

2023-06

# Contribution de l'agroforesterie dans l'agriculture climato intelligente : cas du microbassin versant de la rivière Ruvyironza dans la commune Nyabihanga

NDAYONGEJE, Désiré

UB

---

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/470>

*Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi*

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION  
MASTER EN ECONOMIE RURALE, SOCIALE  
ET ENVIRONNEMENTALE



**CONTRIBUTION DE L'AGROFORESTERIE DANS L'AGRICULTURE  
CLIMATO INTELLIGENTE : CAS DU MICRO BASSIN VERSANT DE  
LA RIVIERE RUVYRONZA DANS LA COMMUNE NYABIHANGA**

Par :

NDAYONGEJE Désiré

Mémoire

présenté et Soutenu Publiquement en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master  
en Economie Rurale, sociale et Environnementale

Spécialité en Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles

**Sous la direction du :**

Directeur : Dr. Ir. Salvator NDABIRORE

Co-Directeur : Dr. Ir. Patrice NDIANYA

Bujumbura, Juin 2023

## **IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY**

Président du jury	: Dr Isaac BIZIMANA
Directeur	: Dr. Ir. Salvator NDABIRORE
Co-Directeur	: Dr. Ir. Patrice NDIRIMANYA
Secrétaire du jury	: Pr. Willy Marcel NDAYITWAYEKO

## **DEDICACES**

A mon Dieu, le tout puissant, mon libérateur, en qui je me réfugie ;

A mes parents qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui ;

A tous mes frères et sœurs ;

A toutes mes connaissances.

## REMERCIEMENTS

Nous aimerions exprimer toute notre gratitude envers les personnes qui nous ont permis de mener à bien ce travail de recherche. Nous exprimons notre immense reconnaissance à nos directeurs de mémoire Monsieur Docteur Ingénieur NDABIRORE Salvator ; Docteur Ingénieur

NDIMANYA Patrice pour leur confiance en acceptant d'encadrer ce travail de master, pour leurs nombreux conseils, et pour nous avoir accordé la liberté de prendre des initiatives dans notre

démarche scientifique. Nous les témoignons ici notre plus grand respect.

Nous remercions chaleureusement l'Ingénieur KARUMBETE Donatien ; L'ingénieur KAMECA Dieudonné dans les projets de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) de nous avoir accueilli et nous orienté sur terrain.

Nos remerciements vont à l'endroit du facilitateur CEP (Champs Ecole des Producteurs) Monsieur MBONYINGINGO Richard qui nous a guidé sur terrain.

Merci aussi à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce projet ; j'adresse un merci particulier à :

✓ La famille Docteur NSABIMPA Séverin

✓ NZISABIRA Mélance

✓ NKENGURUTSE Léopold

Je veux témoigner aussi ma reconnaissance aux agriculteurs du micro bassin versant de la commune Nyabihanga qui malgré le début de la saison des pluies, m'ont accordé leurs précieux temps ; sincère merci à vous.

Cette page ne pourrait aucunement contenir l'expression de la profonde reconnaissance que nous leur portons. Leur fierté a toujours été notre moteur, ils y ont cru et ont eu la patience nécessaire. Nous leur souhaitons de trouver une entière satisfaction dans la finalité de ce travail.

---

**RESUME**

Au Burundi le secteur agricole emploie 90% de la population, soit plus que l'équivalent de la population rurale et elle est donc le moyen de subsistance de plus des trois quarts des Burundais.

Toutefois, ce secteur a subi le passé sociopolitique et les années d'agriculture destructrices de l'environnement qui peut causer le changement climatique par conséquent les effets néfastes sur la santé de l'homme, la famine dans les familles, la dégradation de la terre cultivable. Pour contrer le déséquilibre écologique et assurer une bonne production, l'Etat et la FAO ont initiés de 2018 à 2023, les projets de reboisement des **arbres et arbustes agroforestiers**. C'est donc le volet de « l'adoption aux pratiques agroforestières » qui fait l'objet de cette étude afin de développer les stratégies agroforestières selon les besoins de la population.

Nous avons opté une méthode monographique et ethnobotanique basée sur des observations directes des savoir-faire et des pratiques, et du milieu de travail des agriculteurs.

Nous avons réalisé des entrevues auprès de 198 membres CEP, de deux experts dont l'un en chaînes de valeur durables, l'autre en champs école des producteurs, un facilitateur CEP et un point focal communal. La zone d'étude ciblée étaient les quatorze collines qui touchent sur la rivière Ruvyironza en commune Nyabihanga.

L'analyse des données s'est faite selon une approche qualitative et le logiciel STATA15 nous a permis d'encoder et retranscrire nos entretiens.

Les résultats de cette étude montrent que l'appartenance à un groupement est statistiquement significative et influence positivement l'adoption de la pratique agroforestière, qu'il y a des arbres ou arbustes les plus préférés par la population dans le micro bassin versant de la Rivière Ruvyironza.

Cependant ces résultats ne permettent pas de conclure que les facteurs démographiques comme le niveau d'éducation, l'âge sont significatifs et influencent positivement sur la probabilité d'adoption de la pratique agroforestière. Ainsi, ces mêmes résultats montrent que 85,85% des membres CEP ont adopté les pratiques agroforestières contre 14,15% qui n'ont pas adopté car les formations utilisées pour diffuser ces pratiques ne bénéficiaient pas de l'unanimité des agriculteurs quant à leur efficacité.

Parmi les adoptants les femmes viennent en premier lieu. Une étude de 1970, portant sur 95 pays en développement, a montré que les femmes représentaient entre 17,5% (Amérique centrale et Amérique du Sud) et 46,2 % (Afrique au sud du Sahara) de la main-d'œuvre agricole totale ((Dixon, 1983) Si la seule production vivrière était considérée, ces chiffres seraient sans doute beaucoup plus élevés. On a démontré le rôle prépondérant des femmes dans l'agriculture, à la charrue et à la houe, en Afrique au sud du Sahara ((Bryson, 1981).

Concernant les résultats des projets de développement qui sont TAMP Kagera, LVEMP II, IAP. Il y a eu la production des plants des arbres et arbustes agroforestiers, depuis 2018-2019 ; 2019-2020 ;2020-2021 ;2021-2022, respectivement :193001,491367 ;632512 ; 1190875.sur une superficie de 602 ha (les forêts) et 3511ha (agroforesterie).

Les acteurs pour que les pratiques agroforestières soient adoptées par la majorité de la population burundaise sont, le gouvernement du Burundi, des institutions de recherche (Université du Burundi, Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU) ainsi que des ONGs locales et Internationales. L'approche Champ Ecole des Producteurs, initié par la FAO et ses partenaires au Burundi en 2009, se révèle comme moteur de développement du secteur agroforestier dans le pays. Cependant, les CEP ne sont pas aujourd'hui dans toutes communes du pays.

**Mots clés :** déforestation, agroforesterie ; bassin versant ; agriculture climato intelligente ; changement climatique.

## ABSTRACT

In Burundi the sector agriculture employs 90% of the population, i.e., more than the equivalent of the rural population and is therefore the means of subsistence for more than three quarters of Burundians. However, this sector has suffered from the socio-political past and the destructive years of agriculture in the environment that can cause climate change hence adverse effects on human health, starvation in families, and deterioration of cultivable land. To remedy the ecological imbalance and ensure good production, the State and the FAO have initiated 2018 to 2023, reforestation projects for agroforestry trees and shrubs. It is therefore the aspect of adoption **agroforestry practices** which is the subject of this study in order to develop agroforestry strategies according to the needs of the population. We opted for a monographic and ethnobotanical method based on di know-how and practices, and the working environment of farmers. We conducted interviews with 198 CEP members, two experts including one in sustainable value chains, the other in farmer field schools, a CEP facilitator and a communal focal point. The targeted study area were the fourteen hills that touch on the Ruvyironza life in Nyabihanga commune.

The data analysis was done using a qualitative approach and the STATA15 software allowed us to encode and transcribe our interviews. The results of this study show that belonging to a group is statistically significant and positively influences the adoption of the agroforestry practice, that there are trees or shrubs most preferred by the population in the Ruvyironza watershed. However these results do not allow us to conclude that demographic factors such as the level of education, age are significant and positively influence the probability of adoption of agroforestry practice. Thus, these same results show that 85.85% of FFS members have adopted the agroforestry practice against 14.15% who are not adopted because the training to disseminate these practices do not benefit from the unanimity of farmers as to their efficiency.

Among the adopters' women come first. For example, a 1970 study of 95 developing countries, showed that women represented between 17.5% (Central America and South America) and 46.2% (Africa south of the Sahara) of the total agricultural labor force (Dixon, 1983). If only food production were considered, these figures would no doubt be much higher. The preponderant role of women in agriculture has been demonstrated, plow and hoe, in Africa south of the Sahara ((Bryson, 1981).

Regarding the results of development projects which are TAMP Kagera, LVEMP II, and IAP. There has been the production of seedlings of agroforestry trees and shrubs, since 2018-2019: 2019- 2020; 2020-2021; 2021-2022, respectively: 193001.49 1367; 632512; 1190875. on surface of 602 ha (forests) and 351 1ha (agroforestry).

The actors so that the agroforestry practice is adopted by the majority of the Burundian population are, the government of Burundi, research institutions (University of Burundi, The Farmer Field School approach, initiated by FAO and its partners in Burundi in Institute of Agronomic Sciences of Burundi as well as local and international NGOs. 2009, is proving to be a driving force for the development of the agroforestry sector in the country.

However how much, the CEPs are not today in all the communes of the country. The Farmer Field School approach, initiated by FAO and its partners in Burundi in 2009, is proving to be the driving force behind the development of the agroforestry sector in the country. However- However, the CEPs are not today in all the communes of the country.

**Keywords:** deforestation, agroforestry; watershed; climate-smart agriculture; climate change.

## TABLE DES MATIERES

<b>IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICACES</b> .....	<b>ii</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTE DES FIGURES ET GRAPHIQUES</b> .....	<b>xii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>CHAP I. INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
I.1. Contexte de l'étude.....	1
I.2. Problématique environnementale .....	6
I.2.1. Problématique d'une relation controversée entre population et environnement .....	9
I.2.2. La problématique de l'agroforesterie.....	9
I.2.3. La problématique de l'agriculture climato intelligente .....	10
I.3. Questions de la recherche.....	10
I.4. Objectifs de la recherche .....	11
I.4.1. Objectif principal .....	11
I.4.2. Objectifs spécifiques.....	11
I.5. Hypothèses de la recherche .....	11
I.6. Intérêt et justification du sujet de la recherche.....	12
I.7. Délimitation de la recherche .....	13
<b>CHAPITRE II : REVUE DE LA LITTERATURE</b> .....	<b>15</b>
II.1. Définition de l'adoption .....	15
II.1.1. Les phases de l'adoption par les utilisateurs .....	15
II.2. Classification des zones écologiques du Burundi .....	16
II.3. Situation actuelle sur le changement climatique au Burundi et les secteurs les plus vulnérables.....	20
II.3.1 Mesures d'atténuation identifiées secteur par secteur .....	21
II.3.1.1. Secteur de l'Energie.....	21

II.3.1.2. Secteur de l'agriculture.....	21
II.3.1.3. Secteur Changement d'Affectation des Terres et Foresterie .....	21
II.3.1.4. Secteur Procédés industriels .....	21
II.3.1.5 Secteur Gestion des déchets .....	22
II.4. Les bienfaits de l'agroforesterie.....	22
II.4.1. Les spécificités éco-géographiques des systèmes agroforestiers .....	23
II.4.2. Rôle des recherches en agroforesterie .....	24
II.4.3. Développement et innovations agroforestières .....	24
II.4.4. Pourquoi des innovations agroforestières ?.....	25
II.4.5. Les avantages de l'agroforesterie au service de stratégies climato-intelligentes ...	26
II.4.6. Les causes de la déforestation tropicale .....	27
II.4.7. Types de dégradation des terres .....	28
II.4.7.1. Conséquences environnementales .....	28
II.4.8. Agroforesterie une piste prometteuse face au changement climatique .....	28
II.4.9. Système agroforestier et technique agroforestière .....	29
II.4.10. Fondement économique de l'agroforesterie .....	29
II.4.10.1. Viabilité économique des systèmes agroforestiers .....	29
II.5. Importance socioéconomique de la présence de l'arbre dans les champs .....	30
II.5.1. Les effets de l'agroforesterie .....	31
II.6. Contexte légal de l'agroforesterie : réponse aux enjeux agricoles et environnementaux, et incidence des événements externes.....	32
II.6.1. Introduction .....	32
II.6.2. Revue de la littérature empirique .....	33
II.6.2.1. Définitions et typologie du concept de l'agroforesterie .....	33
II.6.2.2. Caractéristiques du système agroforestier .....	35
II.6.2.3. L'agroforesterie et la santé des sols.....	36
II.6.2.4. L'agroforesterie et la biodiversité dans les agroécosystèmes.....	37
II.6.2.5. L'agroforesterie : une vision moderne.....	37
II.6.2.6. Perspectives historiques de l'agroforesterie .....	38
II.6.2.7. Le caractère évolutif de l'agroforesterie au Burundi.....	39
II.6.2.8. Situation de l'agroforesterie dans le monde .....	40
II.6.3. Etat des lieux pour la restauration du paysage au Burundi .....	41
II.6.4. Les écosystèmes forestiers naturels au Burundi.....	42

II.6.5. Les écosystèmes forestiers artificiels au Burundi .....	42
II.6.6. Le système agroforestier au Burundi.....	43
II.6.6.1. Les pratiques agroforestières utilisables au Burundi .....	43
II.6.6.2. Les essences qui se prêtent mieux à l'intégration dans les champs.....	46
II.6.6.3. Les endroits favorables pour les arbres agroforestiers .....	46
II.6.6.4. Méthodes de plantation.....	46
II.6.6.5. La période de plantation .....	46
II.6.6.6. Entretien des arbres agroforestiers.....	47
II.6.6.7. Les types d'entretien.....	47
II.6.6.8. La technique pour couper les branches.....	47
II.6.6.9. Renouvellement des arbres adultes.....	48
II.7. La notion de l'agriculture durable.....	48
II.7.1. Relation entre l'agroforesterie et l'agriculture climato intelligente .....	48
II.7.1.1. Concept de l'agriculture intelligente face au climat .....	48
II.7.1.2. Rôle de l'Agriculture intelligente .....	49
II.7.1.3. La limite de l'agriculture climato intelligente .....	50
II.8. Climat.....	51
II.9. L'environnement .....	51
II.10. Le développement.....	51
II.11. Définition d'un Bassin Versant.....	52
II.11.1. Importance socio-économique des Bassins versants.....	53
II.11.2. Technique d'aménagement d'un bassin versant.....	55
II.12. Les critères pour choisir l'essence en agroforesterie .....	56
<b>CHAP. III. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....</b>	<b>57</b>
Introduction .....	57
III.1. Zone d'étude .....	57
III.2. Description du type de recherche .....	60
III.2.1. Description de la population et échantillon de l'étude .....	60
III.2.1.1. Notion de l'échantillon.....	60
III.2.1.2. Notion de la Population.....	60
III.2.2. Identification, classification et opérationnalisation des variables.....	61
III.2.3. Instruments utilisés .....	61
III.2.4. Déroulement de la collecte des données .....	61

III.3. Source et traitement des données.....	62
III. 3.1. Présentation des outils de traitement des données .....	63
III.3.2. Présentation des outils d'analyse des données.....	63
III.3.3. Technique d'analyse des données et spécification du modèle.....	65
III.4. Théories de l'adoption.....	66
III.4.1. Théorie de la diffusion de l'innovation .....	66
III.4.2. Théorie sociale cognitive .....	67
III.5. Approche théorique du modèle d'adoption .....	68
III.6. Modèle logistique .....	69
III.7. Estimation par modèle logit.....	69
III.8. Présentation des outils de collecte des données.....	70
<b>CHAP. IV. DESCRIPTION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS</b>	<b>71</b>
IV.1. Introduction .....	71
IV.2. Description des variables.....	71
IV.2.1. Spécification du modèle d'adoption .....	71
IV.2.2. Analyse associative de l'adoption agroforestière avec les variables explicatives	72
IV.2.3. Analyse de la liaison entre la variable dépendante et les variables explicatives .	82
IV.3. Analyse économétrique .....	86
IV.4. Les déterminants de l'adoption de la pratique agroforestière .....	87
IV.4.1. Les moyens de diffusion .....	88
IV.5. Discussion des résultats.....	88
<b>CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>94</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>100</b>

## LISTE DES FIGURES ET GRAPHIQUES

### Figures

Figure 1. Carte des zones éco climatiques du Burundi .....	17
Figure 2 : Contexte général des changements climatiques.....	18
Figure 3 : Phénomène de l'effet de serre.....	19
Figure 4 : Combinaisons foresterie-agriculture-élevage .....	34
Figure 5 : un Bassin Versant .....	53
Figure 6 : Les chemins de l'eau .....	54
Figure 7 : Les cinq capitaux nécessaires pour l'aménagement d'un bassin versant .....	55

### Graphiques

Graphique 1 : L'extension de l'agroforesterie .....	41
Graphique 2 : Illustration sur graphique du genre.....	73
Graphique 3 : Répartition des fréquences pour les arbres agroforestiers .....	74
Graphique 4 : Illustration sur graphique du niveau d'étude.....	75
Graphique 5 : Illustration sur graphique des services agroforestiers .....	76
Graphique 6 : Illustration sur graphique de mode de faire valoir .....	77
Graphique 7 : Illustration sur graphique de l'appartenance à un groupement .....	79
Graphique 8 : Illustration des types de cultures pratiquées.....	81

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les nombreux avantages de l'agroforesterie.....	23
Tableau 2 : Les différents services de l'agroforesterie .....	26
Tableau 3 : Synthèse des principaux événements liés à l'eau au Burundi .....	58
Tableau 4 : Répartition des ménages pour les collines touchant sur la rivière Ruvyironza dans la commune Nyabihanga en province Mwaro .....	64
Tableau 5 : Intervalles de confiance.....	65
Tableau 6 : Définition de toutes les variables utilisées dans le modèle (Noms, codes, modalités et signes attendus des coefficients des variables explicatives incluses dans le modèle de régression logit) .....	71
Tableau 7 : Illustration selon le sexe.....	72
Tableau 8 : Illustration des arbres et arbustes agroforestiers les plus utilisés.....	73
Tableau 9 : Illustration du niveau d'éducation.....	74
Tableau 10 : Illustration des services agroforestiers .....	75
Tableau 11 : Analyse descriptive quantitative : âge.....	76
Tableau 12 : Adoption selon le mode de faire-valoir.....	77
Tableau 13 : Analyse descriptive quantitative : superficie.....	78
Tableau 14 : Adoption selon l'appartenance à un groupement .....	78
Tableau 15 : Analyse descriptive quantitative : Taille du ménage .....	79
Tableau 16 : Analyse descriptive quantitative : Type de culture pratiquées.....	80
Tableau 17 : Analyse descriptive quantitative : Nombre d'actif agricole.....	81
Tableau 18 : Analyse de la corrélation entre les variables du modèle .....	82
Tableau 19 : Relation entre l'adoption des pratiques agroforestières et leurs services.....	83
Tableau 20 : Relation entre l'adoption des pratiques agroforestières et l'espèce d'arbre.....	84
Tableau 21 : Relation entre l'adoption de la pratique agroforestière et le type de cultures pratiquées.....	85
Tableau 22 : Résultats de l'estimation économétrique.....	86

## SIGLES ET ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
CEP	: Champs Ecole des Producteurs
ISABU	: Institut des Sciences Agronomiques du Burundi
OS	: Objectif Spécifique
Dr	: Docteur
Ir	: Ingénieur
Ha	: Hectare
H	: Hypothèse
COP	: Conférence de Paris
FAO	: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
OBPE	: Office Burundaise pour la Protection de l'Environnement
TAMP	: Transboundary Agro-ecosystem Management Project
LVEMP	: Lake Victoria Management Project
IAP	: Integrated Approach Program
ONG	: Organisation Non Gouvernement
CC	: Changement Climatique
ONU	: Organisation des Nations Unies
MINATTE	: Ministère de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de l'Environnement
CCNUCC	: Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement climatique
CNUDB	: Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique
CNULD	: Convention des Nations Unies sur la lutte contre la Désertification et les effets de la sécheresse
FRA	: Évaluation des Ressources Forestières Mondiales
ICRAF	: International Centre for Research in Agroforestry
PNIA	: Plan National d'Investissement Agricole
PNSEB	: Programme National de Subvention des Engrais Chimiques Au Burundi
PPIA	: Plans Provinciaux d'investissement Agricole
BV	: Bassin Versant
PIB	: Produit Intérieur Brut
PANA	: Plan d'Actions National d'Adaptation
OBPE	: Office Burundais Pour la Protection de l'Environnement

GIEC	: Groupe d'Experts Intergouvernemental Sur L'Evolution du Climat
CO <sub>2</sub>	: Dioxyde de Carbone
OMM	: Organisation Météorologique Mondiale
SAFs	: Systèmes Agroforestiers
GES	: Gaz à Effet de Serre
AIC	: Agriculture Intelligente face au Climat
NY	: New York
USA	: Nations Unies d'Amérique
CRAAQ	: Centre de Reference en Agriculture et Agroalimentaire du Québec

## **AVANT-PROPOS**

Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de mastère en économie rurale sociale et environnementale, spécialité en économie de l'environnement et des ressources naturelles. Elle porte sur l'importance de l'agroforesterie dans l'agriculture climato intelligente, les déterminants de l'adoption aux pratiques agroforestières pour les membres CEP dans le micro bassin versant de la Ruvyironza en Commune NYABIHANGA

Le micro bassin versant de la Ruvyironza a une importance capitale dans production pour la population de la commune NYABIHANGA. L'agroforesterie est longtemps négligée ou ignorée ce qui rend la mauvaise production liée au changement climatique.

Cette étude montre l'importance de l'agroforesterie dans l'agriculture climato intelligente et les déterminants qui influencent l'adoption.

## CHAP I. INTRODUCTION GENERALE

### I. 1. Contexte de l'étude

Les chercheurs multidisciplinaires doivent s'occuper d'un système d'exploitation de la terre économiquement productif et écologiquement durable à travers l'approche agro-sylvo-zootechnique, un système qui se base sur les structures « biologiques » et « socio-économique », qui complète les méthodes antérieures qui sont encore en vigueur dans le but de maintenir le système climatique<sup>1</sup>.

L'agroforesterie joue un rôle important dans la satisfaction de la demande croissante de produits forestiers ainsi que l'amélioration de l'environnement. (Mallet, 2004) a montré dans les parcs agroforestiers en Afrique soudano sahélienne que les espèces forestières associées produisent ainsi des fruits, des feuilles ou des gommages pour l'alimentation humaine car elles sont riches en matière grasse (Karité), en glucides (nééré) ou en sucres (*Acacia* Sénégal, *Sterculia setigera*), ou en vitamines (tamarin, baobab), fournissent du fourrage et de l'ombrage pour les animaux, participent au maintien et à la reconstitution de la fertilité des sols (*Faidherbia albida*) tout en approvisionnant les populations en bois de feu et d'artisanat. Dans le contexte de la rapide dégradation des sols, de la végétation des forêts, des ressources en eau et de l'appauvrissement des agriculteurs, le rôle de l'agroforesterie est devenu crucial en termes d'équilibre entre les questions conflictuelles. L'agroforesterie peut permettre la conservation des ressources naturelles et leur usage dans le maintien du développement agricole en zone rurale et des moyens de subsistance. Par conséquent, l'agroforesterie sur les terres agricoles privées peut contribuer à la réalisation des objectifs nationaux de la couverture forestière et satisfaire la demande croissante de bois.

Sachant que notre planète ne s'accroît pas et que la population croît sans cesse, l'homme a besoin d'un système de production qui lui permet de satisfaire ses besoins sans compromettre les besoins des générations futures. Tel est le principe du développement durable par rapport au problème de l'équité intergénérationnelle dans l'usage des ressources naturelles et dans la création des externalités négatives.

---

<sup>1</sup> Un ensemble englobant l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère et la géosphère, ainsi que leurs interactions.

La connaissance de la réalité du changement climatique n'est pourtant pas si récente. Très tôt, les scientifiques se sont intéressés à la question du climat et à ses bouleversements, qu'ils soient d'origines naturelle ou anthropique.

Toutefois, c'est à partir des années 1970 que l'alerte scientifique quant aux menaces qui pèsent sur le climat et l'environnement en général gagne véritablement en importance.

A partir de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement de 1972 à Stockholm, il y a eu une prise de conscience de l'importance et de l'urgence des problèmes écologiques de la planète.

Grâce à cet événement, il y a eu un déclenchement d'un phénomène sans précédent de prolifération des organisations écologiques et surtout d'un mouvement écologique international qui peut être considéré comme le premier précurseur des lois et des réglementations environnementales à travers le monde ;

Conscientes que les changements du climat de la planète et leurs effets néfastes sont le sujet de préoccupation pour l'humanité tout entière ;

Préoccupés par le fait que l'activité humaine a augmenté sensiblement les concentrations de gaz à effet de serre<sup>2</sup> dans l'atmosphère, que cette augmentation renforce l'effet de gaz naturel et qu'il en résultera en moyenne un réchauffement climatique supplémentaire de la surface terrestre et de l'atmosphère, ce dont risquent les écosystèmes naturels et l'humanité, (Buckley, 2006) estime que les mesures prises (réduction des gaz à effet de serre) pour atténuer les effets de ces changements climatiques risquent d'être inefficaces et insuffisantes. Il préconise une réadaptation des populations rurales. Les innovations agroforestières, à travers les bénéfices environnementaux qu'elles offrent aux populations rurales, pourraient leur permettre de mieux s'adapter aux changements climatiques.

Conscientes du rôle et de l'importance des puits<sup>3</sup> et réservoirs<sup>4</sup> de gaz à effet de serre dans les écosystèmes naturels et marins, sont les causes de la première Conférence des Nations unies sur l'environnement humain en 1972, à laquelle 113 délégués et deux chefs d'Etat (Olaf Palme, de la Suède et Indira Gandhi, de l'Inde) ont pris part à Stockholm en suède.

---

<sup>2</sup> Les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et réémettent le rayonnement infrarouge.

<sup>3</sup> Tout processus, toute activité ou tout mécanisme, naturel ou artificiel, qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur à effet de serre.

<sup>4</sup> Un ou plusieurs constituants du système climatique qui retiennent un gaz à effet de serre ou un précurseur de gaz à effet de serre.

Cette conférence a sensibilisé une génération toute entière à une question qui n'avait pas beaucoup été abordé jusque-là, à savoir l'environnement planétaire.

La seule façon d'unir les pays du monde serait de leur informer une ennemie commune qui est la dégradation de l'environnement.

Depuis cette conférence, beaucoup d'accords internationaux ont été conclus en matière d'environnement dont un certain nombre ont été ratifiés par plusieurs pays du monde. Il s'agit de l'accord de 1978 relatif à la qualité de l'eau dans les grands Lacs ; de la convention de Genève de 1979 sur la pollution<sup>5</sup> transfrontalière ; de l'accord d'Helsinki de 1985 (par lequel 21 pays se sont engagés à réduire les émissions d'anhydride sulfureux) ; du protocole de Montréal de 1988 relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone et de la convention de Bâle de 1989 sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux est exactement là le genre de coopération internationale que visait la conférence de Rio de 1992.

A l'occasion du 20<sup>e</sup> anniversaire de la conférence de Stockholm sur l'environnement humain, les représentants de 178 pays, organisations non gouvernementales (ONG) et autres intéressés (au total près de 30000 personnes, y compris les médias) se sont réunis à Rio de Janeiro au Brésil pour débattre, en matière d'environnement planétaire.

La conférence visait une entente sur des mesures concrètes tendant à concilier les activités économiques et la protection de la planète en vue d'assurer à tous un développement durable.

Cette conférence des nations unies sur l'environnement et le développement connue sous le nom de Sommet Planète Terre ou conférence de Rio <sup>(6)</sup> a vu la naissance de trois grandes conventions pour lesquelles le Burundi a ratifié sur la gestion durable des terres, la sauvegarde de la diversité biologique et le lutte contre le changement climatique. Il s'agit de : (i) Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement climatique (CCNUCC), (ii) Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique (CNUDB), Convention des Nations Unies sur la lutte contre la Désertification et les effets de la sécheresse (CNULD).

---

<sup>5</sup> Dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.).

<sup>6</sup> Un sommet de la Terre est un terme générique servant à désigner les rencontres décennales entre dirigeants mondiaux, organisées depuis 1972 par l'ONU, ayant pour but de définir les moyens de stimuler le développement durable au niveau mondial.

Cela a permis aux chercheurs de travailler en vue de trouver des solutions aux problèmes liés à l'environnement, soit par la protection des ressources existantes soit par la création d'un microclimat.

Plusieurs études et programmes témoignent qu'une agriculture durable est la meilleure solution pour le maintien de l'équilibre naturel<sup>(7)</sup>.

Le secteur agricole burundais dépend fortement du climat. En effet, on enregistre une baisse de la production agricole très importante due au changement climatique (sécheresse prolongée et pluies diluviennes). Cette baisse affecte le bien-être et la sécurité alimentaire de la population burundaise Cette dernière dépend en grande majorité du secteur primaire.

Selon (Cazenave-Piarrot, 2004) , le paysan burundais est à la fois cultivateur et éleveur. Le rôle de l'agriculteur prend une tournure multidimensionnelle ( Hervieu et al., 2013). Outre sa mission « nourricière », il est complètement impliqué dans les préoccupations environnementales et est acteur de l'aménagement du paysage. La qualité des eaux, la perte de biodiversité et les pollutions diffuses doivent être régulées par l'agriculture.

Le Burundi conserve les zones écologiques qui nécessitent des pratiques agroforestières. Surtout les bassins versants dont leur rôle est très important dans la production alimentaire et végétale. Par conséquent, l'homme et son bétail bénéficieront écologiquement de ces dites pratiques.

Selon la FAO (2019), l'agriculture emploie 90% de la population. Soit plus que l'équivalent de la population rurale et elle est donc le moyen de subsistance de plus des trois quarts des Burundais. Alors qu'elle représente moins de la moitié de la richesse produite chaque année dans le pays. Elle assure plus de 95% des apports alimentaires et plus de 80% des recettes en devises du pays.

La vision du monde qui tend à extraire tout ce qui est possible d'un objet, en ignorant l'objet lui-même a conduit. « L'idée d'une croissance infinie ou illimitée, qui a enthousiasmé beaucoup d'économistes, de financiers et de technologues. Cela suppose le mensonge de la disponibilité infinie des biens de la planète, qui conduit à la presser jusqu'aux limites et même au-delà des limites ».

---

<sup>7</sup> Etat d'un écosystème dont la biocénose reste sans grand changement pendant longtemps.

Quoi qu'il en soit, la complexité et le degré de connaissance témoignent l'intérêt d'un individu ou d'un groupe d'individu pour le monde qui l'entoure et, par là même, de son investissement dans la protection de l'environnement.

Le contexte mondial actuel nous prouve, chaque Jour, qu'il est de notre devoir de refuser l'immobilisme et que l'urgence est de mettre en place des actions concrètes s'intégrant dans une trajectoire clairement durable. De plus, les problèmes environnementaux sont majoritairement vus en vase clos. Cependant, les effets du changement climatique ne diminueront pas si nous ne changeons pas le modèle actuel de production et de consommation (Pape François, 2015).

L'apport de l'agroforesterie dans l'agriculture intelligente face au climat apparait comme un moyen d'augmenter la production alimentaire tout en s'adaptant au changement climatique et en réduisant et éliminant les émissions des gaz à effet de serre. (Graziani da Silva, Directeur général de la FAO, le 23 Avril 2015).

Le défi d'une agriculture plus durable, en termes économiques et environnementaux, mais aussi plus productive, nécessite donc de mettre au point des systèmes de culture écologiquement plus performants. Dans ce contexte, l'agroforesterie est aujourd'hui perçue comme une option d'utilisation des terres, malgré la pratique de l'agriculture climato-intelligente qui est en vigueur.

L'établissement d'arbres sur des terres agricoles est relativement efficace et rentables par rapport à d'autres stratégies d'atténuation et elle fournit un éventail de bénéfices accessoires importants pour l'amélioration des moyens de subsistance de familles d'agriculteurs et l'adaptation aux changements climatiques. Cela est témoigné par les agriculteurs bénéficiaires des champs école des producteurs (C.E.P) œuvre de la F.A.O dans leurs projets.

Les forêts et les arbres atténuent les effets du changement climatique car ils contribuent au piégeage du carbone limitant ainsi la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Minne Meyer et al, 2011).

Les petits agriculteurs sont des épines dorsales de l'économie rurale mais se sont eux qui sont les plus durement touchés par les effets du changement climatique. Le changement climatique multiplie les menaces auxquels ils doivent faire face mettant en danger l'actif naturel<sup>8</sup> dont ils dépendent, accélérant la dégradation environnementale. Les systèmes agroforestiers sont souvent cités pour leur capacité à concilier la préservation de l'environnement et l'assurance d'un revenu tout en assurant une production satisfaisante pour les agriculteurs. Une pression environnementaliste est « une pression émise par une entité sur une autre entité sous la forme d'un discours, d'une argumentation ou d'un objectif afin de préserver l'environnement »

Les arbres isolés dans les parcelles agricoles, les haies, les bosquets, les arbres plantés volontairement dans les parcelles cultivées ou pâturées et les bois sont considérés comme des pratiques agroforestières (Dury et al. 2014).

L'agroforesterie doit aujourd'hui faire face à des enjeux importants,

L'arbre approprié à la place appropriée, le germoplasme animal rentable, les cultures associées et bien cibles. C'est à cette question que nous allons proposer des pistes de solutions. Ce présent travail de recherche est effectué dans le contexte d'analyser l'importance de l'agroforesterie dans l'optique de présenter un mémoire de master en économie rurale, sociale et environnementale dans la spécialité de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles en vue d'avoir un grade de maîtrise en économie de l'environnement et des ressources naturelles. Cette analyse porte sur le micro versant de la rivière Ruvyironza en commune Nyabihanga et province de Mwaro.

