



Scan to know paper details and
author's profile

Impact of Agroecological Practices on Agricultural Production in the Kirimiro Plateaus of Burundi

Ngendakumana Serge, Ndayishimiye Nadine, Gahiro Leonidas, Niyonzima Audace, Bukobero Libere & Et Ntirandekura J. Bosco

Université du Burundi

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the impact of agroecological practices on agricultural production, focusing on the main crops and their determinants in central Burundi. A three-stage sampling method was used to collect primary data from 252 farming households, including 125 that implemented agroecological practices and 127 control households. The results indicate that factors such as years of experience in agroecology, use of biofertilizers, agricultural training, access to credit, and seed category influence maize production in the region. The average maize production per hectare is 1903.01 kg/ha for the group that adopted agroecological practices compared to 1027.46 kg/ha for the control group during the 2023-2024 growing season.

Keywords: agroecological practices, agricultural production, kirimiro, burundi.

Classification: FOR Code: 070101, 070302, 070199

Language: English



Great Britain
Journals Press

LJP Copyright ID: 925692

Print ISSN: 2631-8490

Online ISSN: 2631-8504

London Journal of Research in Science: Natural & Formal

Volume 25 | Issue 9 | Compilation 1.0



Impact of Agroecological Practices on Agricultural Production in the Kirimiro Plateaus of Burundi

Incidences des Pratiques Agroécologiques sur la Production Agricole dans Les Plateaux du Kirimiro au Burundi

Ngendakumana Serge^a, Ndayishimiye Nadine^o, Gahiro Leonidas^p, Niyonzima Audace^{co}, Bukobero Libere^s & Et Ntirandekura J. Bosco^x

RÉSUMÉ

La présente étude a été menée dans la région naturelle du Kirimiro au Burundi. Elle vise l'analyse des déterminants du développement agricole et des pratiques caractéristiques de l'agroécologie influençant la production agricole. Sur un échantillon total de 252 ménages agricoles comprenant 125 ayant mis en œuvre les pratiques agroécologiques dans leurs exploitations et 127 témoins, les outils et les méthodes utilisées sont ceux de l'analyse socio-économique dont l'analyse économétrique et l'analyse en composantes principales. Les résultats indiquent que le nombre d'années d'expérience en agroécologie, l'utilisation de biofertilisants, la formation agricole, l'accès au crédit et la catégorie des semences influencent la production de maïs dans la région. La moyenne de la production de maïs par hectare est de 1903,01 kg/ha pour le groupe ayant adopté les pratiques agroécologiques contre 1027,46 kg/ha pour le groupe témoin au cours de la saison culturale A 2023-2024. En outre, l'effet de ces pratiques s'intensifie avec le temps: les agriculteurs ayant plus d'années d'expérience en agroécologie affichent des rendements plus élevés.

Motsclés: pratiques agroécologiques, production agricole, kirimiro, burundi.

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the impact of agroecological practices on agricultural production, focusing on the main crops and their determinants in central Burundi. A three-stage sampling method was used to collect primary data from 252 farming households, including 125 that implemented agroecological practices and 127 control households. The results indicate that factors such as years of experience in agroecology, use of biofertilizers, agricultural training, access to credit, and seed category influence maize production in the region. The average maize production per hectare is 1903.01 kg/ha for the group that adopted agroecological practices compared to 1027.46 kg/ha for the control group during the 2023-2024 growing season.

Keywords: agroecological practices, agricultural production, kirimiro, burundi.

Author ^a ^o ^p ^{co}: Centre Universitaire d'Etude et de Recherche-Développement en Agroéconomie(CERDA), Université du Burundi, B.P.2240 Bujumbura, Burundi.

^s: ADISCO, Quartier Kiyange, Bujumbura, Burundi.

^x: CRAVE, Université du Burundi, Blvd. de l'UPRONA, BP 1550 Bujumbura, Burundi.

I. INTRODUCTION

L'agriculture moderne se distingue par des pratiques de monoculture à grande échelle, l'utilisation de variétés de cultures à haut rendement, ainsi que l'application d'engrais et de produits agrochimiques, notamment des pesticides (Liu *et al.*, 2020). La production alimentaire mondiale repose principalement sur les principes de la révolution verte, qui privilégie des systèmes d'exploitation à forte intensité d'intrants chimiques et de ressources, engendrant un coût environnemental élevé (Graziano, 2018).

Cette approche agricole génère uniquement des bénéfices temporaires et n'a pas réussi à inverser la tendance à la baisse des rendements, particulièrement dans les principales zones de production de céréales et de légumineuses (Kuyah *et al.*, 2021).

La demande croissante pour des aliments sûrs, sains et nutritifs, couplée à l'augmentation de la population mondiale et aux effets aggravants du changement climatique, remet en question le modèle actuel de production et de consommation alimentaire (FAO, 2018). Une étude menée par Bloom & Reenen (2013) démontre que seule l'agroécologie peut répondre au défi de la faim tout en satisfaisant les besoins d'une population en expansion. Certains estiment que les agriculteurs ne pourront pas nourrir le monde avec l'agroécologie, tandis que d'autres soutiennent qu'il est impossible d'alimenter les générations futures sans elle (HELPE, 2019).

Les approches agroécologiques peuvent effectivement entraîner des augmentations significatives des rendements et de la production alimentaire, surtout dans des environnements difficiles. De plus, elles favorisent la biodiversité, améliorent la fertilité des sols et soutiennent la santé humaine (CNS-FAO, 2016).

Des études comparatives montrent que ces pratiques peuvent durablement accroître les rendements, bien que ces bénéfices ne se manifestent qu'après une période de transition (Pretty, 2007). L'agroécologie constitue un moyen efficace pour établir des systèmes alimentaires durables et réaliser les Objectifs de Développement Durable (ODD). Elle contribue notamment à la réduction de la pauvreté, à l'éradication de la faim, à la promotion de la santé, à la création d'emplois décents et à la lutte contre le changement climatique (FAO, 2018).

Selon une étude de 2023, les agriculteurs d'Andhra Pradesh, en Inde, ont observé une augmentation moyenne de 49 % de leurs revenus grâce aux approches agroécologiques (également appelées agriculture naturelle). Cette hausse est principalement due à une réduction moyenne de 44 % des coûts liés aux intrants tels que les engrais et pesticides (GIST Impact, 2023). En outre, l'agroécologie crée également de nouveaux emplois (à la ferme et ailleurs), favorise un salaire équitable (revenu vital) et contribue à l'augmentation des revenus par la création de valeur locale (Chappell *et al.*, 2017).

L'agriculture occupe environ 60 % de la population africaine, mais ce chiffre est en déclin à cause de l'exode rural rapide (ILO, 2013). Le secteur agricole est le fondement de l'économie Burundaise, il représente 39,6 % du PIB, fournissant 95 % de l'offre alimentaire (PND, 2018) et constitue la principale source de matières premières pour l'agro-industrie (SAN, 2018), d'où l'importance d'effectuer des recherches pour étudier des méthodes agricoles durables permettant de maintenir un système agricole viable.

