

Université Assane SECK de Ziguinchor



UFR : Sciences Economiques et Sociales

Département : Economie – Gestion

Master : Finance et Développement

Spécialité : Evaluation d'impact des politiques de développement

Mémoire de Master

Amélioration de la productivité totale des facteurs à travers l'adoption de semences certifiées : approche par le *Local Average Treatment Effect (LATE)*

Soutenu publiquement le 11 Avril 2023

Présenté par :

Ibrahima SYLLA

Encadrant :

Dr Blaise Waly BASSE

Sous la supervision de :

Pr Abdou Aziz NIANG

Membres du jury :

Pr Abdou Aziz NIANG

Maître de Conférence Agrégé / UASZ

Président

Dr Saboury NDIAYE

Assistant / UASZ

Examineur

Dr Kéba Aly GOUDIABY

Assistant / UASZ

Examineur

Dr Blaise Waly BASSE

Maître-Assistant / UASZ

Encadrant

Année Universitaire 2022 - 2023

DEDICACE

À mon père Youssou SYLLA, paix à son âme,
J'espère qu'il est fier de moi depuis là où il se trouve.

À ma mère Maïmouna NDIAYE,
Une vraie battante qui se bat jour et nuit pour me voir réussir, véritable pilier dans ma vie.

À mes frères et sœurs,
Me prodiguant de l'affection et du soutien.

REMERCIEMENTS

Je suis tellement reconnaissant envers toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de cette aventure incroyable. Bien que ces écrits ne suffisent pas à exprimer toute ma gratitude, je vais essayer de remercier chacune de ces personnes spéciales.

Tout d'abord, je tiens à remercier le Docteur Blaise Wally BASSE, mon encadrant, pour le temps et l'intérêt accordé à cette étude. A travers cette collaboration, j'ai pu découvrir un amoureux de la recherche et de l'évaluation d'impact. Mes remerciements vont également à l'endroit de l'ensemble des professeurs du département Économie – Gestion qui nous ont transmis cette connaissance. Je me permettrais de nommer le Professeur Abdou Aziz NIANG qui ne cesse depuis la licence de m'orienter et de m'encourager.

Je ne pourrais pas oublier nos jeunes docteurs du département Économie-Gestion qui ont été d'une grande aide tout au long de cette aventure. Je veux nommer le Docteur Insa SANE qui n'a ménagé aucun effort pour rendre mes travaux de recherche exemplaires, le Docteur Samba SANE et le Docteur David DIONE pour l'ensemble des orientations précieuses dès la première année à l'université. Je suis également reconnaissant envers l'ensemble des doctorants du département pour leur disponibilité et leur flexibilité, mention spéciale à Fahad ASSAENDI, Adja Mariata Rella TALL-GUEYE, Vincent MENDY, Pape Mor GUEYE, Jean THIAW et Kiné FALL.

Un grand merci également à mes camarades de promotion qui ont suivi la voie de l'excellence depuis notre arrivée. Nous avons réussi ensemble à lire le crédo de l'université dans le bon sens : *l'excellence, ma référence* et je suis plus que fier de tous les accomplissements que cette promotion d'étudiants a réalisés.

Je voudrais exprimer ma gratitude à la famille BADIANE depuis Yamatogne pour leur hospitalité et leur compréhension, à la famille ADEERB/ZIG, à Boubacar CISSOKHO, Maïmouna DAFF et Salif GADJIGO d'avoir facilité mon intégration à l'université, votre présence a été d'une grande aide pour moi. Merci à ces personnes qui m'ont offert un entourage merveilleux à l'université : Mouhamadou Moustapha NDIAYE, Ouleymatou CAMARA, Adja Ndiéréby SALL, Zeyna NDIAYE, Samba NDIAYE, Dame THIAM, Amadou Sall MBAYE, Ousmane GAYE, Célestin Benoît BASSENE, Abdourahim DIALLO, Hadja O. NDOYE, Gassimou SABALY, Maïmouna BEYE, Diama GADIAGA.

Merci à Diakhou MBALLO pour la présence et le soutien moral.

Enfin, merci à toutes ces personnes qui ont été impliquées dans cette aventure incroyable.