## **I.2. Problématique environnementale**

L'agriculture et la sylviculture sont deux secteurs essentiels dans la structure économique du Burundi et joue un rôle très important dans la société burundaise. L'urbanisation, l'industrialisation, la croissance démographique, la demande en produits agricoles et en produits forestiers ainsi que le rôle que joue la population locale dans l'utilisation et la gestion des ressources naturelles entraînent une conversion rapide des espaces forestiers à d'autres usages (De Koninck, 1997). Ce processus de conversion notamment en zone agricoles, augmentera le risque d'effets négatifs sur l'environnement (Olive, 1998).

---

<sup>8</sup> Les actifs naturels (également appelés capital naturel) désignent un sous-ensemble d'infrastructures vertes et des stocks de ressources ou d'écosystèmes naturels, comme les forêts ou les marais, qui regorgent d'avantages pour une collectivité

L'essence des problèmes ci-haut mentionnés est que le monde est aujourd'hui confronté à un défi majeur : celui de concilier la production agricole et forestière avec la conservation des ressources naturelles.

Les processus de transformation des formations végétales tropicales aboutissent à des forêts dégradées savanes à forte emprise anthropique agroforêts, jardins de case, jachère, champs à composante ligneuse etc. ayant structure et composition floristique modifiées en fonction des caractéristiques et contraintes originelles d'ordre édaphique, climatique, géomorphologique, floristique, sociale, culturelle, économique et politique (Broomfield et Padoch, 1994 ; Piketty et al., 2002 ; Yamamoto et al., 2005 ; FAO, 2013 ; (al & Meunier, 2014)).

Les populations en Afrique sub-Saharienne et particulièrement au Burundi, dépendent majoritairement de l'agriculture pluviale et des ressources naturelles pour leurs moyens de subsistance.

Ce mode de vie, déjà confronté à la diminution et la dégradation des terres due à la pression démographique croissante et à la faible fertilité des sols, est rendu encore plus précaire du fait des changements et variabilités climatiques pendant ces dernières années. Selon Malthus « le pouvoir multiplicateur de la population est infiniment plus grand que le pouvoir qu'a la terre de produire la subsistance de l'homme ». L'exemple donné par le pasteur anglais Thomas Robert Malthus, 1798 d'une progression arithmétique (1, 2, 3, 4, 5,) des ressources alimentaires et d'une progression géométrique (1, 2, 4, 8, 16,) de l'espèce humaine.

Les efforts du gouvernement du Burundi ont été contrariés par la crise socio-politique déclenchée en octobre 1993, malgré l'essai de stabiliser les finances publiques et les aides extérieures, libéraliser l'économie et redéfinir le rôle de l'Etat grâce aux Programmes d'ajustements structurels (PAS), depuis l'année 1986.

Ainsi dans le discours programme du 03 octobre 1987, feu son excellence le major Pierre BUYOYA, Président de la République du Burundi a dit qu'on irait s'efforcer de freiner la dégradation des sols en relançant les programmes de défense et de restauration du patrimoine foncier. Il a poursuivi plus loin en disant que le développement des forêts se poursuivra dans le but de protéger le sol et d'approvisionner les populations en bois pour leurs différentes utilisations et que l'entretien et l'exploitation du patrimoine forestier seront bien étudiés dans le but de rentabiliser les boisements.

Les ressources naturelles au Burundi ont connu des menaces il y a plusieurs années. Les boisements sont mis à mal par la guerre civile de 1993. Les 30641 ha détruits entre 1993 et 1996 (Kabeya et al, 1996) représentent près de 15 % de l'actif forestier. Les destructions de boisements s'avèrent particulièrement importantes dans les provinces du Nord-Est du pays : Ruyigi (- 5000 ha), Cankuzo (- 5900 ha), Kirundo (- 3 892 ha). Bois et charbon de bois constituent les principales sources d'énergie utilisées par la population rurale du Burundi. On peut craindre un épuisement progressif des reboisements et une mise à mal accrue de ce qui reste du couvert végétal d'origine. Ces déboisements incontrôlés sont le fait d'une population « flottante » et aux abois. Ils ruinent les efforts de reboisement entrepris auparavant, après la prise de conscience de l'impérieuse nécessité de stopper la déforestation. La déforestation résulte des processus socio-économiques complexes de telle sorte qu'il serait impossible d'isoler chaque cause individuellement (Geint et Lambin, 2001, Carr, 2004). Les nuisances et les dégradations ne sont pas prises en compte dans le calcul du Produit intérieur brut (PIB).

Il n'y a donc pas de « PIB vert <sup>9</sup> » dans les nouveaux comptes nationaux.

Les migrations ont toujours été l'une des stratégies de survie adoptées par l'homme pour faire face aux multiples aléas d'origine naturelle (éruptions volcaniques, sécheresses, famines, inondations, etc.) ou anthropique (persécution religieuse ou ethnique, inégalités sociales, etc. (Hugo, 1996 ; Bates, 2002 ; Dixon, 2009 ; Sigismund et son, 2013 ; Piquet et Laco, 2014). « L'augmentation du nombre de migrants fuyant la misère, accrue par la dégradation environnementale, est tragique » (pape, 2015).

La majorité des forêts du Burundi ont été perdues à cause de la demande sans cesse en produits ligneux et l'exploitation des terres agricoles. Les plantations ont remplacé la grande partie des forêts naturelles. Selon l'évaluation des ressources forestières (FRA) de 2010,

Le Burundi a perdu 40,5% de son couvert forestier entre 1990 et 2010 (FAO, 2010a).

La problématique que l'on cherche ici à circonscrire est davantage d'ordre éthique et philosophique et touche à la place et à la considération que l'humain accorde à l'agroforesterie et à tout ce qui la compose par rapport à la part qu'elle a dans l'agriculture climato intelligente ainsi que les déterminants de la pratique agroforestière.

---

<sup>9</sup> Le « PIB vert » est un indicateur de développement qui déduit du PIB (Produit intérieur brut) les coûts liés à la pollution et à la réduction des ressources naturelles.

Cette problématique liée à la dégradation progressive des ressources naturelles est au cœur de plusieurs initiatives sur le plan local, régional et national. C'est ainsi que, consciente de la situation et dans le but de contribuer à restaurer et à protéger les ressources naturelles pour un développement rural durable dans le bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga.

Alors, que faudrait-il instituer pour faire évoluer l'éthique de l'humain face à la protection de l'environnement de façon à ce que ce dernier comprenne la valeur des biens et services que lui rend la nature et qu'il change ses comportements et ses actions afin d'assurer l'avenir de notre planète ?

### **I.2.1. Problématique d'une relation controversée entre population et environnement**

L'étude de la relation population-environnement est marquée par deux visions du monde, issue de deux disciplines à savoir ; l'économie et la biologie.

- Economiquement les individus sont dotés de créativité et de rationalité parfaite. Mais sous contrainte de l'imposition de l'environnement, ils sont censés de prendre la décision. Pour atteindre à leurs objectifs ils utilisent les moyens adéquats ainsi le progrès leur permet d'être les maîtres du destin par conséquent ils façonnent l'environnement à leur convenance.
- Biologiquement les hommes vivent étroitement en interdépendance avec leur milieu naturel. L'homme n'existe que pour lui-même mais il participe à l'équilibre de tout un système.  
Sa survie comme celle des autres espèces animales et végétales dépend d'un équilibre entre ses actions et les réponses du milieu naturel. Ayant réussi à lever les obstacles que l'environnement imposait pour sa reproduction l'espèce humaine met en péril la survie des autres espèces vivantes et finalement peut être la sienne.

### **I.2.2. La problématique de l'agroforesterie**

L'agroforesterie est relativement récente dans la littérature scientifique malgré que là, l'association d'arbres avec des cultures demeure une pratique très ancienne. C'est en 1977 que l'agroforesterie a fait sa véritable entrée dans le monde scientifique avec la création de l'International Center for Research in Agroforesterie (ICRAF). D'abord l'agroforesterie n'est pas entrée dans les mœurs des esprits des burundais, étant donné que le rôle de l'arbre dans les champs est négligé par la majorité de la population suite à l'ignorance.

Ensuite, les études sur les avantages écologiques de l'agroforesterie sont beaucoup moins nombreuses que celles portant sur les avantages économiques et il n'en existe pratiquement aucune qui tente de donner une valeur monétaire à ces avantages. En fin les pratiques agroforestières se traduisent parfois par un surplus de travail. On doit s'astreindre à divers entretiens comme la taille des racines, des branches, etc.

### **I.2.3. La problématique de l'agriculture climato intelligente**

Ce vaste concept pourrait très bien englober l'agroécologie soutenue et revendiquée par de nombreux mouvements paysans et organisations de la société civile. Mais là où le bât blesse c'est que nulle part n'est indiqué ce qu'est une agriculture intelligente face au climat, ni ce qu'elle n'est pas. Il n'y a aucun critère de durabilité, aucun critère social, aucun critère tout court. Du coup, cette approche est tellement vague et peu définie que n'importe qui peut « vendre » ses pratiques face au climat. Et nombreux sont ceux qui s'en sont donné à cœur joie : Wal-Mart, Mc Donald et Monsanto font tous référence au concept et/ou ont lancé leurs propres programmes « d'agriculture intelligente face au climat ».

Ce flou permet également à différents acteurs de prétendre que des pratiques loin d'être durables font partie intégrante de la solution.

### **I.3. Questions de la recherche**

Reconnaissant les services qui proviennent des systèmes agroforestiers et que la population burundaise plus particulièrement les agriculteurs riverains des micros-bassins versants sont profanes en la matière, quelle sera le devenir de cette ignorance sur la production et la protection de l'environnement ? En générale la majorité de la population burundaise ne tient pas compte des services agroforestiers, une question générale de recherche émerge :

- Les systèmes agroforestiers associant arbres, cultures et/ou élevages sont-ils une solution efficace et durable pour assurer la sécurité alimentaire et faire face au changement climatique ?

À cette question s'ajoute d'autres questions spécifiques qui peuvent appeler une étude profonde sur le comportement des agriculteurs car beaucoup de personnes sont complexes par rapport à l'adoption d'une nouvelle technologie. Étant donné que l'introduction d'une nouvelle pratique agricole nécessite des instructions d'une façon hiérarchique pour arriver aux agriculteurs (exemple de la FAO qui a utilisé l'approche C.E.P (champs écoles des producteurs) pour développer les capacités des agriculteurs à gérer les ressources naturelles de

manière intégrée pour maintenir les services écosystémiques et la sécurité alimentaire et celle des moyens de subsistance.

- ✓ Quelle est l'option d'utilisation des terres pour atténuer et s'adapter au changement climatique en même temps amélioré les moyens de subsistance de familles d'agriculteurs ?
- ✓ Quelles sont les déterminants de l'adoption aux pratiques agroforestières dans le micro bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga ?
- ✓ Quel est le système de protection des arbres arbustes agroforestiers et les implications politiques de la plantation de ces arbres agroforestiers ?

#### **I.4. Objectifs de la recherche**

##### **I.4.1. Objectif principal**

Cette étude vise comme objectif principal, analyse de l'importance de l'agroforesterie qui vient pour combler les lacunes de l'agriculture climato intelligente pour la population riveraine du micro bassin versant de la Ruvyironza dans la commune Nyabihanga.

##### **I.4.2. Objectifs spécifiques**

OS1 : De déterminer les perceptions de la population bénéficiaire des projets TAMP Kagera, LVEMP II, IAP de la FAO depuis 2011 jusqu' à 2022 (dans champs écoles des producteurs) par rapport à l'importance qu'elle donne à l'agroforesterie ainsi que les facteurs qui les motivent à adopter ou ne pas adopter les systèmes agroforestiers.

OS2 : De déterminer les facteurs qui influencent l'adoption aux pratiques agroforestières dans le micro bassin versant de la Ruvyironza pour les membres C.E.P.

OS3 : Identifier les systèmes de protection des arbres agroforestiers avant, pendant et après le labour ainsi que les systèmes agroforestiers existants, les modes de plantation et d'entretien.

#### **I.5. Hypothèses de la recherche**

Notre recherche s'appuie sur les hypothèses suivantes

**H<sub>1</sub>** : Les pratiques agroforestières sont les premières à faire recours pour lutter contre le changement climatique en même temps nourrir la population. La diversification de la production, stockage du carbone (CO<sub>2</sub>), refuge de la biodiversité, rétention en eau, amélioration de la fertilité du sol, c'est ainsi les principaux bienfaits de l'agroforesterie.

H<sub>2</sub> : L'adoption aux pratiques agroforestières est influencée par les services rendus par cette dernière, l'espèce d'arbre, la surface cultivable, les types de cultures pratiquées, le mode de faire-valoir, le niveau d'étude, l'âge. L'appartenance à un groupement.

H<sub>3</sub> : les populations riveraines de la rivière Ruvyironza sont impliquées dans la protection des arbres et arbustes agroforestiers.

### **I.6. Intérêt et justification du sujet de la recherche**

Grâce à des analyses sur l'association des arbres et des cultures, sans risques des erreurs on peut affirmer que l'agroforesterie est un seul moyen de s'adapter et d'atténuer les impacts négatifs liés aux changements climatiques, la sauvegarde de l'environnement et l'amélioration des moyens d'existence des communautés.

Au Burundi les menaces sur la biodiversité sont en relation avec notre mode de vie. D'autres sont liées à nos connaissances insuffisantes sur le vivant.

En effet, la biodiversité du Burundi est mal connue. Plusieurs écosystèmes même ceux en disparition ne sont pas encore suffisamment explorés. Par exemple la disparition de la végétation naturelle des marais de Nyamuswaga (Burundi) suite à la politique de la mise en valeur agricole a poussé à entreprendre une étude de la flore et la végétation de ces marais. Selon (Moreno et al.2007), L'existence d'un couvert végétal amortit les températures maximales et minimales comme il se passe sous la cime du chêne vert.

Par rapport aux monocultures agricoles, certains auteurs affirment que les systèmes agroforestiers sont des systèmes structurellement divers, dont l'exploitation des ressources naturelles est d'habitude plus efficace (lumière, eau et éléments nutritifs), grâce à la différenciation spatiale et/ou temporelle de la double strate végétale. Cette utilisation plus efficace des ressources du milieu entraîne généralement des bénéfices économiques et environnementaux importants (Gordon et Newman 1997).

Notre recherche va compléter la documentation existante et contribuera d'une manière efficace, au Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage, à l'Université du Burundi, à la communauté scientifique en général pour se documenter sur les services agroforestiers et réveillera l'esprit de la population pour faire face au changement climatique via l'adaptation<sup>10</sup> et l'atténuation<sup>11</sup> au changement climatique.

---

<sup>10</sup> Le processus de changement par lequel un organisme ou une espèce s'adapte mieux à son environnement

### **I.7. Délimitation de la recherche**

Dans les pays en voie de développement l'agriculture est un moteur de développement durable si celle-ci est pratiquée en tenant compte des impacts qui peuvent y provenir.

Au Burundi l'agriculture contribue à elle seule à hauteur de 39,6% au PIB, offre 84% d'emplois, fournit 95% de l'offre alimentaire et constitue le principal pourvoyeur de matières premières à l'agro-industrie ((PND, 2018 - 2027). C'est un secteur à faible productivité due à des problèmes d'ordre structurel et conjoncturel, les rendements agricoles et d'élevage actuel restent inférieurs aux rendements potentiels. En vue de relancer la production agricole et d'atténuer le déficit alimentaire, le gouvernement s'est doté d'un Plan National d'Investissement Agricole. (PNIA) sur la période de 2012-2017 qui décline en seize Plans Provinciaux d'Investissement Agricole (16 PPIA). Ainsi un Programme National de Subvention des Engrais (PNSEB), un programme de subvention des semences sélectionnées la réorganisation des cultures (café, thé, coton. Riz) en filières et des réorganisations et des réformes organisationnelles et institutionnelles ont été mise en œuvre. Les cultures vivrières sont variées et la production s'est améliorée 2012-2013 pour connaître une progression progressive sur la période 2013-2015. Quant aux cultures industrielles (Café, thé, coton, huile de palme), la production du the a connu une tendance générale croissante jusqu' à plus de 40000 tonnes depuis 2010. par contre la production du café a été volatile tandis que l'huile de palme et de coton ont connu une progression constante jusqu'à 2012 et une baisse en 2013 mais les deux cultures ont enregistré une légère augmentation en 2014.

Notre recherche se limite sur deux volets :

Premièrement une méthode facile et rapide de lutte contre le changement climatique et d'augmenter la production agricole sans compromettre davantage le bien être humain, faunique et floristique.

Deuxièmement le choix des espèces appropriées pour ce système.

---

<sup>11</sup> La réduction de la force, de l'effet ou de la valeur de quelque chose.

En effet le Burundi connaît une baisse production agricole très importante due au changement climatique. (Sècheresse et pluies diluviennes). L'exemple est la famine sévit en province kirundi en 2005 et l'emportement des parcelles par la rivière Ruvyironza pendant la saison des pluies qui affectent le bien-être et la sécurité alimentaire de la population. Ainsi la majorité des chercheurs et surtout les étudiants chercheurs ne se touchent pas souvent sur le sujet de l'agroforesterie pendant leurs recherches alors que cette dernière est une réponse au changement climatique ainsi qu'aux besoins de la population.

## CHAPITRE II : REVUE DE LA LITTERATURE

Ce chapitre présente le contexte général sur l'adoption. Il met en exergue les zones écologiques du Burundi. Il présente aussi le contexte général du changement climatique au Burundi et les secteurs les plus vulnérables. Ainsi, Il montre des relations fortes controverses entre l'agriculture, la forêt, et l'environnement en matière de la lutte contre le changement climatique.

### II.1. Définition de l'adoption

Il existe plusieurs approches relatives à la définition de l'adoption des technologies avec comme corollaire plusieurs approches relatives à la manière de l'évaluer.

La définition de (Rogers, 2003 ) est toutefois l'une des plus connues et parle de l'adoption comme étant la décision pour un producteur d'appliquer entièrement une innovation. Selon l'auteur toujours, cette décision est le résultat d'une suite d'évènements qui conduiront le producteur à adopter durablement cette innovation.

Cette approche met en évidence non seulement certaines caractéristiques intrinsèques au producteur telles que l'évolution de ses besoins et ses ressources mais aussi des faits exogènes tels que les méthodes de diffusion et la proximité que celui-ci entretient avec d'autres producteurs.

#### II.1.1. Les phases de l'adoption par les utilisateurs

Au niveau des individus, le déroulement de l'adoption dans le temps est ici décomposé en cinq phases :

- **La connaissance** : l'individu est exposé à l'innovation, il réagit en fonction son profil personnel et du système social dans lequel il évolue ;
- **La persuasion** : c'est l'étape **cruciale** du modèle de E. Rogers, celle où l'individu amorce une prise de position au sujet de l'innovation, il réagit ici en fonction de cinq grandes caractéristiques de l'innovation (voir plus bas) ;
- **La décision** : l'individu s'engage dans des activités d'utilisation/évaluation, lui permettant d'adopter ou de rejeter l'innovation ;
- **L'implantation**, où l'individu a besoin d'assistance pour réduire les incertitudes sur les conséquences ;

- **La confirmation** : l'individu tente d'obtenir des informations venant, a posteriori, renforcer son choix.

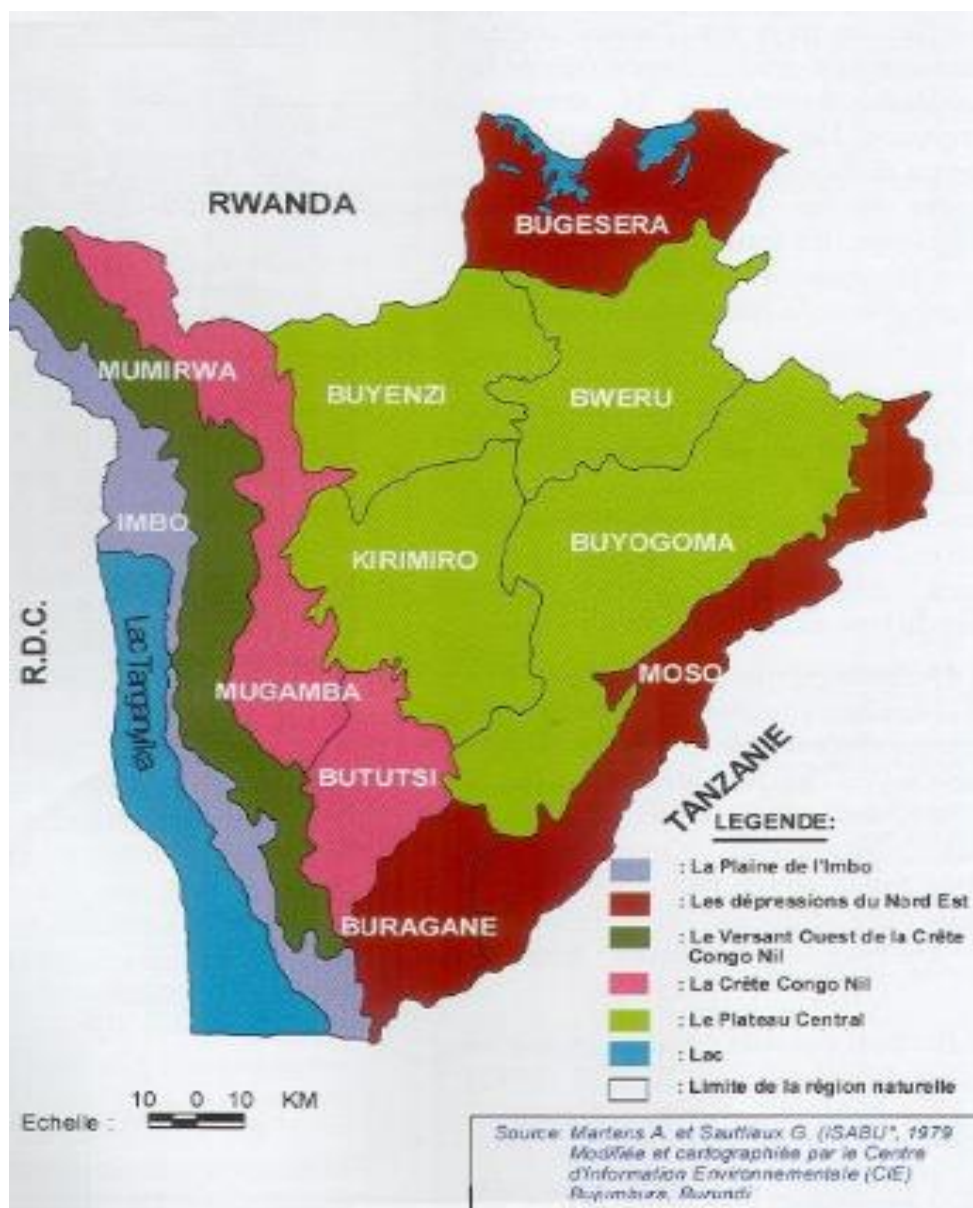
Le modèle met surtout l'emphase sur la phase cruciale de la persuasion, au cours de laquelle cinq principaux attributs définissent les caractéristiques perçues d'une innovation :

- Son avantage relatif en terme économique et social ;
- Sa compatibilité avec les valeurs du groupe d'appartenance ;
- Sa complexité ;
- La possibilité de la tester ;
- Et sa visibilité pour montrer les résultats aux autres.

## **II.2. Classification des zones écologiques du Burundi**

- la plaine occidentale correspondant à la région naturelle de l'Imbo et occupe 7% de la superficie terrestre du pays ;
- l'escarpement occidental du Mumirwa qui couvre 10% de la superficie du pays ;
- la crête Congo-Nil qui comprend les régions naturelles du Mugamba et du Bututsi avec environ 15% de la superficie du pays
- les plateaux centraux englobant les régions naturelles de Buyogoma et Bweru et représentant 52 % de la superficie du territoire national ;
- les dépressions de Kumoso et de Bugesera qui occupent environ 16% de la superficie du pays.

**Figure 1. Carte des zones éco climatiques du Burundi**



**Une comparaison de deux passés peut nous aider pour la reconnaissance de la situation de notre planète particulièrement dans notre pays Burundi**

➤ **Passé lointain**

Couverture abondante, terres abondantes et fertiles, pluies abondantes, récoltes abondantes et une vie plus heureuse.

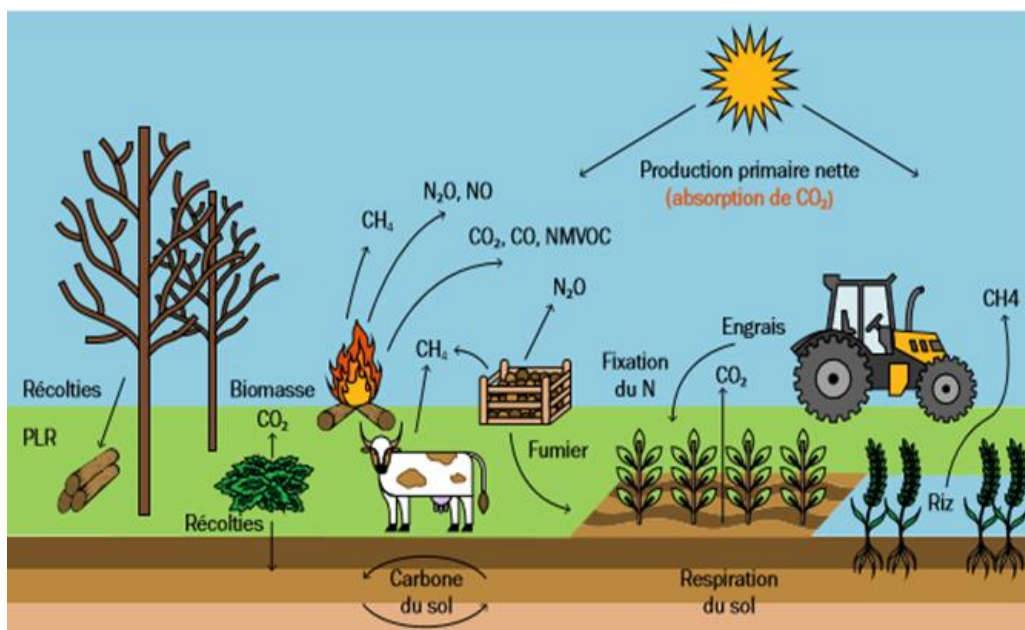
➤ Passé récent

Couverture végétale dégradée, terres cultivables réduites et peu fertiles, pluies réduites (avec grande variabilité d'année en année), récoltes insuffisantes et multiples périodes de soudure/famine.

(Source : <http://teca.fao.org/read/8558>)

**Figure 2 : Contexte général des changements climatiques**

Principales sources/absorption et processus d'émission des gaz à effet de serre dans les écosystèmes aménagés.



**Source:** GIEC. 2008. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories-A primer. Préparé par IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. [Sous la direction de : Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. et Tanabe K.] Publié par IGES, Japon.

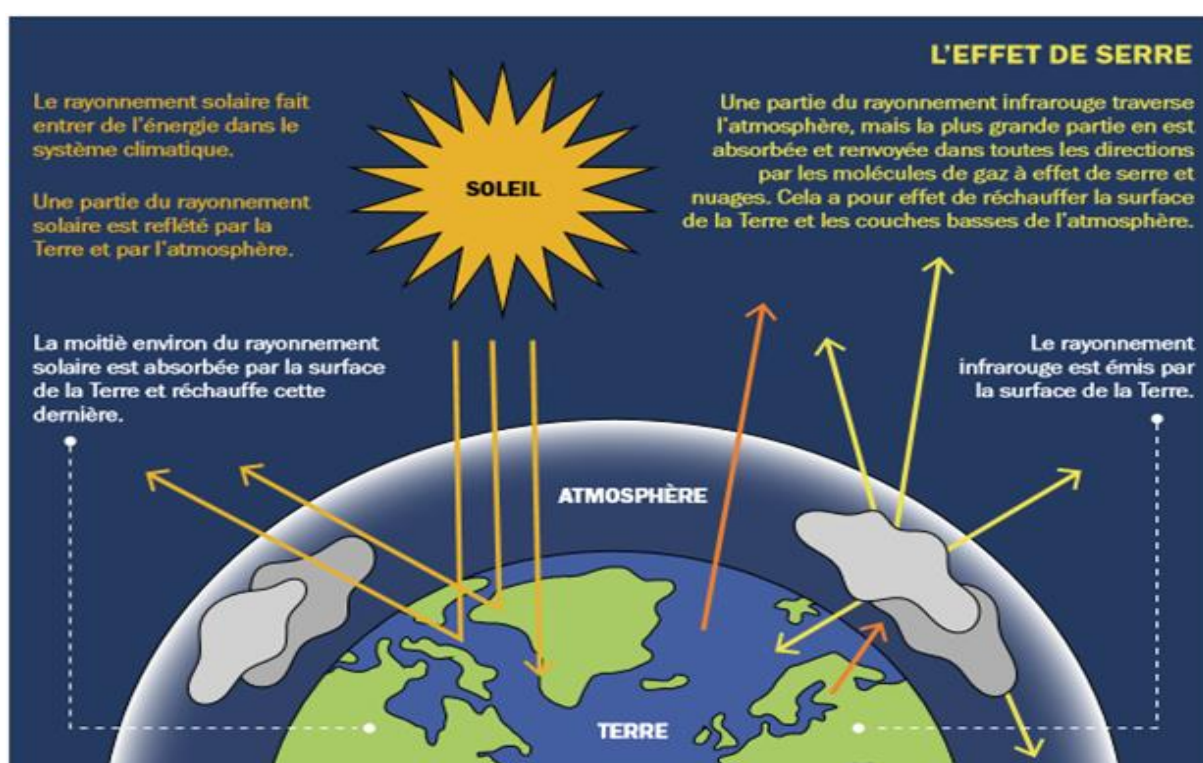
Outre le CO<sub>2</sub>, le méthane et l'oxyde nitreux font partie des principaux gaz à effet de serre dont les quantités d'émissions annuelles augmentent fortement en raison des activités humaines. Dans le secteur de l'agriculture, le méthane est principalement produit par l'élevage. Concernant les sources d'émissions naturelles, le méthane est émis dans les zones humides, car le gaz se forme uniquement dans des conditions anaérobies, c'est-à-dire sans apport d'oxygène. Le dégel des permafrosts, une conséquence directe de la hausse des températures planétaires, représente donc une source d'émissions de méthane importante.

La principale source d'émissions d'oxyde nitreux se trouve également dans l'agriculture avec l'utilisation d'engrais azotés.

Le CO<sub>2</sub>, le méthane et le protoxyde d'azote exercent diverses influences sur le climat. En conséquence, le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O contribuent dans une large mesure à l'effet de serre malgré leur concentration atmosphérique relativement faible.

Les perturbations naturelles renvoient aux émissions et aux absorptions liées aux incendies de forêt et aux grandes infestations d'insectes dans les forêts. Les activités humaines renvoient aux émissions et aux absorptions des terres aménagées (telles que les établissements, les terres forestières, les terres agricoles et les terres humides) ainsi que les émissions des produits du bois récoltés.

**Figure 3 : Phénomène de l'effet de serre**



**Source** : GIEC. 2007. Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. [Sous la direction de : Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Unis et New York, NY, USA.

La planète Terre reçoit en permanence de l'énergie provenant du Soleil, sous forme de rayonnement. L'atmosphère de notre planète forme une barrière naturelle due à la présence, au niveau d'une couche basse appelée "troposphère", de gaz à effet de serre. Ces gaz absorbent une partie du rayonnement solaire, mais également une partie du rayonnement infrarouge renvoyé par la surface terrestre.

Sans effet de serre, la température de la planète s'élèverait à seulement - 19 °C en moyenne, au lieu des + 15 ° C actuels. Ce phénomène est donc une condition essentielle à la vie actuelle sur la Terre.

### **II.3. Situation actuelle sur le changement climatique au Burundi et les secteurs les plus vulnérables**

A l'heure actuelle, les changements climatiques ont déjà induit des conséquences évidentes radicales sur la vie socio-économique des populations dont les secteurs les plus touchés sont l'agriculture, l'énergie, les ressources en eaux, les écosystèmes forestiers et paysages, le secteur de la santé ainsi que le secteur des transports et infrastructures. Les régimes climatiques changeants tels que, l'augmentation des précipitations et de la chaleur, ainsi que des situations catastrophiques rendent le Burundi plus vulnérable et affectent les efforts de développement du pays.

Ils engendrent des conséquences aussi désastreuses qui se matérialisent par la chute de la production agricole et animale, les pertes en vies humaines, les inondations et sécheresses répétitives, l'augmentation des risques de maladies, la hausse de l'insécurité alimentaire, la malnutrition, l'érosion du sol, la pollution des ressources en eau, la destruction de l'habitat humain et des infrastructures tant publiques que privées etc.(Troisième Communication Nationale sur le changement climatique ..)

Dans cette communication le gouvernement du Burundi n'a pas oublié de prendre des mesures visant à atténuer des changements climatiques.

L'analyse de l'atténuation s'adresse particulièrement aux mesures les plus appropriées selon les circonstances nationales actuelles et projetées jusqu'aux horizons 2030, période couverte dans le cadre de cette étude.

### **II.3.1 Mesures d'atténuation identifiées secteur par secteur**

#### **II.3.1.1. Secteur de l'Energie**

- i) Promotion à grande échelle des foyers améliorés à bois énergie et à charbon de bois ;
- ii) Carbonisation de la tourbe afin de la rendre utilisable par les ménages ;
- iii) Remplacement des chaudières à biomasse par des chaudières électriques ;
- iv) Construction de nouvelles centrales hydroélectriques ;
- v) Augmentation des feux tricolores qui régulent la circulation routière car ils diminuent l'embouteillage, une des causes d'une grande consommation du carburant.