D'après Cartier (2022), plusieurs organisations locales œuvrent pour la transition agroécologique, telles que ADISCO (Appui au Développement Intégral et à la Solidarité sur les Collines), Inades-Formation Burundi, OAP (Organisation d'appui à l'Autopromotion), Caritas-Burundi, FOPABU (Forum des Organisations des Producteurs du Burundi) et les organisations de développement diocésaines. Des organisations internationales comme Broederlijk Delen, Caritas-Belgique, Solsoc,

Développement et Paix ainsi que CCFD-Terre Solidaire (Comité Catholique contre la Faim et pour le Développement) participent également à ces efforts. Dans la présente recherche, nous cherchons à répondre aux questions suivantes: Quelles sont les pratiques agroécologiques adoptées au Burundi et particulièrement dans la région de Kirimiro ? Quel est l'impact de ces pratiques sur la production agricole dans cette région ? Pour répondre à ces questions, une enquête auprès des ménages a été réalisée dans les deux communes de Kirimiro, Giheta et Rutegama. L'objectif de cet article est d'étudier l'incidence des pratiques agroécologiques sur la production agricole dans cette région.

II. CADRE CONCEPTUEL DE L'ÉTUDE

Le terme agroécologie recouvre plusieurs acceptions dans le cadre du développement durable et inclusif. Ainsi, l'agroécologie se résume selon la FAO (2018) en *un ensemble de pratiques agricoles dont l'objectif est d'améliorer l'environnement, ou tout au moins de ne pas lui nuire. L'agroécologie favorise à la fois la résilience de l'agroécosystème et l'autonomie de l'agriculteur*. La question des pratiques agroécologiques s'inscrit dans un ensemble d'initiatives à plusieurs échelles. Sur le plan international, les Nations Unies ont adopté en 2015 les Objectifs de Développement Durable (ODD), également nommés Objectifs mondiaux. Ils sont un appel mondial à agir pour garantir le bien-être des communautés et la résilience des écosystèmes pendant les processus d'éradication de la pauvreté. Le concept agroécologique couvre au moins 8 sur les 17 ODD. De fait, sur base des observations et analyses in situ des investigations dans les 8 localités des pays des GLA, ce genre d'initiatives contribue clairement à l'ODD 1 (Eradication de la pauvreté) à travers les pratiques AE permettant d'accroître les rendements et par la même à l'ODD 2 (éliminer la faim et la famine) en assurant une bonne nutrition par des produits écologiques vers plus de bien-être des populations. Il a été observé aussi que la promotion des fermettes agroécologiques aura contribué à l'égalité des sexes et la justice sociale (ODD5) par son approche inclusive et participative. La promotion des fermettes agro écologiques intégrées contribue nettement à la promotion d'une croissance soutenue(ODD8) et instaure ainsi des modes de consommations saines et durables (ODD12 sans négliger le renforcement des ménages à la résilience aux changements climatiques (ODD13) et à la conservation des écosystèmes/ maîtrise de la dégradation des sols (ODD 15) par la plantation des arbres et la fertilisation des sols par la fumure organique. Sur le plan national, la promotion de l'entrepreneuriat est les axes clés de la vision Burundi 2024-2060 et figurent au centre des 11 piliers établis dans le Plan National de Développement 2018-2027 révisé pour transformer la structure de l'économie burundaise [PND Rev 2018-2027]. La Stratégie Nationale Agricole 2018-2027 quant à elle prévoit un accroissement durable des revenus des ménages à travers l'augmentation de la production agricole.

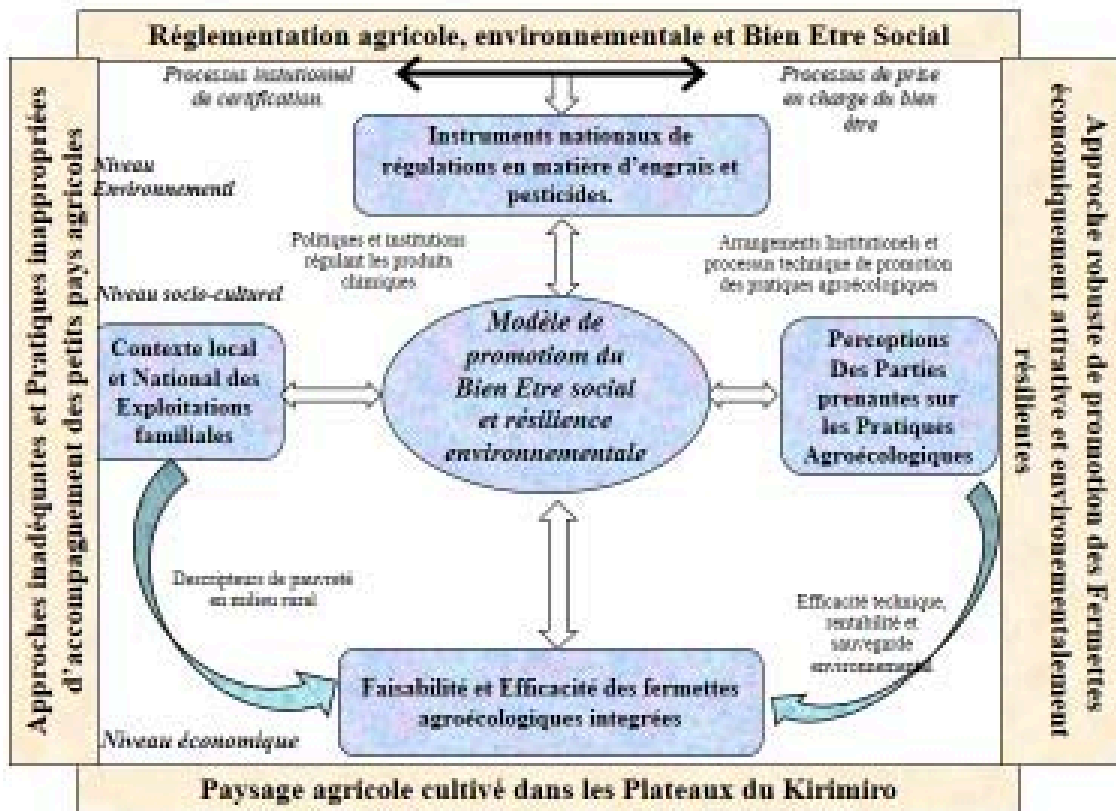


Figure 1: Cadre diagrammatique de l'investigation (adapté de Ngendakumana et al., 2014)

Dans une perspective conceptuelle et analytique, l'agroécologie au Burundi n'ayant suscité que très peu d'intérêts pour les chercheurs, il est crucial de faire une étude sur les innovations agroécologiques qui soutiennent l'augmentation de la production agricoles et comprendre comment les partenaires au développement mettent au point des stratégies opérationnelles pour assurer l'éclosion et la promotion des pratiques agroécologiques et ainsi tendre vers un modèle d'autopromotion rurale, l'augmentation de la production et l'amélioration du bien-être des ménages et des communautés dans les plateaux du Centre du Burundi. Pour aboutir aux résultats, nous avons tout d'abord fait une caractérisation du paysage agroécologique au sein de la zone d'étude ainsi que les approches et stratégies mises en places avant de procéder à une analyse économétrique pour aboutir à un modèle discriminant les facteurs qui soutendent l'engouement d'adopter les innovations agroécologiques dans les petites fermettes du Kirimiro.

III. MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1. Zone d'étude

L'étude a été menée sur base des données collectées auprès des petits exploitants agricoles de la région de Kirimiro, situés dans la zone d'intervention du consortium ADISCO-UHACOM (Union Haguruka des Coopératives Multifilières) dans le cadre du projet PAFOP 2 (« Promotion des pratiques Agroécologiques par la Formation et le Plaidoyer des Organisations Paysannes »), située sur les plateaux de l'Est de la crête Congo-Nil au centre du Burundi. La région concernée par notre étude se situe au centre du pays et s'étend sur six provinces (Burgen, 1992).

Cette région a été sélectionnée car ADISCO-UHACOM nous a accordé l'autorisation de collecter des données primaires auprès des membres qu'ils accompagnent. Les communes Giheta et Rutegama ont été choisies au hasard parmi les quatre communes où le projet PAFOP 2 (« Promotion des pratiques

Agroécologiques par la Formation et le Plaidoyer des Organisations Paysannes ») est mis en œuvre qui sont: Giheta et Bukirasazi dans la province de Gitega, Rutegama à Muramvya et Ndava à Mwaro.

3.2. Description de la population

La population cible de notre étude se composait, d'une part, des ménages agricoles des communes Giheta et Rutegama qui ont intégré des techniques agroécologiques dans leurs exploitations. D'autre part, nous avons également considéré des ménages témoins composés des exploitants agricoles n'ayant pas adopté les techniques agroécologiques. Chaque ménage était représenté par le chef de ménage ou son conjoint. De plus, nous avons choisi le maïs comme culture de référence car notre enquête a été réalisée en Avril durant la récolte de maïs. La taille de la population cible est de 580 ménages agricoles.

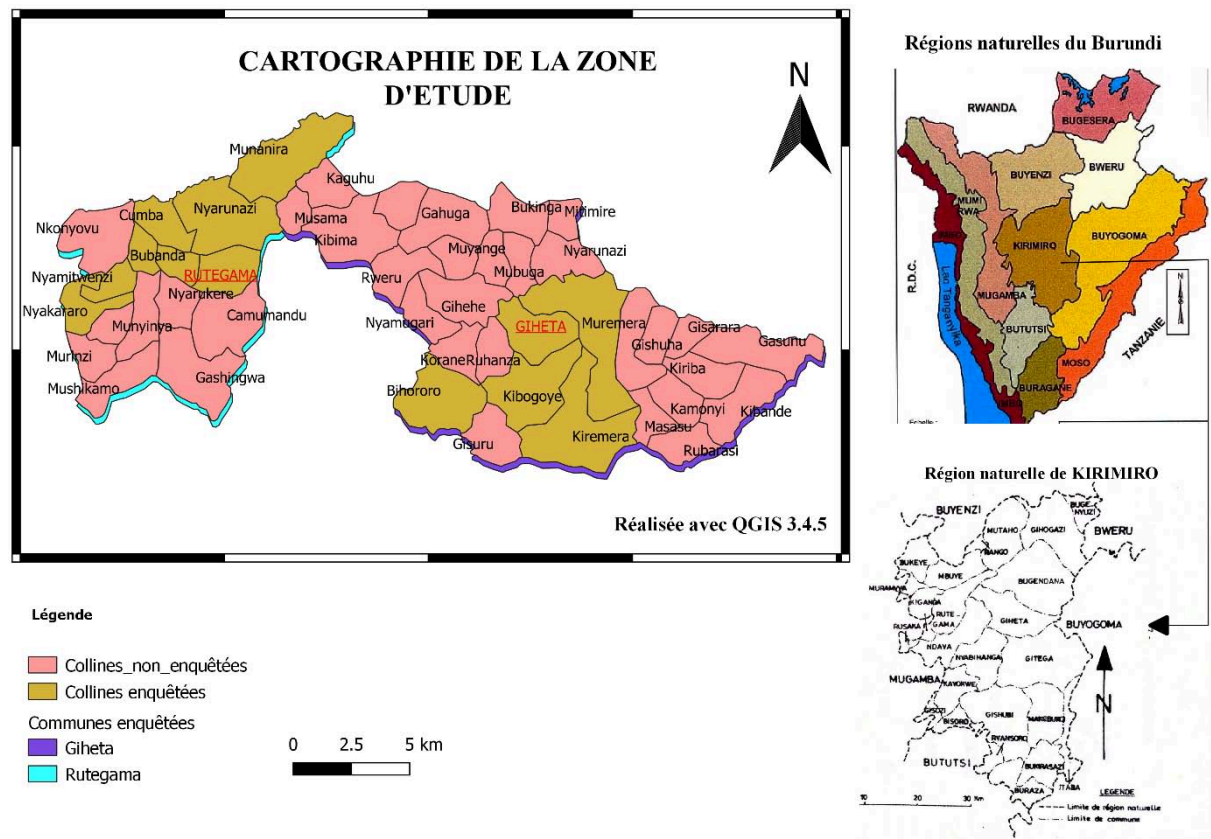


Figure 1: Cartographie de la zone d'étude

3.3. Collecte de données

La collecte des données a duré 21 jours et a été effectuée par une équipe de trois enquêteurs, avec une moyenne de 12 enquêtés par jour. En parallèle, nous avons organisé un groupe de discussion à l'aide d'un guide d'entretien semi-structuré pour trianguler les informations recueillies via le questionnaire.

3.4. Technique d'échantillonnage

Nous avons donc déterminé la taille de l'échantillon en utilisant la technique d'échantillonnage par degrés. Le premier degré était de faire le choix de deux communes parmi les 4 communes d'intervention de l'UHACOM. Le deuxième degré était de choisir les collines et le dernier degré consistait à choisir les ménages à enquêter parmi les 580 ménages accompagnés par cette organisation,

ce qui nous a permis de subdiviser notre région pour obtenir un échantillon représentatif en utilisant la formule suivante:

$$n = \frac{\chi^2 NP(1-P)}{d^2 (N-1) + \chi^2 P(1-P)} \quad (\text{Krejcie \& Morgan, 1970}) \quad (1)$$

Avec:

n: taille de l'échantillon.

χ^2 : la valeur du tableau du chi carré pour 1 degré de liberté au niveau de confiance souhaité (au niveau de confiance de 95%, $\chi^2 = 3.8416 \approx 3.84$) est utilisée.

N: la taille de la population

P: la proportion de la population ayant mis en œuvre les pratiques agroécologiques dans leurs exploitations

d: marge d'erreur d'échantillonnage (degré de précision exprimé sous forme de proportion ($d = 0,05$)).

