household food security. Analyzing factors determining technology adoption and impact of project intervention: A case of smallholder peasants in Nepal. In *Proceedings of Deutscher Tropentag Workshop* (pp. 5-7).
- Khan, M., Mahmood, H. Z., Abbas, G., & Damalas, C. A. (2017). Agroforestry systems as alternative land-use options in the arid zone of Thal, Pakistan. *Small-scale Forestry*, 16(4), 553-569.
- FAO, 2015. Promouvoir l'agroforesterie dans les politiques publiques– Guide pour les décideurs. Par G. Buttoud, M. Gauthier et F. Place, en collaboration avec O. Ajayi, B. Detlefsen, et E. Torquebiau Document de travail sur l'agroforesterie no 1. Rome. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. FAO, Rome, 36 p.

- Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic development and cultural change*, 33(2), 255-298.
- Franzel, S. (1999). Socioeconomic factors affecting the adoption potential of improved tree fallows in Africa. *Agroforestry systems*, 47(1), 305-321.
- Gubert, F. (2000). Migration, remittances, and moral hazard. Evidence from the Kayes area (Western Mali). CERDI, Etudes et Documents, E.
- Guinko, S. (1997). Au Burkina Faso et au Niger, Afrique de l'Ouest. L'Homme et le milieu végétal dans le bassin du Lac Tchad : Séminaire du Réseau Méga-Tchad, Sèvres, du 18 au 20 Septembre 1991, 35.
- Irshad, M., Khan, A., Inoue, M., Ashraf, M., & Sher, H. (2011). Identifying factors affecting agroforestry system in Swat, Pakistan. *African journal of agricultural research*, 6(11), 2586-2593.
- Islam, K. K., Hoogstra, M., Ullah, M. O., & Sato, N. (2012). Economic contribution of participatory agroforestry program to poverty alleviation: a case from Sal forests, Bangladesh. *Journal of Forestry Research*, 23(2), 323-332
- Kassie, G. W. (2016). Agroforestry and land productivity: Evidence from rural Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1259140.
- Kassie, M., Shiferaw, B., & Muricho, G. (2011). Agricultural technology, crop income, and poverty alleviation in Uganda. *World development*, 39(10), 1784-1795.
- Kidane, B., & Tesfaye, A. (2006). Agroforestry practices and tree planting constraints and opportunities in Sekota District of the Amhara Regional State. *The Challenges of DryLand Forest Rehabilitation in Ethiopia*, 1, 1817-3322.
- Kpadenou, C. C., Tama, C., Tossou, B. D., & Yabi, J. A. (2019). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques agro-écologiques en production maraîchère dans la vallée du Niger au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(7), 3103-3118.
- Kuntashula, E., & Mungatana, E. (2013). Estimating the causal effect of improved fallows on farmer welfare using robust identification strategies in Chongwe, Zambia. *Agroforestry systems*, 87(6), 1229-1246.
- Langewiesche, K. (2004). Les limites du reboisement au Burkina Faso et au Bénin. *Politique africaine*, (4), 196-211.
- Lucas, R. E. (2007). Migration and rural development. *The electronic Journal of Agricultural and Development Economics*, 4(853-2016-56116), 99-122.
- Maluki, J. M., Kimiti, J. M., Nguluu, S. N., & Musyoki, J. K. (2016). Adoption levels of agroforestry tree types and practices by smallholders in the semi-arid areas of Kenya: A case of Makueni County.

