UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Impact économique des semences de maïs hybride sur la production et le revenu agricole au Burundi

Nahimana, Amidou; Directeur : Dr.Ir. NGENDAKUMANA Serge (PhD); Co-Directeur : BARARYENYA Astère, PhD

2022-01

UB

https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/505

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE
DEPARTEMENT DE SOCIO-ECONOMIE RURALE
PROGRAMME DE MASTER EN DEVELOPPEMENT RURAL ET AGRO-BUSINESS

Impact économique des semences de maïs hybride sur la production et le revenu agricole au Burundi

Par

Amidou NAHIMANA

MÉMOIRE

Présenté en vue d'obtenir

Le diplôme de Master

DIRECTEUR DE MEMOIRE:

Dr.Ir. NGENDAKUMANA Serge (PhD)

CO-DIRECTEUR DE MEMOIRE:

BARARYENYA Astère, PhD

MEMBRES DU JURY

- Président : Dr. Ir. GAHUNGU Antoine
- Directeur : Dr. Ir. NGENDAKUMANA Serge (PhD)
- Co-directeur : BARARYENYA Astère, PhD
- Secrétaire : NIYONZIMA Audace, Msc

DEDICACE

A nos regrettés parents ;

A nos frères et sœurs ;

A tous nos amis et connaissances.

Nous dédions ce mémoire

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche marqué de multiples épreuves, a nécessité l'aide et la collaboration de plusieurs personnes. Il est donc légitime de leur exprimer notre profonde gratitude.

Nos sincères remerciements sont adressés tout particulièrement à mon Directeur de mémoire Dr. Ir. NGENDAKUMANA Serge (PhD) enseignant chercheur de l'Université du Burundi et à mon Codirecteur BARARYENYA Astère (PhD) pour nous avoir guidé dans cette recherche malgré leurs multiples préoccupations. Leurs rigueurs scientifiques, leurs patiences et leurs conseils et orientations nous ont donné une impulsion indéniable pour l'aboutissement de ce travail. Que les autres membres du jury soient aussi rassurés de notre profonde reconnaissance pour avoir accepté de lire ce mémoire et d'être membre et président du jury, malgré leurs multiples responsabilités.

Nous tenons aussi à remercier tous nos éducateurs de l'école primaire à l'Université, tous les enseignants de la FABI en département de Socio-Economie Rurale notamment pour la qualité de la formation tant morale qu'intellectuelle qu'ils nous ont donnée.

Nous ne saurions terminer sans remercier certains collègues mémorands qui nous ont tellement aidés dans cette recherche, mais aussi des amis proches et en particulier Msc BIZOZA Saidi, socio-économiste de l'IITA pour ses suggestions.

Que tous mes collègues mémorands et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réussite de ce travail trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

NAHIMANA Amidou

RESUME

L'innovation agricole permet d'améliorer la productivité, augmenter les revenus et assurer la sécurité alimentaire. Le Burundi, à l'instar des autres pays investit dans la recherche et le développement agricole. Toutefois, le constat est que l'adoption des nouvelles technologies agricoles demeure faible, entrainant des rendements moyens en deçà du potentiel des variétés améliorées et en particulier les semences de maïs hybride.

Cette étude avait but d'analyser l'impact de l'adoption des semences de maïs hybride sur la production, le revenu agricole et la sécurité alimentaire des ménages agricoles.

Une enquête de terrain a été réalisée sur un échantillon de 87 individus comprenant les adoptants (groupe de traitement) et les non adoptants (groupe de contrôle ou de comparaison) de semences de maïs hybride. Ceci a été fait dans l'optique de comparer les performances agricoles des deux groupes et de tirer des conclusions qui s'imposent en se basant sur la similarité des caractéristiques observables.

Pour cela, la méthode d'appariement par score de propension a été utilisée dans l'analyse économétrique des données. L'impact de l'adoption a alors été estimé sur la production du maïs et le revenu agricole des ménages.

Les résultats économétriques montrent que l'adoption d'hybrides de maïs a un impact positif et significatif sur la production et le revenu agricole des agriculteurs. En effet, l'impact sur la production ou ATT (Average Treatment for the Treated) est de 1233 Kg avec un T-test de 5,076 tandis que l'impact sur le revenu agricole(ATT) est de 2 271 261 Fbu avec un T-test de 4,901. Sur l'aspect efficience technique, il faut noter que l'efficacité technique moyenne des producteurs d'hybrides est de 0,99, tandis qu'elle est de 0,43 pour les producteurs de « maïs tout venant ». Les contraintes majeures évoquées sont l'indisponibilité des semences et le cout élevé des semences hybrides de maïs.

Mots clés : semence, mais hybride, mais tout venant, impact, production, revenu

ABSTRACT

Agricultural innovation helps to improve productivity, increase income and ensure food security. Burundi, like other countries, invests in agricultural research and development. However, the adoption of new agricultural technologies remains low, resulting in average yields below the potential of improved varieties and in particular hybrid maize seeds.

This study aimed to assess the impact of hybrid maize seed adoption on production, farm income and food security of Burundian farm households.

A field survey was conducted on a sample of 87 individuals comprising adopters (treatment group) and non-adopters (control or comparison group) of hybrid maize seed. This was done with a view to comparing the agricultural performance of the two groups and drawing conclusions based on the similarity of observable characteristics.

For this purpose, the propensity score matching method was used in the econometric analysis of the data. The impact of adoption was then estimated on maize production and household farm income.

The econometric results show that the adoption of maize hybrids has a positive and significant impact on the agricultural production and income of Burundian farmers. Indeed, the impact on production or ATT (Average Treatment for the Treated) is 1233 Kg with a T-test of 5.076 while the impact on agricultural income (ATT) is 2,271,261 BIF with a T-test of 4.901. In terms of technical efficiency, it should be noted that the average technical efficiency of hybrid producers is 0.99, while it is 0.43 for producers of 'all maize'. The major constraints mentioned are the unavailability of seed and the high cost of hybrid maize seed.

Key words: seed, hybrid maize, common maize, impact, production, income

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY i
DEDICACE ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
TABLE DES MATIERES vi
LISTE DES TABLEAUX ix
LISTE DES FIGURES x
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS xi
AVANT-PROPOS xii
CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE 1
I.1. Contexte et justification 1
I.2. Problématique de recherche 2
I.3. Objectifs 4
I.4. Hypothèses de recherche 4
I.5.Intéret du sujet 5
I.6.Cadre théorique et conceptuel 6
CHAPITRE II : REVUE DE LA LITTERATURE SUR LE MAÏS 8
II.1. Introduction 8
II.2. Production de maïs dans le Monde 9
II.3. Utilisations du maïs 10
II.4. Importance du maïs au Burundi 11
II.4.1. Evolution de la production de maïs 11
II.4.2. Evolution des importations de maïs 14
II.4.3. Description de la chaîne de valeur du maïs 15
II.5. Le secteur des semences au Burundi 15
II.5.1. La production de pré-bases 17
II.5.2. Production de semences de base et commerciales 18
CHAPITRE III : INTERET DE L'ADOPTION DES SEMENCES DE MAÏS HYBRIDE ET NOTION D'EVALUATION D'IMPACT 20

III.1. Introduction 20
III.2. Révolution du maïs hybride et son expansion dans le monde 20
III.3. Production des hybrides de maïs 21
III.3.1. Définition 21
III.3.2. Production des semences 21
III.4. Différents types d'hybrides 23
III.5. Accès aux variétés 23
III.6. Les avantages et inconvénients de l'utilisation des hybrides de maïs 24
III.7. Les déterminants de l'adoption des semences de maïs hybride 25
III.8. Cadre conceptuel de l'évaluation d'impact 25
III.8.1. Modèle de causalité 26
III.8.2. L'objet de la mesure dans l'évaluation d'impact 27
CHAPITRE IV : APPROCHE METHODOLOGIQUE 28
IV.1. Caractéristiques de la zone d'étude 28
IV.2. Revue documentaire et empirique 29
IV.2.1. Revue documentaire 29
IV.2.2. Revue empirique 29
IV.3. Echantillonnage 32
IV.4. Processus de collecte de données 32
IV.5. Description des variables étudiées 33
IV.6. Méthodes économétriques 34
a. Le modèle Probit 34
b. L'appariement par score de propension (PSM) 34
IV.7. Dépouillement et Traitement des données 35
CHAPITRE V : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 36
V.1. Présentation des résultats 36
V.1.1. Statistiques descriptives 36
V.1.2. Répartition des enquêtés selon le statut de traitement 37
V.1.3. Répartition des enquêtés selon le niveau d'étude 40
V.1.4. Facteurs explicatifs de la production et du revenu agricole 41
V.1.5. Coûts de production et rentabilité 42

V.1.6. Appariement par score de propension avec support commun....43
V.1.6.1. Statut du traitement....43
V.1.6.2. Estimation du score de propension....43
V.1.7. Impact de semences de maïs hybride....45
V.1.7.1. Impact sur la production....45
V.1.7.2. Impact sur le revenu agricole....46
V.1.8. Efficience technique des producteurs de maïs....47
V.1.9. Utilisation des revenus issus de la commercialisation du maïs hybride....48
V.1.10. Avantages de la culture de maïs hybride au niveau des producteurs enquêtés....49
V.1.11. Contraintes liées à la production de maïs hybride....50
V.2. Discussion des résultats....50
V.2.1. Effet de l'utilisation des semences hybrides sur la production et le revenu....50
V.2.2. Application des engrais et pratiques agroécologiques....51
V.2.3. Contraintes d'adoption relatives au prix....52
V.2.4. Vers une perspective d'amélioration du système semencier burundais....53
CHAPITRE VI : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS....54
VI.1. Conclusion....54
VI.2. Recommandations....55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES....57
ANNEXES....63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Superficie totale cultivée de maïs par province pendant les trois saisons 12

Tableau 2 : Rendement du maïs en culture pure par province pendant les trois saisons... 13

Tableau 3 : Poids net en Tonnes de maïs importé 14

Tableau 4 : Valeur des importations en millions de Fbu 14

Tableau 5 : Production annuelle de semences de base (en Kg) de 2016-2019..... 19

Tableau 6 : Importation de semences certifiées au Burundi..... 24

Tableau 7 : Description des variables étudiées..... 33

Tableau 8: Statistiques descriptives des variables quantitatives..... 36

Tableau 9 : Répartition des enquêtés selon le statut de traitement 37

Tableau 10 : Statistiques descriptives pour les deux groupes, bénéficiaires et Non bénéficiaires 37

Tableau 11: Répartition des enquêtés selon sexe..... 39

Tableau 12: Les facteurs explicatifs de la production 41

Tableau 13 : Comparaison des coûts de production (Mais tout venant vs Mais hybride) 42

Tableau 14 : Statut du traitement..... 43

Tableau 15 : Estimation du score de propension 44

Tableau 16 : Impact des semences de maïs hybride sur la production..... 46

Tableau 17 : Impact du maïs hybride sur le revenu agricole..... 46

Tableau 18 : Efficience technique des producteurs de mais..... 47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cadre conceptuel de l'étude 6
Figure 2 : Evolution de la production de maïs de 2009 à 2018 11
Figure 3 : Evolution de la production des semences de pré-bases de maïs 18
Figure 4: Pourcentage des enquêtés par sexe..... 39
Figure 5: Répartition des enquêtés selon le niveau d'étude..... 40
Figure 6: Distribution des scores de propension dans les deux groupes, bénéficiaires et non bénéficiaires 45
Figure 7 : Biens acquis grâce aux revenus issus du maïs hybride 48

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

EAC : East African Community

ENAB : Enquête Nationale Agricole du Burundi

INECN : Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature

FAO : Food and Agriculture Organisation

INEAC : Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo belge

ISABU : Institut des Sciences Agronomiques du Burundi

ISTEEBU : Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi

ITC : International Trade Centre

KBM : Kernel Based Matching

KCl : Chlorure de potassium

NASECO : NALWEYO Seed Company

NNM : Nearest Neighbor Matching

OGM : Organisme Génétiquement Modifié

ONG : Organisme Non Gouvernemental

ONCCS : Office National de Contrôle et de Certification des Semences

PND : Plan National de Développement du Burundi

PSM : Propensity Score Matching

PNSA : Programme National de Sécurite Alimentaire

SM : Stratification Matching

USAID : United States Agency for International Development

USDA : United States Department of Agriculture

AVANT-PROPOS

Le présent travail intitulé « **Impact économique des semences de maïs hybride sur la production et le revenu agricole au Burundi** » est un mémoire de fin du deuxième cycle du nouveau système Baccalauréat-Mastère-Doctorat (BMD). L'objectif global de ce travail est d'analyser l'impact de l'adoption des semences de maïs hybride sur la production, le revenu agricole et la sécurité alimentaire des ménages agricoles.

Au Burundi, la culture du maïs hybride est relativement nouvelle. Un hybride étant le résultat du croisement de deux individus d'une même espèce ou d'espèces apparentées, il est caractérisé par des rendements de loin supérieurs à ceux des composites. Les semences de maïs hybride fournissent aux agriculteurs des variétés génétiquement améliorées, tels que des rendements potentiels élevés et des combinaisons de traits uniques pour les maladies et les conditions de croissance défavorables. Cependant, les ménages agricoles burundais utilisent essentiellement des semences et plants locaux. La situation d'utilisation des semences améliorées de maïs au niveau des agriculteurs burundais est très faible ce qui se traduit, entre autres facteurs de production, par des rendements en grain très faibles par rapport à celui obtenu dans les différentes Stations de Recherche de l'ISABU. De surcroit, les agriculteurs ne sont pas sensibilisés sur l'usage des semences sélectionnées surtout pour le maïs qui est une plante allogame.

Divers travaux ont été faits sur le maïs et pourtant, le secteur semencier en général et en particulier des semences de maïs hybride n'a pas encore bénéficié de beaucoup de recherches jusqu'à maintenant à part des fiches techniques et certains rapports sur la production, publiés par l'ISABU. La présente recherche sur l'analyse d'impact de l'utilisation des semences de maïs hybride vient apporter une contribution non négligeable sur le plan scientifique et social. Elle est tout autant utile aux acteurs de la chaine semencière, des producteurs agricoles et des consommateurs finaux de maïs.

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I.1. Contexte et justification

Le maïs est la première céréale cultivée dans le monde en termes de quantité et de surface, devant le blé et le riz. Le maïs est cultivé dans des conditions de culture très variées allant du climat tropical au climat tempéré, depuis le niveau de la mer jusqu'à 3.000 mètres d'altitude. Cultivé sur tous les continents, le maïs est adapté à un schéma d'agriculture vivrière comme c'est le cas en Afrique subsaharienne, ou au contraire plus intensif comme aux Etats-Unis[1].

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**).

Le secteur agricole est, de ce fait, la principale source de croissance de l'économie et la base à partir de laquelle doit partir le processus de transformation de l'économie burundaise. Dans cette optique, la contribution du secteur rural à la création des richesses pour mieux lutter contre la pauvreté s'appuiera sur l'augmentation de la production des cultures vivrières, d'exportation, de l'élevage, de la pisciculture, la sauvegarde des ressources naturelles et de la gestion durable de l'environnement (**PNSA, 2009**).

Parmi les cultures vivrières principalement pratiquées au Burundi, les céréales occupent une place très importante. Plus de 70 % de la production vivrière est issu des céréales. Le maïs est la céréale la plus largement cultivée à travers tout le pays suivi par le sorgho, le riz, le blé et l'éleusine (**KAMEYA, 2014**).