SOMMAIRE

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
LISTE DES TABLEAUX, FIGURES ET ANNEXES	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	v
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE	5
I. Concepts et définitions	5
II. Revue de la littérature.....	7
CHAPITRE 2 : PRODUCTION CEREALIERE ET SEMENCES CERTIFIEES : QUELQUES FAITS STYLISES	12
I. Situation et évolution de la production de céréales	12
II. Les semences certifiées de céréales : une organisation de la filière	15
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE	18
I. Présentation de la zone d'étude et description des données	18
II. Estimation de la productivité totale des facteurs	19
III. Approche d'évaluation d'impact	21
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION	27
I. Analyse descriptive.....	27
II. Analyse économétrique	30
CONCLUSION	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	i
ANNEXES	viii
RESUME	xi
ABSTRACT	xi

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES ET ANNEXES

✓ Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition de l'échantillon selon la région	18
Tableau 2: Caractéristiques sociodémographiques des producteurs	27
Tableau 3: Caractéristiques socioéconomiques	29
Tableau 4 : Déterminants du traitement	30
Tableau 5: Déterminants de l'instrument	31
Tableau 6 : Résultats économétriques de l'impact des semences certifiées	33

✓ Liste des figures

Figure 1: Part des différents groupes d'aliments disponibles pour la consommation.....	12
Figure 2 : Production des principales céréales en Afrique de l'Ouest (en tonnes)	13
Figure 3 : Evolution de la production céréalière (en tonnes)	14
Figure 4 : Evolution de la production de riz, mil, maïs, fonio et sorgho entre 2016 et 2018..	14
Figure 5: Principe de la variable instrumentale	25

✓ Liste des Annexes :

Annexe 1: Description des variables d'estimation de la fonction de production translog	ix
Annexe 2 : Description des variables expliquant l'accès à la formation agricole	ix
Annexe 3 : Description des variables expliquant l'adoption des semences certifiées.....	x
Annexe 4 : Résultats de l'estimation de la fonction de production Translog	xi

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AGRIS	Projet Enquête Agricole Intégrée
ANSD	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
BM	Banque Mondiale
CEDEAO	Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CES	Elasticité de Substitution Constante
CNCSP	Comité National Consultatif des Semences et des plans
CORAF	Conseil Ouest Africain pour la Recherche et le Développement Agricole
DAPSA	Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles
DHS	Distincte, Homogène et Stable
DR	District de Recensement
EAA	Enquête Agricole Annuelle
EDSC	Enquête Démographique de Santé Continue
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
LARF	Fonction de Réponse Moyenne Locale
LATE	Effet Moyen de Traitement Local
MCO	Moindres Carrées Ordinaires
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
ODD	Objectifs de Développement Durable
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PESR	Probabilités Égales et Sans Remise
PIAR	Probabilités Inégales et Avec Remise
PIB	Produit Intérieur Brut
PRACAS	Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise

PSE	Plan Sénégal Émergent
RGPHAE	Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage
UP	Unité Primaire
US	Unité Secondaire
VI	Variable Instrumentale

INTRODUCTION

Au Sénégal, l'agriculture participe à hauteur de 9,6% au Produit Intérieur Brut (PIB) et 65,8% à la valeur ajoutée du secteur primaire en volume (ANSD, 2019). Environ 30,1% des emplois sont occupés par l'agriculture au Sénégal (Banque Mondiale, 2019). C'est un secteur qui occupe une place centrale dans l'économie du Sénégal et mobilise 755 559 ménages soit environ 49,5% des ménages (RGPHAE, 2013). Ce secteur est considéré comme l'un des quatre nouveaux moteurs de la croissance que sont l'agriculture, l'agroalimentaire, les mines et l'habitat par le Plan Sénégal Émergent (PSE), document de référence de la stratégie de croissance du pays de 2014 à 2035. Pour concrétiser cette ambition, le Sénégal a eu à lancer en 2014 le Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS) qui est une reformulation et une mise en cohérence des stratégies de développement agricole du gouvernement. Ce programme met l'accent sur l'émergence d'une agriculture capable de : nourrir au mieux et durablement sur une base endogène les populations ; tirer profit des avantages du commerce international ; sécuriser et augmenter les revenus des ruraux ; procurer des emplois agricoles et non agricoles et améliorer l'état nutritionnel des populations.

Selon la Banque Mondiale (2008), l'agriculture est un instrument spécial du développement qui contribue au développement comme moyen de subsistance et en tant que source de services environnementaux. Les technologies agricoles apparaissent comme support de stimulation de la croissance agricole. En tant qu'innovation, les variétés améliorées ont cette possibilité de sortir l'agriculture de la situation de faible productivité et de subsistance pour la transformer en agriculture commerciale qui dégage des surplus (Awotide *et al.*, 2016).

En 2015 selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), 33,7 millions de personnes n'ont pas été épargnées par l'insécurité alimentaire et cela malgré cette activité agricole. Ce nombre ne cesse de croître vu les nombreux obstacles de la production alimentaire. Selon le rapport de la FAO en 2016, cette situation risque de porter entrave à la réalisation des Objectifs de Développement Durable (ODD) à l'horizon 2030. La faible productivité agricole observée en Afrique subsaharienne est due d'une part à une utilisation limitée des semences à haut rendement (Spielman *et al.*, 2012 ; Afolami *et al.*, 2015).