- Mamo, G., Sjaastad, E., & Vedeld, P. (2007). Economic dependence on forest resources: A case from Dendi District, Ethiopia. *Forest policy and Economics*, 9(8), 916-927.
- Marenya, P. P., & Barrett, C. B. (2007). Household-level determinants of adoption of improved natural resources management practices among smallholder farmers in western Kenya. *Food policy*, 32(4), 515-536.
- Marou, Z. A., Abass, A. T., Bokar, M., Niang, A., & Cheick, O. T. (2002). Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région de Maradi au Niger. Rapport de travail.
- Mbow, C., Smith, P., Skole, D., Duguma, L., & Bustamante, M. (2014). Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 8-14.
- Mendola, M. (2007). Agricultural technology adoption and poverty reduction: A propensity-score matching analysis for rural Bangladesh. *Food policy*, 32(3), 372-393.
- Mercer, D. E., Haggard, J., Snook, A., & Sosa, M. (2005). Agroforestry adoption in the calakmul biosphere reserve, Campeche, Mexico. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, 4(2), 163-183.
- Mercer, D. E., & Pattanayak, S. K. (2003). Agroforestry adoption by smallholders. In *Forests in a market economy* (pp. 283-299). Springer, Dordrecht.
- Moronge, J., & Nyamweya, J. M. (2019). Some socio-economic drivers of agroforestry adoption in Temiyotta Location, Nakuru County, Kenya. *Journal of Sustainability, Environment and Peace*, 2(1), 9-14.
- Mwase, W., Sefasi, A., Njoloma, J., Nyoka, B. I., Manduwa, D., & Nyaika, J. (2015). Factors affecting adoption of agroforestry and evergreen agriculture in Southern Africa. *Environment and Natural Resources Research*, 5(2), 148.
- Nkamleu, G. B., & Coulibaly, O. (2000). Le choix des méthodes de lutte contre les pestes dans les plantations de cacao et de café au Cameroun. *Économie rurale*, 259(1), 75-85.
- Neupane, R. P., & Thapa, G. B. (2001). Impact of agroforestry intervention on soil fertility and farm income under the subsistence farming system of the middle hills, Nepal. *Agriculture, ecosystems & environment*, 84(2), 157-167.
- Nkamleu, G. B., & Manyong, V. M. (2005). Factors affecting the adoption of agroforestry practices by farmers in Cameroon. *Small-scale forest economics, management, and policy*, 4(2), 135-148.
- Neupane, R. P., & Thapa, G. B. (2001). Impact of agroforestry intervention on soil fertility and farm income under the subsistence farming system of the middle hills, Nepal. *Agriculture, ecosystems & environment*, 84(2), 157-167.
- Neupane, R. P., & Thapa, G. B. (2001). retracted article: Impact of agroforestry intervention on farm income under the subsistence farming system of the middle hills, Nepal. *Agroforestry systems*, 53(1), 31-37.

- Ogunniyi, A., Omonona, B., Abioye, O., & Olagunju, K. (2018). Impact of irrigation technology use on crop yield, crop income and household food security in Nigeria: A treatment effect approach.
- Oino, P., & Mugure, A. (2013). Farmer-oriented factors that influence adoption of agroforestry practices in Kenya: Experiences from Nambale District, Busia County. *International Journal of Science and Research*, 2(4), 450-456.
- Oli, B. N., Treue, T., & Larsen, H. O. (2015). Socio-economic determinants of growing trees on farms in the middle hills of Nepal. *Agroforestry Systems*, 89(5), 765-777.
- Olujobi, O. J. (2018). Factors influencing adoption of improved fallow among agroforestry farmers in Gbonyin Local Government, Ekiti State, Nigeria. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 6(2), 21-27.
- Omotayo, A. O., Ndhlovu, P. T., Tshwene, S. C., Olagunju, K. O., & Aremu, A. O. (2021). Determinants of Household Income and Willingness to Pay for Indigenous Plants in North West Province, South Africa: A Two-Stage Heckman Approach. *Sustainability*, 13(10), 5458.
- Otsuki, T. (2010). Estimating agroforestry's effect on productivity in Kenya: An application of a treatment effects model. *Africa C*, 2007-2009.
- Ouoba, H. Y., Bastide, B., Coulibaly-Lingani, P., Kabore, S. A., & Boussim, J. I. (2018). Connaissances et perceptions des producteurs sur la gestion des parcs à *Vitellaria paradoxa* CF Gaertn. (Karité) au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(6), 2766-2783.
- Ouoba, Y. H., Bastide, B., Coulibaly-Lingani, P., Kaboré, S. A., Yaméogo-Gaméné, S. C., Belem, B., ... & Boussim, J. I. (2020). Régénération assistée du karité (*Vitellaria paradoxa* CF Gaertn.) dans les parcs agroforestiers au Burkina Faso.
- Pattanayak, S. K., & Mercer, D. E. (2002). Indexing soil conservation: farmer perceptions of agroforestry benefits. *Journal of Sustainable Forestry*, 15(2), 63-85.
- Pattanayak, S. K., Mercer, D. E., Sills, E., & Yang, J. C. (2003). Taking stock of agroforestry adoption studies. *Agroforestry systems*, 57(3), 173-186.
- Phiri, D., Franzel, S., Mafongoya, P., Jere, I., Katanga, R., & Phiri, S. (2004). Who is using the new technology? The association of wealth status and gender with the planting of improved tree fallows in Eastern Province, Zambia. *Agricultural systems*, 79(2), 131-144.
- Rahman, F., Haq, F., Tabassum, I., & Ullah, I. (2014). Socio-economic drivers of deforestation in Roghani Valley, Hindu-Raj mountains, northern Pakistan. *Journal of Mountain Science*, 11(1), 167-179.
- Reardon, T., Stamoulis, K., & Pingali, P. (2007). Rural nonfarm employment in developing countries in an era of globalization. *Agricultural Economics*, 37, 173-183.