La recherche sur le maïs au Burundi existe depuis l'époque de l'INEAC vers les années 1929 dans la station de Gisozi. A cette époque, plusieurs variétés d'origines diverses furent introduites et évaluées. Les essais et les introductions se sont poursuivis après la reprise des activités de l'INEAC par l'ISABU. Il constitue la première céréale au Burundi tant au point

[1] https://www.semae-pedagogie.org/sujet/mais-importance-economique/

de vue production totale annuelle que superficie emblavée. Il est pratiquement cultivé partout, mais c'est surtout dans la zone de haute altitude où il constitue l'aliment de base pour la population (**KAMEYA, 2014**). Cependant, le rendement en grain est très faible au niveau des agriculteurs burundais (moins de 1 t/ha) par rapport à celui obtenu dans les différentes Stations de Recherche de l'ISABU (3 t/ha). Les agriculteurs ne sont pas sensibilisés sur l'usage des semences sélectionnées surtout pour le maïs qui est une plante allogame (**NKURUNZIZA et al.,2012**).

I.2. Problématique de recherche

Le maïs joue un rôle dominant dans les systèmes agricoles de l'Afrique rurale. L'augmentation de sa productivité par l'utilisation de variétés améliorées à haut rendement peut donc améliorer les moyens de subsistance des ménages agricoles (**Langyintuo et al.,2008**).

La moitié de la surface de maïs (soit 6,7 millions d'hectares) est encore cultivée avec des variétés traditionnelles non améliorées à faible rendement. Au niveau régional, les principaux goulets d'étranglement de la production de semences auxquels sont confrontés les producteurs de semences sont (i) le manque d'accès au germoplasme approprié, (ii) les contraintes techniques de production, et (iii) le manque de ressources financières, en particulier pour les entreprises semencières émergentes, pour produire et traiter les semences (**Langyintuo et al.,2008**). L'une des principales causes de la faible productivité du maïs dans la région est l'utilisation insuffisante de semences certifiées ou de qualité de variétés de maïs améliorées (**CIMMYT,1998 ; 2022 cité par Langyintuo et al.,2008**).

Le Burundi est un des pays d'Afrique sub-saharienne où les agriculteurs dépendent surtout du secteur semencier informel, qui est principalement composé d'un ménage ou le système familial de conservation de semences et d'un système à base communautaire. Le système semencier familial et le système communautaire constituent ensemble le secteur semencier informel. Ces systèmes continuent de représenter de loin la plus importante source de semences pour le moyen terme, et probablement, même à long terme. L'impact sur la

sécurité alimentaire et la production agricole de ce secteur informel est essentiel et son amélioration est une occasion de lutter efficacement contre la pauvreté parmi les ménages pauvres agriculteurs burundais (**ISSD Africa, 2012**).

Le secteur semencier burundais est un domaine d'intérêt national clé et une priotité pour le moment. Il connait certes une croissance du moment qu'il est soutenu et mis au premier plan par le gouvenement et par beaucoup de bailleurs. Cependant, toute la chaîne semencière est désorganisée car il existe des centres semenciers dédiés à la production de semences de base et commerciales. Les demandes de semences sont toujours plus disponibles et l'ISABU ne peut pas toutes les satisfaire et chaque producteur de semences se rue à la porte de l'ISABU pour obtenir des semences en raison du manque de semences de base et commerciales (**ISSD Africa, 2012**).

En général au Burundi, les ménages agricoles utilisent essentiellement des semences et plants locaux. La proportion d'utilisation des semences et plants améliorés par des ménages agricoles a été faible dans les trois saisons agricoles. La proportion a été estimée à 19,5 % en 2017 A, en saison B (2,6 %) et 1,6 % en saison 2017 C. La situation d'utilisation des semences améliorées de maïs est très faible avec une proportion nationale moyenne de 4,3 % **(ENAB, 2018).**

Maunder (1998) explique cette situation en stipulant que les améliorations majeures réalisées par la station expérimentale n'apparaissent souvent que dans les rapports annuels et ne sortent pas du cadre de la station expérimentale tandis que les rendements au niveau des producteurs restent faibles. Le manque d'infrastructures adéquates pour une multiplication et une distribution effectives des cultivars améliorés tels que ceux dérivés de l'hybridation, lesquelles nécessitent une contribution de la part du secteur privé est vraisemblablement la cause de cet échec.

Suite à la problématique énoncée, nous sommes en droit de nous poser les questions suivantes :

- Quels sont les effets et impacts de l'adoption des semences de maïs hybride sur les activités productives et le revenu agricole des agriculteurs burundais de la plaine de l'Imbo ?
- Quelle est la plus-value socio-économique et organoleptique liée à l'adoption des semences de maïs hybride au sein des ménages ?
- Quels sont les déterminants de l'adoption des semences hybrides chez l'agriculteur ?

I.3. Objectifs

Ce travail a donc pour objectif global d'analyser l'impact de l'adoption des semences de maïs hybride de sur la production, le revenu agricole et la sécurité alimentaire des ménages agricoles.

Spécifiquement l'étude vise à :

- Evaluer la rentabilité des facteurs de production du maïs.

- Identifier les déterminants d'adoption des semences de maïs hybride chez l'agriculteur burundais dans la plaine de l'Imbo.

- Mesurer l'impact de l'adoption des semences de maïs hybride sur la production, le revenu agricole et les dépenses alimentaires des ménages agricoles dans la plaine de l'Imbo.

I.4. Hypothèses de recherche

Les hypothèses à vérifier tout au long de cette étude sont les suivantes :

H1 : L'adoption de semences de maïs hybride améliore les conditions économiques et la situation sociale des producteurs burundais de la plaine de l'Imbo.

H2 : L'utilisation des semences de maïs hybride permet d'augmenter la production de façon significative et de ce fait le revenu moyen des ménages agricoles burundais de la plaine de l'Imbo.

I.5.Intéret du sujet

Les semences sont essentielles dans les systèmes agricoles. Elles sont la première étape vers la production d'aliments et sont donc cruciales pour assurer la sécurité alimentaire des populations. De leur qualité, leur accessibilité et leur diversité, dépend le succès des agriculteurs dans leurs activités de production (**GRAIN DE SEL, 2011**).

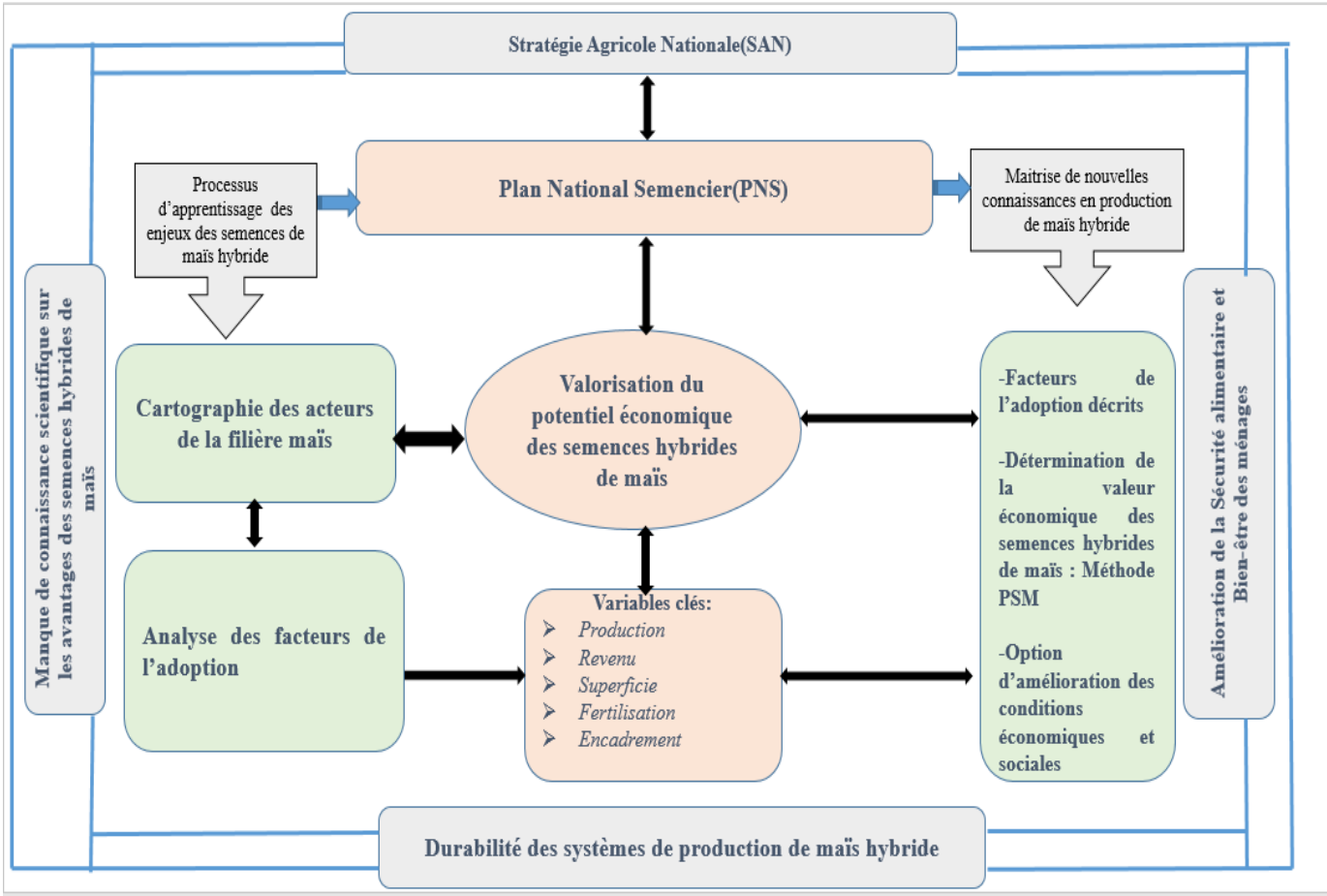
La disponibilité des semences de qualité constitue l'une des principales contraintes à l'intensification durable de la production agricole. Les semences constituent un important facteur de développement agricole pour toute production végétale. Elles contribuent à près de 30 % de la productivité des cultures **(IFDC, 2012 cité par MPETEYE J.B et al., 2014)**. D'après cette étude, la qualité des semences pourrait contribuer jusqu'à 40 % à l'accroissement des rendements. De ce point de vue, il est nécessaire qu'une attention particulière leur soit accordée.

Au Burundi, la culture du maïs hybride est relativement nouvelle. Divers travaux ont été faits sur le maïs. Pourtant, le secteur semencier en général et en particulier des semences de maïs hybride n'a pas encore bénéficié de beaucoup de recherches jusqu'à maintenant à part des fiches techniques et certains rapports sur la production, publiés par l'ISABU. La présente recherche sur l'analyse d'impact de l'utilisation des semences de maïs hybride vient apporter une contribution non négligeable sur le plan scientifique et social. Elle est tout autant utile aux acteurs de la chaine semencière, des producteurs agricoles et des consommateurs finaux de maïs.

I.6.Cadre théorique et conceptuel

Un cadre conceptuel est un outil d'analyse qui est utilisé pour obtenir une compréhension globale d'un phénomène. Il peut être utilisé dans différents domaines de travail et est le plus souvent utilisé pour expliquer visuellement les concepts ou variables clés et les relations entre eux qui doivent être étudiés[2].

Figure 1 : Cadre conceptuel de l'étude



Source : Auteur, Cadre conceptuel de l'étude (Adapté de Ngendakumana et al. 2014)

[2] https://creately.com/fr/usage/cadre-conceptuel-exemples-de-modeles/

Selon la SAN (2018), les rendements actuels des cultures vivrières sont largement inférieurs aux rendements potentiels suite à un usage insuffisant d'intrants performants, une faible exploitation des potentialités agricoles et une faible capacité des services d'appui à la production. Parmi les contraintes évoquées le manque de semences et une faible utilisation d'autres intrants performants est cité. L'accès limité aux semences découle donc de cette situation et favorise les importations des semences des sociétés étrangères, ce qui crée la dépendance vis-à-vis de l'extérieur. Au niveau de la Stratégie Agricole Nationale (2018), la projection du pays est d'assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle durable à tous via l'accroissement durable de la production agricole. Notre recherche s'inscrit donc dans cette optique afin de documenter les facteurs d'adoption des semences de maïs hybride pour valoriser leur potentiel économique et ainsi contribuer à la promotion de l'agriculture commerciale source de revenus et de bien-être.

CHAPITRE II : REVUE DE LA LITTERATURE SUR LE MAÏS

II.1. Introduction

Le maïs est l'une des cultures les plus importantes pour l'alimentation humaine, avec une production mondiale annuelle de l'ordre de 2,5 milliard de tonnes. Il fait partie des principales cultures céréalières mondiales, constituant ainsi le pilier de la sécurité alimentaire du monde (**FAO, 2016**).

Les deux principaux producteurs, les Etats-Unis et la Chine, représentent près de 60% du total mondial, avec respectivement 40% et 20%. Dans ses prévisions de 2017, l'USDA a estimé la production mondiale de maïs à 481,3 millions de tonnes pour la campagne 2017/2018[3] .

En Afrique, le maïs est le principal aliment de base de la plupart des pays. Ainsi, la sécurité alimentaire de la région dépend essentiellement de sa disponibilité et de son prix. En Afrique du Sud et en Zambie, les deux plus grands producteurs excédentaires du continent, les premières estimations de production montrent des baisses de 27% et de 21% de la récolte de 2016 par rapport à celle de 2015, respectivement (**SOKHNA, 2018**).

[3] https://www.ecofinance.sn

II.2. Production de maïs dans le Monde

Au niveau mondial, la production totale de maïs était estimée à 1136 millions de tonnes lors de la campagne 2020-2021. Les Etats unis sont le premier pays producteur de maïs avec une production de 358,4 millions de tonnes, suivis par la Chine avec 260,7 millions de tonnes et le Brésil avec 87,1 millions de tonnes. Le premier pays producteur de maïs en Afrique est l'Afrique du Sud avec 17 millions de tonnes. Le premier pays importateur de maïs dans le monde est le Japon avec 16,2 millions de tonnes tandis que le premier pays importateur de maïs en Afrique est l'Egypte avec 9,7 millions de tonnes sur 188,1 millions de tonnes importées au niveau mondial lors de la campagne 2020-2021[4].

Le maïs est la culture alimentaire de base la plus largement pratiquée en Afrique subsaharienne. Elle occupe plus de 33 millions ha chaque année. La culture couvre presque 17 % des quelques 200 millions ha de terres cultivées en Afrique subsaharienne. On estime que plus de 300 millions de personnes en Afrique subsaharienne dépendent du maïs comme source d'alimentation et de subsistance. Les zones consacrées à la production de maïs et de céréales ont augmenté de manière considérable dans les régions d'Afrique subsaharienne depuis 1961. Même si certains pays tels que l'Éthiopie, avec plus de 3 t/ha ont sensiblement renforcé leur productivité, le rendement moyen du maïs en Afrique subsaharienne (estimé à environ 1,8 t/ha) demeure très en-deçà du rendement moyen du maïs (environ 5 t/ha). (**FAOSTAT, 2015**)

Le rôle central du maïs comme aliment de base en Afrique subsaharienne est comparable à celui du riz ou du blé en Asie. Les taux de consommation sont les plus élevés en Afrique orientale et Australe (**HAROLD, 2015**). Le maïs compose presque la moitié des apports en calories et en protéines en Afrique Orientale et Australe (AOA), et un cinquième en Afrique occidentale. Les rendements moyens régionaux peuvent atteindre 1,7 t/ha en Afrique de l'Ouest et 1,5 t/ha en Afrique de l'Est et 1,1 t/ha en Afrique australe (**SMALE et al., 2011**).

[4] http://www.igc.int/fr/markets/marketinfo-sd.aspx

II.3. Utilisations du maïs

Les utilisations du maïs varient beaucoup selon le niveau économique des pays. Dans ceux à faible revenu, le maïs est surtout réservé à la consommation humaine directe, sous forme d'épis immatures, de farine ou de semoule. En revanche, dans les pays développés, il constitue une matière première pour l'alimentation du bétail, l'industrie de la semoule et celle de l'amidon (**CIRAD, 2002**).