Donc, $n = \frac{3,84 * 580 * 0,5(1-0,5)}{0,05^2(580-1) + 3,84 * 0,5(1-0,5)} = 231 \text{ ménages}$. Pour tenir compte du taux de non réponse, nous

avons majoré cette taille avec un taux de 10 % et la taille a été de 254 ménages ; après l'enquête, nous avons eu 2 non réponses. Ainsi, notre échantillon se compose de 252 ménages agricoles dont 125 ayant développé des fermes agroécologiques et de 127 témoins choisis aléatoirement.

3.5. Outils de collecte, traitement et analyse des données

Pour la collecte des données, un questionnaire digitalisé dans KoboCollect a été utilisé avec un guide d'entretien, un stylo, un cahier et un smartphone. Les logiciels SPSS version 25 et Excel version 2021 ont servi au traitement et au codage des différentes variables de notre modèle; R avec l'interface R-studio a été utilisé pour le traitement final et l'analyse des données tandis que pour cartographier la zone d'étude, nous avons employé le logiciel QGIS 3.4.5.

3.6. Présentation du modèle par régression linéaire multiple

Dans le but d'analyser l'impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole, nous avons choisi d'utiliser un modèle de régression linéaire multiple, car la variable dépendante est quantitative, tandis que les variables indépendantes sont à la fois quantitatives et qualitatives binaires. L'équation générale du modèle de régression linéaire multiple se présente comme suit:

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j X_j + \sum_{j=1}^k c_j D_j + \varepsilon \quad (2)$$

Avec:

- Y est une variable à expliquer et aléatoire;
- X_j variables explicatives quantitatives continues non aléatoires et connus;
- D_j variables explicatives discrètes et qualitatives non aléatoires et connus;
- β_i coefficients affectés aux variables explicatives quantitatives continues du modèle, non aléatoires et inconnus;
- c_j coefficients affectés aux variables explicatives discrètes et qualitatives;
- ε est le terme d'erreur qui représente l'effet des variables non prises en considération dans le modèle, aléatoire et inconnu.
- β_0 : ordonnée à l'origine

Tableau 1: Présentation des variables introduites dans le modèle de régression linéaire multiple

| Nom de la Variable | Codes | Modalités |
|---|-------|--|
| <i>Production de Maïs en 2024 (Kg)</i> | QTE | Nombre |
| <i>Membres actifs agricoles</i> | MA | Effectif |
| <i>Activité principale</i> | AP | 0=non agricole; 1=Agriculture |
| <i>Expérience en Agroécologie (en années)</i> | AEP | Nombre d'année |
| <i>Accès au crédit</i> | ACR | 0=Non; 1=Oui |
| <i>Encadrement agricole</i> | EAGR | 0=Non; 1=Oui |
| <i>Utilisation des biofertilisants</i> | BIOF | 0=Non; 1=Oui |
| <i>Principale catégorie des semences</i> | CSM | 0=Mais hybride; 1=Mais tout venant |
| <i>Appartenance à une coopérative</i> | COOP | 0=Non; 1=Oui |
| <i>Système de culture</i> | SYST | 0=Cultures pures; 1=Association des cultures |

IV. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

4.1. Caractéristiques socioéconomiques des producteurs

La production moyenne de maïs récoltée en 2024 par nos participants est de 1462 kg/ha, avec une confiance de 95 % que la véritable moyenne au sein de la population se situe entre 1374,5 et 1548,9 kg/ha. Les rendements varient de 158 à 3290 kg/ha. La médiane révèle que 50 % des ménages enquêtés produisent moins de 1369 kg/ha, tandis que l'autre moitié produit davantage. Le nombre moyen d'années d'expérience en Agroécologie pour nos répondants est de 1,3 an et les années d'expérience varient de 0 à 5 ans. Le nombre moyen des membres actifs du ménage pour nos répondants est de deux personnes par ménage. Les tests de normalité de Jarque-Bera pour les variables QTE, MA et AEP qui accompagnent les coefficients de skewness et de kurtosis qui sont positifs ici, indiquent que toutes ces variables ne sont pas normalement distribuées.

Tableau 2: Statistiques descriptives des variables quantitatives du modèle de régression linéaire

| Variable | Min | Moyenne | Ecart type | Médiane | Max | Coefficient de Skewness | Coefficient de Kurtosis | Test de normalité |
|----------|-----|---------|------------|---------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| QTE | 158 | 1 462 | 703 | 1389 | 3 290 | 0,41 | 2,7 | 8,15*** |
| MA | 1 | 2 | 0,96 | 2 | 6 | 1,08 | 2,34 | 83,16*** |
| AEP | 0 | 1,38 | 1,63 | 0 | 5 | 0,77 | 2,3 | 29,99*** |

***: significatif au seuil de 1 %

En outre, sur un total de 252 personnes interrogées, 65 % bénéficient d'un encadrement agricole dans leurs exploitations, tandis que 35 % n'en ont pas. Ensuite seulement 31 % des répondants utilisent correctement des biofertilisants dans leurs exploitations (c'est-à-dire la chaux est utilisée à 56,8 %, 74,4 % emploient du purin, 79,2 % appliquent de la cendre et 37,6 % utilisent des engrais liquides) afin de compléter la fumure organique presque majoritairement utilisée, tandis que 69 % ne les utilisent pas.

Concernant les biopesticides 29,8 % les utilisent (87,2 % utilisent le piment, 76,8 % le tabac, 14,4 % se servent des feuilles de papayer pour lutter contre les ravageurs, tandis que d'autres utilisent *Tephrosia Vogelii* (87,2%), *Thitonia diversifolia* (57,6%) et Neem (11,2%) dans leurs exploitations); 70,2 % des

personnes ne font pas recours aux biopesticides, ils emploient les pesticides chimiques et d'autres méthodes pour lutter contre les maladies et ravageurs.

Enfin, 71 % appliquent un système d'associations des cultures dans leurs exploitations familiales tandis que 29 % optent pour des cultures pures (monoculture), ainsi parmi notre échantillon, 51 % n'ont pas accès au crédit agricole tandis que 49 % en bénéficient.

Tableau 3: Fréquences absolues et relatives des variables qualitatives du modèle de régression linéaire

| Variables | Modalités | n (Proportion en %) |
|-----------|---------------------------|---------------------|
| EAGR | Non | 88 (35) |
| | Oui | 164 (65) |
| BIOF | Non | 173 (69) |
| | Oui | 79 (31) |
| SYST | Cultures pures | 74 (29) |
| | Associations des cultures | 178 (71) |
| ACR | Non | 128 (51) |
| | Oui | 124 (49) |
| COOP | Non | 38 (15) |
| | Oui | 214 (85) |
| CSM | Maïs hybride | 130 (51) |
| | Maïs tout venant | 122 (49) |

Source: Auteure, données du terrain

4.2. Analyse comparative du rendement de maïs au cours des trois dernières années

4.2.1. Analyse des tendances évolutives

Pour évaluer l'impact sur le rendement, nous avons calculé le rendement moyen (accompagné d'un écart-type) pour chaque groupe chaque année. Les courbes tracées à partir de ces données permettent d'apprécier s'il existe une évolution similaire ou distincte entre le groupe témoin et ceux ayant mis en œuvre certaines pratiques agroécologiques. Pour chaque groupe, nous avons tracé aussi bien la courbe des moyennes annuelles observées que celle obtenue par régression linéaire qui illustre la tendance évolutive.