- Rôle et Potentiel dans le Système National de l'Information pour la Sécurité Alimentaire et le suivi de la mise en oeuvre du cadre stratégique de lutte contre la pauvreté, le système des statistiques agricoles du Burkina Faso (DSA).
- Ruane, J., & Sonnino, A. (2011). Agricultural biotechnologies in developing countries and their possible contribution to food security. *Journal of biotechnology*, 156(4), 356-363.
- Sallé, G., Boussim, J. I., Raynal-Roques, A., & Brunck, F. (1991). Le Karité : une richesse potentielle. Perspectives de recherche pour améliorer sa production.
- Scherr, S. J. (1995). Economic factors in farmer adoption of agroforestry: patterns observed in Western Kenya. *World development*, 23(5), 787-804.
- Sedogo, L. (2011). Rapport général du module pluvial.
- Sood, K. K. (2006). The influence of household economics and farming aspects on adoption of traditional agroforestry in Western Himalaya. *Mountain Research and Development*, 26(2), 124-130.
- Wu, H., Ding, S., Pandey, S., & Tao, D. (2010). Assessing the impact of agricultural technology adoption on farmers' well-being using propensity-score matching analysis in rural China. *Asian Economic Journal*, 24(2), 141-160.
- Yabi, J. A., Bachabi, F. X., Labiyi, I. A., Ode, C. A., & Ayena, R. L. (2016). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 779-792.
- Zahonogo, P. (2009). Evaluation des impacts économiques de la phase de sortie du projet d'appui au secteur de l'énergie (pase ω). Rapport pour UICN Burkina Faso. 36p.
- Zerihun, M. F., Muchie, M., & Worku, Z. (2014). Determinants of agroforestry technology adoption in Eastern Cape province, South Africa. *Development Studies Research. An Open Access Journal*, 1(1), 382-394.
- Zhou, Y. (2016). La mécanisation de l'agriculture en Afrique de l'Ouest. Fondation Syngenta pour l'agriculture durable.

## 7 Annexes

## ➤ Effet de traitement endogène

```
. etregress ln_remen age scol stat sup tmen ten rpf, treat(adopt = i.enmi age i.stat i.migr i.sex i.ten i.qal i.rpf,) twostep
```

```
Linear regression with endogenous treatment      Number of obs      =      137
Estimator: two-step                            Wald chi2(9)       =     138.85
                                                Prob > chi2        =      0.0000
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
<b>ln_remen</b>						
age	.0112543	.0059089	1.90	0.057	-.000327	.0228356
scol	-.482083	.1355023	-3.56	0.000	-.7476627	-.2165033
stat	.2568989	.3196024	0.80	0.422	-.3695103	.8833081
sup	-.0014188	.0058748	-0.24	0.809	-.0129331	.0100955
tmen	-.0206603	.0133386	-1.55	0.121	-.0468035	.0054829
ten	-.1696171	.2130946	-0.80	0.426	-.5872747	.2480406
rpf	.351222	.1866413	1.88	0.060	-.0145882	.7170322
adopt	1.758404	.3514215	5.00	0.000	1.06963	2.447177
_cons	7.899966	.4240112	18.63	0.000	7.06892	8.731013
<b>adopt</b>						
1.enmi	1.808642	.390584	4.63	0.000	1.043111	2.574172
age	.0163481	.0115231	1.42	0.156	-.0062367	.038933
1.stat	-.3491883	.6942278	-0.50	0.615	-1.70985	1.011473
1.migr	-.6795371	.3817103	-1.78	0.075	-1.427676	.0686013
1.sex	-1.827697	.9739922	-1.88	0.061	-3.736687	.0812924
1.ten	1.132728	.3014199	3.76	0.000	.5419555	1.7235
1.qal	.1540876	.329988	0.47	0.641	-.4926769	.8008521
1.rpf	.8772289	.2975149	2.95	0.003	.2941103	1.460347
_cons	-.4304171	1.175406	-0.37	0.714	-2.73417	1.873336
<b>hazard</b>						
lambda	-.6295598	.2202109	-2.86	0.004	-1.061165	-.1979544
rho	-0.75263					
sigma	.8364848					

## ➤ Effets marginaux