Cette dernière est en pleine expansion en Europe et aux Etats-Unis (près de 20 % des utilisations domestiques). Ses débouchés sont très diversifiés : produits alimentaires (isoglucose, pectines), chimiques (biocarburants, plastiques), pharmaceutiques, textiles, papetiers. Les germes de maïs donnent de l'huile qui sert pour l'alimentation humaine, pour la fabrication de margarines, de savons, de vernis, de textiles artificiels, etc. Enfin, on peut cultiver le maïs comme fourrage vert ou pour faire de l'ensilage pour les bovins (**CIRAD, 2002**).

Le maïs fait partie des céréales les plus consommées dans toutes les régions du Burundi. De ce fait, il joue un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire du pays, d'autant plus qu'il est riche en nutriments. La grande majorité de la production domestique est autoconsommée par les producteurs et leurs familles, et ce même dans les zones de forte production (**USAID, 2010 cité par NDIKUMANA et al., 2016**).

Le maïs est consommé de différentes manières, sous forme de maïs grain, de farine, de cake ou de porridge. La farine de maïs est également utilisée pour préparer de la pâte, de la bouillie ou de la bière. Une partie de la consommation de maïs est également destinée à l'alimentation du bétail (**USAID, 2010 cité par NDIKUMANA et al., 2016**).

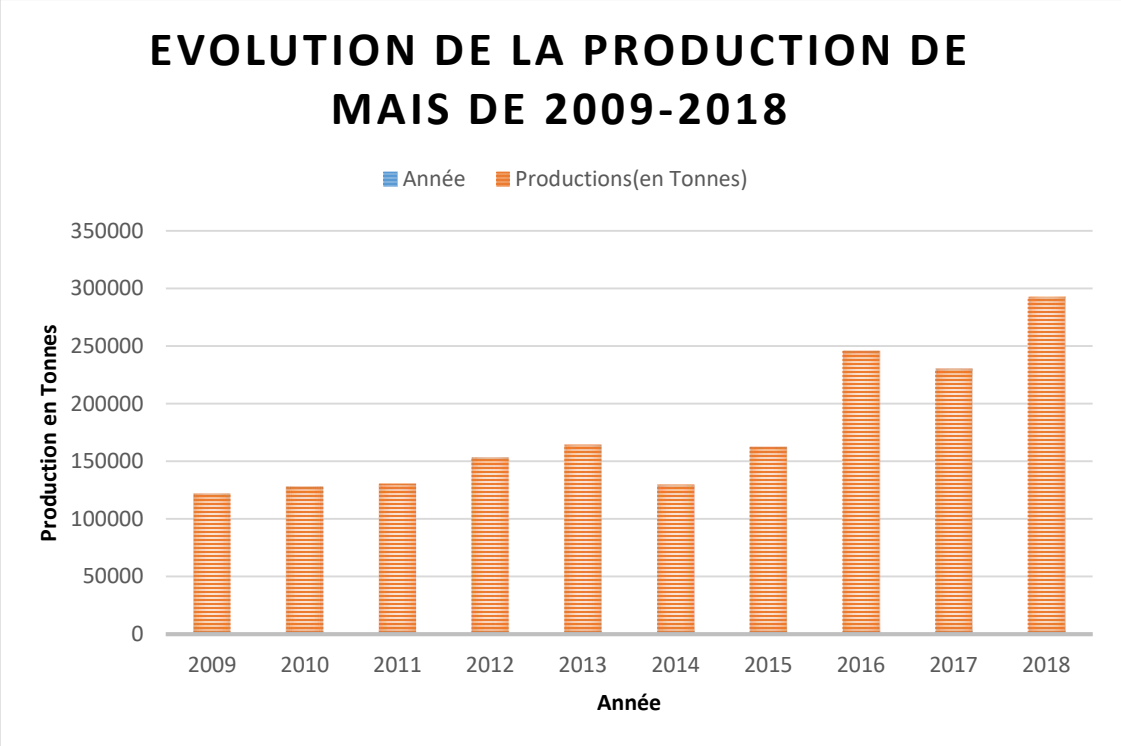
II.4. Importance du maïs au Burundi

Au Burundi, le maïs est une denrée alimentaire de base importante avec plus de 70% consommé comme aliment par les petits exploitants agricoles, et environ 10% utilisé pour l'alimentation animale et près de 20% utilisé dans le secteur industriel et semi-industriel **(NDIKUMANA et al., 2016).**

II.4.1. Evolution de la production de maïs

Le maïs est la céréale la plus importante au Burundi quant à la production et aux superficies emblavées. Pendant les dix dernières années, la production du maïs a été la plus grande comparativement aux autres céréales comme le riz et le blé. D'après l'**ISTEEBU (2018)**, la production de maïs est passée de 120 379 T en 2009 à 290 498 T en 2018.

Figure 2 : Evolution de la production de maïs de 2009 à 2018



Selon **ENAB (2018)**, la superficie totale emblavée du maïs pendant la campagne 2016-2017 est de 175 965 ha. La culture du maïs est plus pratiquée en saison A avec une superficie de 127 166 ha soit 79.1 % de la superficie totale du maïs. Les provinces qui occupent de grandes superficies de maïs sont Bururi (30 297ha) et Gitega (27 644 ha), suivies par Makamba avec 18 130 ha. Les faibles superficies ont été observées dans les provinces de Bubanza (2 733ha), Kayanza (3 347 ha), Cibitoke (3 396 ha) et Ngozi (4 138 ha).

Tableau 1 : Superficie totale cultivée de maïs par province pendant les trois saisons, Année 2016-2017

Province	Saison A	Saison B	Saison C	Total
Bubanza	2 088	645	663	3 396
Bujumbura	6 642	217	84	6 943
Bururi	19 873	5 688	4 736	30 297
Cankuzo	5 755	1 557	4 312	11 624
Cibitoke	2 015	1 343	526	3 884
Gitega	24 466	2 701	477	27 644
Karusi	10 896	257	-	11 153
Kayanza	3 141	166	40	3 347
Kirundo	5 112	2 197	62	7 371
Makamba	10 845	4 722	2 563	18 130
Muramvya	5 063	65	6	5 134
Muyinga	4 105	2 394	1 364	7 863
Mwaro	5 273	1 099	60	6 431
Ngozi	2 774	647	717	4 138
Rutana	4 903	2 162	1 415	8 481
Ruyigi	9 690	2	-	9 692
Rumonge	4 526	4 189	1 722	10 437
TOTAL	**127 166**	**30 053**	**18 747**	**175 965**

Source : ENAB, 2018

Au niveau national, le rendement moyen du maïs en culture pure pendant la saison A a été évalué à 684 kg/ha. Environ la moitié des provinces a enregistré un rendement du maïs en pure, supérieur à celui de la moyenne nationale en saison A. Ces provinces sont : Rutana (914 kg/ha), Muramvya (903kg/ha), Mwaro (878kg/ha), Kayanza (853 kg/ha), Cibitoke (789 kg/ha), Ngozi (778 kg/ha), Bujumbura (735 kg/ha) et Rumonge (709 kg/ha). Seules les provinces de Rutana, Muramvya, Mwaro et Kayanza ont pu atteindre le rendement moyen acceptable de 800 kg/ha du maïs en culture pure (**ENAB, 2018**).

Tableau 2 : Rendement du maïs en culture pure par province pendant les trois saisons, Année 2016-2017

Province	Saison A	Saison B	Saison C
Bubanza	358	656	-
Bujumbura	735	1 000	-
Bururi	648	815	-
Cankuzo	559	801	-
Cibitoke	789	848	-
Gitega	590	901	-
Karusi	652	653	
Kayanza	853	610	
Kirundo	624	863	
Makamba	634	642	
Muramvya	903	-	1 000
Muyinga	512	1 000	1 000
Mwaro	878	1 000	-
Ngozi	778	978	-
Rutana	914	684	-
Ruyigi	497	-	-
Rumonge	709	1 000	-
BURUNDI	**684**	**830**	**1 000**

Source : ENAB, 2018

II.4.2. Evolution des importations de maïs

La production domestique de maïs est insuffisante pour satisfaire l'ensemble des besoins de la population. Le Burundi est de ce fait un net importateur de maïs. La majorité des importations de maïs au Burundi proviennent de Tanzanie (30,7 %), de l'Ouganda (23,47 %), de l'Afrique du Sud (21,6 %) et de la Zambie (19,48 %) (**ITC, 2016**). Notons que les exportations de maïs sont très faibles, 336 T en 2013 et 351 T en 2018 (**ISTEEBU, 2018**). Les tableaux ci-dessous montrent la quantité importée de maïs (poids net en tonnes) et la valeur des importations de maïs (en millions de Fbu) de 2013 à 2017.

Tableau 3 : Poids net en Tonnes de maïs importé

Poids(Tonnes)	Année
-	2013
13 781	2014
10 781	2015
-	2016
49 135	2017

Source : ISTEEBU, 2018

Tableau 4 : Valeur des importations en millions de Fbu

Valeur des importations (millions de Fbu)	Année
-	2013
4 513	2014
3 516	2015
10 226	2016
19 940	2017

Source : ISTEEBU, 2018

II.4.3. Description de la chaîne de valeur du maïs

Les producteurs isolés et ceux groupés en association constituent le maillon central de la chaîne de valeur. Il y a ensuite les collecteurs qui sont très peu structurés et qui approvisionnent les marchés. Quant à la transformation du maïs, elle est encore limitée aux simples moulins. Des circuits de commercialisation impliquant des collecteurs et des commerçants demi-grossistes existent dans les communes proches des zones de production. Les transformateurs interviennent directement après la récolte pour le stockage, le décorticage et la mouture du maïs en farine (**FAO, 2016**).

Les commerçants sont importants et nettement plus influents que les producteurs dans la fixation du prix à la vente. Dans ce circuit, les producteurs sont les plus défavorisés car ils ne maîtrisent pas le prix.

Quant aux consommateurs, ils sont assez influents et assez importants dans la motivation des producteurs qui cherchent à produire pour satisfaire la demande de plus en plus croissante.

II.5. Le secteur des semences au Burundi

Un système semencier est composé généralement de différents acteurs chargés du développement, de la multiplication, du conditionnement, de la conservation en magasin, de la certification, de la distribution et de la commercialisation des semences (**PAPSEN, 2013**).

Des interactions existent entre plusieurs agents dont des institutions publiques, des organisations non gouvernementales nationales et internationales ainsi que d'autres privés qui travaillent individuellement et/ou regroupés en des sociétés ou entreprises semencières. Divers acteurs animent le secteur semencier au Burundi dont l'Etat à travers l'ISABU et l'ONCCS, les producteurs de semences et d'autres intervenant dans la production et diffusion des semences de maïs hybride tels que les ONG, des organismes internationaux, etc.

Selon **FIDA (2018)**, le système semencier national est complexe et se compose de deux sous-systèmes, le système semencier formel et le système semencier informel. Il mobilise un vaste éventail de parties prenantes, notamment les administrations publiques, les instituts de recherche agricole, les banques de gènes, les acteurs du secteur privé (par exemple, entreprises semencières, vendeurs d'intrants agricoles et agro-industries), les agriculteurs et les organisations paysannes. Toutes ces parties prenantes ont des rôles et des responsabilités spécifiques.

-Le système semencier informel correspond à la production, la conservation, la vente ou l'échange de semences non certifiées de variétés améliorées et de variétés locales par les ménages agricoles et les communautés. Généralement, les ménages agricoles mettent de côté des semences de la saison précédente en vue de les planter la saison suivante. Si nécessaire, ils se procurent ou échangent des semences au sein de leurs réseaux sociaux ou en achètent sur le marché local. Il concerne souvent les cultures vivrières de base ou les cultures sous-utilisées que le secteur privé juge non rentables et pour lesquelles, la multiplication des semences ne fait pas non plus l'objet d'investissement de la part du secteur public, faute de ressources suffisantes. Ce système préserve la diversité génétique dans la mesure où les variétés locales peuvent différer même à de courtes distances, selon les conditions agroécologiques locales.

-Le système semencier formel désigne la production et la commercialisation de semences certifiées ou commerciales, généralement par des entreprises semencières et parfois par les pouvoirs publics, ainsi que l'importation de semences sous le contrôle d'un service semencier national. Ces semences sont vendues aux ménages agricoles par l'intermédiaire, entre autres, de vendeurs d'intrants agricoles, d'entreprises semencières, d'organismes publics et d'organisations non gouvernementales (ONG). Le système semencier formel constitue un lien essentiel entre la mise au point de nouvelles variétés et leur transfert aux exploitants agricoles. L'évaluation des nouvelles variétés par les agriculteurs, dans le cadre de programmes participatifs d'obtention végétale et de sélection variétale, est fondamentale

si l'on veut que ces nouvelles variétés répondent à leurs besoins et qu'ils soient disposés à les acheter et à les adopter.

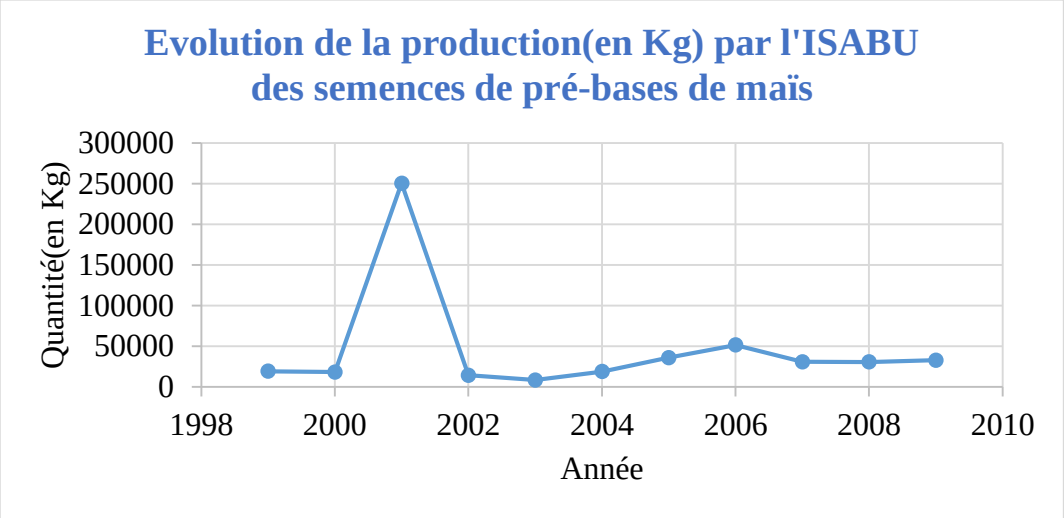
-La recherche agricole se rapporte aux travaux de sélection végétale menés par les instituts de recherche agricole et le secteur privé pour mettre au point de nouvelles variétés améliorées. Selon la culture considérée, ce processus peut prendre de 5 à 15 ans. Les nouvelles variétés peuvent être obtenues à partir de matériel génétique venu de l'étranger ou à partir de variétés locales de cultures appréciées par les agriculteurs. Ceux-ci peuvent participer au processus dans le cadre de la sélection végétale participative. Lorsqu'il est avéré que la nouvelle variété est plus intéressante que celles qui existent (résistance aux ravageurs et maladies, précocité, tolérance à la sécheresse, qualités nutritionnelles supérieures ou meilleurs rendements), elle est officiellement homologuée à des fins de multiplication. La recherche agricole produit les semences de pré-base (d'obtenteur) des variétés améliorées, destinées à la multiplication dans le système semencier formel.

II.5.1. La production de pré-bases

Les souches de semences sont obtenues par l'entretien et après une ou plusieurs générations fournissant des semences pré-basiques. Les semences initiales sont produites dans les différents centres de recherche de l'ISABU (**Baramburiye, 2010**).

Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la quantité de semences initiales produites par l'ISABU. Il est clair que la pomme de terre, le maïs, le riz et les haricots irlandais sont les cultures les plus favorisées produisant la plupart des semences demandées par les producteurs de semences et les agriculteurs. Ils constituent la principale source de revenus de plus de 90 % des agriculteurs (**Baramburiye, 2010**).