Le graphique montre clairement qu'il existe une différence entre les moyennes des groupes I (groupe ayant adopté l'Agroécologie) et du groupe II (groupe témoin) pour chacune des trois dernières années. De plus, il est important de noter que la baisse générale des rendements en 2023 pour ces deux groupes est largement attribuable aux aléas climatiques rencontrés durant cette année-là selon les données du terrain.

La pente de la droite représentant le rendement du groupe I est supérieure à celle du groupe II. Cela signifie que le rendement du groupe I présente une tendance à augmenter au fil du temps comparativement aux individus du groupe II. Ce graphique illustrant la tendance évolutive sera complété par une comparaison des moyennes. La figure ci-dessous nous présente schématiquement cette évolution.

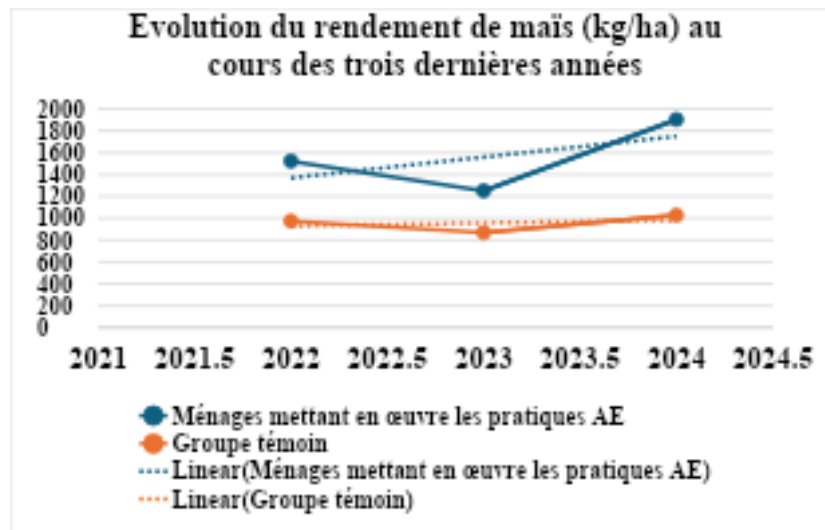


Figure 2: Evolution du rendement de maïs (kg/ha) au cours des trois dernières années

4.2.2. Comparaison des moyennes des rendements obtenus par ces deux groupes au cours des trois dernières années

Pour comparer les moyennes des rendements de maïs pour 2024, 2023 et 2022 selon les deux groupes, nous avons effectué un test de comparaison des moyennes pour échantillons indépendants. Les résultats de cette comparaison sont mentionnés dans le tableau suivant:

Tableau 4: Comparaison des moyennes du rendement par hectare année par année selon UPA

| Variable | Moyenne (Kg/ha) | | Normalité ¹ | Homogénéité des variances ² | Test de comparaison ³ |
|------------------------|-----------------|---------|------------------------|--|----------------------------------|
| | UPA | Non_UPA | | | |
| QTE ~ UPA (Année 2024) | 1903,01 | 1027,46 | 0,977*** | 0,645**[0,453 ;0,917] | 103,43 *** |
| QTE ~ UPA (Année 2023) | 1245,63 | 867,39 | 0,939*** | 0,519***[0,364 ;0,737] | 27,139 *** |
| QTE ~ UPA (Année 2022) | 1519,29 | 975,45 | 0,966*** | 0,544***[0,382 ;0,773] | 53,607 *** |

significatif à 5% ; *significatif à 1 %

Les résultats montrent que les moyennes de ces deux groupes diffèrent pour chacune des trois dernières années respectivement car il y a moins d'une chance sur 10 000 que ces moyennes soient égales. En partant des boîtes à moustache pour comparer les moyennes des rendements de ces deux groupes, nous constatons que pour le groupe témoin, il n'y a pas de différence significative entre les rendements moyens par hectare de 2024 et ceux de 2022, alors que pour le groupe ayant adopté les pratiques agroécologiques, le rendement de 2024 a augmenté plus que celui de 2022. L'impact de ces pratiques se manifeste en fonction du temps, renforçant ainsi notre hypothèse selon laquelle l'adoption des pratiques agroécologiques a un impact positif sur les rendements agricoles.

¹ Test de Shapiro Wilk

² Test de Fisher (var.test)

³ Test de Kruskal-Wallis

4.3. Analyse en composantes principales

Dans cette étude, nous avons utilisé six variables quantitatives: QTE, AEP, SUPFM (Superficie occupée par les fermettes), AGRF (nombre d'arbres agroforestiers plantés au cours des trois dernières années), Age (Age du chef de ménage) et MA, afin d'analyser les similitudes entre les individus et les relations entre les variables.

4.3.1. Valeurs propres et inerties

La première composante principale explique 44,8 % de la variabilité totale observée dans les données. Selon le tableau, la première dimension est la composante la plus significative, tandis que les deux suivantes n'expliquent respectivement que 17,36 % et 16,26 %. Nous limiterons notre analyse aux deux premières composantes qui, ensemble, rendent compte de 62,16 % de la variabilité totale. En suivant le critère de Kaiser, nous retenons uniquement les deux premiers axes ayant une valeur propre supérieure à 1.

Tableau 5: Valeurs propres et inertie expliquée

| Dimensions | Valeurs propres | % Total de la variance | Cumul Val. propre | Cumul % de la variance |
|------------|-----------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Dim 1 | 2,688 | 44,8 | 2,688 | 44,8 |
| Dim 2 | 1,041 | 17,36 | 3,729 | 62,16 |
| Dim 3 | 0,9755 | 16,26 | 4,7045 | 78,42 |
| Dim 4 | 0,8137 | 13,56 | 5,5182 | 91,98 |
| Dim 5 | 0,3737 | 6,228 | 5,8919 | 98,21 |
| Dim 6 | 0,1077 | 1,794 | 5,9996 | 100 |

4.3.2. Projection simultanée des individus et des variables sur le premier plan factoriel de l'ACP

Selon cette projection simultanée (figure), les individus ayant une grande superficie dédiée aux fermettes de maïs, une expérience significative en agroécologie ainsi qu'une quantité relativement élevée de maïs récoltée par hectare et ayant planté un grand nombre d'arbres agroforestiers se distinguent positivement sur le premier axe. La deuxième dimension met en contraste les ménages avec un grand nombre de membres actifs agricoles par rapport aux autres. Les individus colorés en bleu représentent ceux pratiquant l'agroécologie tandis que ceux colorés en orange sont les témoins. On conclut que ceux situés à droite du graphique ont des quantités élevées d'AEP, SUPFM et QTE ainsi qu'AGRF, contrairement à ceux situés à gauche ; ainsi, le premier plan factoriel de l'ACP distingue clairement entre les individus ayant adopté l'agroécologie et les témoins.