#### **II.3.1.2. Secteur de l'agriculture**

- i) réduire les émissions de CH<sub>4</sub> produit par la fermentation entérique par une amélioration de l'alimentation animale, par une amélioration des caractères génétiques de la reproduction animale pour une meilleure efficacité de production animale ;
- ii) Capturer le CH<sub>4</sub> issue des systèmes de gestion du fumier pour produire de l'énergie (Biogaz),
- iii) Réduire le CH<sub>4</sub> grâce à la modification des pratiques de culture de riz irrigué,
- iv) Réduire les émissions de N<sub>2</sub>O grâce à une meilleure application des engrais à base d'urée.

#### **II.3.1.3. Secteur Changement d'Affectation des Terres et Foresterie**

- i) des activités qui permettent d'éviter le rejet d'émissions du Carbone, tels que la conservation et la protection des forêts,
- ii) des activités qui permettent l'accroissement des stocks de carbone à savoir le reboisement et l'agroforesterie.
- iii) gestion durable des forêts à travers la substitution de ce produit par d'autres combustibles et l'amélioration des équipements utilisés pour la transformation du bois et la production d'énergie (foyers à bois et à charbon améliorés).

#### **II.3.1.4. Secteur Procédés industriels**

- i) Remplacer les anciennes technologies par des technologies propres,
- ii) Promotion des initiatives de recherche et d'innovation dans le secteur industriel

### **II.3.1.5 Secteur Gestion des déchets**

- i) Recyclage des déchets solides en produits utilisables,
- ii) Méthanisation des déchets fermentescibles pour la production du biogaz,
- iii) Compostage des déchets organiques
- iv) Epuration et récupération des déchets liquides dans tous les centres urbains

### **II.4. Les bienfaits de l'agroforesterie**

L'objectif principal de l'agroforesterie est de remédier au manquement de l'agriculture classique en associant sciemment et avec brio sur une même unité de gestion des terres les ligneux et les végétaux arborescents aux cultures agricoles, aux herbacées fourragères et /ou aux animaux.

L'agroforesterie, par ailleurs, retient désormais l'attention de tous ceux qui cherchent des solutions pour lutter contre le changement climatique et s'y adapter en modifiant l'utilisation des terres rurales. Les arbres sont en effet des « puits de carbone » : ils absorbent de grandes quantités de dioxyde de carbone atmosphérique (CO<sub>2</sub>), ce gaz à effet de serre en partie responsable du changement climatique. Celui-ci permet de fabriquer, via la photosynthèse, de la matière végétale. Lorsque celle-ci meurt (feuilles qui tombent, arbre en fin de vie...), elle est décomposée par les micro-organismes et transformée en matière organique (telle que l'humus), riche en carbone. Ce carbone piégé dans le sol, c'est autant de CO<sub>2</sub> qui n'est plus dans l'atmosphère, ce qui atténue le changement climatique.

En outre, la matière organique du sol contribue également à en améliorer les propriétés, de sorte qu'il va mieux retenir l'eau et les nutriments dont les plantes ont besoin ; ce qui, cette fois, contribue à l'adaptation au changement climatique.

**Tableau 1 : Les nombreux avantages de l'agroforesterie**

Environmental	Economic	Agricultural	Social	Other
Augmentation du stock de carbone	Revenu plus élevé en raison de la fourniture de plantes non ligneuses et de bois	Fertilité des sols ; contrôle de l'érosion des sols	Égalité des sexes, notamment en raison de la possibilité pour les femmes de vendre des fruits	Qualité de l'air
Adaptation au climat	Réduction de la vulnérabilité	Les arbres dans les pratiques agroforestières capturent, entreposent et relâchent l'eau	Sécurité alimentaire	Ombre
Atténuation du changement climatique	Accroissement de la productivité	Augmentation des apports d'azote en raison des arbres fixateurs d'azote		Valeur esthétique

Kiptot and Franzel, 2011; Murthy et al., 2013; FAO, 2017.

Les spécialistes du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) ne s'y sont pas trompés : ils classent l'agroforesterie parmi les méthodes de mise en valeur du sol capables de renforcer simultanément l'adaptation au changement climatique et son atténuation, et la recommandent notamment dans leur volume sur l'Afrique, publié en 2014. Lors de la COP21, l'agroforesterie était sur de nombreuses lèvres. Si tout va bien, les arbres devraient bientôt retrouver la place qu'ils n'auraient jamais dû perdre dans la mise en valeur du sol par l'homme.

#### **II.4.1. Les spécificités éco-géographiques des systèmes agroforestiers**

Certaines pratiques agroforestières ne sont applicables que dans certaines zones agroécologiques alors que d'autres le sont dans plusieurs. Par exemple, les cultures en couloirs sont applicables dans les régions à fortes précipitations tant que la fertilité du sol est aussi bonne. Les jardins de case et les cultures annuelles associées aux arbres sont des pratiques courantes dans les zones humides densément peuplées où le climat est favorable à une croissance rapide de plusieurs espèces. De même, les arbres dispersés dans les pâturages sont couramment rencontrés dans les régions de basse altitude à faibles densités de population.

Dans les zones semi-arides, les rideaux abris et les brise-vents sont très utiles pour limiter l'action des vents.

Dans les régions densément peuplées et à altitudes élevées d'Afrique de l'Est, les systèmes agroforestiers intensifiant les productions agricoles et animales avec production de fourrage pour la stabulation permanente et le contrôle de l'érosion sur fortes pentes (10 à 60 %) sont les mieux indiqués (Hoekstra et Beniast, 1992). Dans ces régions à hautes altitudes, l'acidité des sols et les déficiences en phosphore sont fréquents. Une sélection d'arbres tolérant ces conditions est nécessaire.

#### **II.4.2. Rôle des recherches en agroforesterie**

En matière d'agroforesterie, la recherche a deux rôles :

- un rôle classique d'amélioration végétale
- un rôle plus difficile mais essentiel de suivi des systèmes proposés aux paysans, qui consiste à vérifier si ces systèmes fonctionnent comme leurs concepteurs l'attendent, et à les améliorer si cela s'avère nécessaire. L'innovation agroforestière peut être adoptée sous forme de projet individuel ou de projet communautaire dans le milieu rural. En nous référant à la citation de Sachs (1992) selon laquelle « le développement repose avant tout, sur la capacité d'un peuple de se penser, de se doter d'un projet », l'agroforesterie apparaît comme une belle opportunité pour les ruraux de sortir de la précarité.

#### **II.4.3. Développement et innovations agroforestières**

De manière générale la notion de développement est entrée dans les débats politiques de la plupart des acteurs nationaux et internationaux depuis le discours prononcé par le président américain Harry Truman en 1949. Le développement est un terme polysémique et il renferme plusieurs dimensions, dont la dimension économique, la dimension sociale, la dimension institutionnelle, et la dimension écologique (Tremblay, 1999). En termes de définitions, nous allons en retenir deux. D'abord celle de François Perroux (1996) qui soutient que le développement est « la combinaison des changements mentaux et sociaux d'une population qui la rendent apte à faire croître cumulativement et durablement son produit réel global ». Ensuite celle de Ignacy Sachs (1992) qui considère le développement comme « un processus de libération, de la suppression des entraves qui empêchent la réalisation d'un potentiel latent et en même temps la libération de la gêne matérielle ».

De ces deux définitions, l'homme est au centre du développement et c'est grâce à ses efforts qu'il arrive à subvenir à ses besoins.

#### **II.4.4. Pourquoi des innovations agroforestières ?**

L'innovation est « l'application de ressources et de découvertes technologiques, institutionnelles et humaines à des procédés de production débouchant sur de nouvelles pratiques, de nouveaux produits et marchés, de nouvelles institutions et organisations à l'efficacité renforcée » (Poole et Buckley, 2006 ; Coordination Sud, 2015). Dans les systèmes de gestion des exploitations agricoles africaines, des innovations sont adoptées pour améliorer les rendements et cette amélioration s'appuie sur l'interaction entre les arbres et les paysans. Les plantations villageoises abritent souvent des arbres plantés et/ou indigènes.

Selon Mallet et Dépommer (1997), ces arbres assurent des fonctions diverses. Les arbres assurent la fonction environnementale et agroécologique. Cette fonction favorise la protection et la fertilité des sols, le maintien de la biodiversité et la régulation des eaux. Les arbres jouent aussi un rôle de production à travers la production de bois, de fourrages, d'aliments et de condiments, de gommages et d'éléments de pharmacopée. Cette fonction revalorise la dimension économique des arbres grâce aux revenus et à la capitalisation. Enfin les arbres assurent une fonction sociale, culturelle et religieuse.

**Tableau 2 : Les différents services de l'agroforesterie**

Services économiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversification des revenus agricoles</li> <li>• Augmentation du rendement de systèmes agricoles conventionnels</li> <li>• Mise en production de terres fragiles ou marginales</li> </ul>
Services environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation de la biodiversité floristique et faunique</li> <li>• Diminution de l'érosion éolienne et hydrique</li> <li>• Amélioration de la fertilité des sols</li> <li>• Amélioration du régime hydrologique des sols</li> <li>• Atténuation de la pollution atmosphérique, sonore et Olfactive</li> <li>• Épuration de l'eau de surface et souterraine séquestration et stockage de carbone</li> <li>• Réduction de la déforestation</li> <li>• Amélioration de microclimats</li> <li>• Atténuation des effets des changements climatiques sur l'agriculture</li> </ul>
Services sociaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création d'emplois</li> <li>• Sécurité alimentaire</li> <li>• Embellissement du paysage</li> <li>• Amélioration de la perception de l'opinion publique</li> </ul> <p>Quant à l'activité agricole et forestière</p>
Services territoriaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Occupation diversifiée du territoire</li> <li>• Occupation de terres marginales (friches agricoles, parcelles en pente, etc.)</li> </ul>
Services culturels	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en valeur des connaissances locales et indigènes</li> </ul>

Source : De Baets et al. 2007

#### **II.4.5. Les avantages de l'agroforesterie au service de stratégies climato-intelligentes**

Les systèmes agroforestiers peuvent être avantageux par rapports aux méthodes conventionnelles de production agricole et forestière. Ils peuvent offrir une productivité accrue, des avantages économiques et une plus grande diversité dans les biens et services écologiques fournis.

Par ailleurs, l'agroforesterie peut contribuer de manière significative à l'atténuation du changement climatique et participe à l'adaptation agricole.

**a) Lutte contre le réchauffement climatique** : À l'échelle locale, les arbres plantés sur des terres agricoles créent un microclimat et contribuent à protéger les cultures du vent, du grand froid, de la sécheresse mais également des aléas naturels tels que les inondations et les tempêtes.

L'agroforesterie a aussi des impacts de grande envergure à l'échelle mondiale. L'augmentation de la couverture verte aide à réduire les gaz à effet de serre grâce à la capacité de séquestration du carbone des arbres, à inverser le réchauffement climatique et à bloquer l'élévation du niveau de la mer. Correctement mise en œuvre, l'agroforesterie permet également de reconstituer les aquifères profonds au fil des siècles et même des millénaires.

**b) Amélioration de la biodiversité** : La biodiversité dans les systèmes agroforestiers est généralement plus élevée que dans les systèmes agricoles conventionnels. Deux ou plusieurs espèces de plantes en interaction dans une zone donnée créent un habitat plus complexe qui peut accueillir une plus grande variété de faune.

#### **II.4.6. Les causes de la déforestation tropicale**

Les causes de la déforestation tropicale sont donc multiples. Selon, (Jarosz, 1993 ; Carr, 2004).

Deux approches divergentes ont émergé pour distinguer les principales causes ainsi que les facteurs qui les influencent. La première reconnaît l'agriculture et la croissance démographique comme causes principales en s'inspirant de l'approche malthusienne selon laquelle la diminution des ressources suit l'allure de la croissance démographique. Pour la seconde par contre, la déforestation résulte des processus socio-économiques complexes de telle sorte qu'il serait impossible d'isoler chaque cause individuellement (Geist et Lambin, 2001, Carr, 2004). Selon Scouart et Lambin (2006), l'explication de la déforestation par un seul facteur supposé dominant est trop simpliste et ne permet pas de se rendre compte de la complexité du processus.

#### **II.4.7. Types de dégradation des terres**

- Dégradation physique : érosion du sol due au ruissellement, perte de terre productive des ruisseaux, et sources pérennes, baisse de la nappe phréatique, ensablement/inondation des bas-fonds risquent de crues et de la sécheresse.
- Dégradation Chimique : perte de la fertilité des sols et acidité, toxicité aluminique, recours aux produits chimiques (perte de la biodiversité des sols, de la qualité de l'eau et de la qualité des produits agricoles) Dégradation Biologique : déforestation, perte de la couverture végétale et biodiversité due au surpâturage, aux feux de brousse et au manque d'alternatifs en sources d'énergie

##### **II.4.7.1. Conséquences environnementales**

Les effets combinés de l'action de l'homme et les changements climatiques auront comme conséquences la disparition de certaines espèces végétales, l'aggravation de l'érosion et les feux de brousse (NZIGIDAMERA, 2011). Les terres soumises aux coupes rases et aux feux de friche perdront progressivement leur biomasse rendant ainsi très agressifs les nombreux herbivores, les rongeurs, et surtout les termites dont la prolifération (plus de 380 termites par hectare) constitue un frein au développement de nouvelles espèces (NZIGIDAMERA '2006)

La diminution du couvert végétal liée à l'avancement du front agricole, à l'exploitation abusive du bois, ainsi qu'au surpâturage expose davantage les sols aux rigueurs climatiques telles que le fort ruissellement des eaux de pluie. Celui-ci emporte la couche de matières minérales et organiques, provoquant inévitablement une perte d'habitat pour diverses espèces et la perte de biodiversité qui s'ensuit, ainsi qu'une baisse de la fertilité des sols, allant parfois jusqu'à la disparition des terres agricoles. Les rendements agricoles et donc les revenus des familles paysannes en sont affectés (Hateb et al. 2012).

##### **II.4.8. Agroforesterie une piste prometteuse face au changement climatique**

De nos jours, l'agroforesterie est omniprésente dans les pays tropicaux, par ailleurs, retient désormais l'attention de tous ceux qui cherchent des solutions pour contre le changement climatique et s'y adapter en modifiant l'utilisation des terres rurales. Les arbres sont en effet des « puits de carbone » : ils absorbent de grandes quantités de dioxyde de carbone atmosphérique (CO<sub>2</sub>), ce gaz à effet de serre en partie responsable du changement climatique.

Celui-ci permet de fabriquer, via la photosynthèse, de la matière végétale. Lorsque celle-ci meurt (feuilles qui tombent, arbre en fin de vie...), elle est décomposée par les micro-organismes et transformée en matière organique (telle que l'humus), riche en carbone. Ce carbone piégé dans le sol, c'est autant de CO<sub>2</sub> qui n'est plus dans l'atmosphère, ce qui atténue le changement climatique. En outre, la matière organique du sol contribue également à améliorer les propriétés, de sorte qu'il va mieux retenir l'eau et les nutriments dont les plantes ont besoin ; ce qui, cette fois, contribue à l'adaptation au changement climatique.

#### **II.4.9. Système agroforestier et technique agroforestière**

Selon Mary et Besse (1995 et 1996), un système agroforestier est considéré comme un ensemble de composantes interdépendantes - ligneux, cultures annuelles, animaux - représentant un type courant d'utilisation des terres dans un espace donné. Selon ces auteurs, il peut être décrit à l'échelle d'une parcelle, d'une exploitation agricole ou d'une région et comprend trois grandes catégories (agricole, sylvicole, pastorale). Olivier (2015) précise que ces systèmes sont ensuite subdivisés selon des critères tels que leur disposition spatiale et leur succession temporelle et se caractérisent par :

- une volonté délibérée d'établir et de maintenir l'association par un entretien important,
- des interactions écologiques et économiques significatives qui se produisent entre leurs diverses composantes,
- des productions variées et, en ce qui concerne les arbres, toutes les formes de bois (de feu, de service, d'œuvre) ainsi que tous les autres produits tirés des feuilles, des fruits, des racines,
- une place importante au plan socioculturel dans beaucoup de sociétés.

Une technique agroforestière réfère quant à elle à « un ensemble d'indications concernant les rôles, la disposition, la conduite et la gestion des associations agroforestières » (Mary et Besse, 1995 et 1996).

#### **II.4.10. Fondement économique de l'agroforesterie**

##### **II.4.10.1. Viabilité économique des systèmes agroforestiers**

La viabilité économique est d'une importance considérable dans la décision de l'adoption d'une technique (Nelson et al. 1997). L'une des techniques qui a été expérimentée un peu partout dans le monde est la culture en couloir.

Une analyse économique réalisée au Nigeria a montré que les cultures en couloir du *Leucaena leucocephala* avec le *Zea* maïs ont un plus haut revenu net que les systèmes traditionnels (Ngambeki 1985). D'autres études économiques pour ce type de système ont révélé que la plantation de *Leucaena leucocephala* en couloir avec des légumes sans fertilisant a fourni un plus haut retour économique que les parcelles fertilisantes ont fourni un plus haut retour économique que les parcelles témoins avec fertilisant, en dépit du travail supplémentaire pour l'élagage fertilisant.

Plusieurs simulations sur la viabilité d'un système agrosylvopastoral avec eucalyptus ont montré qu'il était plus viable que la monoculture et tend même à stabiliser les rendements (Dube et al. 2002). Il paraît donc que les cultures en couloir avec les cultures de légumes se révèlent profitables à petite échelle pour les fermiers dans les tropiques et sont réalisables avec très peu de fertilisants (Palada et al. 1992). Cependant, il faut aussi comprendre que les SAFs ne sont efficaces, productifs et écologiquement durables que s'ils sont pratiqués, adoptés et maintenus sur le long terme (Raintree, 1982 ; Scherr 1995).

## **II.5. Importance socioéconomique de la présence de l'arbre dans les champs**

Un arbre est généralement considéré comme « sauvage » lorsqu'il pousse spontanément parmi des populations auto-entretenuës dans un écosystème naturel ou semi-naturel et lorsqu'il peut exister indépendamment de l'action directe de l'homme ((F.A.O, 1999). En revanche, il est considéré comme « domestiqué » lorsqu'il a subi une sélection intentionnelle de ses caractéristiques génétiques spécifiques et lorsqu'il a été propagé et cultivé dans des agroécosystèmes contrôlés (Leakey et Newton, 1994).

La domestication d'arbres issus de l'agroforesterie pourrait dès lors être considérée comme une étape nécessaire à la promotion d'une agriculture durable parce qu'il aide à la diversification des espèces qui génèrent un revenu sur les marchés locaux et distants, améliorent les régimes alimentaires et la santé, répondent aux besoins nationaux, et restaurent les agroécosystèmes fonctionnels ainsi que l'autonomisation des communautés locales (Leakey, 2012).

L'arbre est une composante majeure des paysages qui font la diversité et l'identité du Burundi. Sa présence sur les terres agricoles, à l'intérieur des parcelles comme dans les haies qui les entourent, fournit des services écosystémiques de première importance : l'enrichissement des sols, la limitation du ruissellement de l'eau et de l'érosion, ou encore la préservation de la biodiversité.

L'arbre est donc une composante souvent forte mais trop souvent sous-estimée du monde rural des régions intertropicales (MALLET et al, 1997).

### **II.5.1. Les effets de l'agroforesterie**

Tout boisement agroforestier peut fournir des productions principales rémunératrices (bois d'œuvre, bois d'industrie ou bois de feu) et/ou associées (petits fruits, miel, tourisme, chasse...) ; il peut aussi viser des objectifs de protection (lutte contre l'érosion ou les avalanches, régulation et épuration des eaux, diversification de la flore et de la faune...), paysagers (camouflage d'un bâtiment, haie vive fleurie...), environnementaux (biodiversité) ou récréatifs (loisirs, détente, tourisme...).

L'arbre agroforestier répond aux critères de multifonctionnalité (il a plusieurs fonctions et plusieurs usages) et de multi-temporalité (il fournit des services et ressources à toutes les échelles de temps).

De nombreux agriculteurs et herbagers sont hostiles à la présence d'arbres dans les zones considérées comme purement agricoles. Nombreux ont toujours été les litiges et les controverses entre les agriculteurs d'une part, les forestiers et les popuiculateurs d'autre part, lorsqu'ils veulent installer leurs arbres sous forme de massifs au voisinage de parcelles cultivées ou sous forme d'alignement sur le pourtour des prairies.

A côté des produits qu'ils fournissent, l'arbre en zone agricole peut aussi remplir indirectement de multiples fonctions qui leur confèrent une utilité considérable :

- ✓ Influence climatique favorable : vents ralentis sur une distance de 12 à 15 fois la hauteur des arbres ; protection des sols contre l'érosion ;
- ✓ Amélioration du régime d'écoulement et de la qualité des eaux souterraines et de surface ;
- ✓ Augmentation de la biodiversité : refuges et liaisons de circulation pour la faune et la flore;
- ✓ Rôles sociaux et culturels : calme et détente ;
- ✓ Diversification des paysages agricoles : tourisme vert ;

✓ Amélioration de la fertilité des sols : espèces fixatrices d'azote, fanes améliorantes, porosité des sols...

Mais différentes analyses d'impact de reforestations mal intégrées procurent de multiples enseignements sur leurs effets négatifs :

Introduction massive et inconsidérée de résineux : chablis, pourritures, acidification, banalisation ; Fréquents choix inadaptés d'espèces et de pratiques culturales : croissance faible, parasites, maladies,

- Mortalités, défauts de conformation et de branchais on ... ;
- Colmatage de massifs forestiers : boisement des lisières des enclaves et clairières ;
- Disparition de sites d'intérêt biologique : vallées traversières étroites, zones naturelles de qualité, tourbières,
- Fonds humides, pelouses calcaires ... ;
- Fermeture de vallées étroites : vastes champs de vue rétrécis et morcellement du paysage ;
- Morcellement anarchique de plages agricoles homogènes.

## **II.6. Contexte légal de l'agroforesterie : réponse aux enjeux agricoles et environnementaux, et incidence des événements externes**

### **II.6.1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue la définition du concept de l'agroforesterie et les affirmations de certains auteurs montrant que la part de l'agroforesterie dans l'agriculture climato intelligente est une vision moderne à nos jours qui peut être une réponse aux enjeux environnementaux. L'agroforesterie propose des réponses, en associant sur une même parcelle arbre et culture, elle contribue à la régénération des sols, au retour de la biodiversité, tout en produisant de la biomasse et donc du stockage de carbone.

L'accueil auxiliaire des cultures dans les haies peut permettre de réduire les apports de pesticides. Mais c'est aussi une mesure qui apporte de l'ombre, protège du vent, réduit l'érosion des sols, bref contribue à l'adaptation du système agricole et des territoires ruraux au changement climatique.

## **II.6.2. Revue de la littérature empirique**

### **II.6.2.1. Définitions et typologie du concept de l'agroforesterie**

La définition la plus récente de l'agroforesterie est « un système de gestion des ressources naturelles dynamique basé sur l'écologie qui, grâce à l'intégration d'arbres sur les terres cultivées et dans le paysage agricole, diversifie et pérennise la production en vue d'offrir des avantages sociaux, économiques et environnementaux accrus aux utilisateurs des terres, à tous les niveaux » ([WWW.icraf.cgiar.org](http://WWW.icraf.cgiar.org)).

Selon le Comité agroforesterie du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) l'agroforesterie étant : « un système intégré qui repose sur l'association intentionnelle d'arbres ou d'arbustes à des cultures ou à des élevages, et dont l'interaction permet de générer des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux » (Anel et al. 2017). Il existe plusieurs types d'agroforesterie à travers le monde qui répondent à différents besoins.

De manière générale, l'agroforesterie est un système dans lequel le sol est aménagé au profit du propriétaire, de l'environnement et du bien-être à long terme de la société.

Même si l'agroforesterie est un sujet d'étude scientifique relativement nouveau, elle est une pratique courante et ancienne dans de nombreuses régions tropicales (King, 1968 ; Nair, 1989). Auparavant l'agroforesterie était définie comme l'ensemble de pratiques d'utilisation des terres combinant volontairement des ligneux pérennes aux cultures herbacées et/ou élevage selon une certaine disposition spatiale ou selon une séquence temporelle sur une même unité de gestion des terres, de manière à créer des interactions écologiques et économiques significatives entre les composantes boisées et non-boisées (Sinclair et al., 1994). Ce qui diffère aujourd'hui des approches traditionnelles est l'utilisation de plus en plus fréquente des arbres pour la production des divers produits en plus des services environnementaux qu'ils fournissent, ce qui a conduit à la domestication des arbres au sein des systèmes agroforestiers (Simmons et Leakey, 1996 ; Tchoundjeu et al., 2006).

Plusieurs définitions ont été élaborées selon différents auteurs selon leurs points de vue. Pour Mary et Besse (1995 et 1996), un système agroforestier est considéré comme un ensemble de composantes interdépendantes ligneux, cultures annuelles, animaux représentant un type courant d'utilisation des terres dans un espace donné. Selon ces auteurs, il peut être décrit à l'échelle d'une parcelle d'une exploitation agricole ou d'une région et comprend trois

grandes catégories (agricole, sylvicole, pastorale). Olivier (2015) précise que ces systèmes sont ensuite subdivisés selon des critères tels que leur disposition spatiale et leur succession temporelle et se caractérisent par :

- une volonté délibérée d'établir et de maintenir l'association par un entretien important,
- des interactions écologiques et économiques significatives qui se produisent entre leurs diverses composantes,
- des productions variées et, en ce qui concerne les arbres, toutes les formes de bois (de feu, de service, d'œuvre).

Ainsi que tous les autres produits tirés de feuilles, des fruits, racines,

- une place importante au plan socioculturel dans beaucoup de sociétés,

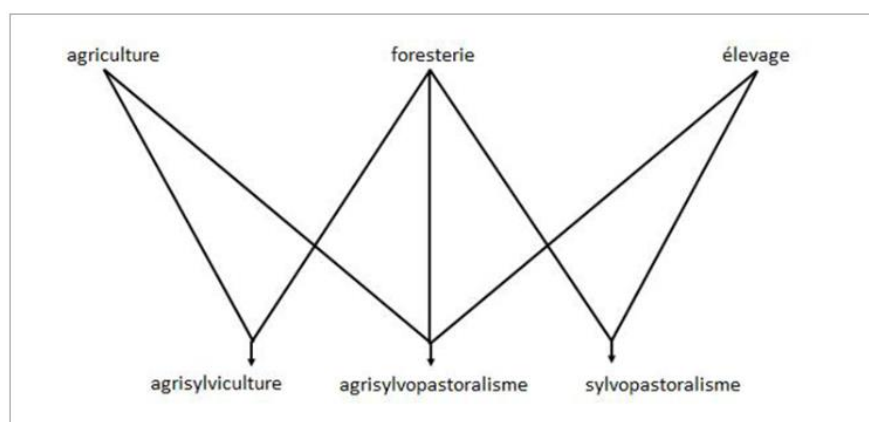
Une technique agroforestière réfère quant à elle à « un ensemble d'indication concernant les rôles, la disposition, la conduite et la gestion des associations agroforestières (Mary et Besse, 1995 et 1996).

Selon Nair, 1985 il existe trois types des systèmes agroforestiers, à savoir :

- a) Agrosylviculture
- b) Sylvopastoralisme
- c) Agrosylvopastoralisme

Selon lui les deux premiers sont les plus reconnus en régions tropicales.

**Figure 4 : Combinaisons foresterie-agriculture-élevage**



**Source :** Adapté de vergara (1985)

Tous auteurs et centres de recherche reviennent toujours sur la gestion durable de notre planète via le secteur primaire.

L'agroforesterie désigne l'association d'arbres et de cultures et/ou d'animaux au sein d'une même parcelle. Il s'agit donc d'une « agriculture avec des arbres », peut-on lire sur le site de l'ICRAF (World Agroforestry Centre), institut de recherche qui étudie les bénéfices des arbres pour les humains et leur environnement. Il ne s'agit pas d'une nouvelle invention agricole, mais d'un nouveau nom pour désigner une pratique ancienne (Nair, 1993).

L'agroforesterie est un « système intégré de gestion des ressources du territoire rural qui repose sur l'association intentionnelle d'arbres ou d'arbustes à des cultures ou des élevages, et dont l'interaction permet de générer des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux » (De Baets et al, 2007, p. 5).

Selon Lundgren et Raintree (1982) définit l'agroforesterie comme suit : « L'agroforesterie est un terme général englobant les systèmes d'utilisation des terres dans lesquelles des végétaux ligneux pérennes (arbres, arbustes, palmier, bambous) sont délibérément cultivés (plantés ou conservés), sur des parcelles de terrain utilisés par ailleurs pour la culture et /ou l'élevage, soit en même temps soit successivement sous forme d'une organisation de l'espace.

Cette pratique ancestrale est aujourd'hui mise en avant car elle permet une meilleure utilisation des ressources, une plus grande diversité biologique et la création d'un microclimat favorable à l'augmentation des rendements. Plusieurs systèmes existent : formes bocagères, prés-vergers, prés-bois, alignements de peupliers ou encore plantations de noyers associées à l'élevage ou d'autres essences associées aux cultures.

#### **II.6.2.2. Caractéristiques du système agroforestier**

Trois Caractéristiques du système agroforestier peuvent être distingués ;

❖ **Productivité** : Maintenir ou augmenter tant la production des produits préférés que la productivité des terres.

- Par une production accrue des produits ligneux
- Par une production des cultures associées
- Par une réduction des intrants par les cultures
- Par une meilleure efficacité de la main d'œuvre

**❖ Durabilité :** Conserver le potentiel de production des ressources de base

- Par les effets bénéfiques des plantes ligneuses pérennes aux sols
- Peut atteindre et maintenir les buts de conservation et de fertilité du sol

**❖ Acceptabilité :**

- Les technologies agroforestières améliorées ou nouvelles introduites dans des nouvelles zones doivent être conformes aux pratiques culturelles locales.

**II.6.2.3. L'agroforesterie et la santé des sols**

Un sol en santé permet une meilleure résilience des agroécosystèmes face aux changements climatiques. Il augmente la disponibilité de l'eau du sol pour les plantes par différents mécanismes interreliés que nous avons regroupés en trois phénomènes principaux : l'apport en matière organique, la participation de la structure du sol et l'augmentation de la biodiversité du sol. L'apport en matière organique provenant des feuilles qui tombent à l'automne et des sucres excrétés par le système racinaire accroît la capacité du sol à retenir l'eau et favorise sa structure, via la formation d'humus. La structure du sol est l'arrangement et la cohésion entre elles des particules qui constituent le sol. Un sol bien structuré est composé d'agrégats, c'est-à-dire de particules de sol collées ensemble par des gels microbiens créant des grumeaux poreux.

Il contient également des micropores, à l'intérieur des agrégats, et des macropores entre les agrégats ce qui augmente l'infiltration de l'eau dans le sol et sa capacité à emmagasiner cette eau.

De plus, la présence de racines d'arbres augmente la diversité et l'abondance des microorganismes (Marsden et al. 2020). Les agrégats sont des habitats idéaux pour les microorganismes eux-mêmes. Les systèmes agroforestiers sont susceptibles d'augmenter la présence de mycorhizes dans les sols.

Les mycorhizes sont des champignons qui forment des associations symbiotiques avec les racines de nombreuses cultures. Ils deviennent un peu comme une extension des racines permettant, entre autres, l'exploration d'un plus grand volume de sol pour acquérir de l'eau et des éléments nutritifs.

#### **II.6.2.4. L'agroforesterie et la biodiversité dans les agroécosystèmes**

L'incidence des changements climatiques sur les ravageurs des cultures a déjà fait l'objet d'un article paru dans le *Climato scope* (Saguez, 2020). Rappelons ici que les modifications du climat pourraient favoriser une augmentation des densités des populations de ravageurs, une augmentation du nombre de générations par année, une plus grande aire de distribution des espèces et un meilleur taux de survie hivernale.

L'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'air pourrait entraîner une diminution de la production de composés de défense à base d'azote par les plantes. De plus, le taux d'herbivorie pourrait être augmenté, car les ravageurs ont besoin d'azote et si les tissus des plantes contiennent plus de carbone, ils seront dans l'obligation d'en consommer davantage pour combler leurs besoins en azote (Gagnon et al. 2011). Les pollinisateurs et les cultures ont une relation synchronisée.

Les semis plus hâtifs entraînant des floraisons plus hâtives modifieront les interactions avec les pollinisateurs.

L'abondance de pollinisateurs est également un enjeu, car l'environnement agricole. Néanmoins, il est justifié de penser que l'augmentation de la complexité du paysage par l'adoption de l'agroforesterie augmente la biodiversité, ce qui est un atout pour maîtriser les ennemis des cultures. L'agroforesterie peut favoriser la présence de pollinisateurs dans l'agroécosystème. Les espèces ligneuses des systèmes agroforestiers sont des sources de nourriture et d'habitats qui aident le maintien des populations de pollinisateurs (Bentrup et al. 2019). Également, les microclimats créés peuvent rendre possible l'augmentation des niches et des types d'habitats, ce qui crée des écosystèmes adéquats pour la ponte et l'alimentation. La diversité d'un paysage procure des sources variées de nourriture dans le temps et dans l'espace.

#### **II.6.2.5. L'agroforesterie : une vision moderne**

Les chercheurs et les agriculteurs innovants ont élaboré des systèmes d'exploitation modernes plus adaptés au contexte actuel de l'agriculture. En faisant l'art de faire coexister des cultures et des arbres dans les champs et les prairies, l'homme peut lutter contre quelques variabilités climatiques. Un exemple typique, ces dernières années particulièrement après le protocole de Kyoto, les systèmes agroforestiers sont considérés comme puits de carbone (CO<sub>2</sub>). L'agroforesterie est tolérante au changement climatique dont souffre toute la planète terre.