L'alimentation humaine en général, celle du Sahel en particulier est dominée par une forte utilisation des céréales. Selon Broutin (2011), la consommation céréalière fait partie des deux principaux régimes alimentaires allant du Niger à la Guinée. Les céréales occupent une place

importante dans l'atteinte des objectifs d'autosuffisance alimentaire des pays d'Afrique occidentale. Au Sénégal, les cultures céréalières dominent la production des cultures vivrières en termes de production. Cette production est dominée par le mil, suivi par le sorgho, le maïs, le riz et le fonio (Ndione et Dansokho, 2010). Selon la Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA), la production de céréale au Sénégal a noté une augmentation de 13% entre les campagnes 2017-2018 et 2018-2019. Elle est passée de 2 516 465 tonnes à 2 889 022 tonnes en 2019. En outre, elle représente 55% en moyenne selon l'ANSD (2020) sur les cinq dernières années par rapport à la production de 2019. La production annuelle de mil en 2018 était estimée à 897 348 tonnes avec un accroissement de 2% par rapport à celle de 2017 et une augmentation en moyenne de 40% pour les cinq dernières années. La céréale riz a atteint les 1 206 587 tonnes (soit 735 518 tonnes irriguées et 420 789 pluviales) en 2018. Elle a ainsi connu une hausse de 19% par rapport à la production de 2017 qui s'était établi à 1 011 269 tonnes et soit 56% comparée à la moyenne des cinq dernières années. La production de maïs a dans la même foulée noté une hausse de sa production de 18% par rapport à celle de 2017.

La population dans son alimentation, rencontre très souvent des difficultés dans la satisfaction de ses besoins en céréales. Malgré les efforts consentis par l'Etat sénégalais et ses partenaires, l'importation de produits céréaliers reste toujours d'actualité dans une période où l'autosuffisance alimentaire est au cœur des débats. En guise d'illustration, nous pouvons nous référer à l'année 2019 où le monde a connu une crise sanitaire qui a débuté en Chine avant de s'étendre dans le monde entier. Elle a eu d'énormes conséquences sur le quotidien des individus en perturbant divers secteurs économiques. Les mesures prises par les gouvernements pour limiter la propagation du virus ont eu des répercussions sur l'économie sénégalaise, une économie ouverte au marché extérieur. En effet, selon Ciotti et *al.* (2020), la pandémie a fait régresser l'économie mondiale en aggravant la situation de la pauvreté. Fortement touchée par la crise, l'Afrique a enregistré une baisse de son offre et la demande des pays développés (OCDE, 2020). En Mars 2020, le Sénégal comme la majeure partie des pays était déjà affecté par la pandémie du Covid-19. Cette crise a instauré une incertitude au sein des ménages sénégalais vis-à-vis de leur approvisionnement en alimentation car dépendant de l'agriculture. Selon la Banque Mondiale (2020), les différentes perturbations notées au niveau des chaînes d'approvisionnement constituaient des obstacles pour l'accès aux intrants agricoles à l'image des semences et des produits phytosanitaires.

Les innovations agricoles sont un « paquet » de technologies, qui permettent d'améliorer la productivité des entreprises agricoles. Leurs avantages permettent aussi d'améliorer la fertilité de leurs sols, en préservant les nutriments du sol, l'eau et d'autres ressources naturelles, en augmentant les rendements, en améliorant la lutte contre les parasites, en diminuant les effets du changement climatique et en favorisant la mécanisation des exploitations (Chinsinga, 2012). Dans la même foulée, Kondylis *et al.* (2016) affirment que l'innovation technologique agricole est essentielle pour permettre à la population croissante de l'Afrique de répondre à ses besoins alimentaires.

Il devient ainsi judicieux d'augmenter la productivité agricole afin de réduire les importations de produits agricoles (Issoufu *et al.*, 2017). Au Sénégal, on peut noter une diffusion de plusieurs technologies au niveau des systèmes de production à base de céréales sèches, (mil, maïs, sorgho et fonio), de légumineuse (arachide, niébé et sésame), de lait et viande et de produits horticoles (oignon, tomate et mangue) (Diagne, 2020). Selon Ayayi (2000), l'utilisation des semences de très bonne qualité et à haut potentiel de rendement serait d'une grande utilité pour augmenter la productivité agricole. Constituant un intrant indispensable à la production agricole, l'accès aux semences permet d'améliorer la production et la productivité (Arouna et Diagne, 2013). L'étude essaie ainsi de répondre à la question de savoir : quel serait l'apport de l'utilisation des semences certifiées sur la Productivité Totale des Facteurs (PTF) des producteurs sénégalais ?