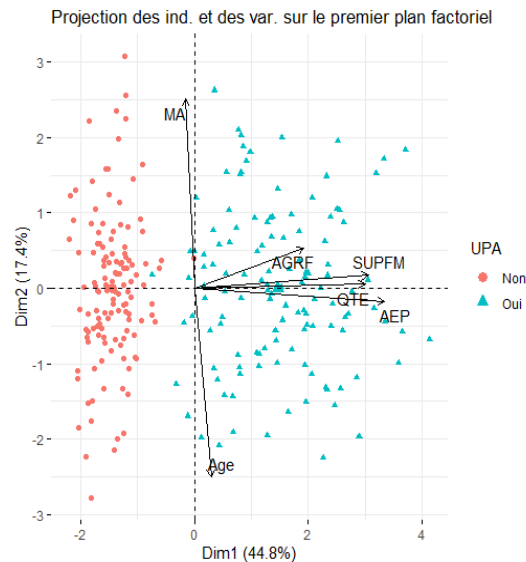


Figure 5: Projection simultanée des variables et des individus sur le premier plan factoriel de l'ACP

4.4. Résultats du modèle de régression linéaire multiple

Nous avons choisi les variables du modèle saturé en prenant en compte le coefficient de détermination ajusté (R^2 ajusté), le critère d'information d'Akaike (AIC) et le test de signification conjointe (F-test). Nous avons considéré un modèle complet avec neuf variables exogènes: MA, AP, AEP, BIOF, CSM, EAGR, ACR, SYST et COOP. Après estimation du modèle complet contenant toutes ces variables et une sélection pas à pas (stepwise selection), nous avons cherché un modèle parcimonieux. Le meilleur modèle selon le critère AIC est celui ayant la valeur d'AIC la plus basse.

$$QTE = \beta_0 + \beta_1 MA + \beta_2 AEP + \beta_3 BIOF + \beta_4 CSM + \beta_5 EAGR \quad (3)$$

Tableau 6: Estimation économétrique du modèle de régression linéaire multiple*: significatif à 10 % ; **: significatif à 5 %; ***significatif à 1 %

| Variable | Coeff | Erreur standard | t | IC à 95% | VIF |
|-------------------------------------|---------|-----------------|----------|-----------------|-------|
| Intercept | 686,14 | 50,33 | 13,633 | [587 ; 785,3] | |
| MA | 29,27 | 18,85 | 1,553 | [-7,9 ; 66,4] | 1,05 |
| AEP | 168,45 | 19,33 | 8,712*** | [130,4 ; 206,5] | 3,21 |
| BIOF | 378,98 | 66,18 | 5,726*** | [248,6 ; 509,3] | 3,03 |
| CSM | 67,14 | 35,93 | 1,868* | [-3,6 ; 137,9] | 1,04 |
| EAGR | 252,58 | 55,95 | 4,514*** | [142,4 ; 362,8] | 2,30 |
| ACR | 321,73 | 60,97 | 5,276*** | [201,6 ; 441,8] | 3,010 |
| Critères de sélection des variables | | | | | |
| R^2 | 0,844 | | | | |
| R^2 -ajusté | 0,840 | | | | |
| F-test | 220*** | | | | |
| AIC | 2836,03 | | | | |

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau 6. Parmi les variables intégrées dans le modèle, quatre d'entre elles — AEP, BIOF, EAGR et ACR — sont significatives au seuil de 1 %, tandis que la variable CSM l'est à 10 %. Les intervalles de confiance pour ces quatre variables ne contiennent pas la valeur 0, ce qui soutient leur significativité ($H_0: \beta_j=0$). Plus précisément, la variable AEP a un impact positif sur le rendement: une augmentation d'une année d'expérience en agroécologie se traduit par une hausse de 168,45 kg du rendement par hectare. La variable BIOF influence également positivement la production de maïs; ceux qui utilisent des biofertilisants obtiennent en moyenne 378,98 kg supplémentaires par hectare comparativement à ceux qui ne les utilisent pas.

La catégorie des semences de maïs cultivées (CSM) a un effet positif sur la production, indiquant que semer des maïs hybrides est associé à une augmentation moyenne de 67,14 kg par hectare par rapport à ceux qui cultivent du maïs traditionnel. De même, la variable EAGR influence positivement la production; après avoir pris en compte toutes les autres variables explicatives du modèle, ceux bénéficiant d'un encadrement agricole produisent en moyenne 252,58 kg par hectare de plus que ceux qui n'en bénéficient pas. Enfin, un accès au crédit (ACR) est associé à une production supérieure moyenne de 321,73 kg/ha.

Le coefficient de détermination R^2 ajusté est égal à 0,844, ce qui signifie que le modèle explique 84 % de la variation totale observée dans les données. Le test de Fisher est significatif au seuil de 1 %, indiquant que toutes les variables prises ensemble sont significatives. Toutes les valeurs du VIF (variance inflation factor) sont inférieures à 5, ce qui indique l'absence de multi colinéarité entre les variables indépendantes.

V. DISCUSSION

Cette section nous permet d'examiner les résultats principaux obtenus, de les comparer avec ceux d'autres chercheurs sur des études antérieures, afin de les mettre en lumière et d'évaluer leur concordance ou discordance.

5.1 Amendements organiques comme socle des pratiques agroécologiques

Dans une étude menée sur un échantillon de 252 personnes, 125 ont choisi d'adopter l'agroécologie (groupe I), tandis que 127 ont été classés comme témoins (groupe II). En 2024, la production de maïs la plus élevée a été enregistrée chez les participants, avec une moyenne générale de 1462 kg/ha. La majorité des individus atteignant cette production moyenne provient du groupe I, qui a intégré des pratiques agroécologiques. Ces participants perçoivent ces pratiques (fumure organique, engrais liquides, purin, association des cultures, paillage, agroforesterie, biopesticides, etc.) comme des méthodes visant à améliorer la fertilité du sol, à conserver l'humidité et à lutter contre la dégradation et l'érosion hydrique. Cela a permis d'augmenter leur production de maïs par rapport au groupe témoin.

Ces résultats corroborent ceux de Bagnian et al. (2024), qui soulignent que l'amendement organique est considéré comme une pratique agroécologique essentielle pour les exploitations agricoles au Burkina Faso et au Niger, jouant un rôle clé dans l'amélioration de la fertilité des sols. Cette amélioration se traduit par une augmentation significative des rendements agricoles. Dans notre zone d'étude, les personnes ayant adopté des pratiques agroécologiques produisent davantage de fumure organique que les témoins.

L'étude de Beillouin et al. (2021) indique que la diversification des cultures peut accroître la production de 14 % et près d'un quart de la biodiversité associée, ce qui rejoint nos résultats. De plus, nos conclusions sont similaires à celles de Dittmer et al. (2023), qui a examiné 50 articles sur les pratiques agroécologiques et a constaté que dans 63 % des cas, les rendements étaient supérieurs. Parmi les

pratiques agroécologiques les plus répandues dans notre échantillon, en plus de la fumure organique largement utilisée, 56,8 % des participants utilisent de la chaux, 74,4 % emploient du purin pour compléter la fumure organique, 79,2 % fertilisent avec des cendres et 37,6 % avec des engrais liquides. Concernant les biopesticides, 87,2 % utilisent le piment, 76,8 % le tabac, 14,4 % se servent des feuilles de papayer pour lutter contre les ravageurs, tandis que d'autres utilisent *Tephrosia Vogeli* (87,2 %), *Thitonia* (57,6 %) et *Neem* (11,2 %) dans leurs exploitations.