Figure 3 : Evolution de la production des semences de pré-bases de maïs



Source : Rapport annuel du Programme de production des semences de l'ISABU

II.5.2. Production de semences de base et commerciales

La plupart de la production de semences de base est réalisée par des organisations d'agriculteurs sur des parcelles collectives et des agriculteurs individuels qui investissent dans la production de semences. La production est à petite échelle équilibrée entre les institutions publiques et les entreprises privées[5].

La plupart de ces organisations paysannes s'appuient également soit sur des centres semenciers publics qui les prêtent gratuitement des terres et/ou les assistent techniquement, soit sur des ONG pour une assistance technique et/ou une aide financière souvent sous forme d'équipements ou d'infrastructures tels que des hangars à semences. Ils reçoivent également des formations occasionnelles sur la production de semences[6].

La solidité structurelle de ces groupes est très variable. Ils sont souvent formés ou ont été créés dans le seul but de produire des semences dans les opérations d'urgence qui sont intrinsèquement à court terme individuel **(Baramburiye, 2010)**.

[5] https://seedsystemsgroup.org/?jet_download=2381
[6] https://seedsystemsgroup.org/?jet_download=2381

Dans certains cas, les associations d'agriculteurs sont également plus ou moins techniquement supervisées par le personnel de l'ONG faîtière, ou dans le cas d'une multiplication effectuée par la FAO, une allocation financière peut être accordée pour la motivation du personnel (techniciens). Rarement, un soutien logistique est fourni comme moyen de transport (motos ou vélos).

Il n'a pas été possible de trouver des statistiques fiables sur la quantité de semences de base et de semences commerciales produites et commercialisées par les producteurs de semences ou les associations d'agriculteurs parce qu'à partir de 1993, la chaîne des semences a été perturbée et dominée par l'offre informelle de semences qui manquait d'organisation et de systèmes de contrôle de la qualité **(Baramburiye, 2010)**.

Tableau 5 : Production annuelle de semences de base (en Kg) de 2016-2019

Cultures	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Patate	889 625	1 392 817	1 830 485	2 291 818
Mais	76 736	115 896,50	205 499	402 476
Riz	89 741,50	181 063	366 743	613 760
Sorgho	0	0	3 395	0
Blé	25 000	3 639	11 864	12 645
Haricot	80 958	87 676	157 344	1 021 984
Arachide	84,12	10 562	2 630	1 492
Soja	2 579	1 101	5 228	13 728

Source : Seed System Group

CHAPITRE III : INTERET DE L'ADOPTION DES SEMENCES DE MAÏS HYBRIDE ET NOTION D'EVALUATION D'IMPACT

III.1. Introduction

Au Burundi, la culture du maïs hybride est relativement nouvelle. Bien que le rendement soit largement supérieur aux anciennes «semences», les techniques culturales du maïs hybride sont les mêmes que pour le maïs tout-venant. La qualité de la semence attire une attention particulière dans l'amélioration de la production (**JORRE et MWASILWA, 2014**). De fait 1ha de mais semé de semences « tout venant », celui semé de semences composite donne une moyenne de 3 à 4 tonnes/ha et celui d'hybrides une moyenne de 7 tonnes/ha (**NIYONKURU, 2014**).

III.2. Révolution du maïs hybride et son expansion dans le monde

Le maïs a été sélectionné empiriquement au cours des siècles par les agriculteurs eux-mêmes, qui pratiquaient une sélection massale et, cultivaient des variétés traditionnelles faites des populations hétérogènes du fait de l'allogamie de la plante. Les plus grands progrès en matière d'amélioration du rendement reposent sur le développement d'hybrides dits « F1 », hybrides de premières générations issues du croisement de lignées pures (**Cauderon, 2004 cité par DONGMO, 2009**). Ces hybrides F1 se caractérisent par une très grande vigueur, due à l'effet d'hétérosis et par une grande homogénéité morphologique. L'arrivée des hybrides a constitué une véritable révolution dans le monde agricole. L'agriculteur est désormais lié aux fournisseurs de semences, les grains récoltés ne pouvant plus être utilisés efficacement comme semences à cause de la ségrégation des caractères à la deuxième génération.

La découverte du maïs hybride a révolutionné la maïsiculture. La production de maïs hybride a connu un essor spectaculaire aux Etats-Unis entre 1940 et 1950 grâce à la performance manifestée par les hybrides au cours des graves sécheresses de 1934 et 1936. Une expansion similaire de la production de maïs hybride a eu lieu en Europe depuis 1984, et en Afrique orientale et australe vers la fin des années 1960 et 1970. Parmi les cultures

agricoles et horticoles, le maïs hybride a été la première semence F1 disponible sur le marché. Toutefois, en Afrique occidentale et centrale, l'agriculture n'a pas pleinement exploité les avantages présentés par le maïs hybride (**S.K. Kim et al., 2001**).

La sélection moderne du maïs a débuté au XIXe siècle aux Etats-Unis et a été centrée dès le départ sur le type à grain jaune, voué à l'alimentation animale et à l'industrie. En 1908, Edward Murray East produisit des semences hybrides par croisements de lignées et observa des gains d'hétérosis de 15-25 %. De premiers hybrides doubles furent commercialisés en 1917, puis des trois voies vers 1930 et enfin des hybrides simples en 1955. Le gain annuel de productivité s'avéra de 53,8 kg/ha/an entre les années 1937 à 1955. Puis à partir de 1955 avec l'emploi conjoint d'hybrides simples, d'engrais azotés et de produits de traitement, le gain annuel moyen de productivité a gagné 127,78 kg/ha/an depuis cette date. Après 1945, les hybrides de maïs ont été promus dans le reste du monde par les grands semenciers privés américains[7].

III.3. Production des hybrides de maïs

III.3.1. Définition

Un hybride est le résultat du croisement de deux individus d'une même espèce ou d'espèces apparentées. Il est caractérisé par des rendements de loin supérieurs à ceux des composites. Il diffère largement d'un Organisme génétiquement modifié (OGM). Ce dernier résulte d'un apport d'une gêne étranger qu'on introduit dans une espèce (**ISABU, 2016**).

III.3.2. Production des semences

Les semences hybrides de maïs fournissent aux agriculteurs des variétés génétiquement améliorées, tels que des rendements potentiels élevés et des combinaisons de traits uniques pour les maladies et les conditions de croissance défavorables. Cependant, la qualité des semences hybrides dépend largement des méthodes de production sur le terrain, tant en ce

[7] https://www.cairn.info/revue-paysan-et-societe-2020-5-page-38.htm

qui concerne le respect des normes d'assurance qualité et de la mise en œuvre d'une gestion agronomique appropriée (**John F.M. et al.,2014**).

La production semencière, dont les modalités varient en fonction de la formule variétale (variété à pollinisation libre ou hybride), utilise certaines techniques et respecte certaines règles. La multiplication des semences se déroule en trois étapes :

- La production du matériel de départ relève d'organismes de recherche comme l'ISABU ;
- La production des semences de base est réalisée à partir du matériel de départ. Les semences de base sont produites en parcelle isolée. Les plantes hors type ou malades doivent être éliminées avant la floraison. Une seconde élimination peut intervenir à la récolte. C'est à ce stade que sont produits les hybrides simples, parents des hybrides doubles ou trois voies ;
- La production des semences commerciales est la dernière multiplication avant la culture par le paysan. Elle est également réalisée en parcelle isolée et soigneusement épurée. C'est l'étape de fabrication des semences hybrides destinées à la vente (**CIRAD, 2002**).

Dans les pépinières de sélection, les épis réceptifs sont encapuchonnés afin de protéger les soies d'une pollinisation non désirée. Des pollinisations manuelles contrôlées sont ensuite effectuées en exposant l'épi du parent femelle sélectionné puis en le recouvrant du sac qui contient le pollen du parent mâle sélectionné. La semence du sélectionneur est obtenue à partir d'une semence autofécondée après la huitième ou la neuvième génération d'autofécondation (**NDAYIRAGIJE, 2018**).

III.4. Différents types d'hybrides

On distingue les hybrides conventionnels et les hybrides non conventionnels. En effet, l'intensification de la culture du maïs n'est envisageable qu'avec les variétés d'hybrides conventionnels qui sont les plus fréquents (**Sokhna, 2018**).

On distingue parmi ceux-ci (**Fakorede et Apraku, 2014 cité par Sokhna, 2018**) :

- L'hybride simple qui résulte de croisement de deux lignées différentes. Une parcelle semée avec des hybrides simples est extraordinaire parce que les plantes sont uniformes en termes de hauteur des plantes et longueur des épis. La période de floraison est réduite puisque toutes les plantes fleurissent en même temps.

- L'hybride trois voies : pour ce type d'hybride, trois parents sont utilisés. Le parent femelle est un hybride issu d'un croisement simple (A x B) et le parent mâle est une lignée (C).

- L'hybride double : pour ce type d'hybride, les deux parents sont des hybrides simples. Ce type d'hybride est produit en croisant deux parents issus de croissement simple (A x B) x (C x D). Cela permet de regrouper en un hybride quatre différents parents avec des caractéristiques différentes.

III.5. Accès aux variétés

Au Burundi, les variétés hybrides en diffusion sont disponibles selon l'altitude.

Selon **ISABU (2016)**, on distingue :

-En basse altitude : PAN53 (7-8T/ha), PAN63 (6-7T/ha), PAN67 (6-7T/ha).

-En moyenne altitude : PAN7M-89 (8-10T/ha), PAN53 (7-9T/ha), PAN63 (7-8T/ha), PAN67 (7- 8T/ha), LONGE 10H (8-9T/ha), LONGE 7H (6-8T/ha).

-En haute altitude : PAN691 (9-10T/ha), PAN7M-89 (7-8T/ha), WANAK (8-9T/ha).

D'autres semences de maïs hybride sont importées de l'extérieur vu qu'un très faible pourcentage d'agriculteurs burundais utilise des semences améliorées.

Tableau 6 : Importation de semences certifiées au Burundi

Culture/semences	2016	2017	2018	2019
Mais hybride	129 303	238 853	151 095	403 568
Haricot	174 340	0	0	0

Source : Seed Sytems Group, 2019

III.6. Les avantages et inconvénients de l'utilisation des hybrides de maïs

- Avantages

Selon **Bordes (2006)**, l'intérêt des variétés hybrides par rapport aux variétés populations ou lignées porte sur :

- Leur homogénéité qui facilite les opérations culturales ;

- Leur homéostasie qui facilite l'adaptation à des milieux divers ;

- Leur potentiel productif ;

- La vigueur des plants.

- Inconvénients

Les hybrides de maïs présentent des inconvénients, bien qu'ils soient productifs (**Fakorede et Apraku, 2014 cité par Sokhna, 2018)** :

-Les producteurs ont besoin d'avoir des rendements de 3-5 t/ha pour justifier le coût d'achat de la semence. Les paysans vivant dans un environnement avec un potentiel de rendement faible et n'ayant pas les moyens d'acheter des intrants ne pourront pas recouvrir les dépenses ;

-La cherté des semences qui doivent être renouvelées annuellement ;

-Le producteur doit obligatoirement acheter chaque année ses semences pour éviter les baisses de rendement en F2.

III.7. Les déterminants de l'adoption des semences de maïs hybride

La littérature portant sur l'adoption des nouvelles technologies en agriculture révèle que plusieurs facteurs sont susceptibles d'influencer l'utilisation de ces dernières.

Parmi les déterminants, reviennent de façon courante l'appartenance à une organisation (**Abebaw et Haile, 2013**) et le niveau d'instruction du chef de ménage (**Khonje et al., 2015**).

L'aversion aux aléas surtout climatiques et donc la gestion des risques climatiques a été également trouvée comme déterminant de l'adoption (**Glenk et al., 2014**).

De plus, l'accès de l'agriculteur à l'information est un facteur très important qui a été soulevé dans la littérature (**Fisher et Quaim, 2012; Karim et al., 2014**). Plusieurs auteurs le mentionnent comme l'une des causes les plus importantes de l'adoption d'une technologie agricole.

III.8. Cadre conceptuel de l'évaluation d'impact

L'évaluation d'impact est un exercice d'inférence causale définie comme la mesure de l'impact ou de l'effet de soit un programme soit une politique, ou de toute autre intervention sur un certain nombre de caractéristiques appelées variables de résultat, sur une population donnée (**Blundell et Dias, 2000**). C'est donc un exercice de recherche de causalité entre phénomènes observés (**Savadogo, 2016**).

III.8.1. Modèle de causalité

Notons i les individus dans la population, i =1, 2,…, N. Y_i désigne la variable d'intérêt, par exemple la production des adoptants des semences de semences de maïs hybride. D_i indique le traitement dont on veut mesurer l'impact. D_i peut-être binomial ou multiple mais ici on considère que le traitement est de nature binaire, par exemple l'adoption des semences de maïs hybride.

Partant des travaux de **Wooldridge (2002) et Savadogo (2016)**, notons Y_{i1} la valeur de la variable d'intérêt si l'individu i est soumis au traitement (D_i=1) et Y_{i0} la valeur de la variable d'intérêt si l'individu i n'est pas soumis au traitement (D_i=0). Pour chaque individu i, l'effet causal est défini comme suit :

$$\alpha_i = Y_{i1} - Y_{i0}$$

Dans le cas de l'adoption des semences de maïs hybride, l'impact α_i serait obtenu en faisant la différence, en un point donné du temps, entre le rendement d'un agriculteur qui aurait adopté les semences certifiées et le rendement du même agriculteur s'il n'avait pas adopté les semences certifiées. Le calcul de α_i exige d'observer une personne dans deux états différents de la nature, en un point donné du temps. Cela soulève le problème fondamental de l'évaluation d'impact car il est impossible d'observer à la fois Y_{i1} et Y_{i0} pour un même individu, en un temps donné. On observe plutôt Y_i défini comme : $Y_i = (1 - D_i)Y_{i0} + D_iY_{i1}$.

Ainsi pour un individu traité on observe Y_{i1} et pour un individu non traité on observe Y_{i0}. L'un des objectifs des méthodes d'évaluation d'impact est de trouver une bonne mesure de la partie non observable appelée résultat contrefactuel (**Ndèye, 2017**).

III.8.2. L'objet de la mesure dans l'évaluation d'impact

Pour mesurer l'effet d'un traitement, l'intérêt porte sur α_i. Cette différence étant une variable aléatoire, il est nécessaire de préciser quel aspect de sa distribution sera estimé (**Wooldridge, 2002**). Selon **Blundell et Dias (2000)**, il y a en général deux principales questions auxquelles les méthodes d'évaluation tentent de répondre. La première est la mesure de l'impact du traitement (programme, politique, autre variable binaire) sur des individus d'un certain type en considérant qu'ils ont été assignés au traitement aléatoirement parmi la population de tous les individus de ce même type.

Cette mesure, aussi appelée Effet de Traitement Moyen (ETM) ou Average Treatment Effect (ATE) est en d'autres termes l'impact espéré du traitement sur un individu aléatoirement tiré de la population d'intérêt.

La seconde question porte sur la mesure de l'impact sur les individus qui ont subi le traitement, appelé Effet de Traitement Moyen sur les Traités (ETT) ou Average Treatment Effect on the Treated (ATET). C'est l'effet moyen du traitement pour ceux qui ont effectivement subi le traitement. Il est aussi possible de mesurer l'effet du traitement pour les personnes non bénéficiaires, cette mesure est appelée Effet de Traitement moyen sur les Non Traités (ETNT) ou Average Treatment Effect on Non Treated (ATENT). Elle est utile si une extension du traitement aux personnes non bénéficiaires est envisagée (**Ndèye, 2017**).

CHAPITRE IV : APPROCHE METHODOLOGIQUE

Notre méthodologie s'appuie surtout sur l'approche quantitative qui vise à recueillir des données observables et quantifiables. Cette méthode repose sur la collecte des données avec un questionnaire à travers une enquête. Elle aboutit à des données chiffrées qui permettent de faire des analyses descriptives, des tableaux et graphiques, des analyses statistiques de recherche de liens entre les variables ou facteurs, des analyses de corrélation ou d'association.