Les systèmes agroforestiers sont caractérisés par la création de leur propre microclimat et par leur effet tampon dans les situations externes (tempêtes importantes ou périodes arides ou chaudes). L'agroforesterie est connue comme une stratégie de réduction des gaz à effet de serre grâce à sa capacité à séquestrer biologiquement le carbone. Le système agroforestier peut restaurer la fertilité du sol, là où d'autres systèmes d'utilisation des terres ont mine (épuisé) les éléments nutritifs du sol.

#### **II.6.2.6. Perspectives historiques de l'agroforesterie**

Bien que nous venions de définir et de mettre en contexte l'agroforesterie avec des sources d'information assez récentes, les principes d'agroforesterie étaient appliqués il y a plusieurs milliers d'années (MacDicken et Vergara 1990). L'agroforesterie est traditionnelle et a été redécouverte en 1978 lorsque le nom de l'agroforesterie a été inventé. Depuis lors celle a été promue par les projets et des exploitants agricoles. Les cultures en couloirs ont été conçues à la fin des années 1970 par la recherche pour éliminer le recours à une période de jachère dans les zones tropicales humides et subhumides pour reconstituer la fertilité des sols. Dans des textes bibliques faisant allusion à l'origine de la vie par exemple, on mentionne que plusieurs espèces d'arbres présents dans des jardins familiaux fournissaient une très belle vue et de la nourriture de façon similaire des dessins sur des papyrus de jardins familiaux ont été retrouvés au moyen orient. Ceux-ci dateraient de plus de 3000 ans. En fin des écrivains de l'ère romaine ont décrit l'élevage de bétail dans des paysages parsemés d'arbres. Les cultures étaient intégrées à ce paysage servaient de fourrage pour le bétail, en plus de nourrir les humains.

En plus dans le livre de Donald Wright publié en 2004 « A Short History of Progress », fait mention de pratiques ressemblant à l'agroforesterie en Grèce il y a près de 6000 ans. A l'époque il y avait déjà des problèmes de déforestation dans ce pays. Les plus pauvres exploiter les versants des montagnes dénudées d'arbres. Le rendement des cultures agricoles était très mauvais. Probablement à cause de problèmes d'érosion des sols.

Pendant un certain temps des politiciens Solon et Pisistratus ont interdit l'exportation du bois aux profits des plus riches et ont soutenu la reforestation en offrant du financement aux plus pauvres pour planter des oliviers.

Une culture en terrasse s'est alors mise en place et les bénéficiaires se sont rapidement fait ressentir sur les récoltes et la qualité de vie de plus pauvres.

Mais le vrai sens de l'agroforesterie s'est développé en zones tropicales là où les humains sont passés d'un mode de vie nomade axé sur la chasse et la cueillette à un mode de vie sédentaire axé sur la culture de plantes et les élevages ovin et bovin (MacDicken et Vergara, 1990). C'est à cette période que la culture sur brûlis (ou abattis-brûlis) a commencé. C'est à dire l'abattage de la forêt, l'incinération de la biomasse et l'exploitation agricole subséquente des sols.

Cette pratique daterait de 7000 ans soit la période de la pierre nouvelle « néolithique ». L'agriculture sur brûlis était principalement utilisée pour combattre l'appauvrissement du sol due à l'érosion et à l'exportation des nutriments à même la récolte et enrayer les problèmes liés aux mauvaises herbes. L'agriculture sur brûlis a aussi été populaire en Europe durant le Moyen Age. On utilisait encore l'agriculture sur brûlis au début des années 1900 en Finlande et dans certaines régions de l'Allemagne (King, 1987).

#### **II.6.2.7. Le caractère évolutif de l'agroforesterie au Burundi**

Selon NDIKUMAGENGE (1997), les premières associations délibérées des arbres aux cultures datent des années 1950, Mais La vulgarisation proprement dite de l'arbre agroforestier débute vers les années 1980. A cette époque, la plupart des projets agroforestiers qui étaient en activité disposaient d'un volet chargé de l'agroforesterie.

A partir des plants agroforestiers distribués gratuitement (le plus souvent), les paysans augmentent le nombre d'arbres associés de cultures et installent également de micro boisements d'eucalyptus spp.

Aujourd'hui ces micro boisements représentent avec de l'agroforesterie plus de 60.000 ha. Estimation faite à partir du nombre de plants distribués chaque année. Les produits de l'agroforesterie sont très diversifiés les paysans en retirent du bois énergie, du bois de service et d'œuvre mais également du fourrage pour le bétail, des éléments de compostage, de l'ombrage, de la protection des eaux et des sols et de l'amélioration de la fertilité des sols.

Il continuait à affirmer que jusque à ce temps-là le *Grevillea robusta* est la première essence utilisée en agroforesterie suivi du *Calliandra*, *Leucaena*, *Cedrella* (pour les essences exotiques), le *Markhamia*, les *Ficus* etc. (comme essences autochtones).

### II.6.2.8. Situation de l'agroforesterie dans le monde

L'agroforesterie a été pratiquée depuis des siècles à travers le monde. Elle fait partie des méthodes traditionnelles de production paysanne. Comme science décrivant des données inventoriées et analysées, elle est relativement nouvelle, et est perçue en ce début de siècle comme une alternative pouvant aider dans la lutte contre divers problèmes environnementaux (Nelson *et al.* 1998 ; Matos *et al.* 2005). Nombreux sont ceux qui y placent leur espoir (Raintree 1986). Parmi les nombreuses définitions s'accordées à cette science, nous proposons celle retenue lors du premier symposium en agroforesterie ayant eu lieu à Orlando en 2004 aux USA à savoir : « L'agroforesterie peut se définir comme un système dynamique d'aménagement écologique des ressources naturelles, qui en intégrant les espèces ligneuses aux champs agricoles, fermes et autres paysages, diversifie, augmente la production et engendre des bénéfices socio-économiques et environnementaux pour les propriétaires terriens » (Orlando Déclaration 2004). Sa souplesse en termes d'arrangement temporel et spatial de ses composantes, constitue un atout pour la valorisation de l'espace en milieu rural ou souvent les fermiers ne di posent guerre de grandes exploitations pour faire des cultures extensives. Il a été noté que l'agroforesterie peut réussir dans les zones marginales impropres aux systèmes agricoles traditionnels (Seif el Dim 1984). Elle présente des avantages similaires quelle que soit la région, et peut être implantée sous différents types de climat.

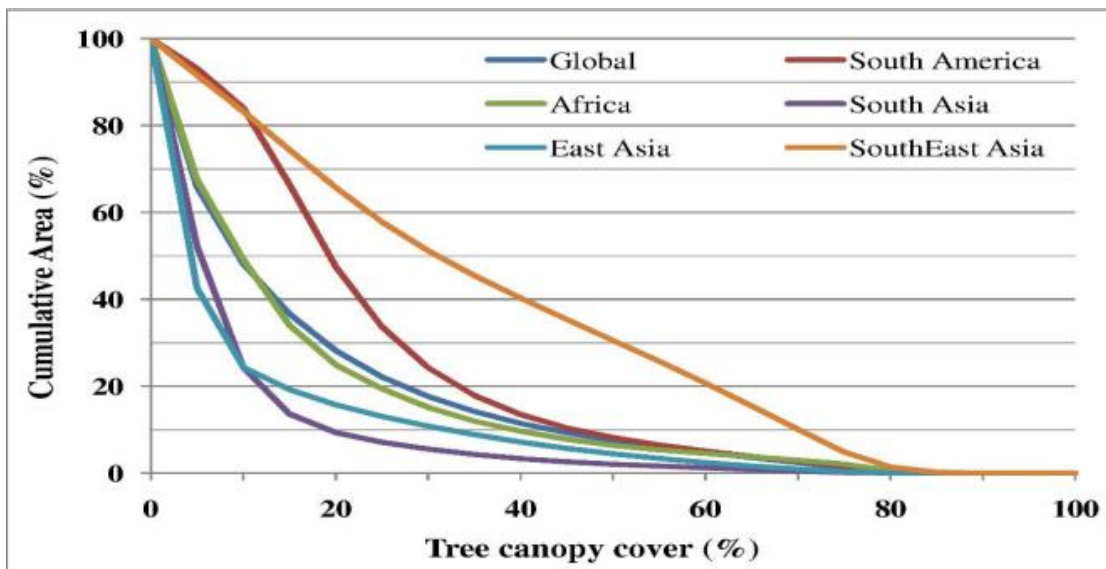
Ses retombées sont positives tant sur le plan économique, biologique qu'environnemental (Dupraz 2005). Au Ghana par exemple, elle devient une solution incontournable du fait de la dégradation extensive de l'environnement (Osei-Bonsu *et al.* 2002). Que ce soit sur des terres marginales ou sur des terres à fort potentiel, un système diversifié d'agroforesterie est parfois la meilleure solution lorsque les contraintes foncières, l'absence d'infrastructure de commercialisation ou une conjoncture économique défavorable imposent aux petits fermiers de chercher à tirer des terres dont ils disposent, le gros de leur subsistance (Raintree 1986). Les analyses économiques ont indiqué que les SAFs, particulièrement les cultures en couloir, sont profitables surtout en régions tropicales. Au Cameroun par exemple, ce système rapporte un taux de retour marginal de 447% (marginal rate of return of 447%) (Tonye and Titi-Nwel 1995 dans Bayard *et al.* 2006).

En Europe, elle a été pendant longtemps ignorée dans les réglementations agricoles. Cependant, les résultats des travaux en agroforesterie entrepris en France, ont montré que des SAFs modernes sont très productifs et répondent aux enjeux environnementaux de la commission

européenne. Dupraz (2005) a confirmé que les impacts environnementaux de ces systèmes de production sont importants : diversification,

Paysage, protection des sols et des eaux et maintien de la biodiversité. Une telle approche pourrait être mise en application en permettant de choisir des intrants et d'améliorer la production et la qualité des extraits provenant des SAFs.

### Graphique 1 : L'extension de l'agroforesterie



**Source:** Zomer et al., 2016, presentation by Fergus Sinclair (ICRAF), December 2018.

### II.6.3. Etat des lieux pour la restauration du paysage au Burundi

Les activités de plantation d'arbres n'ont jamais cessé d'être réalisées au Burundi malgré la déforestation qui s'est observée à un taux non négligeable. Beaucoup de forêts ont été incinérées dit-il, Berchumas Hatungimana, directeur général de l'office Burundaise pour la protection de l'environnement (OBPE), mercredi le 27 novembre 2019. selon lui, l'Etat a initié pas mal d'action pour inverser la tendance. il s'est engagé de planter 4000ha d'arbres chaque année jusqu'en 2030. Ainsi dernièrement le projet dénommé « Ewe Burundi Urambaye » a été lancé. Pour les optimistes c'est un projet rentable puisqu'il est constitué de cinq ministères à savoir les ministères de la sécurité publique et gestion des catastrophes, de la défense nationale et des anciens combattants, de la fonction publique, de l'intérieur et de la formation patriotique et enfin de l'environnement, de l'agriculture et de l'élevage.

Des millions de plants ont été plantés dans toutes les provinces du pays à travers les activités organisées par ce projet. Etant donné que ça favorise la restauration du paysage, mais il a aussi un apport d'une valeur ajoutée dans la lutte contre les feux de brousse qui constitue un danger à l'environnement.

#### **II.6.4. Les écosystèmes forestiers naturels au Burundi**

Jusqu'en 1988, 5% de la superficie du pays était recouvert par des étendues encore vierges de l'exploitation anthropique (J. Verschuren in J.B. MANIRAKIZA).

A la veille de la crise de 1993, les formations forestières naturelles subissaient déjà des défrichements à la recherche de nouvelles terres de culture et des prélèvements de bois de chauffe, de service et d'œuvre. Les essences précieuses recherchées sont notamment *Entandrophragma excelsum*, *Podocarpus milanjanus*, *Hagenia abyssinica*, *Pinus africana*, qui fournissent du bois d'œuvre. Aussi, les bambous continuent d'être coupés illicitement pour la confection des produits artisanaux. Le *Brachystegia* fournit du charbon de bois de bonne capacité calorifique.

Le phénomène de destruction des forêts naturelles a été amplifié par la crise : les éléments moteurs de cette destruction sont la criminalité ainsi que l'absence des agents des services techniques forestiers sur terrain.

Par ailleurs, ces forêts sont détruites (spécialement par les feux) pour éviter que l'ennemi ne s'y cache. Jusqu'en 1997, les superficies détruites sont estimées à 2 400 ha.

#### **II.6.5. Les écosystèmes forestiers artificiels au Burundi**

Longtemps avant la crise socio-politique d'octobre 1993 intervenue au BURUNDI, des problèmes de gestion des écosystèmes forestiers artificiels se posaient déjà.

Ces problèmes étaient spécialement liés à la faiblesse des ressources humaines forestières capables de permettre le développement et la gestion durable des ressources forestières, la faible participation des populations à la réalisation de ce genre d'activité.

Depuis 1992, l'on enregistrait déjà dans certaines régions du pays des pertes de grande envergure en termes de superficies boisées avec un caractère particulier en province de BURURI où en Commune de VYANDA 2485 ha sont détruits par les feux de brousse (en 1992) alors que 8 ans avant (en 1984) seuls 292 ha avaient été dévastés par les feux (NDIKUMAGENGE, 1997).

## II.6.6. Le système agroforestier au Burundi

Le système agroforestier au Burundi est constitué de petites forêts dominées par eucalyptus ssp. et comporte aussi d'autres arbres exotiques (*Grevillea*) et quelques espèces indigènes (*erythrina abyssinica*, *ficus div.*, *sp.chenopodium ugandae*, *cordia africana*, *albizia gummifera*, *tetradenia reparia*, *plectranthus barbatus*, *momordica foetida moesopsis eminii* et *markhamia, les lutea*). Les principaux arbres fruitiers (*inter alia* avocats, manguiers, papayers, goyaviers) sont disséminés parmi les cultures agricoles, plutôt dans un milieu agroforestier que dans des vergers.

### II.6.6.1. Les pratiques agroforestières utilisables au Burundi

Au Burundi il existe neuf pratiques agroforestières conçues pour le bien être du sol, humain et animal. Il s'agit :

#### Les jachères améliorées

La jachère est dite améliorée lorsque des espèces ligneuses à croissances rapides à bas âge et fixatrices d'azotes sont intégrées en vue de reconstituer la fertilité du sol. Sur une jachère longue la composition floristique de la végétation naturelle se reconstitue. Cette pratique peut être utilisée dans toutes les zones agro écologiques du pays sur tous les types des sols et pour tous les agriculteurs.

#### Les banques fourragères

Les banques fourragères sont des blocs de plantations fourragères pour alléger la pénurie de fourrage surtout en saison sèche. Au Burundi la stabulation permanente et l'utilisation des banques fourragères deviennent de plus en plus importantes dans les zones densément peuplées et dans les régions d'altitude, spécialement sur les petites exploitations où les pâturages sont limités. Les banques fourragères ou les jardins fourragers sont des cultures fourragères intégrées au système extensif. Elles apportent une complémentions aux animaux exploitant un pâturage naturel.

Dans les banques fourragères les arbustes fourragers comme *leucaena*, *calliandra* et *gliricidia sepium* peuvent être poussés séparément ou en association avec des arbres comme *pennisetum purpureum* et *pannicum maximum*. De telles combinaisons produisent plus de biomasse qu'une parcelle de Chaque espèce (Franzel et al, 1998).

### **Les haies-barrières**

Selon (Oluka –Akileng et al ,2000), les espèces d'arbres/arbustes qui conviennent pour les barrières de haies sur les sols acides sont notamment : *calliandra*, *Inga edulis*, *flemingia*, *leucaena diversifolia*.les autres sont *senna sp.*, *gliricidia sepium*, *grevillea robusta*, *ficus natalensis* et *sesbannia sesban*.

### **Les arbres de bordures**

On utilise souvent les espèces d'arbres à usages multiples pour marquer les limites des exploitations. Dans cette pratique il n'y a pas un besoin de planter des arbres serrés sauf si on veut en même temps lutter contre l'érosion. Selon, (East and Thurow,1999), l'espèce *hagenia abyssinica* en simple rangée avec des arbres espaces de 4-5m les uns des autres est utilisée pour délimiter les limites des champs dans le sud des hautes terres de la Tanzanie. Au Burundi on retrouve souvent les régions des arbustes et des arbres comme *euphorbia tirucalli*, *dracaena afromontana*, *Mrkhamia lutea*, *Grevillea robusta* en limites de champs ou de propriétés.

La plantation des arbres de bordures peut être pratiquée dans toutes les zones agroécologiques sur tous les types de sols et par tous les agriculteurs.

Les avantages de cette pratique résident sur, la sécurité des limites, le control de l'érosion, les besoins en bois de chauffage dans les ménages, ainsi elle ne demande pas beaucoup d'entretien.

### **Les jardins de case**

Les jardins de case sont localisés près des habitations .il s'agit des plantes disposées dans une structure multi strate. Cette pratique reparti les cultures en deux groupes ; les cultures de strate supérieure comme *Ficus natalensis*, *Markhamia sp.* *Grevillea robusta*, *Maesopsis eminii*, ...

Parmi les cultures de strate inferieur il s'agit des cultures qui tolèrent l'ombre comme les ignames, le gingembre, la colocase, le manioc etc...

Cette pratique assure la réduction de l'érosion du sol et l'amélioration de la fertilité.

Les jardins de case sont aussi pratiqués dans toutes les zones agroécologiques, sur tous les types des sols et par tous les agriculteurs. C'est une pratique est très rependue dans les espaces burundais. Elle joue un rôle important dans l'alimentation des ménages et assure plusieurs fonctions (sociale, économique, paysagère).

**Les cultures en couloirs (Alley cropping)**

Les cultures en couloirs est une technologie agroforestière dans laquelle des haies d'arbres ou d'arbustes souvent des légumineuses sont plantées avec les cultures pour fournir des éléments nutritifs soit comme engrais vert et/ou paillis.

Les cultures en couloirs sont applicables dans les régions a fortes précipitations tant que la fertilité du sol est aussi bonne la culture en couloirs est applicable dans les zones spécifiques ce sont notamment les terrains en pente, sur lesquels les haies peuvent réduire l'érosion du sol (Mecardo et al. 1996).

Dans un essai en inde l'effet barrière des haies de leucaena et les micro-terrasses formées par le dépôt des sédiments ont réduit les pertes en terres de 48% par comparaison à des parcelles de maïs en monoculture (Narain et al. ,1998).

**Le Taungya**

C'est un système d'installation simultanée de la forêt et des cultures annuelles pendant les premières années de la mise en place de la plantation forestière. la production agricole est arrêtée quand les arbres commencent à ombrager les cultures.

La viabilité économique du système taungya dépend énormément de la rareté des terres.

L'avantage de cette pratique est de réduire les couts d'établissement des plantations forestières en permettant aux gens ne possédant pas assez pas de terres de faire pousser certaines cultures entre les lignes d'arbres nouvellement plantées.

**Les parcs arborés (arbres dispersés)**

Cette pratique se rencontre dans les zones arides comme les plaines de l'Imbo et les dépressions de l'Est et du Nord-Est. Elle se caractérise par des arbres dispersés fort développés se trouvant sur du terrain cultivé ou récemment mis en jachère. Les parcs arborés sont mieux développés près des villages du fait qu'ils sont mieux protégés et gérés là-bas. Son utilité générale est de fournir des produits multiples tels que du fourrage, des fruits, du bois d'œuvre, du bois de chauffage, des produits médicaux etc. ainsi des bénéfiques écologiques.

## **Les microboisements familiaux**

Comme avantages, les microboisements familiaux offrent une haute rentabilité économique, le microclimat est amélioré et les effets brise-vent sont favorables aux champs voisins et au bétail. Toutes ces pratiques agroforestières sont utilisées pour l'aménagement d'un bassin versant afin d'augmenter la production agricole et de lutter contre le changement climatique.

### **II.6.6.2. Les essences qui se prêtent mieux à l'intégration dans les champs**

Les essences telles : Grevillea, Cedrella, Sesbania, Maesopsis, Leucaena, cajan, tephrosia, papayer, prunier du japon, sont très appropriés dans les champs comme les témoignent Monsieur Richard MBONYINGINGO Facilitateur communal et la population de la commune Nyabihanga.

### **II.6.6.3. Les endroits favorables pour les arbres agroforestiers**

Les endroits les plus importants pour ces arbres sont :

- a) Le long des lignes antiérosives car dans ce cas les arbres renforcent le talus. Ça rend aussi efficace la conservation du sol surtout pour la haie vive d'arbustes comme calliandra, leucaena.
- b) Les bas-fonds
- c) La clôture de l'exploitation

### **II.6.6.4. Méthodes de plantation**

La première règle que l'on doit respecter pour l'intégration des arbres dans les cultures est la diversification des essences. Cela se fait pour un triple objectif :

- Laisser pénétrer la lumière du soleil exemple grevillea, vernonia
- Produire du bois disponible dans les brefs délais exemple sesbania, leucaena tephrosia
- Pouvoir diversifier les produits à récolter

### **II.6.6.5. La période de plantation**

Le meilleur moment de planter les arbres agroforestiers es la fin du mois d'octobre car les jeunes plants profitent plusieurs pluies.

Pendant la plantation, les trous doivent être assez grands pour que les plantes puissent se développer.

Dans le cas 'une terre infertile il est conseillé d'ajouter un peu de compost ou du fumier jusque a la moitié du trou de plantation surtout pour les espèces fruitières.

Il faut aussi éviter le sachet-plastic qui aura tenu le plant et qui peut gêner les racines. Ainsi il faut ramener la terre dans le trou et mettre du paillis ou de cailloux autour du plant pour conserver l'humidité dans le sol.

#### **II.6.6.6. Entretien des arbres agroforestiers**

L'entretien des arbres et plantes agroforestiers à un double objectif :

- Aboutir à un bon rendement
- Diminuer la concurrence avec les cultures vivrières et les autres arbres

#### **II.6.6.7. Les types d'entretien**

a) le regarnissage

Il s'agit d'un remplacement régulier des arbres manquants, morts ou malades afin d'arriver à une production optimale.

b) Le sarclage-binage

C'est un système d'enlever régulièrement des mauvaises herbes et de casser la croûte superficielle du sol afin de permettre la circulation de l'eau et de l'air.il consiste aussi à labourer profondément dans un écart de 30 cm du tronc pour limiter le développement des racines qui peuvent gêner les cultures.

c) l'élagage

Le fait de diminuer les branches d'un arbre généralement à l'âge de 3 ans pour permettre la pénétration de la lumière dans les champs surtout pendant la saison sèche.

Pour les jeunes arbres l'élagage se limite à 40cm (=2 mains).

Dès que les arbres sont plus vieux il faut alors couper les branches selon la croissance entre 50 cm et 1au maximum pour laisser la priorité aux cultures vivrières.

#### **II.6.6.8. La technique pour couper les branches**

A la machette, on coupe la branche de bas en haut pour que la branche n'abîme pas l'écorce de l'arbre dans sa chute.

Avec la scie, il faut d'abord une entaille à la partie inférieure de la branche jusqu' au bout par le haut de même pour éviter que la branche sous son propre poids endommage l'écorce du tronc.

#### **II.6.6.9. Renouveaulement des arbres adultes**

A leur stade d'exploitation généralement à l'âge de 8ans les arbres sont coupés afin de subvenir aux besoins divers.

Dans ce cas il faut éviter la disparition complète de ces derniers.il est conseillé de préparer les plants de remplacement avant de couper les arbres vieux.

Concernant la protection des arbres il suffit de clôturer les jeunes plants par des piquets et détruire régulièrement les termitières.

#### **II.7. La notion de l'agriculture durable**

La notion « d'agriculture durable » apparait dans les années 70 chez les économistes anglo-saxons ((Deybe, 1995) Une agriculture est durable si elle permet de satisfaire les besoins humains sans dégrader les ressources naturelles, mêmes dans des contextes de transformations socio-économiques. La durabilité d'un système agricole est associée aux notions de diversité (biologique ou économique) de cycles de stabilité et de qualité des ressources en sols ou en eau (Dalsgaard et al ; 1995).

Etant donné que l'homme est au centre des facteurs qui dégradent l'environnement si rien ne se fait il y aura la destruction d'une façon excessive.

#### **II.7.1. Relation entre l'agroforesterie et l'agriculture climato intelligente**

##### **II.7.1.1. Concept de l'agriculture intelligente face au climat**

L'agriculture intelligente face au climat (Climat-Smart Agriculture, en Anglais) est un concept élaboré par la FAO en 2010 qui la définit comme une « approche conçue en vue de la mise en place de conditions techniques, de politiques et d'investissement propices au développement agricole durable, de sorte que la sécurité alimentaire puisse être assurée malgré le changement climatique ». Ce concept est apparu partant du constat que le changement climatique impacte déjà sérieusement l'agriculture et affectera particulièrement les agriculteurs et les pays les plus fragiles, les scientifiques alertaient sur la nécessité de mobiliser toutes les connaissances afin d'agir en urgence pour préparer l'avenir. (E. Torquibian, 2017, p.2).

Ainsi la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) continue à dire que l'agriculture face au climat se définit comme une agriculture qui augmente la productivité et la résilience (adaptation) des cultures de manière durable, favorise la réduction/élimination des gaz à effet de serre (atténuation), améliore la sécurité alimentaire nationale. Donc elle contribue à la réalisation des objectifs du développement durable en intégrant les trois dimensions du développement durable (économique, sociale et environnementale), en abordant conjointement les défis de la sécurité alimentaire et du climat.

L'agriculture climato intelligente concerne les stratégies d'atténuation et d'adaptation. Les stratégies d'atténuation font référence à la possibilité pour l'agriculture d'atténuer les émissions. Les stratégies d'adaptation se concentrent sur la vulnérabilité et la résilience pour l'agriculture face au changement climatique. En mettant un accent particulier sur la productivité en tant que priorité pour produire plus d'aliments, d'aliments pour animaux et de fibre de manière durable afin de répondre aux besoins d'une population mondiale croissante.

L'agriculture intelligente face au climat (Climate- Smart Agriculture en Anglais) est un concept qui se trouva très vite un champion prêt à la défendre bec et ongles dans les instances internationales et à en faire la promotion dans l'Alliance Globale pour l'agriculture intelligente face au climat (GACSA)

L'Agriculture intelligente face au climat est une approche qui préconise :

- ✓ Des augmentations durables de la productivité des systèmes alimentaires grâce à un usage durable des ressources naturelles,
- ✓ L'adaptation des moyens d'existence des populations menacées par les changements climatiques, et des pratiques agricoles qui contribuent à réduire les émissions et la déforestation.

#### **II.7.1.2. Rôle de l'Agriculture intelligente**

L'Agriculture intelligente face au climat est une approche qui préconise :

- Des augmentations durables de la productivité des systèmes alimentaires grâce à un usage durable des ressources naturelles,
- L'adaptation des moyens d'existence des populations menacées par les changements climatiques,
- Des pratiques agricoles qui contribuent à réduire les émissions et la déforestation

L'agriculture climato-intelligente est mentionnée dans le cadre de l'Initiative 4‰ (4 pour mille) qui a pour objectif d'augmenter les stocks globaux de carbone des sols de 0,4% par an pour compenser les émissions globales de GES d'origine humaine (L. et al, 2016).

### **II.7.1.3. La limite de l'agriculture climato intelligente**

Les partisans d'une « agriculture intelligente face au climat » reconnaissent les limites et les conséquences négatives d'une approche qui se braque uniquement sur la production et qui oublie de prendre en considération la durabilité environnementale sur le long terme.

C'est la raison pour laquelle l'augmentation durable de la productivité et des revenus agricoles constitue le premier pilier du concept d'AIC. Ce concept est développé dans le document-cadre de l'Alliance, qui préconise des augmentations durables de la productivité des systèmes alimentaires grâce à un usage durable des ressources naturelles, l'adaptation des moyens d'existence des populations menacées par les changements climatiques, et des pratiques agricoles qui contribuent à réduire les émissions et la déforestation. Telle quelle, cette définition de l'AIC inclut les pratiques agroécologiques. Elle n'exclut toutefois pas toute une série d'autres pratiques et technologies, notamment les cultures tolérantes aux herbicides, l'intensification durable, les semences génétiquement modifiées et l'agriculture industrielle à grande échelle et à forte intensité énergétique, que la CIDSE assimile davantage à des éléments du problème qu'à des éléments de solution, dans la mesure où les augmentations de productivité qui en découlent compromettent la résilience économique et écologique sur le long terme.

Il s'ensuit que toute pratique ou technologie qui ne chercherait qu'à augmenter les rendements (et donc à minimiser les émissions de gaz à effet de serre par une moindre déforestation), tout en prétendant réduire le volume global d'intrants externes nécessaires à la production (et donc minimiser ses répercussions sur l'environnement) pourrait théoriquement être qualifiée « d'intelligente face au climat ».

De ce fait, l'agroforesterie intervient pour combler lacunes qu'a l'agriculture intelligente face au climat.

Selon l'ICRAF (Centre International de la Recherche en Agroforesterie), l'agroforesterie est un « système dynamique de gestion des ressources naturelles reposant sur des fondements écologiques qui intègre des arbres dans les exploitations agricoles et le paysage rural et

permet ainsi de diversifier et maintenir la production afin d'améliorer les conditions sociales, économiques et environnementales de l'ensemble des utilisateurs de la terre ».

Cette définition rassemble plusieurs notions à commencer par l'approche système sur laquelle l'agroforesterie est basée. En effet, l'association des arbres avec les cultures ou l'élevage nécessite de prendre en compte l'agroécosystème dans son ensemble afin de piloter au mieux les interactions entre espèces associées et d'en favoriser les complémentarités.

## **II.8. Climat**

Le climat est l'ensemble des éléments météorologiques (précipitations, températures, vents, etc.) ainsi que leur dynamique (saisons), qui caractérisent un lieu, un espace géographique pendant une longue durée de temps (au moins 30 ans selon l'organisation Mondiale de la Météorologie (OMM)).

❖ Le climat est le résultat de nombreux facteurs que nous pouvons classer en deux groupes à savoir :

- des facteurs externes comme le soleil, source d'énergie de notre planète ;
- des facteurs internes tels que la continentalité, la position géographique, le relief, la végétation et l'activité humaine.

## **II.9. L'environnement**

Avant tout, le concept d'environnement nécessite d'être défini. D'après Passet (1990), le terme d'environnement désigne « l'entour, c'est-à-dire un ensemble de choses et de phénomènes localisés dans l'espace ». Pour insister sur les interactions qui existent entre l'environnement et les activités économiques, Faucheux et Noël (1995) proposent de définir l'environnement comme « la sphère d'influence réciproque existant entre l'homme et son milieu extérieur ». Pour Weber et Bailly (1992), l'environnement se définit par des notions d'appropriation : il est « constitué de ce qui n'appartient à personne en particulier ».

## **II.10. Le développement**

Le développement peut être défini comme « l'ensemble des transformations sociales qui rendent possible une croissance économique autonome et qui se nourrit elle-même » (Perroux, 1963). Depuis les années 1970, le tableau du développement qui est dressé est sombre (Sachs, 1980) : la crise économique est mondiale, les politiques de développement échouent, les inégalités se creusent, les conditions de vie se dégradent.

D'ailleurs, à propos des pays du Sud, le terme de développement, « qui s'est progressivement substitué à celui de sous-développement, semble se limiter de plus en plus à la description de réalités appréciées d'une manière négative » (Guichaoua et Goussault, 1993).

On n'utilise plus le mot « développement » sans lui adjoindre l'adjectif « durable ». L'objectif du développement durable a été popularisé en 1987 par le rapport de la commission mondiale sur l'environnement et le développement présidé par Madame Brundtland.

Cette expression a pris les relais d'autres notions comme le développement intégré qui avait stimulé la pensée le développement dans les années 70.

Le développement durable est généralement compris comme la résultante de l'intégration de trois exigences.

- 1) La viabilité économique que certains interprètent comme celle d'une croissance économique soutenue et durable.
- 2) La viabilité environnementale (protection des écosystèmes et des équilibres dont dépend le maintien de la biosphère).

La viabilité sociale : il s'agit de lutter contre les inégalités sociales et, plus globalement des conséquences sociales du développement des sociétés humaines. Cela passe par un mode de développement qui ne se fait pas aux dépens des autres mais en collaboration avec eux.

### **II.11. Définition d'un Bassin Versant**

Il s'agit d'une unité de développement socioéconomique et écologique d'un milieu donné.

Physiquement parlant :

C'est une superficie hydrologiquement indépendante

**Autrement dit :**

C'est une aire de drainage ou de captage où l'eau de montagne est recueillie et s'écoule en aval pour alimenter les fleuves et les lacs avant de se déverser dans l'océan.