Un test comparatif des moyennes a révélé des différences significatives entre les deux groupes: ceux ayant adopté des pratiques agroécologiques obtiennent des rendements plus élevés. Nos résultats s'alignent avec ceux obtenus par Pretty et al. (2011), qui ont réalisé une analyse portant sur 40 projets agroécologiques couvrant près de 13 millions d'hectares dans vingt pays africains. Cette étude a montré que les rendements avaient plus que doublé grâce aux approches agroécologiques, avec des bénéfices supplémentaires en matière de séquestration du carbone et de réduction de l'utilisation de pesticides et d'érosion des sols.

5.2 L'expérience agroécologique et l'Augmentation des rendements agricoles

En ce qui concerne les résultats de la régression linéaire multiple, certaines variables telles que AEP, BIOF, EAGR et ACR ont un effet positif et significatif sur l'augmentation de la production de maïs. Cela suggère que l'expérience en agroécologie ainsi que l'utilisation de biofertilisants contribuent à l'augmentation des rendements. Nos résultats sont également corroborés par Kosma et al. (2022), qui ont comparé les rendements du maïs entre les cultures fertilisées avec des biofertilisants à base d'urine humaine et celles du groupe témoin. Ils ont constaté que le rendement le plus élevé était obtenu avec une application de 0,75 l d'urine humaine par casier, atteignant $5,57 \pm 0,50$ tonnes par hectare ; en revanche, les plants témoins ont produit le rendement le plus faible avec $2,91 \pm 0,45$ tonnes par hectare. Ces résultats soulignent l'efficacité des biofertilisants à base d'urine humaine pour améliorer la production de maïs dans les conditions étudiées.

Nos résultats sont également soutenus par une étude utilisant des données provenant de 57 pays en développement montrant que les agriculteurs adoptant des méthodes durables augmentaient leurs rendements en moyenne de 73 % (Pretty & Bharucha, 2014). De plus, une recherche menée par l'ONU en 2008 a révélé une augmentation des rendements agricoles en Afrique de 116 % et de 128 % en Afrique de l'Est par rapport à l'agriculture conventionnelle.

Par ailleurs, l'encadrement agricole et l'accès au crédit jouent un rôle crucial dans la production agricole. Grâce à ces soutiens, les producteurs acquièrent de nouvelles techniques agricoles efficaces qui influencent positivement leurs rendements. Nos résultats s'accordent avec ceux de Kristin et al. (2010), qui affirment qu'en Afrique de l'Est, la formation des agriculteurs via les écoles paysannes a eu un impact positif sur la productivité et le revenu agricole par habitant. L'accès au crédit leur permet également d'investir adéquatement dans l'agriculture grâce à un capital suffisant. En revanche, certaines variables comme MA et COOP dans notre modèle n'ont pas montré d'influence significative sur la production agricole.

5.3 Implication des politiques publiques et l'agroécologie

L'agroécologie présente plusieurs avantages et est souvent perçue comme une voie vers l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD). L'agroécologie est un outil pour construire des systèmes alimentaires durables et atteindre les ODD, notamment en éliminant la pauvreté (ODD 1), éradiquant la faim (ODD 2), promouvant la santé (ODD 3), favorisant le travail décent (ODD 8), et luttant contre le changement climatique (ODD 13) (FAO, 2018).

En tant qu'ensemble de pratiques favorisant un développement durable Wezel *et al.*, (2009), elle promeut des modèles de production et de consommation alimentaire plus sains, inclusifs sur le plan social et respectueux des ressources naturelles (Sylvain *et al.*, 2013). Cependant, le nombre de personnes adoptant ces pratiques est restreint, se limitant principalement à celles qui reçoivent un soutien d'organisations non gouvernementales dans la région de Kirimiro et à travers tout le Burundi. Il existe peu d'incitations issues des politiques publiques pour encourager l'adoption de l'agroécologie, à l'exception de la plantation d'arbres forestiers. Ces observations concordent avec les travaux de Milhorange *et al.*, (2024), qui soulignent que malgré un intérêt croissant pour l'agroécologie en Afrique de l'Ouest, son intégration dans les politiques publiques nationales demeure restreinte, souvent marquée par des compromis fragiles et des objectifs politiques divergents.

La plantation des arbres forestiers et agroforestiers est une pratique assez reconnue et adoptée dans notre zone d'étude et partout au Burundi, grâce au programme National appelé, « Ewe Burundi Urambaye » afin de faire face aux changements climatiques à travers la reforestation, l'éducation civique à la protection de l'environnement et l'agroforestier dans les milieux agricoles (MINEAGRIE, 2019). Ces résultats s'alignent à ceux de Bright *et al.*, (2017) qui nous présente divers avantages de l'agroforesterie en démontrant que la présence d'arbustes a augmenté le rendement du mil et de l'arachide de 2011 à 2015. Ils ajoutent également que la présence d'arbustes améliore la qualité du sol.

Le nombre moyen d'arbres agroforestiers plantés par nos répondants au cours des trois dernières années (2022, 2023, 2024) est de 14. Ce chiffre varie de 0 à 60 arbres. La médiane (Me = 10) montre que 50% des ménages interrogés ont planté moins de 10 arbres (la majorité témoin), tandis que l'autre moitié en a planté plus (groupe I), mais ce chiffre étant pour les arbres agroforestiers seulement.

Bien que l'agroécologie commence à être intégrée dans les politiques africaines, cette intégration reste ambiguë et minoritaire, alors que les politiques agricoles continuent de privilégier une agriculture conventionnelle, axée sur l'augmentation rapide de la production pour lutter contre l'insécurité alimentaire, comme le montre la Politique Nationale de Subvention des engrais chimiques au Burundi (PNSEB). Il est crucial que les stratégies nationales soient développées pour permettre à tous d'adopter ces pratiques agroécologiques.