IV.1. Caractéristiques de la zone d'étude

Notre étude a été réalisée dans la plaine de l'Imbo, dans deux provinces à savoir BUBANZA et CIBITOKE dans les communes Gihanga et Mpanda pour la province BUBANZA et Buganda et Rugombo pour la province CIBITOKE. Ces provinces ont bénéficié de divers projets d'octroi de semences et particulièrement le Projet Régional de Développement Agricole Intégré dans les Grands Lacs (PRDAIGL). Dans ces appuis, ceux qui sont accompagnés pour la première fois, ils bénéficient 100 % des semences et intrants de maïs hybrides dont ils ont besoin. Ceux qui sont accompagnés pour la deuxième année reçoivent la moitié des semences et intrants dont ils ont besoin tandis que ceux qui bénéficient de ces appuis pour la troisième fois, ont droit à 20% de ces semences et d'intrants de la saison culturale A 2021-2022.

La plaine de l'Imbo est une des 5 zones écologiques du Burundi. Elle est située à l'Ouest du Burundi entre le lac Tanganyika et les contreforts de la région du Mumirwa. Elle est la région la plus occidentale et la plus basse en altitude du Burundi. La plaine de l'Imbo est constituée au nord par de vastes étendues drainées par la Rusizi et au sud par la mince plaine côtière le long du lac Tanganyika. Les limites de la plaine de l'Imbo sont situées entre l'altitude de 774 m (le niveau moyen du lac) et l'isohypse de 1000 m (**INECN, 2013**).

Au point de vue climatique, la région écologique de la plaine de l'Imbo est caractérisée par une pluviosité de 800 à 1 100 mm de pluies réparties sur 7 à 8 mois mais certaines parties surtout au nord accusent une aridité chronique. La température moyenne annuelle est de

plus de 25°C avec des maximas allant jusqu'à plus de 30°C et des minimas allant jusqu'à dessous de 15°C. L'humidité relative est estimée à 70%. Avec une superficie égale à 10% de celle du Burundi, pour une densité de la population de 300 habitants au km², la plaine de l'Imbo est l'une des régions les plus densément peuplées du pays. Son économie dépend largement de l'agriculture. Elle se prête ainsi à une gamme étendue de cultures. L'agriculture, pratiquée sur des sols alluvionnaires est constituée par des plantes vivrières et des cultures industrielles. Les premières comprennent par ordre d'importance le riz cultivé essentiellement dans la partie nord et le palmier à l'huile prédominant dans le sud de la plaine de l'Imbo. L'élevage des bovins est actif surtout dans la partie centre et nord de la région (**INECN, 2013**).

IV.2. Revue documentaire et empirique

IV.2.1. Revue documentaire

Au cours de cette partie, il a été question de consulter les publications des autres chercheurs trouvées dans les bibliothèques de l'Université du Burundi et visiter les sites internet en lien avec les concepts clés de notre recherche. Cela nous a permis d'avoir une base théorique de la culture du maïs hybride au niveau mondial et particulièrement au Burundi.

IV.2.2. Revue empirique

Cette partie évoque les travaux de recherche de quelques auteurs qui ont déjà traité des thèmes de recherche et des méthodes d'analyse similaires au nôtre en l'occurrence le modèle Probit et la méthode d'appariement par score de propension(PSM). Il s'agit en effet de comprendre les objectifs, la méthodologie empruntée et les résultats trouvés. Cela a été particulièrement utile et a permis le cadrage, l'éclaircissement et l'orientation de notre recherche.

L'un des premiers auteurs à avoir analysé l'adoption des technologies agricoles sous la perspective économique est **Zvi Griliches (1957)**. Avec des données sur des producteurs américains, il a estimé une fonction logistique pour identifier les déterminants de l'adoption de variétés hybrides de maïs.

Dans leur étude sur l'adoption des fertilisants chimiques et des pesticides, **Nkamleu et Adesina (2000)** ont fait les estimations avec un probit bivarié. Ils ont montré que l'adoption des fertilisants chimiques et des pesticides est principalement favorisée par la taille de l'exploitation, le revenu et le type de sol.

Sur un échantillon de producteurs éthiopiens, le même modèle a aussi été utilisé par **Chirwa (2005)** pour identifier les facteurs d'adoption des variétés améliorées de maïs et des fertilisants chimiques. Il a trouvé que l'âge a un effet négatif sur l'adoption (les personnes les plus âgées adoptent moins les technologies) alors que le niveau d'éducation, la sécurisation foncière et l'appartenance à une organisation paysanne augmentent la probabilité d'adoption.

Le PSM a été utilisé par **Mendola (2007)** dont les travaux ont porté sur la mesure de l'impact de l'adoption de variétés améliorées de riz sur la pauvreté au Bangladesh. **Wu et al. (2010)** ont également opté pour le PSM afin de mesurer l'impact de l'adoption d'une variété améliorée de riz sur les revenus et la pauvreté de producteurs chinois. Le PSM a aussi été utilisé par **Kassie et al. (2011)** ; leurs travaux portaient sur l'évaluation de l'impact de l'adoption des variétés améliorées d'arachide sur le revenu net et la pauvreté en Ouganda.

Initialement introduit par **Rosenbaum et Rubin en 1983** dans un article intitulé « *The central role of the propensity score in observational studies for causal effects* », le score de propension, connu sous le terme anglais « propensity score », désigne la probabilité d'être exposé à un traitement, selon un ensemble de caractéristiques observables (**Rubin, Stuart et Zanutto, 2004 cité par Aurélie L. et al., 2014**).

La méthode d'appariement a pour objectif de trouver pour chaque individu traité, un ou plusieurs individus non traités auxquels ses résultats seront comparés. Le principe de l'appariement est que chaque individu traité soit apparié à un individu non traité qui ait les mêmes caractéristiques (**Ndèye, 2017**).

L'importance du PSM tient au fait qu'il tient compte du biais de sélection de l'échantillon lorsque des données expérimentales ne sont pas disponibles (**Dehejia et Wahba, 2002 cit par Ali et Rahut, 2018**).

Le score de propension est une probabilité, sa valeur est comprise entre 0 et 1. Il s'appuie sur deux hypothèses fondamentales :

-L'hypothèse d'indépendance conditionnelle à des caractéristiques observables (*Conditional Independance Assumption*- CIA) :

Cela signifie que le biais de sélection peut être contrôlé s'il existe un ensemble de variables observables pour lesquelles une indépendance d'affectation au traitement peut être vérifiée (**Brodaty, crépon et Fougère, 2007**).

Rosenbaum et Rubin (1983) proposent de ramener le nombre de variables de conditionnement à une seule et unique variable, qui serait un résumé univarié de l'ensemble des covariables. Cette variable est précisément le score de propension.

-L'hypothèse de la condition de support commun (overlap) :

Cette hypothèse se rapporte au support de la distribution du score de propension. Elle permet de s'assurer que les individus avec un même ensemble de covariables peuvent être à la fois traités ou non traités, ou, autrement dit, que les individus de chaque groupe d'analyse se ressemblent suffisamment pour que la comparaison ait un sens.

IV.3. Echantillonnage

Une procédure d'échantillonnage à plusieurs degrés a été adoptée pour l'échantillonnage des ménages agricoles de l'étude. Dans un premier temps, nous avons sélectionné deux provinces du pays, BUBANZA et CIBITOKE.

Dans la deuxième étape, nous avons sélectionné deux communes de chaque province, et dans la troisième étape, nous avons recueilli des informations auprès de 87 agriculteurs, comprenant à la fois des adoptants et des non-adoptants.

La taille d'échantillon a été calculée selon la formule de contrainte budgétaire donnée par le rapport entre le budget total alloué à l'enquête sur le cout nécessaire pour un seul enquêté

$$n = \frac{C}{c} = \frac{609\,000 Fbu}{7000\ \text{Fbu}} = \textbf{87 enquêtés}$$

Où

- n représente la taille de l'échantillon
- C : le budget total alloué à l'enquêté
- c : le coût d'un seul enquêté

IV.4. Processus de collecte de données

Cette étude vise à documenter les facteurs influençant la décision des ménages agricoles d'adopter le maïs hybride et son impact sur le bien-être en utilisant des données primaires recueillies auprès des adoptants et non adoptants des semences de maïs hybrides

À l'aide de questionnaires détaillés sur KoboCollect, nous avons recueilli un large éventail d'informations couvrant les caractéristiques socio-économiques, les facteurs de production, les productions obtenues chez les adoptants et les non-adoptants de semences de maïs hybride.

IV.5. Description des variables étudiées

Le tableau ci-dessous montre les variables d'étude.

Tableau 7 : Description des variables étudiées

Variables	Description
Age	L'âge du producteur(en nombre d'années)
Hybr	1 si le producteur a bénéficié des semences de maïs hybride et 0 sinon
Experience_M	Expérience dans la production de maïs (en nombre d'années)
Encadrement	1 si le producteur a reçu la formation et 0 sinon
Propr_exploit	1 si le producteur est propriétaire de l'exploitation et 0 sinon
Superficie	La superficie du champ en ares
Fertilisation	L'utilisation moyenne des engrais organo-minéraux en Kg (Ici, il s'agit de l'Urée et du KCl)
Production	Production moyenne de mais en Kg
Prod_Mais_Hybr.	La production moyenne du maïs hybride en Kg
Prod_Mais_tout_venant	La production moyenne du maïs « tout venant » en Kg
Rev_moy	Revenu annuel moyen d'un producteur de mais

IV.6. Méthodes économétriques

a. Le modèle Probit

Le modèle Probit est un type de modèle économétrique à choix binaire c'est-à-dire un choix entre deux options. Il se caractérise par le fait qu'il est basé sur une distribution cumulative normale standard. Celle-ci est une fonction qui rapporte la possibilité que ladite variable présente une valeur inférieure ou égale à un certain nombre, qui fonctionne comme un seuil[8].

Soit une équation qui explique la variable dépendante Y, et ce, en fonction d'une ou plusieurs variables indépendantes (X) :

$$\mathbf{Y = a + bX_i}$$

Ainsi, lorsque Y est supérieur à un certain seuil, une décision est prise ou non, ou un certain événement se produit ou non.

Pour l'analyse des facteurs influençant l'adoption des variétés de maïs hybride, nous allons utiliser le modèle probit à deux variables, la variable dépendante étant primaire, c'est-à-dire 1 si l'agriculteur a adopté la variété de maïs hybride et zéro sinon.

b. L'appariement par score de propension (PSM)

Nous allons utiliser l'approche de l'appariement par score de propension (PSM) pour analyser l'impact de l'adoption des semences de maïs hybride sur la production et le revenu agricole des ménages.

Le PSM est défini comme la probabilité conditionnelle qu'un agriculteur adopte la nouvelle technologie, compte tenu des caractéristiques de pré-adoption (**Rosenbaum et Rubin, 1983**).

[8] https://economy-pedia.com/11040705-probit-model

Ainsi donc l'analyse PSM a été réalisée en utilisant quatre algorithmes d'appariement différents, à savoir :

-Nearest neighbor matching(NNM): l'appariement par le plus proche voisin

-Radius Matching(RM): l'appariement par rayon

-Kernel Based Matching(KBM): l'appariement basé sur le noyau

-Stratification Matching(SM): l'appariement par stratification

En employant le PSM, l'impact de l'adoption de semences de maïs hybride (effet moyen du traitement sur les traités - ATT) indique la différence de résultat entre les ménages ayant adopté les semences de maïs hybride par rapport aux ménages similaires mais n'ayant pas adopté ces semences) a été estimé sur la production de maïs et le revenu des ménages.

IV.7. Dépouillement et Traitement des données

Après le travail de terrain, nous avons procédé au dépouillement. Cela est nécessaire dans la mesure où il permet de préparer et de faire le traitement des données recueillies afin d'éviter des erreurs lors de l'analyse.

Deux logiciels ont été utilisés pour l'analyse de données à savoir :

-Microsoft Excel 2016

-STATA version 2016

CHAPITRE V : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

V.1. Présentation des résultats

V.1.1. Statistiques descriptives

La description des variables ainsi que les statistiques descriptives sont présentées dans le tableau 8.

L'âge moyen des agriculteurs est de 44 ans avec un écart-type de 13 ans, ce qui montre une grande variabilité de l'âge des enquêtés. L'expérience de la culture du maïs est de 20 ans. Environ 84 % des agriculteurs possèdent des terres, et la moyenne de la superficie est de 41 ares. La production moyenne de mais est de 808 Kg pour tous les agriculteurs. Elle est de 1685 kg pour les producteurs de maïs hybride tandis qu'elle est de 413 Kg pour les autres producteurs de maïs (maïs « tout venant »).

Le revenu annuel moyen d'un producteur de maïs est d'environ 1 557 759 Fbu. Cependant, il varie beaucoup entre les producteurs avec un écart-type de 2 043 855 Fbu. Le minimum étant de 40 000 Fbu et le maximum 8 400 000 Fbu.

Tableau 8: Statistiques descriptives des variables quantitatives

Variables	Moyenne	Std. Dev.
Age	43.74713	12.95091
Hybr	.3103448	.4653167
Experience_M	19.68966	12.75467
Encadrement	.1264368	.3342676
Propr_exploit	.8390805	.3695869
Superficie	40.70115	52.59916
Fertilisation	49.79885	55.9873
Production	807.8161	1107.285
Prod_Mais_Hybr.	1684.815	1406.398
Prod_Mais_tout_venant	413.1667	636.5252
Rev_moy	1557759	2043855

V.1.2. Répartition des enquêtés selon le statut de traitement

Le traitement sous-entend ici le fait d'être bénéficiaire des semences de maïs hybride. Dans le tableau ci-dessous, il y a deux groupes des enquêtés : le groupe des bénéficiaires de semences de maïs hybride et celui des non bénéficiaires qu'on appelle groupe témoin ou de comparaison.

Tableau 9 : Répartition des enquêtés selon le statut de traitement

Statut de traitement	Freq.	Percent	Cum.
Non bénéficiaires	60	68.97	68.97
Bénéficiaires	27	31.03	100.00
Total	87	100.00	

Le tableau montre que 31,03 % des enquêtés ont bénéficié de semences de maïs hybride tandis que 68,97 n'en ont pas bénéficié.

Tableau 10 : Statistiques descriptives pour les deux groupes, bénéficiaires et Non bénéficiaires

-> Hybr = 0

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Production	60	413.1667	636.5252	20	3500
Revenu	60	826333.3	1273050	40000	7000000
Age	60	43.11667	12.44117	18	68
Propr_expl	60	.7666667	.4265219	0	1
Superficie	60	35.36667	47.84463	4	250
Fertilisat~n	60	45.24167	57.9115	0	260
Membre_Assoc	60	.3166667	.4691018	0	1
Experience_M	60	19.48333	12.97127	1	50
Encadrement	60	.1333333	.3428033	0	1

-> Hybr = 1

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Production	27	1684.815	1406.398	40	5000
Revenu	27	3183148	2482265	60000	8400000
Age	27	45.14815	14.16307	25	80
Propr_expl	27	1	0	1	1
Superficie	27	52.55556	61.19787	2	300
Fertilisat~n	27	59.92593	51.02332	10	200
Membre_Assoc	27	.3333333	.4803845	0	1
Experience_M	27	20.14815	12.48908	3	50
Encadrement	27	.1111111	.3202563	0	1

La variable « Hybr =0 » indique le groupe des non bénéficiaires de semences de maïs hybride qui sont au nombre de 60 tandis que la variable « Hybr =1 » indique le groupe des bénéficiaires qui sont au nombre de 27.