### II.11.1. Importance socio-économique des Bassins versants

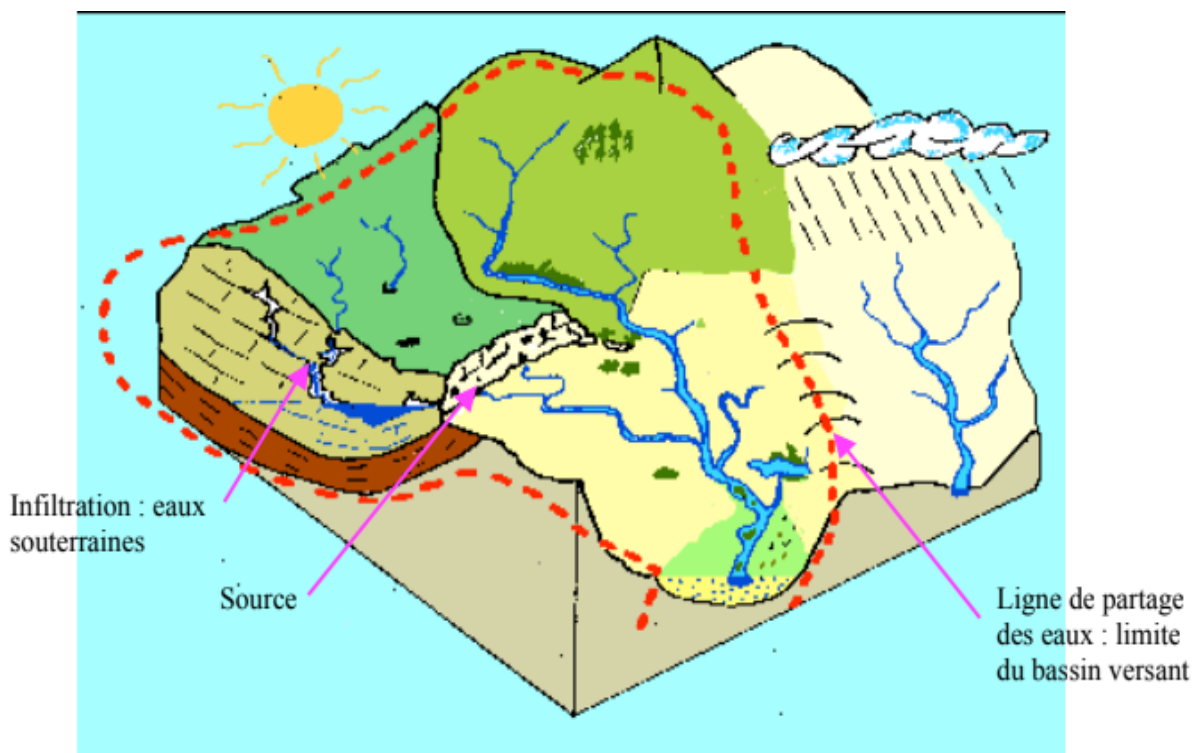
Un bassin versant touche à la sécurité alimentaire et aux conditions de vie de la majorité de la population burundaise ;

Source d'eau pour plusieurs intérêts souvent divergents : l'agriculture, élevage, le commerce, la production de l'énergie, l'industrie et surtout pour la boisson ;

**Le bassin versant** : le territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents-en surface et en sous-sol.

Le bassin versant est « une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau sous forme de précipitations (...) accommodées par un système de pentes et de drains naturels en direction d'un exutoire unique » (Bravard et Petit, 2000).

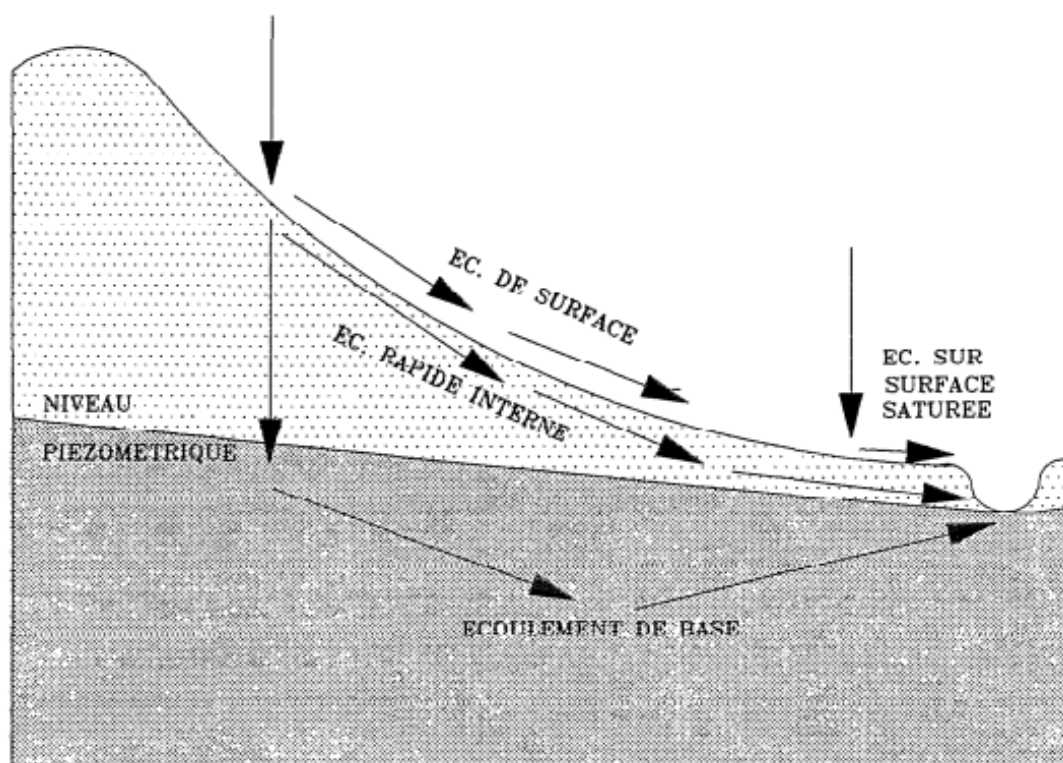
**Figure 5 : un Bassin Versant**



**Source** : [www.cpepesc.org/rubrique.php3?id\\_rubrique=29](http://www.cpepesc.org/rubrique.php3?id_rubrique=29)

Un bassin versant boisé est crucial pour la santé écologique au niveau local et global : habitat de la biodiversité, une source d'aliments pour les hommes et les animaux, infiltration d'eau, importantes sources des produits forestiers non ligneux, ...

**Figure 6 : Les chemins de l'eau**



Source : D'après Dunne, 1978

### **L'écoulement rapide interne**

On trouve une grande variété de termes pour dénommer ce type d'écoulement (hypodermique, intermédiaire, de subsurface, etc.). Cela s'explique par le fait que ces mécanismes assez bien identifiés ne sont pas encore vraiment compris (Beven, 1988) et qu'ils ont des expressions différentes selon les bassins versants et les versants. Ils se produisent en milieux saturés comme non saturés et dans des directions verticales et latérales. Beven retient quatre types d'écoulements rapides internes, mais les limites entre ces classes sont probablement plus artificielles que réelles :

- effet piston ;
- écoulement dans la macroporosité tubulaire ;
- intumescence de nappe ;
- écoulement de retour.

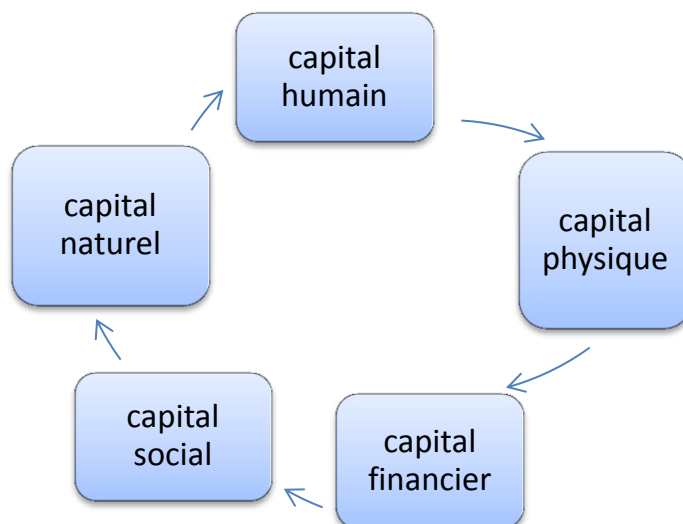
## L'écoulement sur surface saturée

Les mécanismes de l'écoulement sur surface (temporairement) saturée viennent compléter ceux de l'écoulement rapide interne. Ce type d'écoulement apparaît et se développe lorsque les sols deviennent saturés en surface avec la remontée de la nappe jusqu'à affleurer la surface du sol. Les variations saisonnières du niveau de la nappe règlent l'extension de cette surface.

### II.11.2. Technique d'aménagement d'un bassin versant

Un bassin versant à des limites naturelles que des limites administratives, ainsi son aménagement nécessite une approche multidisciplinaire, multisectorielle, un partenariat, et doit avoir nécessairement cinq capitaux principaux.

**Figure 7 : Les cinq capitaux nécessaires pour l'aménagement d'un bassin versant**



Comme la dégradation des bassins versants provoque l'assèchement des inondations dans la vallée, il est donc important de les couvrir d'une végétation appropriée. Comme il s'agit d'un travail important et délicat, c'est l'Etat ou la Commune qui s'en charge, selon l'état de dégradation, la situation, l'aspect du bassin versant.

Différents travaux peuvent être nécessaires :

- Boisement du sommet
- Correction des ruisseaux
- Boisement des rives

- Amélioration sylvopastorale, paddocks etc.

La forme d'aménagement du bassin versant ne doit pas être choisie de n'importe quelle façon.

Des erreurs pourraient entraîner des conséquences graves. C'est pourquoi la planification et l'exécution des travaux doivent se faire soigneusement et seront pris en charge normalement par l'Etat et la Commune. Pour le cas du bassin versant de la Ruvyironza il s'agissait des forces conjuguées pour l'exécution des travaux d'aménagement de ladite localité.

## **II.12. Les critères pour choisir l'essence en agroforesterie**

### **Les endroits de plantation**

- altitude
- pluviosité
- sol
- culture voisine

### **Les besoins des participants et aux buts de plantation**

- protection
- production
- ornement etc...

---

## CHAP. III. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

### Introduction

Ce deuxième chapitre expose, la présentation de la zone d'étude la méthodologie de recherche utilisée pour explorer la part d'agroforesterie dans l'agriculture climato intelligente pour les membres des champs école des producteurs, ainsi que les facteurs d'adoption aux pratiques agroforestières, il montre les outils analytiques qu'on s'est servi et les types de données qu'on a utilisé.

Effet, présente la conception de la recherche, la population et technique d'échantillonnage, la procédure de la collecte des données, le cadre théorique de la recherche, l'élaboration du Modèle de la recherche, l'analyse de données et la vérification des hypothèses de la recherche, la considération d'éthique de notre recherche ainsi que les résultats attendus et les perspectives.

### III.1. Zone d'étude

Sur les 8729 ménages producteurs, tous étaient issus de quatorze collines suivantes de la province MWARO au centre du pays : **Kibungere, Musongati, Muyebe, Gisitye, Iteka, Kirambi, Taba, Magamba, Nyamitore, Murama, Kibogoye, Kibungo, Gitaramuka, Munago**, telles sont les collines qui touchent sur la rivière Ruvyironza où on a exécuté les projets en rapport avec l'agroforesterie dans le but d'amélioration de la production et la lutte contre le changement climatique.

L'intervention s'est faite dans trois provinces (Mwaro, Muramvya et Gitega) par la FAO et le Ministère de l'environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage en se servant des CEP (Champs Ecole des Producteurs). L'idée est que, cette région naturelle a été fortement secouée ces derniers temps par un stress hydrique<sup>12</sup> sans précédent. Avec le changement climatique, il y a eu les inondations sur les montagnes qui ont dégradé la terre cultivable, ainsi les eaux de ruissellement qui se conduisent jusque dans les vallées ont emporté les parcelles ainsi que les cultures maraichères. En outre, ces régions ont subi une dégradation de l'environnement (déforestation) plus prononcée qu'ailleurs.

---

<sup>12</sup> Une demande en eau qui dépasse la quantité d'eau disponible, Une qualité de l'eau qui nécessite d'en limiter son usage

En effet, le micro bassin versant de la Ruvyironza n'était pas sur la liste des bassins versants pour lesquels on devrait faire l'étude sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques dans les deux communications nationales sur le changement climatique. Le tableau n°1 fait état d'une succession d'événements climatiques intervenus au Burundi de 1917-2014.

**Tableau 3 : Synthèse des principaux événements liés à l'eau au Burundi**

Année de référence	Événements climatiques	Types d'affectation	Zones affectées
1917	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1923	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1931	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1933	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1937	Excès d'eau	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1941	Excès d'eau	Perte de récoltes	Tout le pays
1943	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée	Tout le pays
1950	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine généralisée, baisse du niveau des lacs	Tout le pays
1958	Sécheresse	Perte de récoltes, famine généralisée, baisse du niveau du lac Tanganyika (772.8 m)	Tout le pays
1961	Inondation	Perte des récoltes, famines généralisée, intervention humanitaire	Tout le pays
1964	Inondation	Pertes économiques par l'inondation, montée du niveau du lac Tanganyika (777.2 m)	Tout le littoral du Lac Tanganyika
1969-1970	Inondation	Pertes économiques	Tout le pays
1973-1974	Sécheresse prononcée	Mauvais rendement agricole sans recourir à l'assistance humanitaire	Tout le pays
1977	Excès d'eau	Pertes de récoltes dans les bas-fonds	Tout le pays
1983-1984	Sécheresse prononcée	Perte de récolte, famine généralisée, assistance humanitaire	Tout le pays
1989	Excès d'eau	Perte de récolte dans les bas-fonds	Tout le pays
1990	Sécheresse	Perte de récolte	Tout le pays
1993	Pluies tardives	Mauvais rendement agricole	Tout le pays

1997-1998	Excès d'eau	Mauvais rendement agricole	Tout le pays
1999-2000	Sécheresse prononcée	Perte de récoltes, famine, déplacement de populations, assistance humanitaire	Nord-Est du Pays (Kirundo et Muyinga)
2004-2005	Pluies tardives	-Mauvais rendement agricole au Nord-Est du pays, baisse des niveaux des cours d'eau, le niveau du lac Tanganyika baisse dangereusement, Insuffisance de l'Energie hydroélectrique Tout le pays	Tout le pays
Février 2014	Pluies torrentielles ayant causé des inondations et des glissements de terrain.	Dans la nuit du 9 février 2014 des pluies torrentielles sont tombées pendant environ 3 heures et ont causé des dégâts énormes dans cinq communes de la capitale du Burundi, Bujumbura : -Destructions des infrastructures publiques et des maisons ; -Pertes en vies humaines. Le 12 février de la même année, deux autres communes et la Province de Bujumbura ont été touchées : -64 personnes ont été rapportées mortes, dont beaucoup étaient des enfants. - Destructions des infrastructures publiques et des maisons (940) ; - 12.500 personnes sont estimées sans-abri. -Il est à craindre que beaucoup de gens ont peut-être été enterrés par les éboulements.	Tout le littoral du Lac Tanganyika

**Sources** : Evaluation de la vulnérabilité des ressources en eau et actions prioritaires d'Adaptation aux Changements climatiques, dans le cadre du Plan d'Actions National d'Adaptation aux CC (PANA), MINATTE, Mai 2006 : Média, février 2014

## III.2. Description du type de recherche

Cette recherche vise à décrire l'influence pouvant exister entre les variables. De ce fait ; elle est du type descriptif simple.

### III.2.1. Description de la population et échantillon de l'étude

#### III.2.1.1. Notion de l'échantillon

Un échantillon est représentatif pour une étude (c'est à dire un ensemble de résultats) si et seulement si l'ensemble des résultats de l'étude est représentatif. Ici, un échantillon est représentatif si et seulement si tout résultat produit est un estimateur sans biais de la quantité recherchée dans la population. Ici, l'échantillon est représentatif au regard de la qualité de l'ensemble des résultats produits par l'étude.

#### b) Méthode d'échantillonnage

Dans la commune Nyabihanga la rivière Ruvyironza touche sur 13 collines de la province Mwaro, mais il y a une autre colline Kibungo qui surplombe ces collines qu'on est obligé d'aménager suite aux impacts négatifs qu'elle peut causer. Les ménages ciblés sont dont il y a un membre CEP et sont repartis sur ces dites collines.

Pour faire l'échantillonnage on s'est servi d'une formule de Louis M. Rea et Richard A. Parker (1997). Le tableau n°2 suivant illustre les collines, les ménages de la zone d'étude ainsi que l'échantillonnage faite sur chaque colline selon le genre.

#### III.2.1.2. Notion de la Population

Une population est un ensemble fini d'objets, d'unités ou d'individus sur lesquels porte une étude ou une observation et qui donne lieu à un traitement statistique.

8729 personnes se trouvant sur 14 collines dans le micro bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga représentent la population de l'étude pour les CEP endogènes c'est-à-dire les CEP conduit par les facilitateurs issus des membres CEP en 2018 puis en 2019. Donc les membres CEP doivent être formés par les facilitateurs puis, ils créent leurs propres CEP, » **un membre CEP bien formé est un facilitateur potentiel** » ? **C'est ainsi le principe de la FAO.** En 2020 il y a eu la création des d'autres CEP qui sont connus sous le nom des CEP de troisième génération. Pour notre étude on a opté aléatoirement 198 adhérents dans les champs écoles des producteurs (C.E.P). 198 personnes choisies parmi les 8729 représentent l'échantillon de l'étude.

### **III.2.2. Identification, classification et opérationnalisation des variables**

Cette recherche comporte deux catégories de variables : une variable dépendante et les variables indépendantes. L'adoption aux pratiques agroforestières est la variable dépendante et les services agroforestiers, la superficie culturale, espèces d'arbres, âge du chef du ménage, sexe, taille du ménage, mode de faire-valoir, appartenance à un groupement, niveau d'éducation, nombre d'actifs agricoles, le type de cultures pratiquées, sont les variables indépendantes.

### **III.2.3. Instruments utilisés**

Pour permettre la réalisation de cette recherche, on a utilisé plusieurs moyens afin d'atteindre les objectifs visés. Ce sont une grille d'observation ; un guide d'entrevue non structuré, un questionnaire d'enquête contenant des questions fermées et ouvertes qui ont été posées à des personnes qui habitent la zone d'étude. Enfin de compte, des documents écrits sur la zone d'étude et beaucoup d'autres qui concernent le domaine de l'étude.

### **III.2.4. Déroulement de la collecte des données**

**a) L'observation :** Avant d'aller sur le terrain, on a élaboré une grille d'observation fermée dont les critères sont préalablement établis. Lors du premier déplacement on était accompagné par un facilitateur des CEP de la FAO, Monsieur Richard MBONYINGINGO. Ce déplacement était inscrit dans le cadre d'une visite de reconnaissance des lieux ou des sites importants pour étude. Au cours des autres déplacements, on s'est rendu tout seul sur les lieux pour recueillir des informations relatives à l'étude. Les données sont collectées au cours du mois de septembre 2022 le long du transect à différents niveaux sur : la topographie, les collines (courbes de niveau, reboisement, type d'érosion...) les différentes strates de la végétation, les arbres agroforestiers, la rivière, l'utilisation des ressources naturelles, les systèmes de culture et d'élevage.



Photo de l'agroforesterie prise à MUNAGO, auteur, 2023 plantation des Bambous creux sur la rivière Ruvyironza

**b) L'entrevue :** Pour réaliser l'entrevue on a également élaboré un guide d'entrevue non structurée qui contient des questions ouvertes. L'entrevue se déroule face à face sans rencontrer d'opposition avec des personnes qui s'intéressent aux domaines agricoles et du développement communautaire. Pour chaque question le temps de réponse ne dépasse pas 15 minutes. Il faut noter que bon nombre de nos interlocuteurs sont des agriculteurs et des responsables des coopératives œuvrant dans la zone.

**c) Le questionnaire d'enquête :** On a procédé à l'élaboration d'un questionnaire d'enquête qui a pour but de recueillir des informations utilitaires à la réalisation de l'étude.

Il renferme des questions fermées c'est à dire le questionné a la possibilité de choisir parmi les réponses proposées. Le questionnaire a été distribué tout au long du transect à toute personne pouvant répondre aux questions posées. Celles qui sont incompréhensibles sont expliquées aux personnes qui le désirent. Le temps accordé pour répondre aux questions ne dépasse pas 30minutes.

D'autres données sont collectées à partir des experts de chaînes de valeurs et en champs écoles des producteurs (C.E.P) qui sont dans le projet encours.

### III.3. Source et traitement des données

Les données que nous avons utilisées pour vérifier les hypothèses sont les données primaires et secondaires. Les données secondaires collectées concernent l'évolution du nombre de plants depuis le projet Transboundary Agroecosystem Management Programme of Kagera river basin (TAMP Kagera 2010 - 2015), Lake Victoria Environmental Management project, phase II (LVEMP II 2012 - 2016) jusqu'au projet de Résilience des Systèmes Alimentaires au

Burundi (RSA, 2017 – 2023). Quant aux données primaires elles sont en provenance de la population riveraine du micro bassin versant de la Rivière Ruvyironza et le personnel de la F.A.O dans les dits projets à l'aide d'un questionnaire élaboré antérieurement.

### **III. 3.1. Présentation des outils de traitement des données**

Les traitements des données ainsi collectées ont été faits en utilisant conjointement le tableur d'Excel et le logiciel Stata 15. Le premier nous a servi dans le dépouillement des données et leur codification et par la suite quelques statistiques descriptives ont été obtenues telles que la moyenne, l'écart-type, le maximum et le minimum et ont été utilisées pour l'analyse. Et le deuxième, nous a permis de faire la régression et partant de divers tests statistiques (test de Wald et du rapport de maximum de vraisemblance), de déterminer ainsi les variables qui ont été pertinentes pour notre étude.

### **III.3.2. Présentation des outils d'analyse des données**

#### a) Méthode d'analyse des données

Les données qui sont d'ordre quantitatif sont traitées et catégorisées par la méthode de statistique partielle. L'unité de mesure est le choix des réponses. L'analyse de ces données nous ont permis d'identifier les services agroforestiers pour la population du micro bassin versant de la Rivière Ruvyironza qui est la zone d'étude.

Jointes aux différentes observations effectuées et à la documentation déjà existante, elles nous ont aidé à répondre aux objectifs de notre travail.

Pour collecter les données, nous avons utilisé un questionnaire d'enquête. Ce dernier a tenu compte des études antérieures et des objectifs de notre recherche. Nous avons également utilisé deux types de questions : les questions fermées et les questions ouvertes. Les questions ouvertes ont été essentiellement utilisées pour découvrir la sensibilité ou l'opinion de nos enquêtés sur tel ou tel élément (par exemple, pratiquez-vous le remplacement des arbres âgés ? possédez-vous des pépinières ? Etc.). Les questions fermées ont été, quant à elles utilisées pour capturer des éléments répondant aux variables retenues dans notre modèle (par exemple, avez-vous dans votre zone les clients pour les produits agroforestiers ? Ce questionnaire utilisé comportait deux parties, en l'occurrence :

- les questions d'ordre général et de présentation ;
- les questions liées à l'agroforesterie (les espèces d'arbres, les sources des plants, les méthodes de protection des arbres, les services agroforestiers, etc.).

**Tableau 4 : Répartition des ménages pour les collines touchant sur la rivière Ruvyironza dans la commune Nyabihanga en province Mwaro**

Numéros	Collines	Ménages	Echantillonnage			%
			Hommes	Femmes	Total	100
1	Kibungere	632	7	3	10	<b>5,05</b>
2	Musongati	376	7	4	11	<b>5,55</b>
3	Muyebe	548	3	5	8	<b>4,04</b>
4	Gisitye	856	4	5	9	<b>4,54</b>
4	Iteka	969	9	5	14	<b>8,07</b>
6	Kirambi	726	9	8	17	<b>8,6</b>
7	Taba	957	4	4	8	<b>4,04</b>
8	Magamba	731	4	15	19	<b>9,6</b>
9	Nyamitore	622	7	16	23	<b>11,61</b>
10	Murama	434	8	11	19	<b>9,6</b>
11	Kibogoye	526	2	6	8	<b>4,04</b>
12	Kibungo	342	4	15	19	<b>9,6</b>
13	Gitaramuka	402	4	9	13	<b>6,56</b>
14	Munago	608	10	10	20	<b>10,10</b>
Total		8729	82	116	198	<b>100</b>

L'équation de Luis M. Rea et Richard A. Parker (1997) nous a servi pour déterminer la taille de l'échantillon. Cette approche donne un échantillon significatif qui peut présenter la population totale.

$$n = \frac{tp^2 * p(1-p) * N}{tp^2 * p(1-p) + (N-1) * y^2}$$

Avec :

n : taille de l'échantillon

N : taille de la population totale

p : probabilité qui donne la valeur maximale ici 0,5

tp : intervalle de confiance à 95% qui correspond à 1,96

Y : marge d'erreur de 5%

En effet par rapport à l'intervalle de confiance il y a les valeurs de  $t_p$  qui sont associées à l'intervalle de confiance reprise. Le tableau ci-dessous illustre trois catégories d'intervalle de confiance.

**Tableau 5 : Intervalles de confiance**

Intervalle de confiance	Valeur prise
90%	1,65
95%	1,96
99%	2,69

Source : Louis M. Rea et Richard A. Parker (1997)

La taille de l'échantillon s'équivaut à :

$$n = \frac{((1,96)^2 * 0,5(1-0,5) * 8729)}{(1,96)^2 * 0,5(1-0,5) + (8729-1) * (0,05)^2}$$

$$= 197,87 \text{ environ } 198$$

### III.3.3. Technique d'analyse des données et spécification du modèle

Pour l'analyse des données nous avons utilisé deux logiciels d'exploitation. Les analyses statistiques comme les moyennes et les écarts types, le maximum et le minimum ont été faites grâce au Microsoft Excel (2007). Il a l'avantage de permettre l'importation aisée des données d'un logiciel à un autre. Les analyses économétriques ont été réalisées avec STATA 15. Ce logiciel analyse aussi bien les données quantitatives que qualitatives. Il a l'avantage de stocker les données dans une base. Ce stockage permet de changer de variable lorsqu'elle n'est pas pertinente au moment des analyses. Ce dernier nous a permis de faire la régression et partant de divers tests statistiques (test de Wald et du rapport de maximum de vraisemblance), de déterminer ainsi les variables qui ont été pertinentes pour notre étude.

Comme notre variable expliquée (l'adoption aux pratiques agroforestières) est dichotomique nous nous astreint de choisir un modèle d'analyse approprié et adapté. Dans cette perspective Hurlin (2003) souligne que les modèles dichotomiques logit et probit admettent pour variables expliquées, non pas un codage quantitatif associé à la réalisation d'un événement (comme dans le cas de spécification linéaire), mais la probabilité d'apparition de cet événement conditionnellement aux variables exogènes.

Un des objectifs de notre étude était de préciser le comportement des adhérents dans les C.E.P face aux pratiques agroforestières en identifiant les facteurs qui influencent leur adoption, sous la forme d'une probabilité. Pour atteindre cet objectif, nous avons opté pour une modélisation de type logit, facilitant la manipulation des résultats (Hurlin, 2003).

En effet, deux propriétés font l'intérêt de la fonction de répartition logistique dans la modélisation des choix discrets. Il s'agit notamment de son intervalle qui se réduit à  $[0, 1]$  et de la possibilité d'être linéarisé par une transformation logarithmique.

### **III.4. Théories de l'adoption**

#### **III.4.1. Théorie de la diffusion de l'innovation**

La théorie de la diffusion de l'innovation (DI), développée par Wani (2015), est l'une des plus anciennes théories en sciences sociales. Elle trouve son origine dans la communication pour expliquer comment, à travers une population ou un système social spécifique, une idée ou un produit prend de l'élan et se diffuse (ou se propage) au fil du temps. Le résultat de cette diffusion est que les gens adoptent une nouvelle idée, un nouveau comportement ou un nouveau produit dans le cadre d'un système social. L'adoption signifie qu'une personne fait quelque chose de différent de ce qu'elle faisait auparavant, c'est-à-dire apprendre de nouvelles technologies et adopter de nouveaux comportements (Straub, 2009).

Selon Neumann, (2003) l'adoption est une décision d'utiliser l'innovation comme la meilleure voie d'action disponible et le rejet est une décision de ne pas adopter une innovation. Neumann définit la diffusion comme le processus par lequel une innovation est communiquée par certains canaux au fil du temps entre les membres du système social. Comme l'exprime cette définition, l'innovation, les canaux de communication, le temps et les systèmes sociaux sont les quatre composantes clés de la diffusion de l'innovation (Miller, 2015). Le premier élément de diffusion d'un processus d'innovation est l'innovation. L'innovation est une idée, une pratique ou un projet qui est perçu comme nouveau par une personne ou une autre unité d'adoption (Rogers, 2002). La technologie a peut-être été inventée il y a longtemps, mais si les gens la considèrent comme nouvelle, elle peut encore être une innovation pour eux. La nouveauté caractéristique de l'adoption est davantage liée aux trois étapes du processus innovation-décision qui sont la connaissance, la persuasion et la décision (Sanguinetti *et al.*, 2018).

Le deuxième élément de la diffusion du processus d'innovation réside dans les canaux de communication. La communication est un processus par lequel les participants créent et partagent de l'information pour parvenir à une compréhension mutuelle (Rogers, 2010). Cette communication se fait par des canaux entre les sources et les récepteurs. Dans la plupart des études comportementales, l'élément temps n'est pas pris en compte. Il soutient que celui-là l'un des avantages de la recherche sur la diffusion est qu'elle intègre la dimension temporelle. Le temps est pris en compte dans le processus de diffusion de l'invention, la catégorisation des adoptants et le taux d'adoption. Le système social est l'étape ultime du processus de diffusion. « Ensemble d'unités interconnectées qui travaillent ensemble pour résoudre un problème afin d'atteindre un objectif commun », a-t-il décrit le système social. Comme la diffusion des innovations se fait dans le système social, elle est influencée par la structure du système social (Minishi, 2005).

#### **III.4.2. Théorie sociale cognitive**

L'accent de la théorie sociale cognitive (SCT) est mis sur le concept d'auto-efficacité qui est défini comme le jugement de la capacité d'une personne à utiliser la technologie pour accomplir un travail ou une tâche particulière (Shu, *et al.*, 2011). Selon le SCT, le comportement de l'utilisateur est influencé par les attentes de résultats liés aux gains personnels ainsi qu'aux gains liés au rendement. L'auto-efficacité, à son tour, influence l'attente du résultat des deux types. Bien que l'estime de la personne et le sentiment de réussite soient liés aux attentes en matière de résultats personnels, les attentes en matière de résultats liées au rendement au travail mènent à des attentes en matière de rendement. Selon le SCT, deux facteurs opposés influencent le comportement des utilisateurs. Une contribution positive est apportée par le facteur « affect », c'est-à-dire la mesure dans laquelle une personne aime un emploi. D'autre part, une contribution négative au comportement désiré est apportée par le facteur « anxiété » qui est la réaction anxieuse de la personne lors de l'exécution d'un travail, comme essayer d'utiliser un ordinateur avec lequel la personne n'est pas très familière. Dans les études d'adoption, cette théorie a été fréquemment appliquée.

### III.5. Approche théorique du modèle d'adoption

Le but d'un modèle d'adoption est d'expliquer la variabilité d'un vecteur  $Y$ , qui représente l'adoption aux pratiques agroforestières, par un vecteur de variables  $X$  qui représente les variables explicatives (e.g. caractéristiques de l'adoptant).

Le modèle peut donc s'écrire  $Y = \theta X + \varepsilon_i$  où  $\theta$  est un vecteur de coefficients à estimer et  $\varepsilon_i$  un vecteur d'inconnus dont l'effet est imputable aux variables non-observées. Pour le membre C.E.P<sub>i</sub>, C.E.P<sub>i</sub> = 1 si celui-ci adopte les pratiques agroforestières et C.E.P<sub>i</sub> = 0 si non.

La décision d'un membre C.E.P<sub>i</sub> d'adopter les pratiques agroforestières est supposée se baser sur la maximisation de l'utilité de cette pratique. Soit  $j=1$ , le nouveau paquet technologique regroupant les pratiques agroforestières mentionnées plus haut et  $j=2$ , l'ensemble des pratiques traditionnelles.

La fonction d'utilité du producteur  $i$  peut s'écrire  $U_{ij} = f(X_i + \varepsilon)$ . L'agriculteur choisira d'adopter le paquet technologique  $j=1$  si  $U_{i1} > U_{i2}$ .

Les modèles de régression permettent d'expliquer la réalisation d'un événement en fonction d'observations faites sur une population donnée. Dans ce cas, il s'agit d'expliquer l'adoption des bonnes pratiques de production par les facteurs démographiques et socioéconomiques des populations. Plusieurs modèles permettent d'effectuer des régressions pour des variables dépendantes à valeur dichotomique (0 ; 1) dont les plus répandus sont les modèles logit et probit.

La probabilité  $P$  telle que :

$P_i = \text{Prob}(Y_i = 1) = \text{Prob}(U_{i1} > U_{i0}) = \text{Prob}(X_{i1} + \varepsilon_{i1} > X_{i0} + \varepsilon_{i0}) = F$  lorsque le paquet technologique est adopté est donc fonction des variables indépendantes et du terme d'erreur. Dans cette équation,  $F$  désigne la fonction de répartition. Si la fonction de répartition est logistique, on est en présence du modèle logit. Si elle est normale centrée réduite, il s'agit alors d'un probit ((Bourbonnais, 2015)

Comme la variable dépendante est dichotomique la méthode logistique a été choisi.

### III.6. Modèle logistique

La régression logistique est une technique statistique qui a pour objectif, à partir d'un fichier d'observation, de produire un modèle permettant de prédire les valeurs prises par une variable catégorielle, le plus souvent binaire, à partir d'une série des variables explicatives continues et ou catégorielles.

### III.7. Estimation par modèle logit

Les modèles spécifiés se présentent sous la forme suivante :  $Y = \beta_i X_i + U_i$  Où Y est la variable expliquée qui représente les actifs ; X représente l'ensemble des variables explicatives ;  $\beta_i$  où est le coefficient affecté à la variable explicative X ; U est le terme d'erreur. Les modèles spécifiés se présentent sous la forme suivante :  $Y = \beta_i X_i + U_i$  Où Y est la variable expliquée qui représente les actifs ; X représente l'ensemble des variables explicatives ;  $\beta_i$  où est le coefficient affecté à la variable explicative X ; U est le terme d'erreur.

On les note :  $\frac{\partial \text{prob}(y=1)}{\partial x_j} = b_j \cdot f(b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_k x_k)$

Donc, l'effet marginal d'une variable  $x_j$  est de même signe que le coefficient  $b_j$  associé à  $x_j$

L'effet marginal d'une variable  $x_j$  mesure la variation de la probabilité de  $y=1$  qui résulte d'une variation unitaire de la variable  $x_j$ .

Lorsque les variables explicatives seront continues (exemple comme l'âge), l'effet marginal sera égal à la dérivée de la probabilité estimée par rapport aux composantes de  $x_j$ .