Ce sujet entre dans la thématique de l'agriculture qui occupe une place très importante dans la politique gouvernementale du Sénégal. Cette étude permettra de connaître l'importance des semences certifiées sur l'amélioration de la PTF. Les résultats de cette recherche pourront servir d'appui à la prise de décision étatique dans le cadre de l'orientation de nouvelles technologies dans le domaine de l'agriculture. Ce travail trouve son originalité dans sa capacité à fournir un nouvel angle de réflexion dans cette prise de décisions en proposant un autre indicateur qui mesure l'efficacité de l'utilisation des ressources et facilite la conception de politiques efficaces.

Cette étude a pour objectif général d'évaluer l'impact de l'adoption de semences certifiées de céréales sèches sur la l'amélioration de la PTF des ménages agricoles sénégalais.

Spécifiquement il s'agit de :

- a) Identifier les facteurs d'adoption de semences certifiées ;
- b) Mesurer l'impact de l'adoption des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs.

Ce travail tente de vérifier les hypothèses suivantes :

- a) L'adoption de semences certifiées est déterminée par des facteurs socioéconomiques ou institutionnels ;
- b) Les semences certifiées ont un impact positif et significatif sur la productivité totale des facteurs.

Cette étude s'articule autour de quatre (4) chapitres outre l'introduction et la conclusion. Il sera question dans un premier temps de recenser la littérature relative à quelques concepts, aux facteurs d'adoption des technologies agricoles, à l'estimation de la PTF et à l'impact des semences certifiées. Dans un deuxième temps, nous présenterons la méthodologie qui sera utilisée dans le chapitre trois (3). Enfin, nous finirons par exposer les résultats et la discussion de cette étude dans le quatrième et dernier chapitre.

CHAPITRE 1 : CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTÉRATURE

La littérature sur la thématique de l'impact des innovations technologiques est très vaste et diversifiée. Dans ce premier chapitre, nous allons d'abord définir les différents concepts dont la compréhension permettra de bien cerner ce sujet. Dans un deuxième temps, nous aborderons l'importance de centrer le débat autour de la PTF avant de finir par montrer l'impact de l'adoption des semences certifiées sur cette dernière.

I. Concepts et définitions

1. Notions de l'étude d'impact

o Impact

D'après le glossaire de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) (2002), l'impact est un effet à long terme, positif ou négatif, primaire ou secondaire, induit par une action de développement, directement ou non, intentionnellement ou non. Dans cette optique, Souabe (2010) considère l'impact comme une mesure des effets tangibles et intangibles, positifs et négatifs qu'un incident, un accident, un changement, un problème ou un mouvement a, ou pourrait avoir, sur son environnement.

o Évaluation d'impact

Le terme évaluation d'impact désigne une notion complexe utilisée par une diversité de domaines. Il désigne un jugement porté sur les dynamiques de changements survenus à la suite d'une action entreprise ou d'un choc exogène (Bachelet, 2010). En effet, selon Baker (2000), l'évaluation d'impact est ce type d'évaluation destinée à déterminer si un projet ou un programme a eu l'impact désiré sur la population cible et si ces effets sont attribuables à l'intervention du projet ou du programme (évaluation ex-post)¹. Heckman (2008) quant à lui considère l'évaluation d'impact comme l'analyse causale des effets d'une intervention économique sur les individus ou les groupes tout en mettant l'accent sur l'importance de la causalité dans l'analyse de l'impact de l'intervention. Evaluer consiste selon Heckman (2008) à estimer et comparer les résultats possibles pour un agent (ménage, patient, entreprise, etc.) à deux états différents. Les évaluations d'impact peuvent de ce fait faire l'objet d'une exploration

¹Évaluation d'une action de développement une fois celle-ci terminée.

Remarque : ce type d'évaluation peut être réalisé d'après le glossaire de l'OCDE tout de suite après l'achèvement de l'intervention ou longtemps après. Elle permet d'identifier les facteurs de succès ou d'échec, d'apprécier par la suite, la durabilité des résultats et des impacts, et de tirer des conclusions qui pourront être généralisées à d'autres actions. Cette évaluation s'oppose à l'évaluation ex-ante.

des conséquences sur les bénéficiaires. Ces conséquences peuvent être, soit positives, soit négatives, prévues ou imprévues.