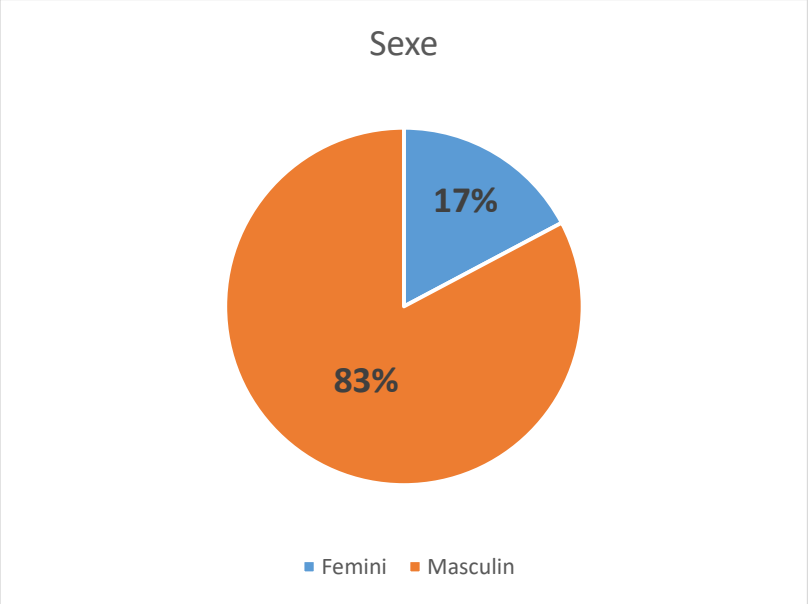
Nous remarquons que ceux qui ont bénéficié des semences de maïs hybride ont une production 4 fois plus élevée (1684,815 Kg) par rapport à ceux qui n'en ont pas bénéficié (413,1667 Kg). Quant au revenu il est à peu près 4 fois plus élevé aussi c'est-à-dire 3 183 148 Fbu contre 826 333.3 Fbu. Ceci peut s'expliquer entre autres facteurs par la superficie moyenne élevée qui est de 52,5 ares pour les bénéficiaires contre celle des non bénéficiaires qui est de 35,3 ares. La moyenne d'âge pour les bénéficiaires est de 45 ans tandis qu'elle est de 43 ans pour les non bénéficiaires.

Les tableaux ci-dessous rendent compte de la répartition des enquêtés selon le sexe. Ils montrent que 17% des enquêtés sont des femmes tandis que 83% sont des hommes.

Tableau 11: Répartition des enquêtés selon sexe

Sexe	Freq.	Percent	Cum.
Féminin	15	17.24	17.24
Masculin	72	82.76	100.00
Total	87	100.00	

Figure 4: Pourcentage des enquêtés par sexe



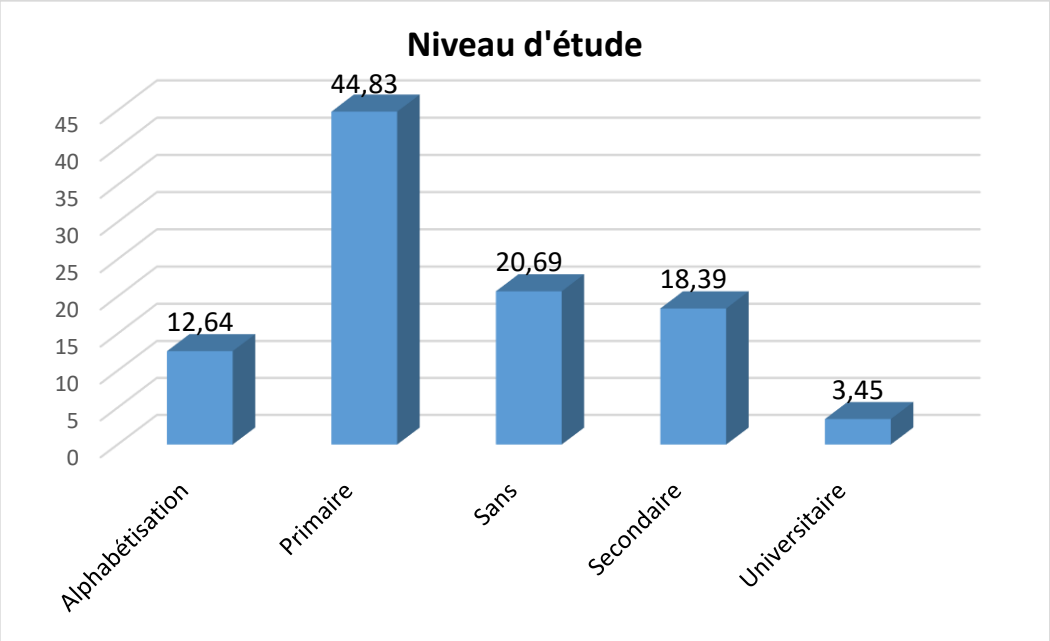
Les effectifs élevés des hommes sont sans doute justifiés par :

- Le dynamisme des hommes qui militent dans les associations et groupements étant donné que le projet PRDAGL a appuyé les producteurs regroupes en coopératives ;
- Les travaux ménagers qui occupent une partie importante du temps des femmes ;
- Le fait que les femmes ne sont pas généralement des propriétaires terriens ;
- Les femmes constituent souvent la couche la moins instruite ce qui limite souvent la maitrise d'une nouvelle technologie.

V.1.3. Répartition des enquêtés selon le niveau d'étude

La majorité des producteurs ont le niveau primaire (45%) tandis que ceux ayant le niveau universitaire (3%)sont minoritaires.

Figure 5: Répartition des enquêtés selon le niveau d'étude



Le tableau ci-dessus montre que la majorité des agriculteurs enquêtés ont le faible niveau d'instruction (niveau primaire) et une proportion importante est analphabète (20,69 %) tandis qu'une minorité a fait des études universitaires. Cette situation a une incidence négative sur l'adoption d'une nouvelle technologie et dans notre cas l'adoption de semences de maïs hybride.

V.1.4. Facteurs explicatifs de la production et du revenu agricole

La variable Hybr est positive et fortement significative au seuil de 1%, ce qui signifie que le fait d'être bénéficiaire influence beaucoup la production et partant le revenu agricole. La taille de la terre possédée par le ménage agricole est positive et hautement significative au seuil de 1 %, ce qui signifie que l'augmentation de la superficie augmente fortement la production agricole. L'usage des fertilisants est positif et significatif au seuil de 10% ce qui signifie que les fertilisants, entre autres facteurs, augmente la production. Les autres variables telles que l'âge, la possession de terres, l'appartenance à une association, l'expérience dans la production ainsi que l'encadrement ne sont pas significatives et donc n'expliquent pas la production des ménages et donc du revenu agricole.

Tableau 12: Les facteurs explicatifs de la production

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	87
Model	77763964.8	8	9720495.6	F(8, 78)	=	27.39
Residual	27678920.2	78	354857.952	Prob > F	=	0.0000
Total	105442885	86	1226080.06	R-squared	=	0.7375
				Adj R-squared	=	0.7106
				Root MSE	=	595.7

Production	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
Hybr	1028.337	146.0956	7.04	0.000	737.4831	1319.191
Age	-5.088881	6.04459	-0.84	0.402	-17.12274	6.944973
Propr_exploit	7.528211	190.4128	0.04	0.969	-371.5545	386.6109
Superficie	11.43495	1.871586	6.11	0.000	7.708909	15.16099
Fertilisation	3.414403	1.76592	1.93	0.057	-.1012725	6.930079
Membre_Assoc	-80.16464	147.7901	-0.54	0.589	-374.3921	214.0628
Experience_M	.8758016	6.277606	0.14	0.889	-11.62195	13.37355
Encadrement	-267.9353	203.4835	-1.32	0.192	-673.0398	137.1693
_cons	111.9679	275.3996	0.41	0.685	-436.3106	660.2464

V.1.5. Coûts de production et rentabilité

Le tableau 13 montre les coûts de production du maïs tout venant et du maïs hybride. Le coût moyen de production du mais tout venant est de 341 786 Fbu, tandis que le coût de production de l'hybride est de 398 742 Fbu. Les coûts de production du maïs hybride sont élevés principalement en raison du coût plus élevé de la semence, les autres coûts opérationnels sont presque les mêmes pour le mais tout venant et les hybrides.

Les bénéfices nets par are de la culture du maïs tout venant sont de 23 409 Fbu, alors qu'ils sont de 60 863 Fbu pour la culture des hybrides.

Tableau 13 : Comparaison des coûts de production (Maïs tout venant vs Maïs hybride)

Opération	Maïs tout venant	Maïs hybride
Coûts de production (En Fbu)	341 786	398 742
Production (Kg)	413,1	1684,8
Revenu (En Fbu)	826 333	3 183 148
Superficie moyenne (en ares)	35,3	52,5
Profit net par are (en Fbu)	23 409	60 863

V.1.6. Appariement par score de propension avec support commun

V.1.6.1. Statut du traitement

La variable traitement Mais hybride montre que 60 individus n'ont pas bénéficié de semences de maïs hybride alors 27 individus en ont bénéficié. Il y a beaucoup plus d'observations dans le groupe comparaison que dans le groupe traitement. Ceci est typique des modèles d'appariement. Nous avons besoin d'un grand échantillon de comparaison pour trouver un bon appariement dans le groupe traitement(bénéficiaire). L'échantillon des contrefactuels potentiels pour les unités traitées ou bénéficiaires représente 58.72% du total.

Tableau 14 : Statut du traitement

Variables	Freq.	Percent	Cum.
Non bénéficiaires	60	68.97	68.97
Bénéficiaires	27	31.03	100.00
Total	87	100.00	

V.1.6.2. Estimation du score de propension

Le tableau ci-dessous montre les scores de propension ou probabilités prédites des enquêtés pour ensuite procéder à leur comparaison.

Tableau 15 : Estimation du score de propension

Estimated propensity score

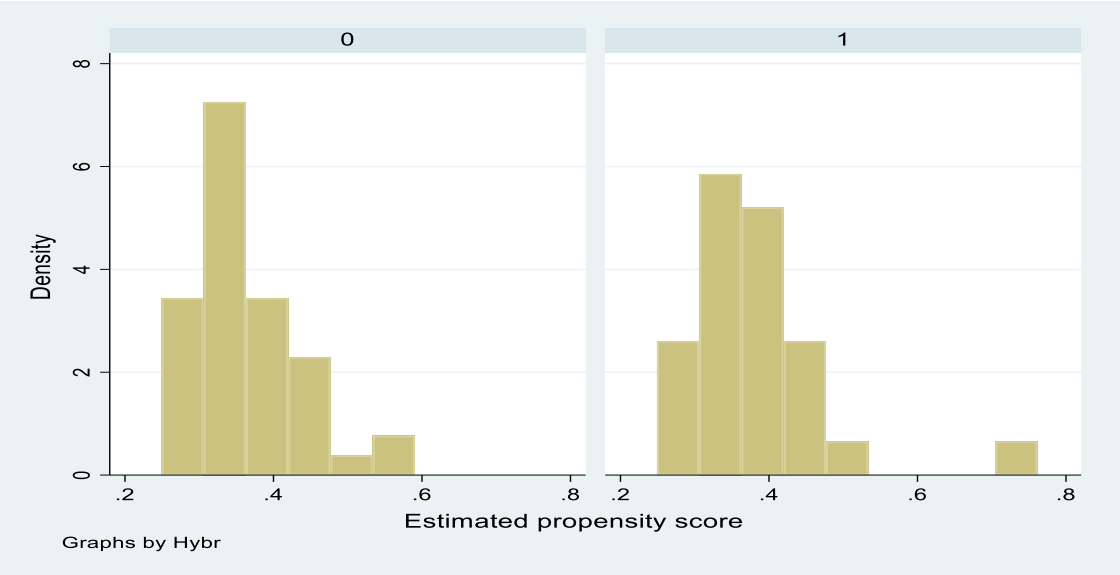
	Percentiles	Smallest		
1%	.2967566	.2967566		
5%	.3053023	.2973037		
10%	.309566	.3011055	Obs	65
25%	.3273804	.3053023	Sum of Wgt.	65
50%	.3592632		Mean	.3810918
		Largest	Std. Dev.	.0743777
75%	.4027027	.5305366		
90%	.4562466	.5629345	Variance	.005532
95%	.5305366	.5721584	Skewness	1.856592
99%	.7044761	.7044761	Kurtosis	7.618883

Source: Calculs de l'auteur

Avant de passer à l'analyse d'impact, il est nécessaire de calculer les scores de propension ou probabilités prédites et faire un appariement ; autrement dit de comparer des observations comparables entre le groupe des bénéficiaires et celui des non bénéficiaires sur la base des scores similaires.

Le tableau ci-dessus montre que le score de propension moyen ou probabilité prédite moyenne de tous les individus est de 0,38. L'écart-type est de 0,07. Il faut remarquer que 25%, 50% et 75% des individus ont respectivement un score de 0,32 ; 0,35 et 0,40.

Figure 6: Distribution des scores de propension dans les deux groupes, bénéficiaires et non bénéficiaires



Nous remarquons une distribution similaire des scores de propension, ce qui permettra d'effectuer un bon appariement des deux groupes et ainsi mesurer l'impact de façon satisfaisante.

V.1.7. Impact de semences de maïs hybride

L'impact de l'adoption du maïs hybride sur la production et le revenu agricole a été estimé en utilisant l'approche d'appariement par score de propension (PSM), et les résultats sont présentés dans les tableaux 14 et 15.

V.1.7.1. Impact sur la production

Au vu de ce tableau, il est clair que l'effet sur la production est notable. Si l'on s'en tient à la méthode RM, l'effet mesuré est de 1233 Kg sur la production. L'impact sur la production du maïs était positif et hautement significatif, démontrant que les adoptants ont des productions plus élevées par rapport aux non-adoptants.

Tableau 16 : Impact des semences de maïs hybride sur la production

Matching algorithms	n.treat.	n.contr.	ATT	Std. Err.	t
NNM	27	16	1116.667	242.160	4.611
RM	26	38	1233.196	242.924	5.076
KBM	27	38	1228.871	267.778	4.589
SM	26	39	1081.320	405.519	2.667

Source: Calculs de l'auteur

V.1.7.2. Impact sur le revenu agricole

L'impact sur le revenu du ménage était également positif et hautement significatif. En utilisant la méthode KBM, nous trouvons une différence de revenu de 2 271 261 Fbu. Cette différence montre clairement que les adoptants ont des niveaux de revenus plus élevés que les non-adoptants.

Tableau 17 : Impact du maïs hybride sur le revenu agricole

Matching algorithms	n.treat.	n.contr.	ATT	Std. Err.	t
NNM	27	16	2046852	260530.6	7.856
RM	26	38	104815	289142.8	8.392
KBM	27	38	2271261	463410.8	4.901
SM	26	39	2122832	496265	4.278

Source: Calculs de l'auteur

V.1.8. Efficience technique des producteurs de maïs

Malgré l'estimation de l'impact de maïs hybride sur le rendement et le revenu, il est également crucial d'estimer et de comparer les niveaux d'efficience technique des producteurs du maïs hybride et du « maïs tout venant ». Nous avons utilisé le logiciel STATA pour estimer l'efficience technique des producteurs de maïs et nous avons présenté les résultats dans le tableau 16.

L'efficience technique moyenne des producteurs de maïs hybride est de 0,99, tandis que l'efficience technique moyenne des producteurs de « maïs tout venant » est de 0,43. La différence dans le niveau d'efficience technique des producteurs d'hybrides et de maïs tout venant indique qu'il existe une différence importante (le double) dans le niveau d'efficacité.