La forme fonctionnelle du modèle utilisé pour estimer la probabilité des pratiques agroforestières des membres C.E.P est binomiale logistique. C'est une fonction non linéaire en considération le fait que les probabilités de l'adoption des pratiques agroforestières sont comprises entre 0 et 1.

$Y=1$  si  $Y^* \geq 0$  Si l'adoption des pratiques agroforestières

$Y=0$  Sinon Le modèle empirique s'écrit sous la forme suivante :

$$ADPRAGRO = \beta_0 + \beta_1 SERVAGRO + \beta_2 SUPER + \beta_3 ESPARBR + \beta_4 SEXE + \beta_5 AGE + \beta_6 MVF + \beta_7 TAILM + \beta_8 EDUC + \beta_9 APPGROP + \beta_{10} NACTAGR + \beta_{11} TYPCULTPRAT + u_i$$

Pour chaque individu  $i$  dans l'échantillon, on note  $y_i$ , la valeur de l'adoption des pratiques agroforestières (0 ou 1) et  $Y_i^*$  sa propension à être adopté (inobservée) Où la variable latente  $Y_i^*$  dépend linéairement des variables explicatives telles que les variables démographiques (sexe, âge,), le niveau d'étude, la taille du ménage, et les autres variables d'intérêt concernant notamment le type de cultures pratiquées, la superficie culturale, espèces d'arbres, mode de faire-valoir, appartenance à un groupement. La variable  $u_i$  correspond au terme résiduel du modèle (la partie inexpliquée de la propension de l'existence de l'adoption des pratiques agroforestières) et  $\beta_0$  désigne le terme de la constante.

### **III.8. Présentation des outils de collecte des données**

Les outils de collecte de données de l'enquête principale étaient le questionnaire et l'observation directe. Chaque entretien avec un paysan était accompagné d'une observation directe qui « se définit comme une observation menée sans recours à des instruments interposés entre le chercheur et son objet, elle suppose tout un travail d'enregistrement assuré avant tout par l'œil, par l'oreille. Le chercheur est placé dans un univers étranger au sien dans lequel, à partir de systèmes de référence, il tirera le plus d'informations possible sur ce qu'il observe » (Arborio et Fournier 2005). Ce travail fut facilité par la prise de photos des exploitations. Nous avons également utilisé deux types de questions : les questions fermées et les questions ouvertes.

Les questions ouvertes ont été essentiellement utilisées pour découvrir la sensibilité ou l'opinion de nos enquêtés sur tel ou tel élément (par exemple, pratiquez-vous les arbres âgés ? possédez-vous des pépinières ? Etc.). Les questions fermées ont été, quant à elles utilisées pour capturer des éléments répondant aux variables retenues dans notre modèle (par exemple, avez-vous dans votre zone les clients pour les produits agroforestiers ? Ce questionnaire utilisé comportait deux parties, en l'occurrence :

- les questions d'ordre général et de présentation ;
- les questions liées à l'agroforesterie (les espèces d'arbres, les sources des plants, les méthodes de protection des arbres, les services agroforestiers, etc.).

## CHAP. IV. DESCRIPTION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

### IV.1. Introduction

Dans ce chapitre nous avons présenté et discuté les résultats. La première section concerne la spécification du modèle d'adoption des pratiques agroforestières. A la première étape nous avons fait la cartographie des services agroforestiers pour vérifier la première hypothèse si les services agroforestiers sont d'usage. A la deuxième étape nous avons identifié les facteurs qui influencent l'adoption.

### IV.2. Description des variables

#### IV.2.1. Spécification du modèle d'adoption

Théoriquement, l'adoption de la « pratique agroforestière » peut s'écrire de la façon suivante, l'adoption étant la variable expliquée par plusieurs autres variables explicatives retenues à travers la revue de littérature et expliquées en détails dans le tableau 3.

Adoption aux « pratiques agroforestières » = f (Services agroforestiers, Superficie culturale, Espèce d'arbre, Sexe, âge, mode de faire-valoir, Taille du ménage, niveau d'éducation, le nombre d'actifs agricoles, appartenance à un groupement, Type de cultures pratiquées).

**Tableau 6 : Définition de toutes les variables utilisées dans le modèle (Noms, codes, modalités et signes attendus des coefficients des variables explicatives incluses dans le modèle de régression logit)**

Nom de la variable	CODE	Nature de la variable	Modalités	Signes attendus
Services agroforestiers	SERVAGRO	Qualitative		+
Superficie culturale en are	SUPERF	Quantitative		+
Espèce d'arbre	ESPARBR	Qualitative	0= Calliandra 1= Leucaena 2= Grevillea 3= Maesopsis 4= Cedrella	+
Sexe	SEXE	Qualitative	0=Femme 1=Homme	+/-
Age du chef du ménage	AGE	Quantitative	-	+/-
Le mode de faire-valoir	MVF	Qualitative	0=non hérité(e) 1= non hérité(e)	+

Taille du ménage	TAILM	Quantitative		+
Niveau d'instruction	EDUC	Qualitative	0= Aucun 1=Primaire 2=Secondaire	+
Appartenance à un groupement	APPGROP	Qualitative	0= non appartenance 1=appartenance	+
Le nombre d'actifs agricoles	NACTAGR	Quantitative		+/-
Type de cultures pratiquées	TYPCULTPRA T	Qualitative	0=vivrières 1=industrielles 2=fourragères 3=améliorants le sol 4=fruitières 5=potagères	+

#### IV.2.2. Analyse associative de l'adoption agroforestière avec les variables explicatives

Cette partie porte sur l'analyse associée de l'adoption aux pratiques agroforestières entre la variable expliquée et les variables explicatives. On va voir l'influence de l'adoption aux pratiques agroforestières selon les variables explicatives, et sur les tableaux et sur les graphiques. Ainsi une description basée sur la corrélation sera faite pour vérifier si les variables sont corrélées positivement ou négativement afin d'éviter le problème de multi colinéarité.

**Tableau 7 : Illustration selon le sexe**

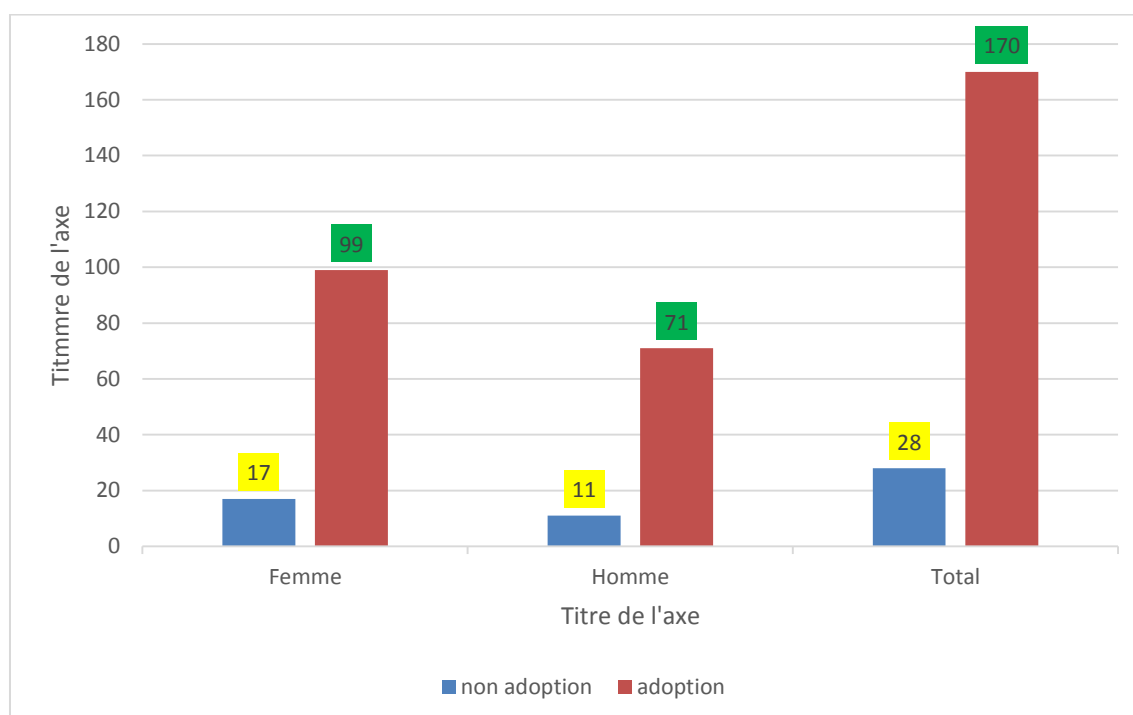
	Femme	Homme	Total
Non adoption	17	11	28
Adoption	99	71	170
Total	116	82	<b>198</b>

**Source :** Auteur à partir des données de l'enquête

Dans le tableau ci-haut on constate que 116/198 soit 58,58% sont des femmes enquêtées, 99 soit 85,34% ont adopté alors que 17 soit 14,66% n'ont pas adopté à la pratique agroforestière. Pour les hommes parmi 82/198 enquêtés 71 ont adoptés soit 87,81% contre 11 qui n'ont pas adopté soit 12,19%. Etant donné que le nombre des femmes est élevé par rapport au nombre des hommes.

L'idée préconçue selon laquelle seuls les hommes sont concernés par la forêt est souvent totalement fautive. Selon le témoignage d'un membre C.E.P, Dans le cas du bois de feu et des menus produits forestiers, ce sont souvent seules les femmes qui sont concernées, qui savent quels sont les besoins, qui connaissent les arbres appropriés, qui utilisent le produit final, et qui sont directement responsables de la gestion et de la production aussi bien des cultures que des arbres.

**Graphique 2 : Illustration sur graphique du genre**



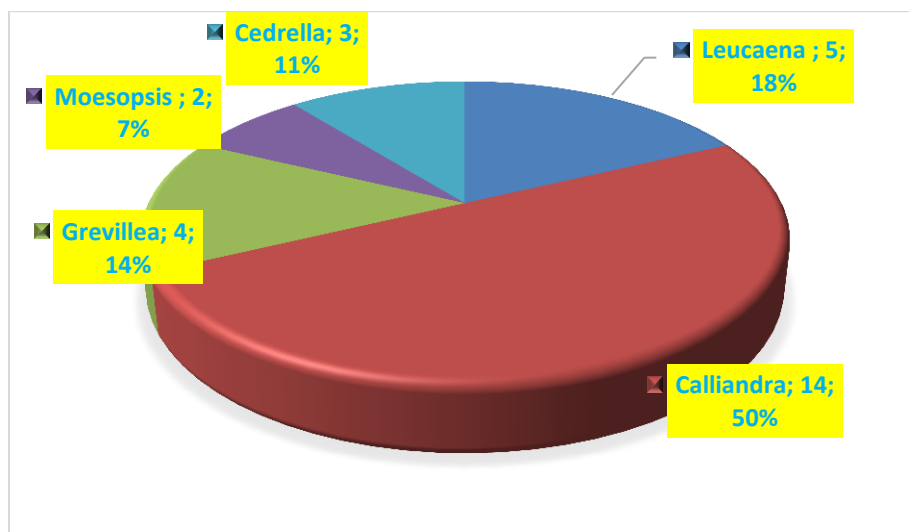
**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

**Tableau 8 : Illustration des arbres et arbustes agroforestiers les plus utilisés**

	Calliandra	Leucaena	Grevillea	Maesopsis	Cedrella	<b>Total</b>
Non adoption	5	14	4	2	3	<b>28</b>
Adoption	101	38	11	12	8	<b>170</b>
<b>Total</b>	<b>106</b>	<b>52</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>198</b>

**Source :** Auteur à partir des données de l'enquête

**Graphique 3 : Répartition des fréquences pour les arbres agroforestiers**



**Source : Auteur**

Comme on le constate sur ce diagramme en camembert ci-haut, on voit que les arbustes comme Calliandra et Leucaena sont les plus utilisés respectivement à l'ordre de 50% et 18% suite à leur période d'exploitation très courte car deux suffisent pour les exploiter, dit-il le facilitateur C.E.P Monsieur Richard MBONYINGINGO, ils sont nécessaires pour le fourrage du bétail, des rongeurs comme les Cochons d'Inde (Cobayes). Ainsi les arbres sont nécessaires pour la population de la commune Nyabihanga pour leur multiple usage à savoir ; les planches, les tuteurs pour les haricots grimpants, bois de feu etc...

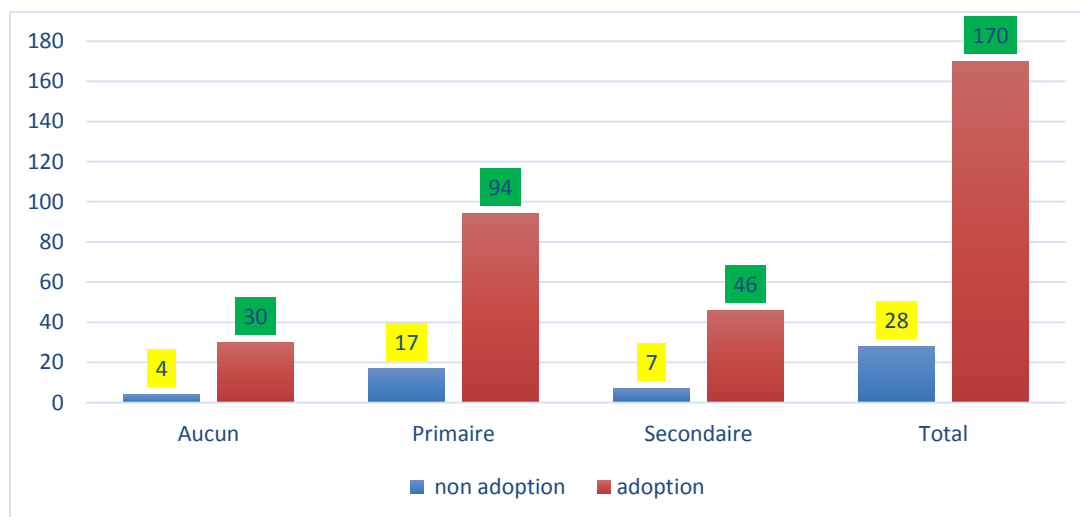
**Tableau 9 : Illustration du niveau d'éducation**

	Aucun	Primaire	Secondaire	Total
Non adoption	4	17	7	28
Adoption	30	94	46	170
Total	34	111	53	<b>198</b>

Ce tableau illustre que parmi 198 des membres C.E.P 34 soit 17,17% n'ont pas fréquentés l'école. 111 ont un niveau primaire soit 56,06%. 53 ont un niveau secondaire soit 26,76%. Cela revient à dire que parmi les 34 qui n'ont pas fréquenté l'école 30 ont adopté la pratique agroforestière alors que 4 seulement n'ont pas adopté soit 82,23% contre 17,77%. Pour ceux qui ont un niveau primaire 94 ont adopté soit 84,68% contre 15,32%. Quant aux ceux qui ont un niveau secondaire 46 soit 86,79% contre 7 qui n'ont pas adopté soit 13,21%. Suite à leurs prétentions qu'ils peuvent être engagés quelque part considérant leur niveau d'étude, ils ne se concentrent pas souvent sur l'agriculture comme ceux qui ont un niveau d'étude inférieur.

Cependant la majorité des personnes qui ont un niveau d'étude se dirigent vers les villes pour chercher de quoi à manger c'est le cas des jeunes de la zone d'étude à Nyabihanga qui se dirigent vers la ville souvent de Gitega ainsi que dans les autres villes.

**Graphique 4 : Illustration sur graphique du niveau d'étude**



**Source :** Auteur à partir des données de l'enquête

**Tableau 10 : Illustration des services agroforestiers**

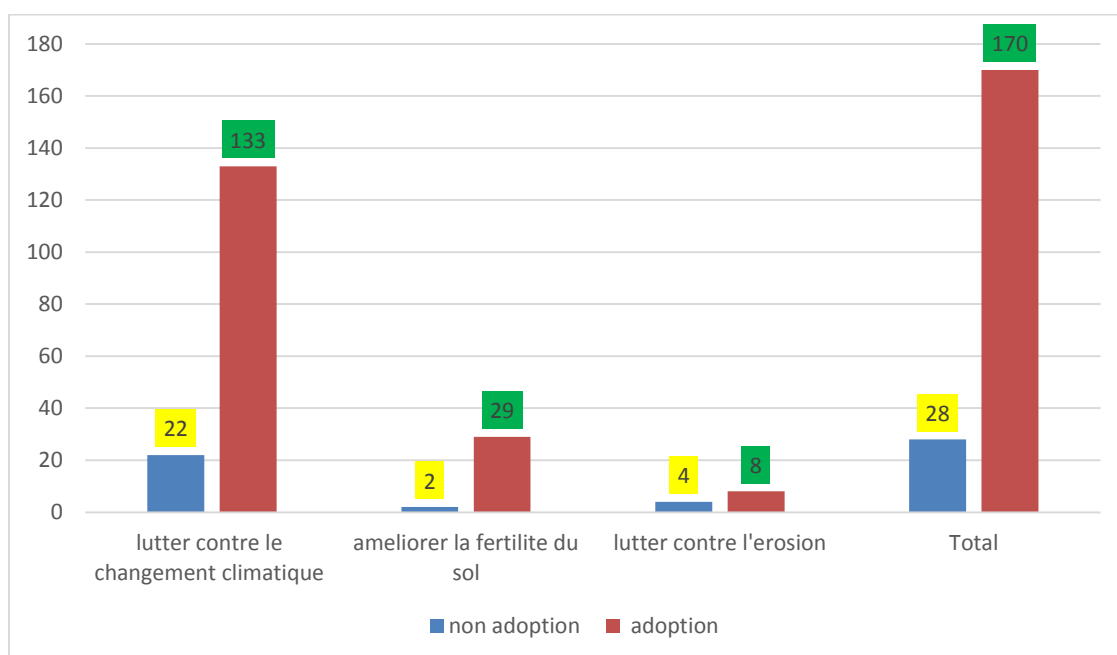
	Lutte contre les changements climatiques (conservation de l'eau, capture du carbone, la conservation de la biodiversité etc...)	Amélioration de la fertilité du sol	Lutte contre l'érosion	<b>Total</b>
Non Adoption	22	2	4	<b>28</b>
Adoption	133	29	8	<b>170</b>
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>198</b>

**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

Les chiffres ci-haut dans le tableau nous donnent l'information que parmi 198 des membres C.E.P enquêtés 155 soit 78,28% ont dit que l'agroforesterie vient pour remédier les problèmes en rapport avec le changement climatique, 31 soit 15,65 % ont dit que l'agroforesterie est la solution pour l'infertilité du sol ,12 soit 6,06% sont pour que l'agroforesterie facilite la lutte contre l'érosion. Parmi ces 155 ,133 sont adoptés à la pratique agroforestière soit 85,80% contre 22 qui n'ont pas adopté soit 14,20%. Parmi 31 ont dit que l'agroforesterie est la solution pour l'infertilité du sol, 29 soit 93,54% ont adopté contre 2 seulement soit n'ont pas adopté.

Concernant 12 qui ont pour que l'agroforesterie sert pour lutter contre l'érosion 8 sont adoptés soit 66,66% qui 12 ont adoptés à la pratique agroforestière soit 93,1 seuls 2 n'ont pas adoptés soit 6,9%. Étant donné que le nombre de ceux qui ont dit que l'agroforesterie est une solution pour la lutte contre le changement climatique cela s'explique par le fait que l'amélioration de la fertilité du sol, la lutte contre l'érosion sont inclus dans la lutte contre le changement climatique.

**Graphique 5 : Illustration sur graphique des services agroforestiers**



**Tableau 11 : Analyse descriptive quantitative : âge**

Variable	Âge
Nombre d'observation	198
Moyenne	43,53535
Ecart type	8,976351
Minimum	24
Maximum	70

**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

Parmi 198 personnes enquêtées on a trouvé que celui qui a l'âge minimum a 24 ans tandis que celui qui a l'âge maximum a 70 ans et était seul. Pour la moyenne on a trouvé une moyenne de 43,53535. Quant à l'écart-type on a trouvé 8,976351.

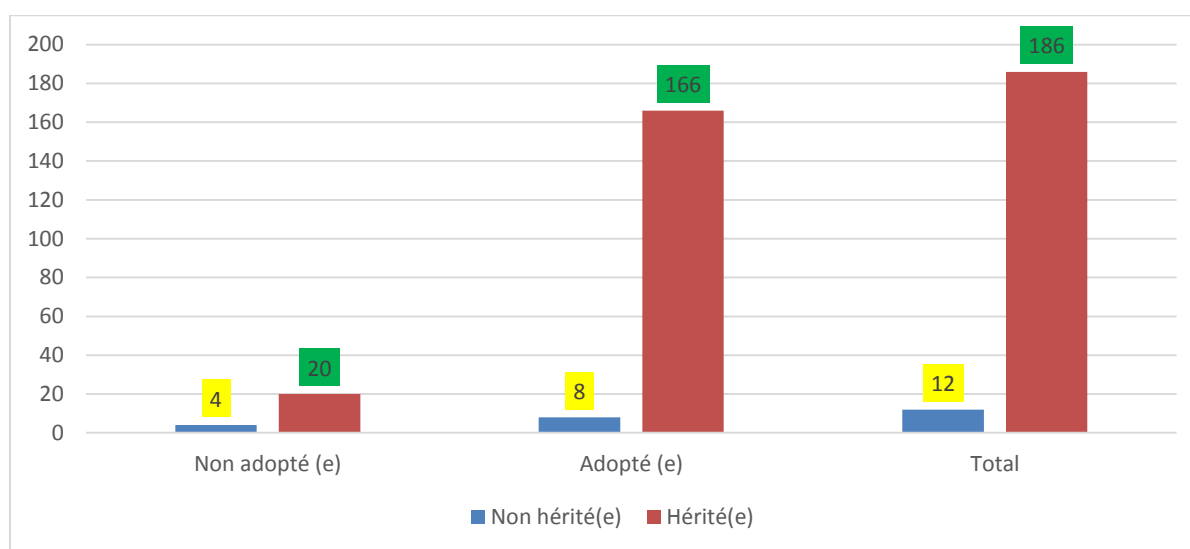
**Tableau 12 : Adoption selon le mode de faire-valoir**

	Non hérité(e)	Hérité(e)	Total
Non adoption	4	24	28
Adoption	8	162	170
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>186</b>	<b>198</b>

**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

Parmi 198 membres C.E.P enquêtés 186 soit 93,9% ayant les terres héritées. 12 soit 6,1% seulement ayant les terres non héritées. Selon données se trouvant dans le tableau pour les non hérités 8 ont adoptés soit 66,66% contre 4 non hérités soit 33,34%. Pour les hérités parmi 186 membres CEP 162 sont adoptés soit 87,10% contre 24 non adoptés soit 12,90%.

**Graphique 6 : Illustration sur graphique de mode de faire valoir**



**Tableau 13 : Analyse descriptive quantitative : superficie**

Variable	Superficie
Nombre observation	198
Moyenne	37,5303
Ecart-type	16,84918
Minimum	11
Maximum	100

**Source :** Auteur à partir des données de l'enquête

Le tableau ci-haut décrit la superficie des enquêtés dans le micro bassin versant de la Ruvyironza pour la première colonne on voit le chiffre 198 c'est le nombre des enquêtés, 37,5303 est la moyenne de la superficie en are, 16,84918 est l'écart-type de la superficie en are, 11 est la superficie en are minimum individuelle, 100 la superficie en are maximale.

**Tableau 14 : Adoption selon l'appartenance à un groupement**

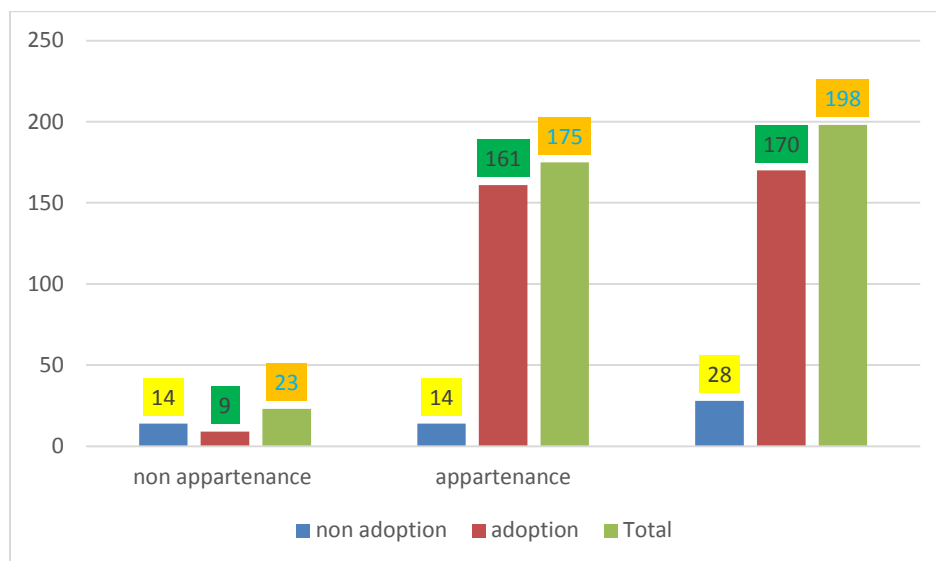
	Non Appartenance	Appartenance	Total
Non adoption	14	14	28
Adoption	9	161	170
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>175</b>	<b>198</b>

**Source :** Auteur à partir des données de l'enquête

Dans le tableau décrivant l'appartenance à un groupement, parmi 198 enquêtés, 23 n'appartiennent pas à un groupement soit 11,62%, alors que 175 appartiennent soit 88,38%. Parmi ces 15 qui n'appartiennent pas à un groupement 9 ont adopté à la pratique agroforestière soit 39,13% contre 14 qui n'ont pas adopté soit 60,87%.

Quant à l'appartenance, parmi 175 appartenant à un groupement, 161 sont adoptés soit 92% contre 14 qui n'ont pas adopté soit 8%. On constate que le nombre des adoptants est purement supérieur au nombre des non adoptants cela s'explique par le fait que, une personne qui participe dans des associations ou coopératives acquiert des informations par rapport à l'innovation que celui qui ne participe pas.

### Graphique 7 : Illustration sur graphique de l'appartenance à un groupement



**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

### Tableau 15 : Analyse descriptive quantitative : Taille du ménage

Variable	Taille du ménage
Nombre d'observation	198
Moyenne	5,146465
Ecart-type	1,287883
Minimum	2
Maximum	9

**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

Le tableau ci-haut décrit la taille du ménage des enquêtés dans le micro bassin versant de la Ruvyironza. Pour la première colonne on voit le chiffre 198, c'est le nombre des enquêtés, est la 5,146465 est la moyenne du nombre d'individu dans le ménage, 1,287883 est l'écart-type des individus se trouvant dans le ménage, 2 est la taille minimum pour le ménage c'est -à - dire le nombre minimum d'individu dans le ménage, 9 est la taille maximum (le nombre maximum d'individu dans le ménage).

**Tableau 16 : Analyse descriptive quantitative : Type de culture pratiquées**

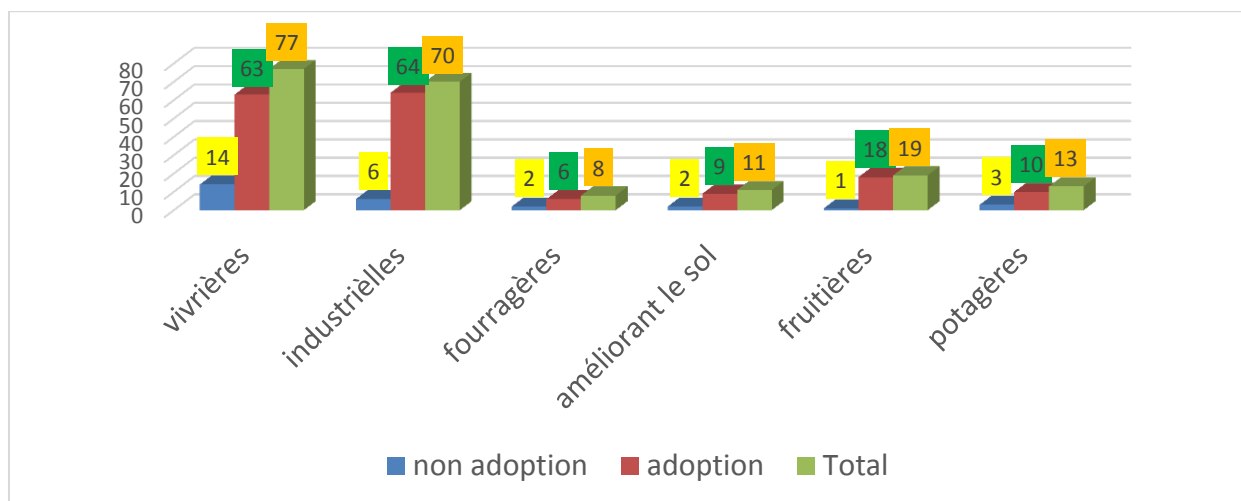
	Vivrières	Industrielles	Fourragères	Améliorants le sol	Fruitières	Potagères	Total
Non adoption	14	6	2	2	1	3	28
Adoption	63	64	6	9	18	10	170
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>70</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>198</b>

**Source :** Auteur à partir des données de l'enquête

Les informations fournies par le tableau sont les types de cultures pratiquées en commune Nyabihanga qui figurent parmi les facteurs de l'adoption à la pratique agroforestière. Alors en se servant de ces données on constate que parmi 198 enquêtés, 77 soit 38,88%, ont voté les cultures vivrières, 70 soit 35,35% ont voté les cultures industrielles, 8 soit 4,04 % ont voté les cultures fourragères, 11 soit 5,55% ont voté les cultures améliorant le sol, 19 soit 4,55% ont voté les cultures fruitières, 13 soit 6,65% ont voté les cultures potagères.

Concernant l'adoption à la pratique agroforestière, parmi 77, 63 sont adoptés soit 81,82% contre 14 soit 18,18% n'ont pas adopté. Parmi 70, 64 soit 91,43% ont adopté, contre 6 soit 8,57%. Parmi 8, 6 soit 75% ont adopté contre 2 soit 25% qui n'ont pas adopté. Parmi 11, 9 soit 81,82% ont adopté contre 2 soit 18,18% qui n'ont pas adopté. Parmi 19, 18 soit 94,74% sont adoptés contre 1 soit 5,3% qui n'ont pas adopté. Parmi 13, 10 soit 76,92% ont adopté contre 3 soit 23,08% qui n'ont pas adopté. Le constat est que la population de la commune Nyabihanga préfèrent faire l'association des arbres et arbustes agroforestiers avec les cultures vivrières et industrielles par rapport à d'autres cultures suite à la compétition qui peuvent s'établir pendant la croissance par conséquent qui peut favoriser certains arbres arbustes en dépit des plantes.

**Graphique 8 : Illustration des types de cultures pratiquées**



**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

Le graphique ci-dessus illustre la place de type de cultures dans l'adoption de la pratique agroforestière. En effet les cultures industrielles et vivrières sont un milieu favorable pour les arbres agroforestiers, à l'ordre d'une fréquence de 64,63, les autres cultures les fréquences sont moins élevées.

**Tableau 17 : Analyse descriptive quantitative : Nombre d'actif agricole**

Variable	Nombre d'actif agricole
Nombre d'observation	198
Moyenne	2,489899
Ecart-type	1,277449
Minimum	1
Maximum	7

**Source :** Construit par l'auteur à partir des données de l'enquête

Le tableau ci-haut décrit le nombre d'actif agricole des enquêtés dans le micro bassin versant de la Ruvyironza. Pour la première colonne on voit le chiffre 198, c'est le nombre des enquêtés, 1,277449 est la moyenne du nombre d'individus dans le ménage qui sont aptes à travailler, 1,277449 est l'écart-type des individus se trouvant dans le ménage, 1 est le nombre minimum d'actif agricole dans le ménage c'est -à -dire le nombre minimum d'individu qui sont aptes à travailler dans le ménage, 7 est le nombre maximum d'actif agricole dans le ménage c'est-à-dire le nombre maximum d'individu qui sont aptes à travailler dans le ménage.

### IV.2.3. Analyse de la liaison entre la variable dépendante et les variables explicatives

Relation entre adoption de la pratique agroforestière et les services agroforestiers

**Tableau 18 : Analyse de la corrélation entre les variables du modèle**

```
. corr adpragro servagro superf esparbr sexe age mvf tailm educ appgrop nactagr
> typculprat
(obs=198)
```

adpragro	1.0000																	
servagro	-0.0568	1.0000																
superf	-0.1459	-0.0933	1.0000															
esparbr	-0.2011	-0.0811	0.0220	1.0000														
sexe	0.0175	-0.1044	-0.0723	-0.1189	1.0000													
age	0.0259	0.0304	-0.0145	0.0174	0.2143	1.0000												
mvf	0.1399	0.0497	0.1050	-0.0690	0.1276	0.0601	1.0000											
tailm	0.1253	-0.0628	-0.0116	0.0047	0.1356	-0.1750	0.0125	1.0000										
educ	-0.0069	-0.0852	0.0073	0.0387	0.0802	-0.1945	-0.0919		1.0000									
appgrop	0.4862	0.0664	0.0443	-0.0604	-0.0792	0.0780	0.1061			1.0000								
nactagr	-0.0032	0.0423	0.0442	0.1073	0.0630	0.0669	0.0644				1.0000							
typculprat	0.0163	0.1064	0.0312	-0.1307	0.0478	0.1788	0.0237					1.0000						
													tailm	educ	appgrop	nactagr	typcul~t	
tailm													1.0000					
educ													-0.0287	1.0000				
appgrop													0.0536	-0.1152	1.0000			
nactagr													-0.0161	-0.0744	0.0033	1.0000		
typculprat													-0.0277	0.0150	0.0321	-0.0136	1.0000	

Le tableau ci-dessus montre qu'il y a une liaison positive entre la variable dépendante « **adoption aux pratiques agroforestières** » et les variables indépendantes ; « **sexe, âge, mode de faire valoir, taille du ménage, appartenance à un groupement, types de cultures pratiquées** ».