```
Expression : Pr(adopt), predict()
dy/dx w.r.t. : 1.enmi age 1.stat 1.migr 1.sex 1.ten 1.qal 1.rpf
```

	Delta-method				
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
1.enmi	.4620927	.0870406	5.31	0.000	.2914963 .6326891
age	.0032676	.002251	1.45	0.147	-.0011443 .0076796
1.stat	-.0687934	.1341412	-0.51	0.608	-.3317053 .1941185
1.migr	-.1264113	.0623211	-2.03	0.043	-.2485585 -.0042642
1.sex	-.3241485	.1431253	-2.26	0.024	-.6046689 -.0436281
1.ten	.2655034	.0732886	3.62	0.000	.1218605 .4091463
1.qal	.031066	.0668999	0.46	0.642	-.1000554 .1621875
1.rpf	.1974772	.0696289	2.84	0.005	.0610072 .3339473

➤ Prédiction

```
. estat classification
```

Probit model for adopt

Classified	True		Total
	D	~D	
+	59	13	72
-	9	56	65
Total	68	69	137

Classified + if predicted Pr(D) >= .5  
True D defined as adopt != 0

Sensitivity	Pr( +  D)	86.76%
Specificity	Pr( - ~D)	81.16%
Positive predictive value	Pr( D  +)	81.94%
Negative predictive value	Pr(~D  -)	86.15%
False + rate for true ~D	Pr( + ~D)	18.84%
False - rate for true D	Pr( -  D)	13.24%
False + rate for classified +	Pr(~D  +)	18.06%
False - rate for classified -	Pr( D  -)	13.85%
Correctly classified		83.94%

➤ Matrice de corrélation

```
. pwcorr age scol stat sup tmen ten rpf adopt enmi migr sex qal
```

	age	scol	stat	sup	tmen	ten	rpf
age	1.0000						
scol	0.0456	1.0000					
stat	-0.0640	-0.0568	1.0000				
sup	0.1379	0.1254	0.0349	1.0000			
tmen	0.1613	0.1651	0.1818	0.0650	1.0000		
ten	0.2877	-0.0488	0.0316	0.0061	-0.0701	1.0000	
rpf	0.1425	-0.1088	0.0532	0.0085	0.0663	0.2089	1.0000
adopt	0.2672	0.0951	-0.0641	0.0984	-0.0559	0.5067	0.4161
enmi	0.1164	-0.0388	-0.0388	0.0471	-0.0446	0.3297	0.3483
migr	0.0449	0.0776	-0.1437	0.0087	0.0204	-0.0142	0.1182
sex	-0.0150	-0.1904	0.4495	-0.2834	0.1704	-0.0636	0.1097
qal	-0.0464	0.0794	0.0635	-0.0411	0.1254	0.0925	0.0114

  

	adopt	enmi	migr	sex	qal
adopt	1.0000				
enmi	0.5800	1.0000			
migr	0.0830	0.3776	1.0000		
sex	-0.1182	-0.0205	-0.0035	1.0000	
qal	0.0951	0.0902	-0.0241	-0.0278	1.0000

## **Table des matière**

### **S**

#### **DEDICACE**

#### **REMERCIEMENTS**

#### **SOMMAIRE**

#### **LISTE DES TABLEAUX**

#### **SIGLES ET ABREVIATIONS**

#### **INTRODUCTION**

### **1 Revue de littérature sur les déterminants de l'adoption de l'agroforesterie et l'effet de l'adoption sur le revenu agricole**

#### **1.1 Analyse théorique des déterminants de l'adoption**

##### **1.1.1 Théorie de l'action raisonnée**

##### **1.1.2 Théorie de la diffusion de l'innovation**

##### **1.1.3 Modèle d'acceptation de la technologie**

#### **1.2 Etudes empiriques sur les déterminants de l'adoption de l'agroforesterie et l'effet de l'adoption sur le revenu agricole**

### **2 Méthodologie de Recherche sur l'effet de l'agroforesterie sur le revenu agricole des ménages**

#### **2.1 Les données utilisées**

##### **2.1.1 Zone d'étude**

##### **2.1.2 Sources de données**

#### **2.2 Méthodologie d'analyse**

##### **2.2.1 Modèle Théorique et définition des variables explicatives**

###### **2.2.1.1 Modèle Théorique**

###### **2.2.1.2 Définition des Variables**

##### **2.2.2 Modèle empirique**

### **2.2.2.1 Choix des variables explicatives de l'adoption et signe attendu**

### **2.2.2.2 Choix des variables affectant le revenu des ménages**

### **2.2.2.3 Modèle empirique d'adoption**

### **2.2.2.4 Modèle empirique de l'effet sur le revenu**

### **2.2.2.5 Procédure d'estimation**

## **3 Analyse des résultats**

### **3.1 Statistiques descriptives**

### **3.2 Estimation de l'adoption de l'agroforesterie et de son effet**

#### **3.2.1 Modèle d'adoption**

#### **3.2.2 L'effet de l'adoption de l'agroforesterie**

## **4 Conclusion**

## **5 Bibliographie**

## **6 Annexes**