Tableau 18 : Efficience technique des producteurs de mais

Catégorie de Producteurs	Moyenne de E.T(Efficience technique)	Ecart-type	Minimum	Maximum
Maïs hybride	**0,9955737**	0,000033	0,995501	0,9956515
Maïs tout venant	**0,4374324**	0,2952545	0,0642375	0,9999998

Source: Calculs de l'auteur

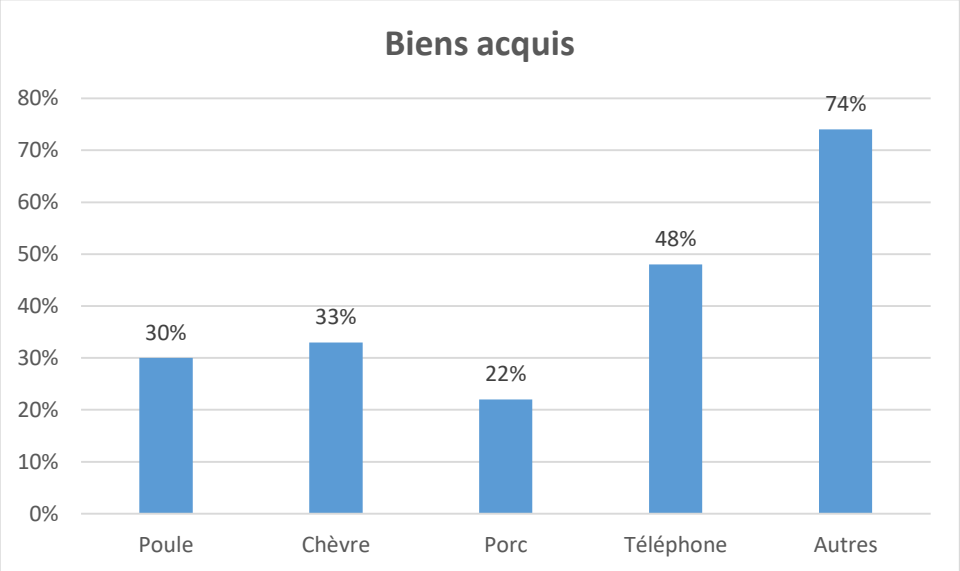
Nous avons estimé les niveaux d'efficience technique à partir d'une frontière stochastique de production avec la spécification Cobb-Douglas. Pour cela, les variables pris en compte sont la production (en Kg), la fertilisation, la taille de l'exploitation et l'expérience dans la culture du maïs.

V.1.9. Utilisation des revenus issus de la commercialisation du maïs hybride

Les producteurs ont besoin d'accroitre leurs revenus agricoles pour faire face aux dépenses du ménage. Ainsi, 48% d'entre eux affirment avoir utilisé l'argent obtenu pour l'achat de téléphone contre 33 % pour l'achat de chèvres, 30% l'achat de poules et 22% pour le porc. D'autres dépenses (74%) concernent l'achat de vaches, de la nourriture pour la consommation du ménage, des habits et ustensiles de cuisine et surtout la réaffectation du bénéfice à d'autres cultures comme le riz.

Il faut noter que ces animaux constituent une sorte de compte courant pour ces producteurs, une source monétaire qui leur permet de satisfaire les besoins quotidiens, de payer les frais de scolarité, les soins de santé, etc. C'est donc une sorte d'épargne facilement mobilisable en cas de nécessité et à tout moment pendant la période post-récolte. Le téléphone quant à lui facilite le processus de diffusion d'innovations.

Figure 7 : Biens acquis grâce aux revenus issus du maïs hybride



V.1.10. Avantages de la culture de maïs hybride au niveau des producteurs enquêtés

Bien que les producteurs soient relativement nouveaux dans la culture du maïs hybride (29 mois en moyenne) dans la zone d'étude, les avantages sont visibles et concernent surtout la productivité (100%) et la rentabilité. D'autres avantages sont la précocité (11%), la résistance aux maladies (55,5%) et l'appréciation des consommateurs (55,5%).

Quant au niveau de satisfaction, les producteurs d'hybrides de mais estiment qu'ils sont très satisfaits de l'utilisation de semences de maïs hybride (55,85%) tandis 14,85 % sont moyennement satisfaits et que 33,33% ne sont pas satisfaits. La raison principale évoquée de cette insatisfaction est le prix élevé des semences (48,15%), bien que 51,85 % soient satisfaits du prix. Quant au revenu, 51,85% sont très satisfaits tandis que 29,63 sont moyennement satisfaits et 18,52 ne sont pas satisfaits.

Notons que les semences et les engrais (Urée et KCl) étaient subventionnés et que les producteurs n'ont pas eu à payer pour ces intrants à part la main d'œuvre agricole.

Dans l'ensemble, les conditions de vie des agriculteurs se sont améliorées avec le revenu du maïs hybride (88,89 %) contre 11, 11% qui affirment n'avoir pas constaté d'amélioration.

Tableau 19 : Avantages de la culture de maïs hybride au niveau des producteurs enquêtés

Avantages	Proportion (En %)
Productivité	100%
Précocite	11%
Résistance aux maladies	55,5%
Appréciation des consommateurs	55,5%
Satisfaction_Utilisation Maïs hybride	55,85%
Satisfaction_Prix	51,85%
Satisfaction_Revenu	51,85%
Amélioration_Niveau de vie	88,89%

Source : Auteur

V.1.11. Contraintes liées à la production de maïs hybride

Parmi les contraintes évoquées, l'indisponibilité de semences est pointée du doigt par la plupart des agriculteurs (55,5 %). Les autres contraintes sont notamment le cout élevé des semences, l'exigence des hybrides en produits phytosanitaires, la non résistance aux maladies et ravageurs, l'insuffisance de l'eau, le manque de produits phytosanitaires, etc.

Les agriculteurs préconisent, pour venir à bout de ces contraintes, de disponibiliser les semences à temps et à un prix abordable (2000 à 3000Fbu le Kg au lieu de 8850Fbu), disponibiliser de l'eau suffisance et des produits phytosanitaires.

V.2. Discussion des résultats

V.2.1. Effet de l'utilisation des semences hybrides sur la production et le revenu

Les résultats montrent que les bénéficiaires des semences hybrides de maïs ont une production 4 fois plus élevée (1684,815 Kg) par rapport à ceux qui n'en ont pas bénéficié (413,1667 Kg). Cela s'explique par le fait que les semences hybrides germent généralement plus vite et les plantes se développent avec plus de vigueur. Du fait de l'effet hétérosis ces plantes se développent mieux et prennent de l'avance sur les plantes non hybrides.

Ces résultats ont été démontrés par certains auteurs qui ont souligné la supériorité des hybrides de maïs en terme de rendement et de revenu. **M. Tahir et al. (2008)** expliquent que l'introduction d'hybrides de maïs permet de doubler le rendement sur une même surface. **A. Huang et al. (2010)** sont du même avis en affirmant que l'adoption de ces hybrides permet d'augmenter considérablement le rendement du maïs.

Au Malawi, une étude a montré que les hybrides étaient adoptés par les agriculteurs intéressés par des rendements plus élevés et des attributs de résistance à la sécheresse, tandis que les variétés tout venant étaient surtout adoptés par les agriculteurs intéressés par une maturité précoce (**R. Lunduka et al., 2012**).

Quant au revenu il est à peu près 4 fois aussi c'est-à-dire 3 183 148 Fbu contre 826 333.3 Fbu. Concernant donc l'impact du maïs hybride sur le revenu, les résultats obtenus sont corroborés par les conclusions de certains auteurs. **Mendola (2007) et Wu et al. (2010)** ont trouvé un impact positif de l'adoption des innovations agricoles sur les revenus et la réduction de la pauvreté.

Mendola (2007) trouve que le revenu de ceux qui adoptent la technologie est de 30% plus élevé que celui des autres producteurs. **Kassie et al. (2011)** ont également mis en évidence un impact positif de l'adoption des variétés améliorées d'arachide sur les revenus nets et la réduction de la pauvreté en Ouganda.

Becerril et Abdulai(**2010**) ont examiné l'adoption du germoplasme de maïs amélioré à Oaxaca et Chiapas au Mexique, et ont constaté que l'adoption du maïs hybride avait un impact positif sur le bien-être des ménages.

Par le passé, un certain nombre d'études ont montré que l'adoption du maïs hybride avait un impact positif sur le bien-être des ménages (**O.T. Westengen et al., 2014** ; **F. Kutka et al., 2011 ; R. Lunduka et al., 2012**). En utilisant l'appariement des scores de propension et la régression de la commutation endogène, **Khonje et al**. (**2015**) ont constaté que les adoptants d'hybrides obtenaient un rendement, une consommation et une sécurité alimentaire plus élevés. L'adoption des hybrides est viable et rentable au Nigéria (**A.B Olaniyan et E.O Lucas, 2004**).

V.2.2. Application des engrais et pratiques agroécologiques

Les résultats montrent que l'usage des fertilisants est positif et significatif au seuil de 10% ce qui signifie que les fertilisants, entre autres facteurs, augmente la production de façon significative. Cependant, une étude réalisée en 2008 a montré que l'application inadéquate d'intrants, ainsi que la mauvaise sélection de variétés adaptées à des écologies données, contribuaient à la baisse des rendements (**M. Tahir et al., 2008**).

Le taux d'utilisation des engrais est très faible malgré l'intention du Programme National de Subvention des Engrais au Burundi (PNSEB) de permettre aux agriculteurs d'accéder à des engrais à bas prix. En moyenne, seuls 5,4 kg d'engrais sont appliqués par hectare de terre arable (**Banque mondiale, 2016**). Les principaux obstacles à une adoption accrue des engrais sont le faible pouvoir d'achat de la population agricole et la sensibilisation limitée des agriculteurs. Pour garantir les meilleurs rendements et le respect de l'environnement, l'application des engrais et le compostage des déchets organiques doivent être combinés.

V.2.3. Contraintes d'adoption relatives au prix

Bien que les hybrides de maïs offrent un rendement plus élevé que les variétés tout venant, il existe plusieurs obstacles à l'adoption des hybrides de maïs, tels que les prix élevés et la non-disponibilité des semences (**M. R. Karim et al., 2010**). En effet, les résultats de l'étude font état de 55,5 % des agriculteurs qui s'indignent de l'indisponibilité de semences contre 48,15 % qui estiment que les prix de semences hybrides sont élevés.

Le prix des semences hybrides de maïs étant élevé au Burundi, les petits exploitants n'ont pas les moyens de les acheter, ce qui les oblige à cultiver des variétés de maïs tout venant. Environ 84 % des agriculteurs burundais sont de petits exploitants **(PND Burundi, 2018**), et leur capacité limitée à acheter des semences hybrides de maïs est l'une des raisons de la faible adoption des semences hybrides.

Les variétés hybrides rapportent beaucoup d'argent aux semenciers. D'une part parce que l'agriculteur est obligé d'acheter des semences chaque année et d'autre part parce que ce dernier est sous la dépendance du semencier qui peut alors fixer des prix beaucoup plus élevés. L'octroi de subventions pour les semences de maïs hybride, ainsi que l'amélioration des canaux de distribution et des services de vulgarisation, pourraient aider les petits exploitants à adopter les hybrides de maïs. La production locale de semences de maïs hybrides contribuera à réduire les prix de détail au Burundi afin de développer la production de maïs au niveau local.

V.2.4. Vers une perspective d'amélioration du système semencier burundais

La demande en semences est bien supérieure à sa disponibilité, l'offre ne répondant qu'à 13% de la demande actuelle. Pour atténuer ces problèmes, le gouvernement a relancé le programme semencier en actualisant la législation semencière et le Plan National Semencier (PNS). Le soutien à l'augmentation de la production semencière est étendu à trois niveaux :

- ✓ La production des semences de souche et de prébase par l'ISABU ;
- ✓ Production de semences de base par les services de vulgarisation décentralisés (BPEAE) ;
- ✓ Production de semences commerciales par des groupes de multiplicateurs assistés par le Bureau Provincial de l'Environnement, l'Agriculture et de l'Elevage.

Afin d'améliorer la disponibilité des semences au Burundi, plusieurs activités ont été entreprises. En 2012, une loi sur l'organisation de la filière semencière a été signée dans le but de créer un cadre pour renforcer le développement de la filière semencière afin de produire des semences agricoles de qualité en quantité suffisante, promouvoir la participation des opérateurs privés à la production et à la commercialisation de semences de qualité, créer un système institutionnel d'homologation variétale et de certification des semences et développer la coopération internationale dans le commerce des semences.

L'ONCCS (Office National de Control et de Certification des Semences) est actif et les producteurs privés de semences peuvent opérer en tant qu'associations ou individus. Dans ce cadre, le projet PSSD a démarré ses activités en 2018 et sera mis en œuvre jusqu'en 2022. Avec la loi semencière de 2012, les entreprises privées sont encouragées à investir dans le secteur agricole pour accroître la recherche et le développement de variétés et produire des quantités suffisantes de semences certifiées de haute qualité.

CHAPITRE VI : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

VI.1. Conclusion

La présente étude intitulée « Impact économique des semences de maïs hybride sur la production et le revenu agricole au Burundi » avait pour objectif global d'évaluer l'impact de l'adoption des semences de maïs hybride sur la production, le revenu agricole et la sécurité alimentaire des ménages agricoles burundais » est l'une des rares à se concentrer sur l'adoption du maïs hybride au Burundi.

Les travaux reposaient sur deux hypothèses de recherche. La première est que l'adoption de semences de maïs hybride améliore les conditions économiques et la situation sociale des producteurs burundais. La seconde hypothèse est que l'utilisation des semences de maïs hybride permet d'augmenter la production de façon significative et de ce fait le revenu moyen des ménages agricoles burundais

L'appariement par score de propension a été utilisé. La technique consiste à créer, à partir du groupe de contrôle (les non adoptants) et le groupe de traitement (les adoptants), deux groupes de producteurs qui sont similaires sur un ensemble de variables données. Cette similitude est mesurée par la probabilité d'adoption ou pscore, qui est une fonction de l'ensemble de variables observables supposées affecter l'adoption des semences de maïs hybride.

L'impact de l'adoption a alors été estimé sur la production du maïs et le revenu agricole des ménages. La méthode de l'appariement par score de propension a été utilisé pour comparer deux groupes de producteurs de maïs, les bénéficiaires et les non bénéficiaires de semences de maïs hybride.

Les résultats empiriques montrent que l'adoption d'hybrides de maïs a un impact positif et significatif sur les activités productives des agriculteurs burundais. Elle entraîne une augmentation de la production et du revenu agricole, ce qui se traduit par une amélioration du bien-être général des agriculteurs. Le niveau d'efficacité technique des adoptants

d'hybrides de maïs est également élevé par rapport aux non-adoptants. Il est nécessaire d'assurer l'accessibilité des semences de maïs hybrides pour les petits agriculteurs. Les prix des semences de maïs hybride doivent être réduits par la production locale, car actuellement elles sont principalement importées.

Cependant, il existe des contraintes à l'adoption et notamment l'indisponibilité de semences, coût élevé des semences, l'exigence des hybrides en produits phytosanitaires et la non résistance aux maladies et ravageurs entre autres.

VI.2. Recommandations

Nous ne pouvons terminer ce travail sans émettre quelques recommandations.

Au gouvernement du Burundi de :

-Renforcer la compétitivité des entreprises semencières locales ;

-Fournir des incitations et des avantages fiscaux pour les entreprises impliquées dans la production locale de semences hybrides ;

-Accélérer le processus d'homologation des nouvelles variétés et fournir un soutien technique à la production de semences de maïs hybride ;

-Appuyer les entreprises semencières locales et les multiplicateurs privés de semences de maïs hybride ;

-Mettre à disposition des agriculteurs les engrais et les produits phytosanitaires à temps et à moindre coût ;

-D'intensifier les formations à l'endroit des agriculteurs sur les innovations agricoles et en particulier du maïs hybride.

Aux multiplicateurs de semences de :

- De produire suffisamment de semences et les disponibiliser aux agriculteurs en quantité suffisante et à temps ;

-Revoir leurs politiques de distribution et de prix pour rendre les semences accessibles aux agriculteurs.