Les autres variables comme ; services agroforestiers, superficie, espèces d'arbres, éducation, nombre d'actif agricole sont corrélées négativement.

**Tableau 19 : Relation entre l'adoption des pratiques agroforestières et leurs services**

Adoption aux pratiques agroforestières	Services agroforestiers			
	Lutter contre le changement climatique	Améliorer la fertilité du sol	Lutter contre l'érosion	Total
Non adoption	12.66	6.90	18.18	12.12
Adoption	87.34	93.10	81.82	87.88
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Pearson Chi2(2)	1.1652			
Pr	0.558			
Cramer's V	0.07667			

Les résultats de nos estimations indiquent que parmi 87.34% du totale de 100.00% des personnes ont adopté les pratiques agroforestières pour lutter contre le changement climatique. Par ailleurs, nous avons 93.10% du totale de 100.00% de ceux qui ont adopté les pratiques agroforestières pour améliorer la fertilité du sol Tandis que 81.82% du total de 100.00% ont adopté les pratiques agroforestières pour lutter contre l'érosion.

Elles ont également indiqué que les services agroforestiers sont parmi les facteurs déterminants de l'adoption des pratiques agroforestières. En entières, 87.88% de 198 ménages enquêtés des répondants ont dit que les services agroforestiers sont parmi les facteurs déterminants des pratiques agroforestiers dans le micro bassin versant de la Ruvyironza contre 12.12% de ceux qui ont dit que les services agroforestiers ne sont pas facteurs déterminants des pratiques agroforestières.

La statistique de Khi-2 associée à ce test vaut de 1.1652 avec 2 degré de liberté et la P-value associé à un tel test est de 0.558 une valeur très largement supérieure à 0.05. Ces résultats nous permettent donc de conclure que l'hypothèse nulle d'indépendance entre l'adoption aux pratiques agroforestières et leurs services est vraisemblable au seuil de 5%, nous ne pouvons donc pas la rejeter et par conséquent nous la soutenons qu'il n'existe pas en effet une association significative entre l'adoption aux pratiques agroforestières et leurs services dans le micro bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga. La relation entre l'adoption aux pratiques agroforestières et leurs services dans le micro bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga est trop faible car la valeur associée à cette mesure vaut à 7.66% aussi largement inférieur au seuil de 70%.

Comme 0.07667 est inférieur à 0.3 nous pouvons donc conclure que l'association entre l'adoption aux pratiques agroforestières et leurs services dans le micro bassin versant de la Rivière Ruvyironza en commune Nyabihanga est statistiquement faible et est significative à 0.558.

**Tableau 20 : Relation entre l'adoption des pratiques agroforestières et l'espèce d'arbre**

Adoption aux pratiques agroforestières	Espèce d'arbre					
	Calliandra	Leucaena	Grevillea	Maesopsis	Cedrella	Total
Non adoption	2.78	30.00	20.00	14.29	9.09	12.12
Adoption	97.22	70.00	80.00	85.71	90.91	87.88
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pearson Chi2(4)	2.8861					
Pr	0.000					
Cramer's V	0.3545					

Cette table renseigne sur les informations relatives au rapport de l'influence de l'espèce d'arbre et les pratiques agroforestières. Ces résultats indiquent donc que 97.22% du total de 100,00% des personnes préfèrent utiliser le *Calliandra* comme arbustes agroforestiers. Pour le *Leucaena* il vient en deuxième lieu avec un pourcentage de 70.00% ; *Grevillea* 80.00% ; *Maesopsis* 85.71% ; *Cedrella* 90.91%. En entières, 87.88% de 198 ménages enquêtés des répondants ont dit que l'espèce d'arbre est facteur déterminant des pratiques agroforestières dans le micro bassin versant de la Ruvyironza contre 12.12% de ceux qui ont dit que l'espèce d'arbre n'est pas un facteur déterminant des pratiques agroforestières.

La statistique de Khi-2 associée à ce test vaut de 2.8861 avec 4 degré de liberté et la P-value associé à un tel test est de 0.000 une valeur très inférieure à 0.05. Ces résultats nous permettent donc de conclure que l'hypothèse nulle d'indépendance entre l'adoption aux pratiques agroforestières et l'espèce d'arbre n'est pas crédible au seuil de 5%, nous la rejetons et par conséquent nous soutenons notre hypothèse alternative qu'il existe en effet une association significative entre l'adoption aux pratiques agroforestières et l'espèce d'arbre dans le micro bassin de la Ruvyironza en commune Nyabihanga.

En effet, cette relation entre l'adoption aux pratiques agroforestières et l'espèce d'arbre dans le micro bassin de la Ruvyironza en commune Nyabihanga est trop faible car la valeur associée à cette mesure vaut à 35.45% inférieur au seuil de 70%. Comme 0.3545 est supérieur à 0.3 nous pouvons donc conclure que l'association entre l'adoption aux pratiques agroforestières et l'espèce d'arbre dans le micro bassin de la Ruvyironza en commune Nyabihanga est statistiquement significative à 0.000.

**Tableau 21 : Relation entre l'adoption de la pratique agroforestière et le type de cultures pratiquées**

Adoption aux pratiques agroforestières	Type de cultures pratiquées						
	Vivrières	Industrielles	Fourragères	Améliorant le sol	Fruitières	Potagères	Total
Non adoption	13.92	8.70	37.50	10.00	5.26	15.38	12.12
Adoption	86.08	91.30	62.50	90.00	94.74	84.62	87.88
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Pearson Chi2(5)	6.8496						
Pr	0.232						
Cramer's V	0.1860						

Cette table indique que parmi les 100.00% des personnes enquêtées 86.08 préfèrent associer les arbres agroforestiers avec les cultures vivrières. Les autres cultures ; industrielles ; fourragères ; améliorant le sol ; fruitières ; potagères sont préférées respectivement à l'ordre de ; 91.30% ; 62.50% ; 90.00% ; 94.74% ; 84.62%.

On note au total 87.88% qui ont dit que le type de cultures pratiquées est facteur déterminant de l'adoption aux pratiques agroforestières contre 12.12% qui ont dit que le type de cultures pratiquées n'est pas un facteur déterminant de l'adoption aux pratiques agroforestières.

La statistique de Khi-2 associée à ce test équivaut à 6.8496 avec 5 degré de liberté et la P-value associé à un tel test vaut de 0.232 une valeur très largement supérieure à 0.05. Ces résultats nous permettent donc de conclure que l'hypothèse nulle d'indépendance entre l'adoption aux pratiques agroforestières et le type de cultures pratiquées dans le bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga est vraisemblable au seuil de 5%, par conséquent nous la soutenons qu'il n'existe pas en effet une association significative entre l'adoption aux pratiques agroforestières et le type de cultures pratiquées dans le bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga.

Avec la valeur associée à cette mesure qui vaut à 18.60% très largement inférieur au seuil de 70%. Et nous soutenons que l'association entre l'adoption aux pratiques agroforestières et le type de cultures pratiquées dans le bassin versant de la Ruvyironza en commune Nyabihanga est statistiquement faible et est non significative à 0.1860.

### IV.3. Analyse économétrique

**Tableau 22 : Résultats de l'estimation économétrique**

			Number of obs		198
			LR chi2(20)		80.57
			Prob > chi2		0.0000
			Pseudo R2		0.4993
Variables	Description des variables	Modalité	Coefficient	Std. Err.	Valeur de Prob.
Servagro	Services agroforestiers	Lutte contre le changement climatique	(Réf)	(Réf)	(Réf)
		Améliorer la fertilité du sol	02675	0474	0.573
		Lutte contre l'érosion	-3197	1138	0,005
Superf	Superficie	-	-0038	0011	0.001
Esparbr	Espèce d'arbre	(Réf)	(Réf)	(Réf)	(Réf)
		Leucaena	-.1700	.0551	0.002
		Grevillea	-.1724	.0814	0.034
		Maesopsis	-.0333	.0635	0.600
		Cedrella	-.2134	.1053	0.043
Sexe	Sexe	(Réf)	(Réf)	(Réf)	(Réf)
		Homme	-.0188	.0453	0.678
Age	Age		.0026	.0021	0.210
Mvf	Mode sexe faire- valoir	(Réf)	(Réf)	(Réf)	(Réf)
		Hérité(e)	-.1196	.1091	0.273
Tailm	Taille du ménage	-	.0112	.0157	0.473
Educ	Niveau d'éducation	Aucun (Réf)	(Réf)	(Réf)	(Réf)
		Primaire	0083	.0649	0.897
		Secondaire	0574	.0654	0.380
Appgrop	Appartenance à un groupement	Non appartenance (Réf)	(Réf)	(Réf)	(Réf)
		Appartenance	.4986	.0868	0.000
Nactagr	Nombre d'actif agricole	-	-.0047	.0153	0.755
Typculprat	Type de cultures pratiquées	(Réf)	(Réf)	(Réf)	(Réf)
		Industrielles	.0918	.0401	0.022
		Fourragères	-.0780	.0942	0.407
		Améliorant le sol	.0223	.0813	0.784
		Fruitières	.0220	.0882	0.803
		Potagères	-.0047	.0768	0.950

**Source :** Auteur à l'aide des résultats de l'enquête et par le logiciel STATA15

#### IV.4. Les déterminants de l'adoption de la pratique agroforestière

A partir des résultats de la précédente régression (logit binaire), globalement, le modèle de régression logit est statistiquement valide. En effet, son Khi-Deux (20) est significatif à 1 %.

Les facteurs démographiques que sont l'âge (AGE), le sexe (SEXE), le nombre d'actif agricole (NATAGR) ne sont pas déterminants de l'adoption de la pratique agroforestière. Ces résultats qui sont en désaccord avec nos hypothèses, pourraient s'expliquer par le fait que les agriculteurs possèdent expériences différentes dans la plantation des arbres et arbustes à différents âge pendant leur enfance. En plus l'exode rural pour la population active vers les villes et centres urbains est l'une des perturbations de l'adoption de la pratique agroforestière. D'autres, scolarisés, rejoindront les mêmes centres urbains pour poursuivre leurs études.

Le pourcentage de bonne prédiction du modèle est également satisfaisant. Selon les résultats de la régression, seules les variables « **Servagro** », « **Superf** », « **Esparbr** », « **Appgrop** » « **Typculprat** » ont été déclarées statistiquement significatives. Sauf qu'il y a des variables qui ont des modalités qui sont significatifs mais qui influencent négativement. Seule la variable « **Appgrop** » qui est significative est significative et influence positivement. Ainsi il y a des variables qui ne sont pas significatives mais qui influencent positivement.

La variable **Appgrop** est statistiquement significatives. En effet la participation dans des coopératives pour la population de Nyabihanga a une influence significative par rapport à l'adoption de la pratique agroforestière.

En effet, l'appartenance à un groupement villageois a également une influence positive sur l'adoption des bonnes pratiques de production. La plus grande propension des agriculteurs membres d'une organisation à adopter les technologies diffusées est la conséquence des avantages qu'offre ce type d'organisations qui donnent à ces derniers l'accès à plus d'informations, de motivation sur l'importance des arbres et arbustes dans les champs. Pour les variables, **Mvf**, **Nactagr**, elles influencent positivement l'adoption de la pratique agroforestière. Le fait qu'un individu a une terre héritée par son père, il peut y planter des arbres mais ce n'est pas le cas pour une terre reçue comme un don. Ainsi avoir un nombre important des membres de la famille donne la chance à la plantation des arbres dans les champs. Ces variables ne sont pas statistiquement significatives.

#### **IV.4.1. Les moyens de diffusion**

Les résultats de l'enquête ont montré que dans l'ensemble, les membres CEP sont satisfaits des formations qu'ils ont reçues sur l'agroforesterie. En effet, 85,85 % des répondants ont jugé les formations efficaces contre 14,15 % qu'on a estimé que les méthodes utilisées ne leur ont pas permis d'assimiler les notions enseignées. Cependant, ces résultats sont à prendre avec prudence dans la mesure où, culturellement, les producteurs ne sauraient dire d'inefficaces des formations qu'ils ont reçues gratuitement et qu'ils espèrent avoir de nouveau. Les us et coutumes entrent en jeu et leur compréhension est nécessaire dans l'optique de meilleurs résultats dans la diffusion des technologies.

#### **IV.5. Discussion des résultats**

Les résultats ont montré que la pratique de l'agroforesterie permettait d'augmenter les rendements et l'amélioration par rapport à la protection de l'environnement (création des microclimats.) Les adoptants obtenaient, en moyenne, des rendements et des services agroforestiers plus importants que les non-adoptants.

La variable démographique relative au niveau d'éducation a un seuil non significatif mais le niveau d'éducation influence positivement. Nos résultats confirment ceux de Azontondé (2004), l'éducation est un facteur affectant l'adoption et l'application des innovations technologiques en milieu rural. En effet, plus les producteurs sont instruits, plus ils sont ouverts aux innovations technologiques. Le niveau d'instruction accroît donc le sens de l'innovation, l'habileté et la facilité d'apprécier les nouvelles technologies (Dakin, 2008).

Ainsi la variable socioéconomique comme « appartenance d'un agriculteur à une organisation paysanne (Appgrop) affectent significativement, mais à des seuils différents, la décision des membres CEP d'adopter aux pratiques agroforestières diffusée.

La variable démographique âge (AGE) n'est pas statistiquement significatif, mais elle influence positivement à l'adoption de la pratique agroforestière. Les résultats de cette étude viennent ainsi confirmer ceux de Zegeye et al. (2001) et de Ouédraogo (2003) qui ont abouti à la conclusion que l'adoption de nouvelles technologies exige un certain niveau de risque associé à la décision du choix des innovations. De même, les jeunes producteurs moins expérimentés sont enclins à prendre plus de risque que les producteurs plus âgés mais ce résultat infirme ceux de Adégbola et Adékambi (2008) ; Sall et al. (2000) ; Chanou (2007) et Dakin (2008) qui ont montré que les producteurs les plus âgés (plus expérimentés)

adopteraient plus facilement les innovations que les jeunes confirmé aussi par (Hamon 2007; Pottiez 2006 ; Boisset 2005) qui ont trouvé, en agroforesterie, l'âge d'un agriculteur peut être un facteur déterminant dans le cadre de l'adoption d'une nouvelle pratique. la principale raison évoquée est que cette technique implique souvent plusieurs générations et que les conditions de reprise des exploitations ne sont pas toujours assurées. Le niveau d'éducation d'un agriculteur est généralement reconnu comme facteur affectant positivement l'adoption d'innovations en capital humain. Plus l'agriculteur est éduqué et instruit, plus il dispose d'informations dans la mesure où il lui est plus facile de recevoir et de comprendre l'information par rapport à un analphabète (la pratique agroforestière diffusée par les formations, les messages radiophoniques, les vulgarisateurs, etc.). En outre, il est à même d'évaluer la technologie proposée ; ceci lui permettant de réduire son niveau d'incertitude (Roussy, 2014). D'autres auteurs comme (Bannister et Nair, 2003 ; Mercer, 2004 ; (Opio et al., 2001 ; Bayard et al., 2006 cités par Civil-Blanc, 2007)), ont également obtenu les mêmes résultats montrant ainsi que le niveau d'éducation est un facteur déterminant dans l'adoption des technologies.

La variable espèce d'arbre a cinq modalités dont la première (*Calliandra*) est la catégorie de référence. Les quatre autres variables influencent négativement (*Leucaena*, *Grevillea*, *Cedrella*). Sauf la seule modalité qui n'est pas significative (*Maesopsis*), les trois autres modalités sont significatives.

En effet, l'introduction d'une nouvelle espèce d'arbre diminue la chance d'être adopté à la pratique agroforestière pour les membres CEP en commune Nyabihanga.

Pour la variable sexe dont la modalité est : femme et homme, la modalité femme est pris comme catégorie de référence tandis que la modalité homme n'est pas significative et influence

négativement. Donc le fait d'être homme diminue la chance de l'adoption de la pratique agroforestière. Ainsi, nos résultats sont similaires à ceux de (Fouad, 1982), les femmes ont individuellement ou collectivement une influence indirecte sur les activités publiques des hommes, et elles en entreprennent elles-mêmes.

A cet égard, elles ont des possibilités d'intervention particulièrement importantes dans des domaines tels que le reboisement et la conservation des sols et des eaux, car ce sont elles qui pâtissent le plus de la dégradation de l'environnement (Fouad, 1982), qui doivent marcher

toujours plus loin pour aller chercher l'eau, le bois de feu et le fourrage, et qui doivent produire des cultures vivrières sur des sols de plus en plus appauvris.

En outre, ce sont souvent elles qui sont le plus capables et ont le plus de chances d'organiser la collectivité en vue de l'action.

La variable la taille du ménage (TAILMN) a une influence positive sur la probabilité du choix de la stratégie d'agroforesterie comme pratique de gestion de la fertilité des sols. Cependant, il est à relever qu'avec le signe positif du coefficient, ce résultat nous indique que plus le ménage est grand, moins il aura tendance à adopter cette stratégie de la pratique agroforestière.

La variable appartenance à un groupement (APPGROP) influence positivement l'adoption de la pratique d'agroforesterie par l'agriculteur (membre CEP). Ainsi, plus l'agriculteur appartient à un groupement, plus il envisage l'utilisation de la pratique d'agroforesterie.

La variable le nombre d'actifs agricoles (NACT) le nombre d'actifs agricoles à une influence négative sur l'adoption de l'agroforesterie. Cela suppose que, plus la main-d'œuvre familiale est disponible dans la zone, plus la probabilité de choisir l'agroforesterie diminue.

: la variable le mode de faire-valoir (MVF) influence négativement la pratique d'agroforesterie. Seuls les agriculteurs n'ayant pas hérités les terres sont habileté à planter des arbres sur la parcelle en culture. Les autres, l'ayant acquis par don, seront vus comme s'accaparant de ces terres lorsqu'ils mèneront cette action.

---

## CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

### Conclusion générale

Les facteurs déterminants l'adoption de la pratique agroforestière sont des facteurs socioéconomiques. Il est indispensable de comprendre le rôle que jouent les facteurs qui influencent l'adoption aux « pratiques agroforestières ».

Effet cette étude s'était donnée dans l'optique de démontrer l'importance de l'adoption aux pratiques agroforestières qui vient pour combler les lacunes de l'agriculture climato intelligente dans le micro bassin versant de la Rivière Ruvyironza en commune Nyabihanga. Quatorze collines limitent ce micro bassin versant. Cette étude a été menée auprès de 8729 ménages dans le dit micro bassin versant de la commune Nyabihanga sur les collines qui touchent sur la rivière Ruvyironza où il y a eu l'exécution des projets suivant comme ; TAMP Kagera, LVEMP II, IAP de la FAO depuis 2018 jusqu' à 2022. Une étude d'évaluation statistique et économétrique a permis de déterminer l'impact de l'application de ces pratiques et d'identifier l'effet des variables explicatives de leur adoption.

Les résultats de cette étude ont montré que l'application de ces pratiques agroforestières permettait d'améliorer le rendement agricole, de s'adapter et atténuer par rapport au changement climatique.

La probabilité d'adopter ou non est positivement influencée par les services agroforestiers, l'espèce d'arbre, la superficie, appartenance à un groupement, et le type de cultures pratiquées. En revanche, les variables comme ; âge, mode de faire-valoir, taille du ménage, niveau d'éducation, nombre d, actif agricole, sur la probabilité d'adoption, n'ont pas d'influence significative.

Par ailleurs, les formations utilisées pour diffuser ces pratiques ne bénéficient pas de l'unanimité des agriculteurs quant à leur efficacité.

La théorie du modèle d'adoption nous sert pour montrer l'importance de La pratique agroforestière et de donner la lumière sur les facteurs déterminant l'influence de l'adoption aux pratiques agroforestières. Pour ce faire, ces résultats nous ont permis de confirmer la première hypothèse, qui stipulait que les systèmes agroforestiers sont les premiers à faire recours.

Contrairement à la deuxième hypothèse ou certaines variables comme ; âge ; taille du ménage ; sexe ; mode de faire valoir ne sont pas statistiquement significatives.

Concernant la troisième hypothèse, à base des informations sur terrains, le taux d'adoption aux pratiques agroforestières nous permet de confirmer la troisième hypothèse qui stipule que les populations du micro bassin de la Rivière Ruvyironza sont impliquées dans la protection des arbres et arbustes agroforestiers.

Compte tenu de l'importance des bassins versant dans la production et dans la biodiversité, des actions sont à entreprendre afin de renforcer cette pratique qui constitue un moyen durable de lutter contre le changement climatique et la pauvreté. L'amélioration des facteurs déterminants l'adoption de cette pratique et la mise en place d'une politique d'amélioration de la connaissance des agriculteurs de la performance de ces pratiques agroforestières pourraient, dans une certaine mesure, faciliter leur adoption et une large diffusion de ces dernières.

### **Recommandations**

Ce travail de recherche a montré l'importance de l'agroforesterie dans l'agriculture climato intelligente dans le micro bassin versant de la Ruvyironza. Il est plus nécessaire d'aménager ce bassin versant pour bénéficier d'une manière continue les services et économique et écologique. Les solutions pour bénéficier durablement le fruit de ce micro bassin versant émanent de la population riveraine, du Ministère de l'Environnement de l'Agriculture et de l'Elevage et de l'auteur de cette œuvre

Sur le plan environnemental et administratif

- ✓ Inverser la tendance de dégradation des terres par la plantation des arbres
- ✓ Aménager d'une manière intégrée les bassins versants par l'agroforesterie
- ✓ Renforcer les capacités nationales en matière de gestion durables des ressources forestières et pastorales
- ✓ Multiplier les formations des paysans en agroforesterie
- ✓ Faire des voyages d'étude pour moniteurs agricoles et les agriculteurs afin d'améliorer leurs connaissances
- ✓ Sensibilisation et encadrement dans les activités d'agroforesterie
- ✓ Multiplier les CEP au niveau collinaire

Ces solutions seront exécutées par le Ministère de l'Environnement de l'Agriculture et de l'Elevage, OBPE, les autres organisations non gouvernementales locales ou internationales.

Sur le plan socio-économique

- ✓ Permettre l'accès de la population sur les plants
- ✓ Faire regrouper les agriculteurs dans les coopératives

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### Articles et publications

1. Acquier, J. L. (1986). *Le burundi: Dessins de Christian Seignobos* (Vol. 3). Editions Parenthèses.
2. Agarwal, A., & Narain, S. (1998). Documents-Climat : un dossier chaud. *Pollution Atmosphérique*, 40(160), 73-74.
3. Alexis, N. Analyse De La Capacité De L'Etat Burundais à Répondre Aux Besoins Fondamentaux de la population : Cas De L'eau Et De La Santé.
4. Araújo, SC, de Mattos, ACA, Teixeira, HF, Coelho, PMZ, Nelson, DL, & de Oliveira, MC (2007). Amélioration de l'efficacité in vitro d'un nouveau médicament schistosomicide par incorporation dans des nanoémulsions. *Journal international de pharmacie*, 337 (1-2), 307-315.
5. Aravena, JM, Saguez, R., Lera, L., Moya, MO et Albala, C. (2020). Facteurs liés aux symptômes dépressifs et au diagnostic autodéclaré de dépression chez les Chiliens âgés vivant dans la communauté : une analyse transversale nationale. *Journal international de psychiatrie gériatrique*, 35 (7), 749-758.
6. Arborio, A. M. (2007). L'observation directe en sociologie: quelques réflexions méthodologiques à propos de travaux de recherches sur le terrain hospitalier. *Recherches en soins infirmiers*, (3), 26-34.
7. Bararwandika, A. (1999). Ressources forestières et produits forestiers au Burundi. *Forestry Department (Burundi)*.
8. Barnes, A. M., Bartle, K. D., & Thibon, V. R. (2001). A review of zinc dialkyldithiophosphates (ZDDPS): characterisation and role in the lubricating oil. *Tribology International*, 34(6), 389-395.
9. Bayard, B., Jolly, C. M., & Shannon, D. A. (2007). The economics of adoption and management of alley cropping in Haiti. *Journal of environmental management*, 84(1), 62-70.
10. Beer, J., Harvey, C. A., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jimenez, F. (2003). Fonctions de service des systèmes agroforestiers. *Actes du XIIe Congrès forestier mondial: La forêt, source de vie. Des forêts pour la planète. FOA-Département des Forêts, Canada-Ministère des Ressources naturelles, Québec-Ministère des Ressources naturelles de la faune et des parcs.: Bibliothèque Nationale du Québec*, 429-437.

11. Bentrup, G., Hopwood, J., Adamson, T.-N.-L. et Vaughan, M. (2019). Systèmes agroforestiers tempérés et insectes pollinisateurs : un bilan. *Forêts*, 10 (11), 981.
12. Bentrup, G., Hopwood, J., Adamson, T.-N.-L. et Vaughan, M. (2019). Systèmes agroforestiers tempérés et insectes pollinisateurs : un bilan. *Forêts*, 10 (11), 981.
13. BIGAWA, S., & NDORERE, V. (2002). Evaluation des besoins en matière de formation forestière au Burundi.
14. Bourbonnais, R. (2015). *Econométrie*. Dunod.
15. CAZENAVE-PIARROT, A. (2004). Burundi : une agriculture à l'épreuve de la guerre civile. *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux*, 57(226-227), 313-338.
16. Civil-blanc, E. D. N. A. (2007). Evaluation économique des systèmes agroforestiers en Haïti. *Etude de cas de Petite Rivière de Nippes. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en Agroforesterie pour l'obtention du grade de maître es sciences (M. Se.). pp105.*
17. Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires. Réunion, & Organisation mondiale de la santé. (2013). *Évaluation de la sécurité de certains additifs alimentaires et contaminants* (Vol. 68). Organisation Mondiale de la Santé.
18. Conference, July 24-26, 1995. Boise, USA: University of Idaho, pp. 59-61.
19. De Koninck, J. (1997). Sleep, the common denominator for psychological adaptation. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 38(3), 191.
20. De Koninck, R. (1997). *Le recul de la forêt au Viet Nam*. Idrc.
21. Dixon, JM et Summers, JM (1983). Modèles de déformation totale et incrémentielle dans les creux affaîssés : centrifugation expérimentale. modèles de synclinaux interdiapirs. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, 20 (12), 1843-1861.
22. Dupraz, C., & Visscher, P. T. (2005). Microbial lithification in marine stromatolites and hypersaline mats. *Trends in microbiology*, 13(9), 429-438.
23. EFFETS, E. D. O. F. A., & CHANGEMENT, D. (2020). L'AGRICULTURE INTELLIGENTE FACE AU CLIMAT. *Journal of the New Economy Vol, 11(02/P2)*, 1-22.
24. Etshekape, P. G., Atangana, A. R., & Khasa, D. P. (2018). Tree planting in urban and peri-urban of Kinshasa: Survey of factors facilitating agroforestry adoption. *Urban forestry & urban greening*, 30, 12-23.

25. Faucheux, S., Noël, J. F., & Noël, J. F. (1995). *Economie des ressources naturelles et de l'environnement* (Vol. 11). Paris: Armand Colin.
26. FOUAD, A. (1982). Influence Des Oligo-Elements Sur La Production De Matière Sèche, L'aspect Morphologique Et Le Développement Du Blé (*Triticum Aestivum* L.).
27. François, P. (2015). Laudato si'. *Lettre encyclique sur la sauvegarde de la maison commune*.
28. Gasc, C., & Mathieu, C. (2000). Pépiniéristes privés au Burundi, vers une professionnalisation possible de la foresterie. *Tropicultura*, 18(4), 190-197.
29. Herr, C., Greulich, T., Koczulla, R. A., Meyer, S., Zakharkina, T., Branscheidt, M., ... & Bals, R. (2011). The role of vitamin D in pulmonary disease: COPD, asthma, infection, and cancer. *Respiratory research*, 12, 1-9.
30. Hurlin, C. (2003). Econométrie des variables qualitatives : Polycopié de cours. *Maîtrise d'Econométrie, Université d'Orléans*.
31. Hurlin, C. (2003). Econométrie des variables qualitatives : Polycopié de cours. *Maîtrise d'Econométrie, Université d'Orléans*.
32. Kaboneka, S., Bitoki, O., Guizol, P., & Duchauffour, H. (1991). L'agroforesterie : rôle, importance et promotion au Burundi.
33. Leakey, RR, Weber, JC, Page, T., Cornelius, JP, Akinnifesi, FK, Roshetko, JM, ... & Jamnadass, R. (2012). La domestication des arbres en agroforesterie : les avancées de la deuxième décennie (2003-2012). *Agroforesterie - l'avenir de l'utilisation mondiale des terres*, 145-173.
34. MacDicken, KG, & Vergara, NT (1990). *Agroforesterie : Classification et gestion*. John Wiley et fils.
35. Matilla, K. (2002). Premiers résultats sur l'étude du matériel en quartz, en roches métamorphiques et magmatiques de gisements charentais du Paléolithique moyen, Abri Bourgeois-Delaunay (la Chaise-de-Vouthon, Charente), couche 9 (fouilles A. Debénath 1963-1983). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99(2), 375-377.
36. Migneault, J. G. (1981). Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune Région de l'Outaouais.
37. Nduwamungu, J. (2011). Plantations forestières et îlots boisés au Burundi. In *African Forest Forum*.
38. Olivier, A., Boussim, I.J. et Sallé, G. 1996. *Tapinanthus parasitism on shea nut*

39. Osei-Bonsu, K., Opoku-Ameyaw, K., Amoah, FM et Oppong, FK (2002). Cultures intercalaires cacao-coco au Ghana : perspectives agronomiques et économiques. *Systèmes agroforestiers* , 55 , 1-8.
40. Ouédraogo, S. (2003). Impact économique des variétés améliorées du niébé sur les revenus des exploitations agricoles du plateau central du Burkina Faso. *Tropicultura*, 21(4), 204-210.
41. PALUKU, A., BWAMA, M., OKUNGO, A., TCHOUNDJEU, Z., & VAN DAMME, P. (2019). Production de plants d'*Anonidium mannii* (Oliver) Engler & Diels par la multiplication végétative. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(1).
42. Pape François 2015, *Laudato Si'* : encyclique et œuvre littéraire du pape François ; sujet : Actualisation de la doctrine sociale de l'Eglise sur l'écologie.
43. Poole, N., & Penrose Buckley, C. (2006). *Innovation challenges, constraints and opportunities for the rural poor* (No. 338.16 P822).
44. PROTON, H., & NDIKUMAGENGE, C. B. (1997, July). F. and Guizol, PH, 1997. La modélisation multiagent: un outil pour analyser les dynamiques de passage entre formations forestiers et agroforestieres à l'échelle d'une region. In *Agroforestry for sustainable Land-use. International workshop* (pp. 23-29).
45. Proton, H., Nidkumagenge, C., Bousquet, F., & Guizol, P. (1997). La modélisation multiagent: un outil pour analyser les dynamiques de passage entre formations forestières et b agroforestières à l'échelle d'une région. CIRAD.
46. Raintree, J. B., & Warner, K. (1986). Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation. *Agroforestry systems*, 4, 39-54.
47. Rao, M., Niang, A., Kwesiga, F., Duguma, B., Franzel, S., Jama, B. et Buresh, R. (1998). Reconstitution de la fertilité des sols en Afrique subsaharienne : nouvelles techniques et diffusion de leur utilisation dans les exploitations agricoles. *L'agroforesterie aujourd'hui (ICRAF)*.
48. Rishirumhirwa, T. (1993). Potentiel du bananier dans la gestion et la conservation des sols ferrallitiques du Burundi. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, 28(2), 367-383.
49. Rogers, D. (2003). De l'origine du préjugé de couleur en Haïti. *Outre-Mers. Revue d'histoire*, 90(340), 83-101.

50. Roussy, J. P., Bessette, L., Rahme, E., Bernatsky, S., Légaré, J., & Lachaine, J. (2014). Rheumatoid arthritis pharmacotherapy and predictors of disease-modifying anti-rheumatic drug initiation in the early years of biologic use in Quebec, Canada. *Rheumatology international*, 34, 75-83.
51. Roussy, S., Brémaud, I., Laconde, T., & Pascal, P. (2014). Vers une approche convergente du défi climatique au sein d'une ONG humanitaire. *Humanitaire. Enjeux, pratiques, débats*, (38), 52-59.
52. Rwabahungu, M., Niyonkuru, D., & Bukobero, L. (2013). Dégradation et prédation des boisements communaux avant, pendant et après la guerre au Burundi. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Hors-série 17).
53. *Sustainable Future*. Proceedings of the Fourth North American Agroforestry
54. Thibon, G., & Klages, L. (1933). La science du caractère:(l'oeuvre de Ludwig Klages). *Questions disputées*, 1200.
55. Torquebiau, E., Mary, F., & Sibelet, N. (2002). Les associations agroforestières et leurs multiples enjeux. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 271, 23-35.
56. *trees in the West African parklands*. In Ehrenreich, J.E. et al. (éd). *Growing a*
57. Vennetier, P. (1980). Cazenave-Piarrot (F.), Cazenave-Piarrot (A), Lopez (A), Géographie du Burundi. 1979. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 33(129), 96-97.

## Rapports

1. Bararwandika, A. (1999). Ressources forestières et produits forestiers au Burundi. *Forestry Department (Burundi)*.
2. Besse, F., Guizol, P., & De Ligne, A. (1989). L'agroforesterie au Burundi.
3. Guizol, P. (1989). La recherche agroforestière au Burundi. ISABU.
4. Liersch, S., Rivas, R., & Fritzsche, K. (2014). Rapport sur le changement climatique au Burundi. *Режим доступа: [https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/changement\\_climatique\\_au\\_burundi\\_r%C3%A9sum%C3%A9\\_fr\\_1.pdf](https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/changement_climatique_au_burundi_r%C3%A9sum%C3%A9_fr_1.pdf) [дата обращения: 03.03. 2022]*.
5. Nkurunziza, F. (1999). Rapport d'étude sur les données du bois-énergie au Burundi. *FAO, UE, BAD*.
6. NSABIMANA, S. (1999). Etude quantitative de l'érosion hydrique en milieu rural du BURUNDI. *Bulletin du RESEAU EROSION*, (19), 417-426.