VI. CONCLUSION

Cette recherche analyse l'impact des pratiques agroécologiques sur la production agricole dans la région de Kirimiro. Des informations ont été recueillies auprès de 252 ménages dans les communes de Giheta et Rutegama, comprenant 125 agriculteurs ayant adopté des pratiques agroécologiques et 127 témoins. Les analyses statistiques ont mis en évidence des différences significatives entre les rendements des agriculteurs utilisant l'agroécologie et ceux qui appliquent des méthodes conventionnelles (témoins). Les résultats d'une régression linéaire multiple indiquent que l'expérience en agroécologie et l'utilisation de biofertilisants sont fortement liées à l'augmentation de la production de maïs. L'accès au crédit et à un encadrement agricole a également un impact positif sur cette production. En outre, l'effet de ces pratiques s'intensifie avec le temps: les agriculteurs ayant plus d'années d'expérience en agroécologie affichent des rendements plus élevés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ADISCO (2022). Les pratiques agroécologiques dans la région des grands lacs, 158 p.
2. Ardilly, P. (2006). Les techniques de sondage. Editions Technip.
3. Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malezieux, E., Seufert, V. and Makowski, D., (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.1574>

4. Bergen, D., Contribution à la connaissance des régions naturelles de Burundi; vol 1: Données de superficie et de population par colline de recensement, Bujumbura: ISABU, 1984, 47 p. [Institut des Sciences Agronomiques du Burundi]
5. Bloom, N., & Reenen, J. Van. (2011). Human resource management and productivity. In Handbook of labor economics. Handbook of Labor Economics, 4, 1697–1767. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w16019/w16019.pdf
6. Bloom, N., & Reenen, J. Van. (2013b). THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON GROSS REGIONAL DOMESTIC PRODUCT OF THE AGRICULTURAL SECTOR. NBER Working Paper, XXIII(2), 89.
7. Bright. M. B. H., Diedhiou. I, Bayala. R, Assigbetse. K, Lardy. L. C, Ndour. Y, Dick. R. P, 2017. Long-term Piliostigma reticulatum intercropping in the Sahel: Crop productivity, carbon sequestration, nutrient cycling, and soil quality. Agriculture, Ecosystems and Environment. 9-22
8. Cartier, P. (2022). L' Agroécologie, Pilier d' une Transition Écologique et Sociale (APTES) au Burundi. 1–23.
9. Chappell, M. J., Bernhart, A., Bachmann, L., Gonçalves, A. L., Seck, S., Nandul, P., Cristo, A., Santos, D., Schneider, S., Dorlöchter-Sulser, S., & Aachen, S. N. (2017). Agroecology as a Pathway towards Sustainable Food Systems. Uniwersytet Śląski, November, 64. <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/publications/agroecology-as-a-pathway-towards-sustainable-food-systems>
10. CNS- FAO, 2016. Working towards Sustainable Agriculture and Food Systems. [on-line]. Available: https://www.blw.admin.ch/dam/blw/en/dokumente/International/Institutionen/CNS%20FAO/Working%20towards%20Sustainable%20Agriculture%20and%20Food%20Systems_discussion%20paper.
11. Dittmer, K. M., Rose, S., Snapp, S. S., Kebede, Y., Brickman, S., Shelton, S., ... & Wollenberg, E. (2023). Agroecology can promote climate change adaptation outcomes without compromising yield in smallholder systems. Environmental Management, 72(2), 333-342
12. FAO (2018), FAO's work on agroecology – a pathway to achieving the SDG's.
13. FAO. (2018). Guider La Transition Vers Et Agricoles Durables Les 10 Éléments. FAO, 15.
14. Graziano da Silva J., 2018. Préface. In: Côte F.-X., Poirier-Magona E., Perret S., Rapidel B., Roudier P., Thirion M.-C., eds. *La Transition agro-écologique des agricultures du Sud, Agricultures et défis du monde*, AFD, Cirad, Éditions Quæ, Versailles, 3-4; <https://agritrop.cirad.fr/590750/7/ID590750.pdf>
15. HLPE. (2019). Approches agroécologiques et autres approches novatrices. Pour une agriculture et des systèmes alimentaires durables propres à améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition. Rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale. 191. <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/fr/.3> <http://www.fao.org/3/i9021en/I9021EN.pdf>.
16. ILO (2013) Development: Employment in Africa: Think Agriculture! Disponible sur: <https://www.ilo.org/resource/article/employment-africa-think-agriculture> consulté le 5/7/ 2024
17. KOUTOU, M. (2023). Agroécologie et entrepreneuriat, quelles opportunités?: Atelier de formation sur les pratiques agroécologiques avec un accent sur les cultures négligées et sous-utilisées (nus).
18. Kristin, D., Ephraim, N., Edward, K., Daniel, A. M., Martins, O., Richard, M., & Jackson, N. (2010), Impact of Farmer Field Schools on Agricultural Productivity and Poverty in East Africa, IFPRI Discussion Paper 00992,
19. Kuyah, S., Sileshi, G. W., Nkurunziza, L., Chirinda, N., Ndayisaba, P. C., Dimobe, K., & Öborn, I. (2021). Innovative agronomic practices for sustainable intensification in sub-Saharan Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 1-21.
20. Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From industry 4.0 to agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. *IEEE transactions on industrial informatics*, 17(6), 4322-4334.

21. Milhorance, C., Sourisseau, J. M., Mané, C. A., Compaoré, E., Piraux, M., Roberto, H. Di, Bayo, F., & Tano, P. K. (2024). L'agroécologie dans les politiques publiques d'Afrique de l'ouest.1–8
22. Ngendakumana S, Minang PA, Feudjio PM, Stijn S, Van Damme P and Tchoundjeu Z (2014). Institutional dimensions of the developing REDD+ process in Cameroon. *Climate Policy Journal*. Vol. 14, No. 4, 1–20, <http://dx.doi.org/10.1080/14693062.2014.877221>
23. Philippe KOSMA, Ariane Doris JEUTSA, Rosine PATCHONG TCHIMTCHOUA & Mohamadou MOCTAROU YOUSSEUF(2010). Effet du bio fertilisant à base d'urine humaine sur la production de la variété CMS 9015 du maïs (*Zea mays* L.) dans la localité de Warba, Commune de Mora
24. PNUE-CNUCED.(2008).Agriculture et alimentation biologiques La sécurité en Afrique(Genève: Nations Unies, Genève. Disponible sur <http://tinyurl.com/kcck235>, consulté le 14 août 2014
25. Pretty, J. (2007). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B*, 363, 447-465.
26. Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany*, 114(8), 1571–1596. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>
27. Pretty, J., Toulmin, C., & Williams, S. (2011). Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 5–24. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0583>
28. République du Burundi (2023b): Plan National du Développement du Burundi 2018-2027 Révisé et son Plan d'Actions Prioritaires 2023-2027.
29. République du Burundi, MINEAGRIE (2018): Stratégie Agricole Nationale (2018-2027).
30. République du Burundi, MINEAGRIE (2019): Stratégie nationale et plan d'action redd+. burundi.
31. Sylvain Berton, René Billaz, Patrice Burger, A. L. (2013). Agroécologie, une transition vers des modes de vie et de développement viables: Paroles d'acteurs. *Editions Cari 2012, Centre d'actions et de Réalisations Internationales*, 96.
32. Trabelsi, M.(2017). Comment mesurer la performance agroécologique d'une exploitation agricole pour l'accompagner dans son processus de transition? Géographie. Université Paul Valéry – Montpellier III, 2017. Français. FFNNT: 2017 MON30037ff. ffile 01735527
33. Voorn, T. Van Der. (2015). *World Economic and Social Survey 2013 Sustainable Development Challenges* (Issue October).
34. Walpole, M., International, F., & Smith, J. (2013). *Smallholders, food security, . January 2018*.
35. Wezel, A., & Soldat, V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International journal of agricultural sustainability*, 7(1), 318.