Aux chercheurs :

-Analyser et proposer des voies et solutions pour montrer l'implication des semences de maïs hybride sur la sécurité alimentaire des ménages burundais ;

-D'étendre les recherches sur l'impact des semences de maïs hybride sur les activités productives des multiplicateurs semenciers privés ;

-De continuer les recherches sur les semences de maïs hybride en employant d'autres méthodes d'impact pour plus de résultats et notamment la méthode de la régression linéaire avec traitement endogène ou modèle à changement de régime.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1.Ouvrages généraux

BORDES J., 2006. Création de lignées haploïdes doublées de maïs par gynogenèse induite in situ : amélioration de la méthode et intégration dans les schémas de sélection. Thèse Doctorat pour l'obtention du grade de docteur d'université spécialité agronomie et génétique quantitative. Université Blaise Pascal, France, 124 p.

BLUNDELL R., et Costa Dias M., 2000. Evaluation methods for non-experimental data. Institute for Fiscal Studies. 427 p.

Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), 2002. Memento de l'Agronome. Montpellier. CIRAD-GRET, 1691 p.

KAMEYA F., 2014. Module de formation sur les techniques de production, de protection et de conservation du maïs. ISABU-UCODE, 19 p.

République du Burundi, 2018. Plan national de développement du Burundi (PND Burundi 2018-2027).

République du Burundi et FAO, 2009. Programme National de Sécurité Alimentaire (PNSA), 2009-2015.

SAVADOGO K., 2016. Méthodes économétriques d'évaluation d'impact des programmes sociaux. Cours au programme Master d'économie agricole du PTCI.

2. Mémoire et Thèses

NDAYIRAGIJE N. N., 2018. Impact socio-économique des innovations agricoles au Burundi. Mémoire Faculté des sciences agronomiques (FACAGRO).

NDEYE F. F. M., 2017. Les déterminants et l'impact de l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho dans le bassin arachidier du Sénégal. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 199 p.

PAPSEN, 2013. Caractérisation des systèmes de production dans la moyenne Casamance. Analyse préliminaire des dynamiques des systèmes de production agricole. Programme d'Appui au Programme National d'Investissement de l'Agriculture du Sénégal.

SOKHNA A.B., 2018. Evaluation de variétés hybrides de maïs dans les conditions de culture du sud du bassin arachidier du Sénégal. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des travaux, Spécialité Agriculture, Université de Thiès.

3. Articles

ABEBAW D. et HAILE M. G., 2013. The impact of cooperatives on agricultural technology adoption: Empirical evidence from Ethiopia. Food Policy.

BARARYENYA A., NTAMAVUKIRO A., SIMBASHIZUBWOBA C. et PETER G., 2012. Evaluation du secteur semencier. Bulletin d'information de l'ISSD.

BECERILL J. and ABDULAI A., 2010. The impact of improved maize varieties on poverty in Mexico: a propensity score-matching approach. World Development.

FISCHER E. et QAIM M., 2012. Linking smallholders to markets: determinants and impacts of farmer collective action in Kenya. World Development.

GLENK K., EORY V., COLOMBO S. et BARNES A., 2014. Adoption of greenhouse gas mitigation in agriculture: an analysis of dairy farmers' perceptions and adoption behavior. Ecological Economics.

GRAIN DE SEL, 2011. Les semences : intrant stratégique pour les agriculteurs. Grain de sel n°52-53. Inter-Réseaux.44pge.

GRILICHES Z., 1957. Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. Econometrica.

HUANG A., ALI A., SYED W. H., ASIF M., KHALIQ T., and ABID A. A., 2010. Growth and yield of maize (Zea mays L.) cultivars affected by NPK application in different proportion. Pakistan Journal of Science.

JOHN F. M., PETER S., JAMES G. and MOSISA W. R., 2014. Maize Hybrid Seed Production Manual. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).

KASSIE M., SHIFERAW B., et MURICHO G., 2011. Agricultural technology, crop income and poverty alleviation in rural Uganda. World Development.

LANGYINTUO, MWANGI A.S. W., DIALLO A.O., MACROBERT J. F., DIXON J. & BÄNZIGER M., 2008. Analysis of the bottlenecks affecting the production and deployment of maize seed in eastern and southern Africa. Harare, Zimbabwe, CIMMYT. 50p.

MENDOLA M., 2007. Agricultural technology adoption and poverty reduction: A propensity-score matching analysis for rural Bangladesh. Food Policy.

KARIM M., SARWER R. H., PHILLIPS M. et BELTON B., 2014. Profitability and adoption of improved shrimp farming technologies in the aquatic agricultural systems of southwestern Bangladesh. Journal of Aquaculture.

NDIKUMANA R., SINDIWENUMWE C., LEOPOLD G. et CAROLINE D., 2016. Analyse des incitations par les prix pour le maïs au Burundi pour la période 2005-2014. FAO. Séries de notes techniques, SAPAA, Rome.

NIYONKURU D., 2014. La question semencière au Burundi. ADISCO. Trimestriel d'information, de formation et d'action du monde rural.

NKAMLEU, G.B., et ADESINA, A.A., 2000. Determinants of chemical input use in peri-urban lowland systems: bivariate probit analysis in Cameroun. Agricultural Systems.

NKURUNZIZA G., NDAYISENGA M., NDAYIHANZAMASO P., NDAYIRAGIJE P. et NIYONGABO D., 2012. Techniques de culture, de protection et de conservation du maïs : Cas des variétés à pollinisation libre. ISABU.

OLANIYAN A. B. and LUCAS E. O., 2004. Maize hybrids cultivation in Nigeria-a review. Journal of Food, Agriculture and Environment.

TAHIR M., TANVEER A., ALI A., ABBAS M., and A. WASAYA, 2008. Comparative yield performance of maize and Zea mays, different maize (Zea mays

L.) hybrids under local conditions of Faisalabad-Pakistan. Pakistan Journal of Life and Social Sciences.

WOOLDRIDGE J.M., 2002. Econometric analysis of cross section and panel data. MIT Press, Cambridge, MA.

WESTENGEN O. T., RING K. H., BERG P. R. and BRYSTING A. K., 2014. Modern maize varieties going local in the semi-arid zone in Tanzania. BMC Evolutionary Biology.

WU H., DING S., PANDEY S., et Tao D., 2010. Assessing the impact of technology adoption on farmers' well-being using propensity score matching analysis in rural China. Asian Economic Journal.

KHONJE M., MANDA J., AREGA M., ALENE D. et KASSIE M., 2015. Analysis of Adoption and Impacts of Improved Maize Varieties in Eastern Zambia. World Development.

OGADA M.J., MWABU G. et MUCHAI D., 2014. Farm technology adoption in Kenya: a simultaneous estimation of inorganic fertilizer and improved maize variety adoption decisions. Agricultural and Food Economics.

4.Webographie

A. B. Maunder, 1998. Conditionnement et commercialisation des semences. Disponible sur https://core.ac.uk/download/pdf/237210923.pdf#page=30 consulté le 20/01/2023

AKHTER A., ABDURAHMAN B. I., DIL BAHADUR R., 2020. Adoption and Impact of the Maize Hybrid on the Livelihood of the Maize Growers: Some Policy Insights from Pakistan disponible sur https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/20761/61430.pdf?sequence=1&isAllowed=y consulté le 04/09/2022.

ALI A. et RAHUT D.B., 2018. Hybrid Maize Seed Adoption and Impact on Livelihood: Empirical Evidence from Maize Growers in Pakistan, disponible sur https://economy-pedia.com/11040705-probit-model consulté le 20/04/2022.

AURELIE L., MEHDI A. et ÉLODIE B., 2014. Le score de propension : un guide méthodologique pour les recherches expérimentales et quasi expérimentales en

éducation, disponible sur https://www.erudit.org/en/journals/mee/1900-v1-n1-mee02443/1035914ar.pdf consulté le 13/10/2022.

BARAMBURIYE J., 2010. Baseline seed study for Burundi: Harmonization of seed policies, laws and regulations disponible sur https://www.afsta.org/wp-content/uploads/2022/10/BURINDI-SEED-SECTOR-BASELINE-STUDY.pdf consulté le 20/04/2022.

BRODATY T., CREPON B. et FOUGERE D., 2007. Les méthodes micro-économétriques d'évaluation et leurs applications aux politiques actives de l'emploi, disponible sur https://www.crest.fr/ckfinder/userfiles/pageperso/fougere/Brodaty_Crepon_Fougere.pdf consulté le 13/10/2022.

CHIRWA W. E., 2005. Adoption of fertilizer and hybrid seeds by smallholder maize farmers in southern Malawi, disponible sur http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03768350500044065 consulté le 13/10/2022.

CIC, 2022. Base de données du Conseil International des Céréales disponible sur http://www.igc.int/fr/markets/marketinfo-sd.aspx consulté le 13/10/2022.

INECN, 2013. Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la plaine de l'Imbo. Disponible sur https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/bi-sbsap-imbo-fr.pdf consulte le.../01/2023

ITC, 2016. Trade Map Database. Geneva, Switzerland disponible sur http://www.trademap.org/Index.aspx consulté le 13/11/2022.

ISABU, 2016. Fiche technique harmonisée de la culture du maïs hybride.

ISTEEBU, 2019. Annuaire statistique du Burundi 2018, disponible sur https://www.isteebu.bi/wp-content/uploads/2020/05/Annuaire-2018.pdf consulté le 13/11/2022.

J. C. DONGMO, 2009. Performances des hybrides variétaux et top-cross de maïs (zea mays l.) sur sols acides de la zone forestière humide du Cameroun. Disponible sur https://www.memoireonline.com/a/fr/cart/add/4975 consulté le 16/ 01/2023

MPETEYE J. B, NDAYIKENGURUKIYE S. et NDAYIZEYE T., 2014. Etude de base et évaluation de l'atteinte des résultats en année 1 : projet d'amélioration durable de l'accès aux semences, aux intrants et outillage agricoles dans trois communes de la région du Moso (PADASIO). LOUVAIN-COOPERATION et UCODE. Disponible sur http://fbsa-burundi.weebly.com/uploads/2/6/4/7/26474291/rapport_etude_de_base_padasio_(vf)_(1).pdf consulté le 25 /01/2023

ROSENBAUM, P. R., et RUBIN, D. B., 1983. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. Biometrika disponible sur https://academic.oup.com/biomet/article/70/1/41/240879 consulté le 13/10/2022.

ENAB, 2018. Enquête Nationale Agricole du Burundi 2016-2017. Résultats de la campagne agricole (Version finale). Juin 2018. Ministère des Finances, du Budget et de la Coopération au Développement Economique, Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi (ISTEEBU), Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage, Direction Générale de la Planification Agricole et de l'Elevage (DGPAE), Direction des Statistiques et Informations Agricoles (DSIA) disponible sur https://bi.chm-cbd.net/sites/bi/files/2019-10/enab_2016_2017.pdf consulté le 13/10/2022.

FIDA, 2018. Soutenir les systèmes semenciers paysans . Disponible sur https://www.ifad.org/documents/38714170/41211743/Seeds_Teaser-f.pdf/1d273b33-bb6b-4cec-8dfa-3fd6a63f86c3?t=1562243219000 consulté le 25/01/2023.

SSG, 2019. Stratégies pour un Développement Durable du Système Semencier au Burundi disponible sur https://seedsystemsgroup.org/?jet_download=2381 consulté le 12/09/2022.

VLEMINCK J. et MWASILWA A., 2014. Bulletin de la recherche agronomique au Burundi. Fiche technique sur la production du maïs hybride. Volet Semence/PAIOSA disponible sur https://bi.chm-cbd.net/sites/bi/files/2020-02/bulletin-recherche-agronomique-5-bi.pdf consulté le 12/09/2022.

ANNEXES

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

«Impact économique des semences de maïs hybride sur la production et le revenu agricole au Burundi»

I. IDENTIFICATION

1. Nom du chef de ménage ou de l'organisation des producteurs :……...
2. Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐
3. Niveau d'instruction : Aucun ☐ Primaire ☐ Secondaire ☐ Universitaire ☐
4. Province :…….
5. Commune :……..
6. Colline :……..
7. Commune :……..
8. Statut du champ : propre champ ☐ location ☐

II. ORIGINE DES SEMENCES

9. Quel type de maïs cultivez-vous ? Maïs tout venant ☐ Maïs hybride ☐
10. Quelle variété de maïs cultivez-vous ?.....
11. Quelle est l'origine de la variété que vous utilisez ?

.Association productrice de semences ☐
.Privé multiplicateur de semences ☐
.De l'exploitation même ☐
.Tout venant ☐

12. Si l'origine est «Association des producteurs de semences», quel rendement avez-vous obtenu sur votre parcelle?
Oui ☐ Non ☐

13. Si l'origine est « Privé multiplicateur de semences », quel rendement avez-vous obtenu sur votre parcelle ?
    Oui ☐ Non ☐
14. Si l'origine est « De l'exploitation même », quel rendement avez-vous obtenu sur votre parcelle ?
    Oui ☐ Non ☐
15. Si l'origine est « Tout venant », quel rendement avez-vous obtenu sur votre parcelle ?
    Oui ☐ Non ☐
16. Combien de kg de semences de maïs utilisez-vous dans votre parcelle ?
    ……

17. Si vous cultivez le maïs hybride, quels sont les avantages que vous poursuivez par cette culture ?
    Grande productivité ☐ Précocité ☐ Résistance aux maladies et/ou ravageurs ☐ Rentabilité de la culture ☐

18. Trouvez-vous abordable le prix par kg de semences de maïs hybride ?
    Oui ☐ Non ☐

19. Etes-vous satisfait de l'utilisation des semences de maïs hybride ?
    Très satisfait ☐ Satisfait ☐ Non satisfait ☐

III. FERTILISATION

20. Faites-vous de la fertilisation de votre champ de maïs ? Oui ☐ Non ☐

21. Si la réponse à la fertilisation est Oui, quel est le type de fertilisant utilisez-vous ?
    Organique ☐, Chimique ☐ Organique et Chimique ☐

22. Quelle quantité (en kg) de matière organique utilisez-vous ?
    :…….

23. Quelle quantité (en kg) d'engrais chimique utilisez-vous ?
    :……...

IV. TRAITEMENT PHYTOSANITAIRE

24. Utilisez-vous des produits phytosanitaires ? Oui ☐ Non ☐

25. Si oui, quel type de produits utilisez ? ……

V. STRUCTURE DES COUTS

Libelle	**Quantité/Nombre**	**PU**
semences de maïs		
Produits fertilisants		
Produits phytosanitaires		
Matériel de stockage		
Autres		

VI. RECOLTE ET POST-RECOLTE

26. Quelle quantité récolte de maïs (en kg) avez-vous obtenu en 2020, 2021 et 2022:

Année	Superficie du champ	Quantité en kg	Prix unitaire
2020			
2021			
2022			

27. Où stockez-vous et conservez votre récolte de maïs ? hangar de stockage ☐ domicile ☐

VII. APPUI TECHNIQUE ET FINANCIER

28. Avez-vous reçu une formation appropriée sur les aspects de la production de votre maïs ? Oui ☐ Non ☐
29. Avez-vous accès aux services de vulgarisation ? Oui ☐ Non ☐
30. Combien avez-vous d'années d'expérience en agriculture ?.....

31. Depuis combien d'années cultivez-vous le maïs hybride ?.....
32. Etes-vous dans une association de producteurs ? Oui ☐ Non ☐
33. Avez-vous accès au financement ? Oui ☐ Non ☐

VIII. REVENU AGRICOLE

34. Type de maïs cultivé ? Mais tout venant ☐ Maïs hybride ☐
35. Etes-vous satisfait de votre revenu actuel ?
    . Très satisfait ☐ Satisfait ☐ Non satisfait ☐

36. Avez-vous remarqué une amélioration des conditions de vie avec l'utilisation du maïs hybride ?

    .Oui ☐
    .Non ☐
    .Je ne sais pas ☐

37. Quels sont les biens acquis grâce aux revenus issus du maïs hybride ?
    . Poule ☐
    . Chèvre ☐
    . Porc ☐
    . Téléphone ☐
    . Autre (à préciser) : …….

38. Quelles sont les contraintes majeures de l'utilisation des semences de maïs hybride ?
    ……
    ……
    ……
39. Que préconisez-vous pour une rentabilité de votre exploitation agricole ?
    ……
    ……
    ……