7. Rishirumuhirwa, T., & Roose, E. (1998). Productivité de biomasse et gestion durable des exploitations dans le cas des plateaux à forte population du Burundi. *Bulletin-Erosion (FRA)*,(18). Lien: [http://horizon.documentation.ird.fr/exloc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/bre/010017979.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exloc/pleins_textes/pleins_textes_7/bre/010017979.pdf).
8. Roose, E. (1990). Un programme national de gestion conservatoire de l'Eau et de la fertilité des sols (GCES) au Burundi. *Rapport de mission au Burundi du*, 26(2).

# ANNEXES

### Annexe 1 : Estimation du modèle a variable dépendante binaire

```
Iteration 0: log likelihood = -80.689411
Iteration 1: log likelihood = -51.209595
Iteration 2: log likelihood = -42.103525
Iteration 3: log likelihood = -40.432132
Iteration 4: log likelihood = -40.402825
Iteration 5: log likelihood = -40.402761
Iteration 6: log likelihood = -40.402761
```

```
Logistic regression                               Number of obs   =       198
                                                    LR chi2(20)    =       80.57
                                                    Prob > chi2    =       0.0000
Log likelihood = -40.402761                    Pseudo R2      =       0.4993
```

adpragro	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
servagro						
1	.5007904	.9385061	0.53	0.594	-1.338648 2.340229	
2	-3.579032	1.189271	-3.01	0.003	-5.909959 -1.248104	
superf	-.0621604	.0203591	-3.05	0.002	-.1020635 -.0222573	
esparbr						
1	-2.850196	.9532122	-2.99	0.003	-4.718457 -.9819343	
2	-2.875452	1.100749	-2.61	0.009	-5.032881 -.7180237	
3	-.8275774	1.396346	-0.59	0.553	-3.564365 1.909211	
4	-3.283514	1.260794	-2.60	0.009	-5.754625 -.8124022	
1.sexe	-.2990865	.7134828	-0.42	0.675	-1.697487 1.099314	
age	.0422482	.0342805	1.23	0.218	-.0249404 .1094368	
0.mvf	-1.624744	1.347973	-1.21	0.228	-4.266722 1.017234	
tailm	.1805915	.2535425	0.71	0.476	-.3163426 .6775256	
educ						
1	.1237293	.9475228	0.13	0.896	-1.733381 1.98084	
2	.9820719	1.085654	0.90	0.366	-1.145771 3.109914	
1.appgrop	4.850147	1.031453	4.70	0.000	2.828536 6.871759	
nactagr	-.0769619	.2465383	-0.31	0.755	-.5601682 .4062444	
typculprat						
1	1.794983	.8809243	2.04	0.042	.0684031 3.521563	
2	-.9571897	1.076061	-0.89	0.374	-3.06623 1.15185	
3	.3375031	1.286718	0.26	0.793	-2.184417 2.859424	
4	.3333644	1.394385	0.24	0.811	-2.39958 3.066309	
5	-.0674922	1.076879	-0.06	0.950	-2.178136 2.043151	
_cons	-.3728608	2.079298	-0.18	0.858	-4.448209 3.702488	

## Annexe 2 : Tableau pour le calcul des effets marginaux

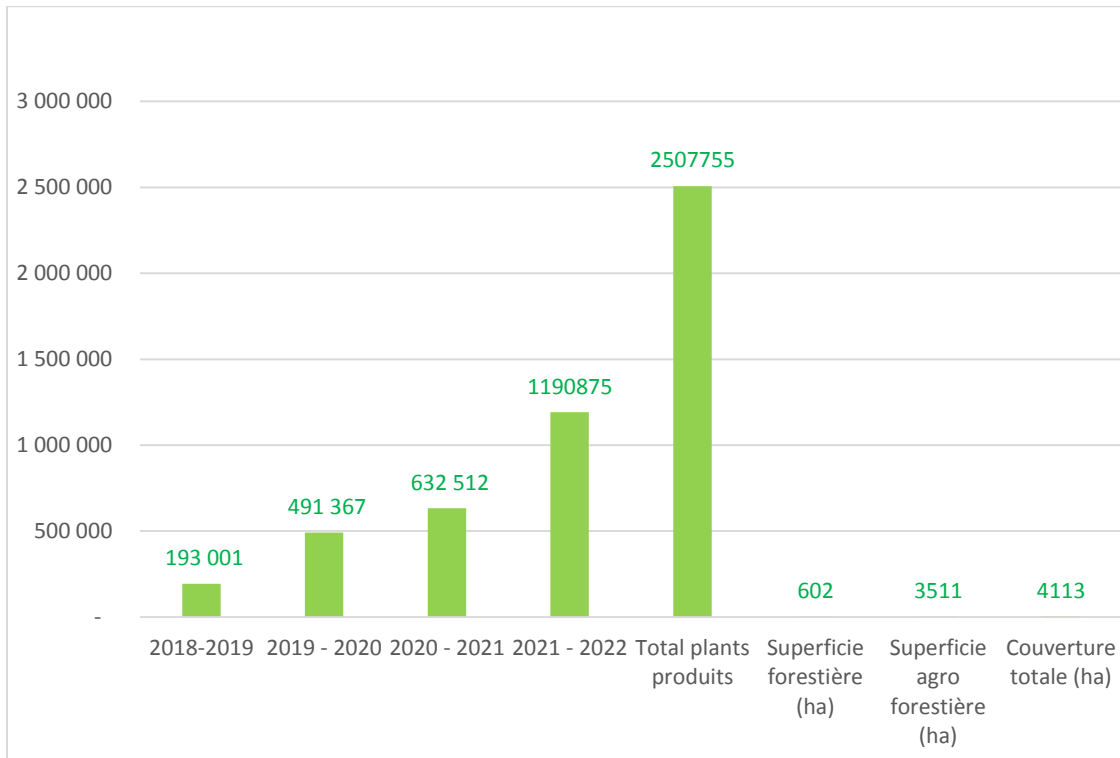
```
. margins, dydx(i.servagro superf i.esparbr i.sexe age ib1.mvf tailm i.educ i.appgrop nactagr i.tyculprat)
Average marginal effects          Number of obs   =          198
Model VCE      : OIM

Expression   : Pr(adpragro), predict()
dy/dx w.r.t. : 1.servagro 2.servagro superf 1.esparbr 2.esparbr 3.esparbr 4.esparbr 1.sexe age 0.mvf tailm
               1.educ 2.educ 1.appgrop nactagr 1.tyculprat 2.tyculprat 3.tyculprat 4.tyculprat 5.tyculprat
```

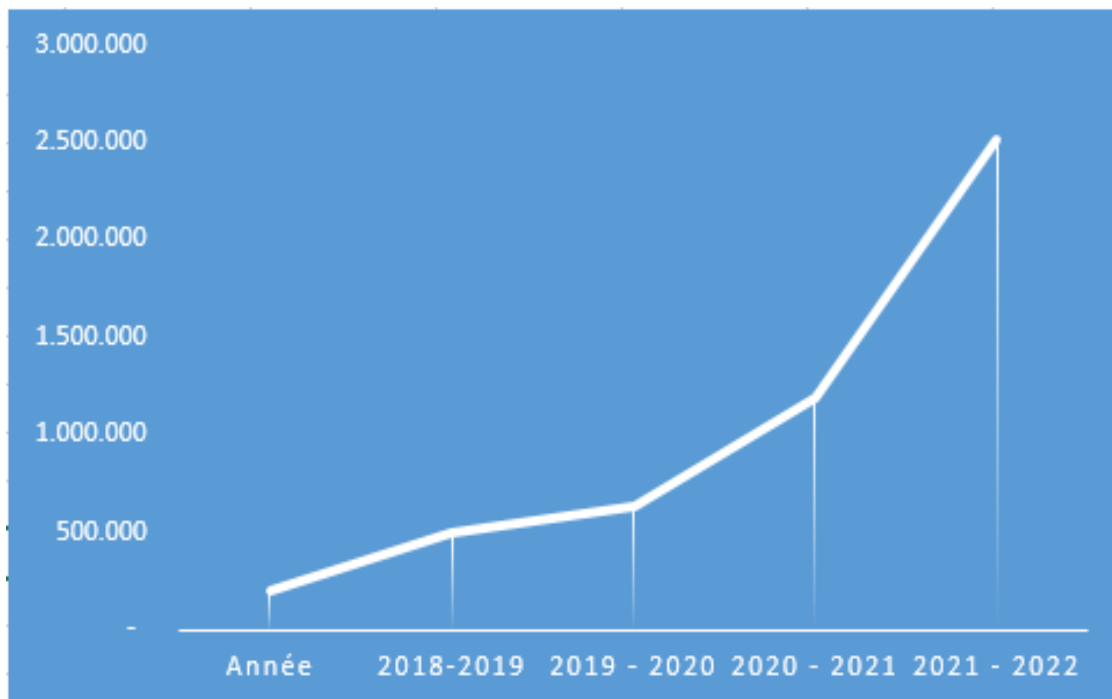
	Delta-method					[95% Conf. Interval]	
	dy/dx	Std. Err.	z	P> z			
servagro							
1	.0267599	.047498	0.56	0.573	-.0663344	.1198542	
2	-.3197685	.1138948	-2.81	0.005	-.5429981	-.0965388	
superf	-.0038761	.0011465	-3.38	0.001	-.0061233	-.0016289	
esparbr							
1	-.1700258	.0551239	-3.08	0.002	-.2780667	-.0619849	
2	-.1724006	.0814393	-2.12	0.034	-.3320187	-.0127825	
3	-.0333105	.0635698	-0.52	0.600	-.157905	.091284	
4	-.2134341	.1053581	-2.03	0.043	-.4199322	-.0069361	
1.sexe	-.0188634	.0453699	-0.42	0.678	-.1077867	.0700599	
age	.0026345	.0021028	1.25	0.210	-.0014869	.0067558	
0.mvf	-.119607	.109125	-1.10	0.273	-.333488	.094274	
tailm	.0112611	.0157023	0.72	0.473	-.0195148	.0420369	
educ							
1	.0083866	.0649735	0.13	0.897	-.1189591	.1357323	
2	.0574233	.0654515	0.88	0.380	-.0708593	.1857059	
1.appgrop	.4986828	.0868018	5.75	0.000	.3285543	.6688113	
nactagr	-.0047991	.0153761	-0.31	0.755	-.0349357	.0253375	
tyculprat							
1	.0918182	.0401657	2.29	0.022	.0130949	.1705416	
2	-.0780947	.0942114	-0.83	0.407	-.2627456	.1065563	
3	.022309	.0813976	0.27	0.784	-.1372274	.1818454	
4	.0220515	.0882146	0.25	0.803	-.150846	.194949	
5	-.0047853	.0768923	-0.06	0.950	-.1554915	.1459208	

Note: dy/dx for factor levels is the discrete change from the base level.

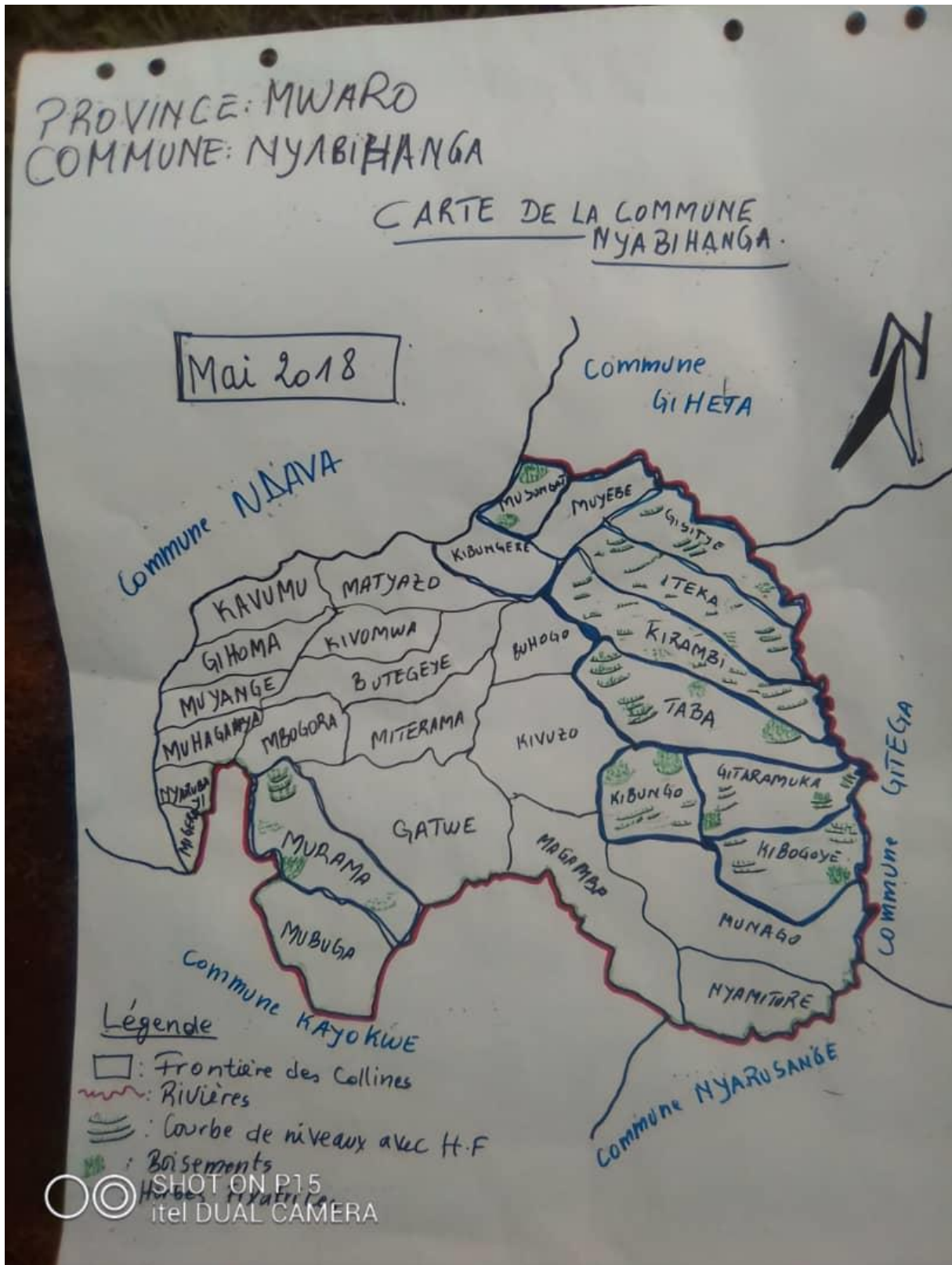
**Annexe 3 : Production des plants AF&F\_de 2018 à 2022\_ IAP à Nyabihanga**



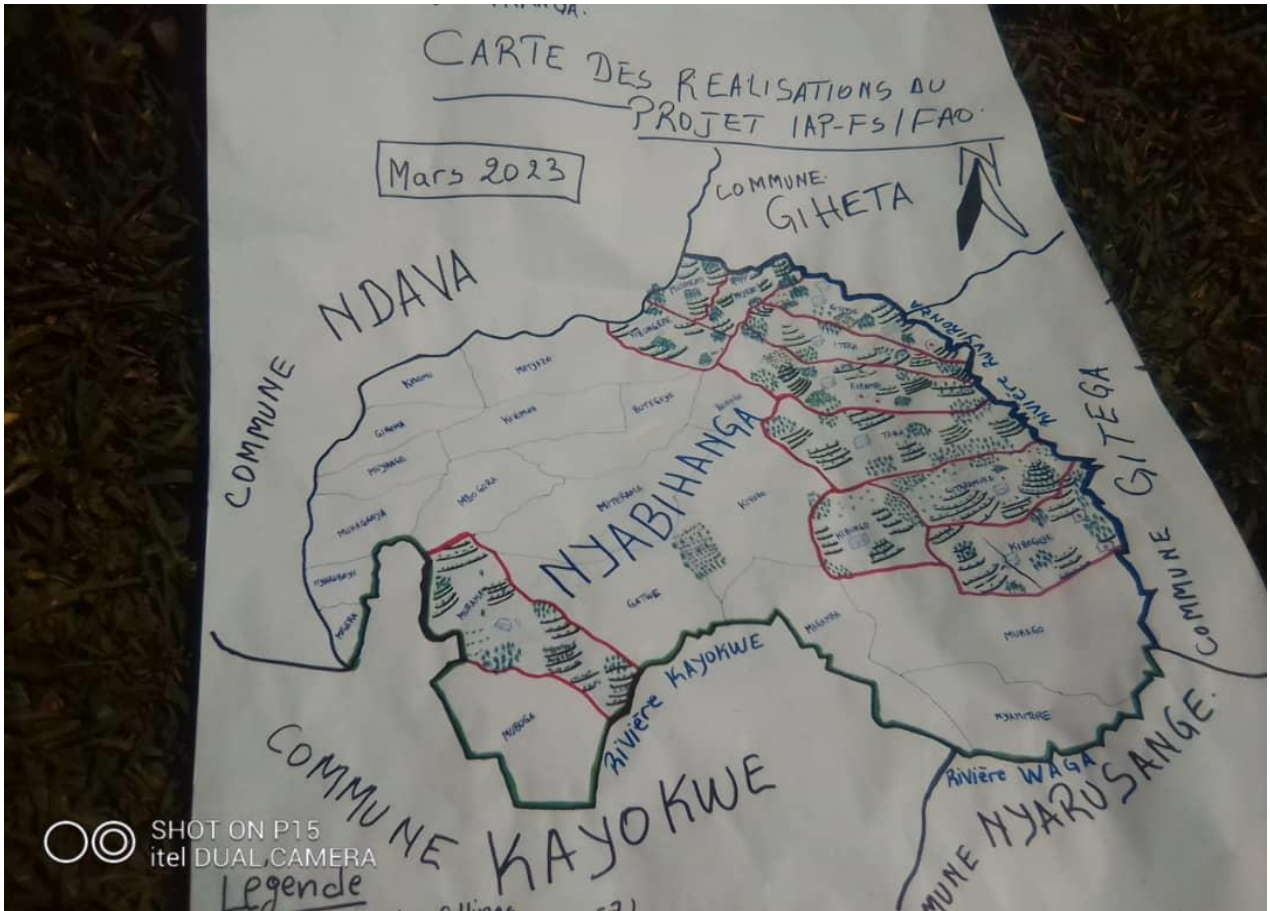
**Annexe 4 : Courbe d'évolution des plants pour les arbres et arbustes agroforestiers**



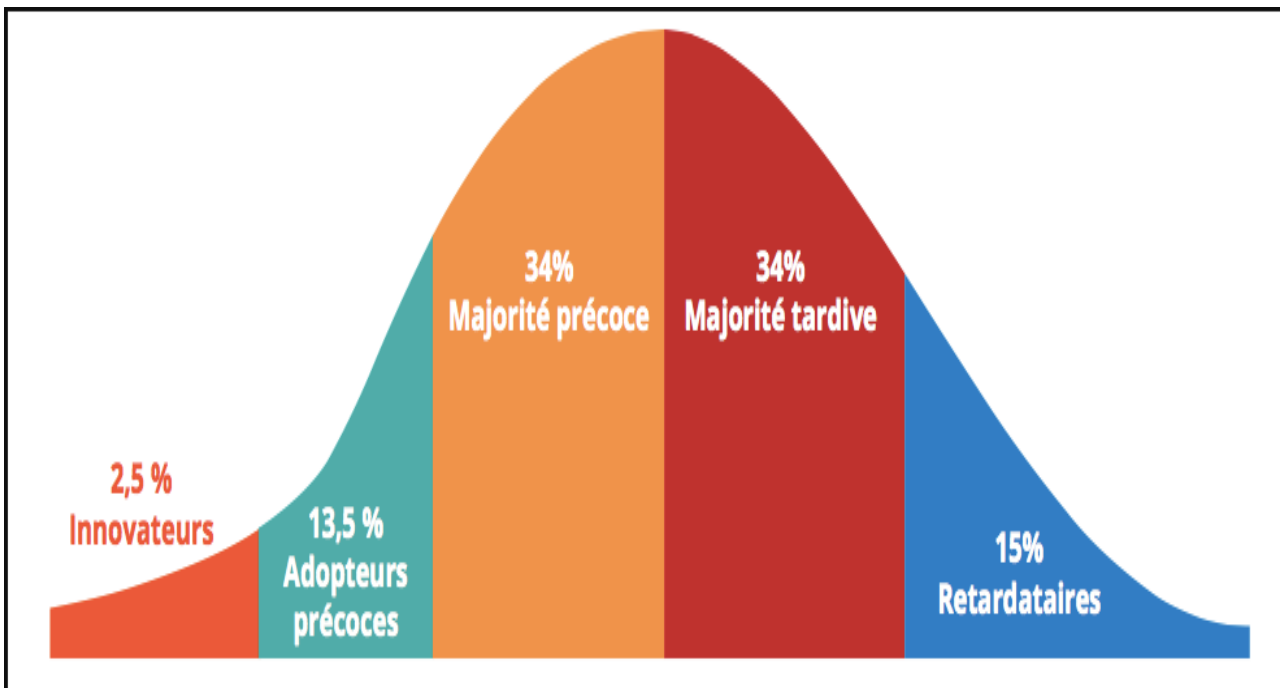
Annexe 5 : Carte de la zone d'étude avant projets



**Annexe 6 : Carte de la zone d'études après projets**



**Annexe 7 : La courbe en S d'EVERETT Roger pour l'adoption à la technologie**

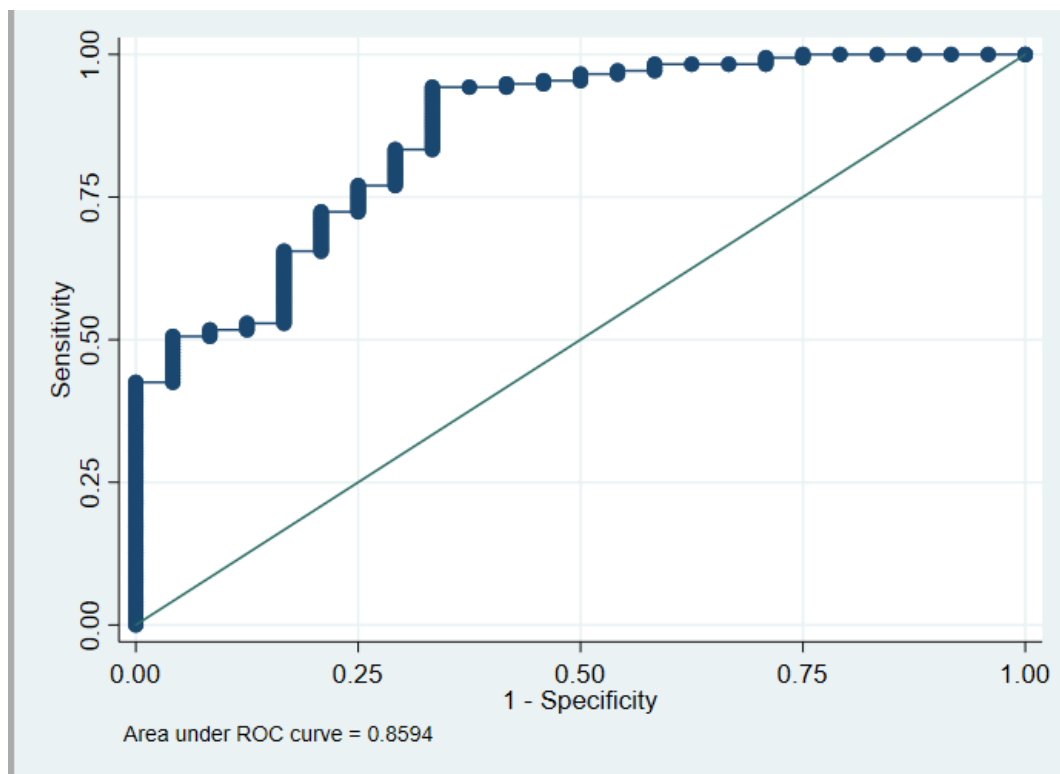


### Annexe 8 : Reboisements artificiels selon le statut juridique et par la commune

Communes	Etat	Boisements artificiels (en Ha)			
		Commune	Privés	Collectivités	Total
Bisoro	547.10	51.0	1279.45	15.0	1892.55
Gisozi	469.54	6.50	1524.90	392.0	2392.94
Kayokwe	683.26	34.5	121.10	21.2	860.06
Ndava	506.90	-	525.10	-	1032.00
Nyabihanga	260.00	128.1	1203.90	-	1592.00
Rusaka	445.04	10.0	1952	2.0	2409.04
<b>Total</b>	<b>2911.84</b>	<b>230.1</b>	<b>6606.45</b>	<b>430.2</b>	<b>10178.59</b>

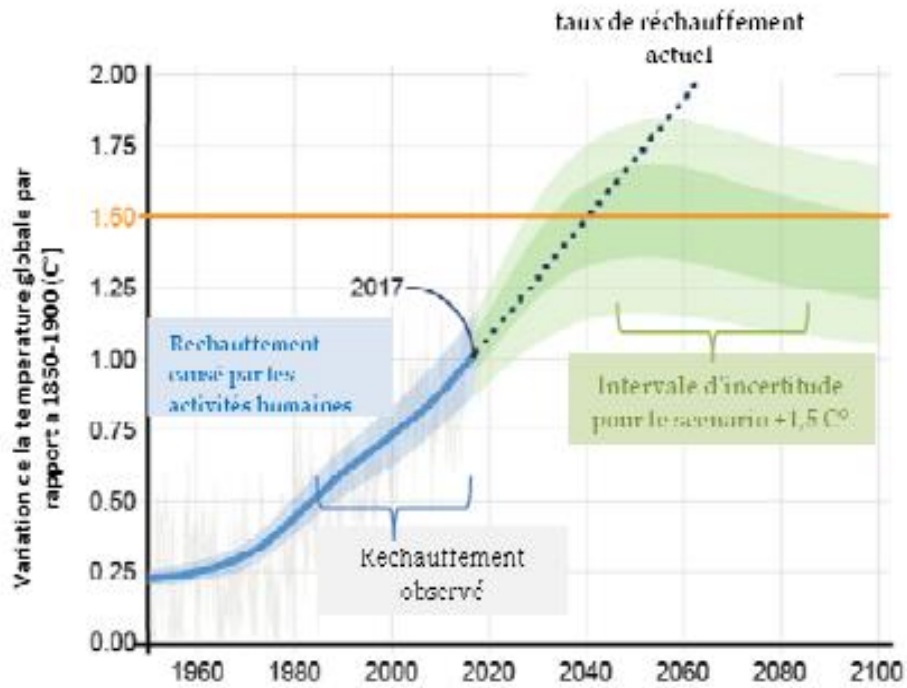
Source : Monographie de la province de Mwaro - 2006

### Annexe 9 : Qualité de la prédiction du modèle



**Le modèle est prédit à 85%**

**Annexe 10 : Le réchauffement anthropique global a atteint approximativement +1°C par rapport à l'ère préindustrielle. Au rythme actuel, le seuil de +1,5°C pourrait être atteint vers 2040.**



**Source :** M- \* Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat, a été créé en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

## **Annexe 11 : Questionnaire utilisé pour l'enquête**

### **QUESTIONNAIRE DESTINÉ AUX CULTIVATEURS DE LA COMMUNE NYABI- HANGA DANS LE MICRO-BASSIN VERSANT DE LA RUVYIRONZA**

Désiré NDAYONGEJE, Étudiant/Chercheur

MASTER/EERN, FSEG-BUJUMBURA

#### **0. Préliminaire**

0.1 Date de l'enquête :

0.2 Province : MWARO

0.3 Commune : Nyabihanga

0.4 Colline/ Village :

0.5 Type d'agriculture : 1. Agriculture patrimoniale  
2. Agriculture expérimentale

#### **I. DONNEES GENERALES SUR LE MENAGE**

**I.1. Nom du chef de famille** .....

##### **I.2. Niveau instruction formelle**

Niveau	Primaire	Secondaire	Universitaire	Aucun

**I.3. Si aucun niveau d'instruction formelle, alphabétisé ?**

1. oui

2. Non

**I.4. Age du chef de ménage** : .....ans

**I.5. Remplir le tableau de composition démographique du ménage (sexe et tranche d'âge)**

	Moins de 10 ans		10-15 ans		16-65 ans		65 ans et plus		Total
	M	F	M	F	M	F	M	F	
Total									

**I.6. Nombre total d'enfants scolarisés dans le ménage :**

.....

**I.7. Depuis quand êtes-vous installés dans cette colline ?**

1. J'y suis né
2. Moins de 10 ans
3. Entre 10 et 20 ans
4. Depuis plus de 20 ans

**I.8. Pourquoi avez-vous migré ? (Seulement pour les migrants sédentaires)**

1. Conflits dans la région d'origine
2. A la recherche de meilleures terres aptes à la culture
3. A la recherche d'emploi
4. A la recherche de meilleures structures d'encadrement
5. Autres (préciser).....

**I.9. Quelle (s) type (s) de cultures pratiquez-vous ?**

1. vivrières
2. Potagères
3. Polycultures
4. industrielles
5. Fruitières.
6. Fourragères
7. ornementales Semi ornementales
8. Améliorant le sol
9. Autres (préciser) .....

**I.10. Toutes vos parcelles sont-elles avec vous ?**

1. Oui
2. Non

### 1.11. Y'a -t- il des arbres qui n'ont pas poussé au cours de l'année écoulée ?

#### 1. Si Oui combien de :

-Grevillea :

-cedrella :

-Maesopsis :

-calliandra :

-Leucaena :

### 1.12. Possédez-vous des pépinières ?

1. Oui

2. Non

### 1.13. Si oui, quelle essence avez-vous dans les pépinières ?

1. Grivellea 2. Cedrella 3. Maesopsis 4. Calliandra 5. Leucaena

## II. EXPERIMENTATION, TECHNIQUES ET PROFIT

### II.1. Pratiquez-vous l'agriculture expérimentale ?

1. Oui

2. Non

II.2. Si oui, quelle est la superficie cultivée la campagne écoulée..... (en ha)

a) <0,5 ha

b) =0,5 ha

c) >0'5 ha

### II.4. Faites-vous l'association des arbres avec quelles cultures ?

1. si non pourquoi

2. si oui comment ?

1. L' association avec des cultures vivrières

2. L'association avec des cultures fourragères

3. L'association avec des cultures industrielles

4. L'association avec des cultures fruitières

5.L'association avec des cultures améliorant le sol

**II.6. Pratiquez-vous le remplacement des arbres âgés ?**

1. Oui 2. Non

**II.7. Si oui, quelle est la méthode vous utiliser ?**

- 1) Vous remplacez avant la coupe  
2) Vous remplacez après la coupe

**II.11. II.14. Avez-vous dans votre zone des clients pour les produits de l'agroforesterie ?**

1. Oui 2. Non

**II.15. Si oui, à quelle distance ?..... (En km)**

- 1) < 10km  
2) =10km  
3) >10km

**II.16. Comment faites-vous pour protéger vos arbres dans les champs ?**

- 1) Eviter le déracinement  
2) Faire les courbes de niveau  
3) Labourer tout autour des arbres  
4) Eviter les haricots grimpants de toucher sur les arbres

**II.17. Combien d'argent avez-vous gagné cette année ? (Évaluation des services de l'agroforesterie)**

- 1) <100000FBU  
2) =100000FBU  
3) >100000FBU

**II.18. Combien d'adultes de la famille se consacrent à l'agriculture ?**

- 1) moins de 5  
2) égale à 5  
3) plus de 5

### **II.19. Engagez-vous d'autres personnes en cas de déficit de main d'œuvre familiale ?**

1. Oui 2. Non

### **ii.20. Si oui, quelle est la saison pendant laquelle vous avez sollicité beaucoup des personnes pour travailler dans votre champ cette année ?**

- a) Pendant la saison des pluies b) Pendant la saison sèche

### **II.18. Quelle est la rémunération/an ? (Évaluation monétaire)**

- a) Pendant la saison des pluies
- .....

- b) En Saison  
sèche.....

## **III. APPREHENSION DES RELATIONS ENTRE LES AGRICULTEURS**

### **III.1. Rencontrez-vous des problèmes (conflits) de gestion des ressources dans votre localité entre éleveurs et agriculteurs ?**

1. Oui 2. Non

### **III.2. Ces conflits sont-ils importants ?**

1. Très fréquent 2. Fréquent 3. Peu fréquent

### **III.3. A votre avis, quelles sont les sources de ces problèmes ?**

1. Manque de concertation pour la gestion de l'espace rural
  2. Marginalisation de l'agriculture/préférence pour l'élevage
  3. Deux activités perçues comme concurrentes et non complémentaires
  4. Extension des surfaces de culture / dégâts
  5. Absence de couloirs de passage/pistes à bétail/occupation des espaces habituels de pâture
  6. Accroissement du nombre des éleveurs dans la région
  7. Forte présence de transhumants (zone de transit)
  8. Autres (préciser)
- .....



**IV.3. Depuis quand cette association existe-t-elle ?**

- 1) Avant les C.E.P
- 2) Après les C.E.P

**IV.4 Avez-vous entendu parler des services agro forestiers ?**

- 2.Oui
- 2. Non

**IV.5. Les agriculteurs participent-ils à la définition des règles de gestion de l'environnement?**

- 1. Oui
- 2. Non

**IV.6. Comment se fait cette participation ?**

.....

**VI. RECOMMANDATIONS**

**VI.1. Selon vous quels sont les trois problèmes qui semblent être les plus préoccupants pour l'agroforesterie dans votre région ?**

- 1.....  
.....  
.....
- 2.....  
.....  
.....
- 3.....  
.....  
.....

**VI.2. Face aux problèmes que rencontrent les systèmes de production agricole, que préconisez-vous faire pour une meilleure protection de l'environnement dans votre région ?**

- 1.....  
.....  
.....
- 2.....  
.....  
.....