- **Variable instrumentale**

Selon Baiocchi et *al.* (2014), la méthode des variables instrumentales a été développée pour contrôler les facteurs de confusion non mesurés. Cette méthode suppose l'existence d'une variable qui détermine le statut de traitement mais qui n'est pas corrélée aux composantes inobservées du résultat potentiel et son effet sur la variable de résultat passe par le biais de son effet sur le traitement. Ces variables apportent une solution au problème d'endogénéité qui peut être causé par la présence de variables omises corrélées au terme d'erreur. On obtient l'influence de la politique évaluée à l'aide de la différence de résultats moyens entre des groupes d'unités avec des niveaux différents de la variable instrumentale².

2. Innovation Technologique

- **Innovation agricole**

L'innovation s'appréhende selon Muchnik (1989) repris par Kouassi (2019), comme la mise en pratique ou l'appropriation d'une invention par les producteurs. L'innovation est définie dans le secteur agricole comme une idée nouvelle, une méthode pratique ou technique qui permet de participer à l'accroissement de manière durable de la productivité et du revenu agricole (Adams, 1982). Schumpeter (1988) quant à lui, percevait l'innovation lorsqu'on note entre autres une meilleure méthode, une conquête d'une nouvelle source d'approvisionnement d'intrants ou encore une organisation plus satisfaisante d'un secteur.

- **Variété améliorée**

Une variété est dite améliorée lorsqu'elle a été expérimentée dans les conditions fixées par décret et cette expérimentation a montré que la variété est adaptée aux conditions pédoclimatiques du pays concerné. Elle doit être supérieure aux variétés les plus cultivées mais aussi Distincte, Homogène et Stable (DHS) (Faye, 2017).

- **Semence certifiée**

Est considérée comme semence, tout matériel ou organe végétal ou partie d'organe végétal tel que graine, bouture, bulbe, greffon, rhizome, tubercule, embryon, susceptible de reproduire un individu. Cette semence est dite certifiée d'après la FAO (2012), lorsqu'elle subit un processus de contrôle au champ et au laboratoire, afin de s'assurer qu'elle est conforme aux normes

² Voir la figure 5 pour les caractéristiques de la variable instrumentale.

minimales de pureté variétale fondées sur la filiation généalogique mais aussi sur un système de sélection conservatrice de ses caractéristiques variétales, selon les dispositions des règlements techniques en vigueur.

3. Notion de productivité totale des facteurs

Solow (1957) est considéré comme le pionnier de la PTF avec ses travaux. Il identifie la PTF au progrès technique et la considère de nature résiduelle. La PTF est donc d'après Solow (1957), la partie de la production qui n'est pas expliquée par la quantité d'intrants utilisés dans la production. Par contre, une autre définition de la productivité totale des facteurs consiste à la considérer comme le rapport entre un indice de la production et les facteurs de production utilisés dans l'activité (Kaplan & Atkinson, 1989). La PTF apparaît ainsi comme une mesure de l'efficacité issue de la combinaison des facteurs de production, tels que la terre, la main d'œuvre, les équipements et les intrants, dans la production agricole.

II. Revue de la littérature

Dans cette partie nous ferons un survol de la littérature sur la thématique de l'innovation technologique et très particulièrement sur les semences certifiées de variétés améliorées. Il sera question d'explorer la littérature sur les différents facteurs qui peuvent déterminer l'adoption d'une innovation agricole et les impacts qui peuvent en résulter.

1. Les déterminants de l'adoption des semences certifiées

De nouvelles technologies agricoles ont été introduites afin de renforcer la capacité de production des ménages. Ces innovations ne sont pas directement utilisées ou à la limite adoptées par l'ensemble des producteurs. La littérature sur les facteurs d'adoption d'une innovation technologique agricole et des semences certifiées en particulier a montré que plusieurs facteurs peuvent influencer l'utilisation de l'innovation.

La littérature antérieure décèle que l'utilisation limitée des semences à haut rendement explique la faible productivité agricole observée en Afrique sub-saharienne (Spielman et *al.*, 2012 ; Afolami et *al.*, 2015). Malgré leur efficacité, certains producteurs préfèrent toujours les anciennes technologies (Faye, 2017). En effet, selon Feder et *al.* (1985), l'accès à une information pertinente et aux semences joue un rôle important dans la détermination de la demande pour l'adoption de variétés améliorées. Heisey et *al.* (1998) quant à eux ont montré que selon les niveaux de prix, les facteurs de rentabilité des exploitations agricoles déterminent les quantités de semences que les agriculteurs seraient prêts à acheter. Foster et Rosenzweig

(1995) justifient ce faible taux d'adoption par le fait de l'existence d'une imperfection du marché dû à un manque d'information sur les conditions d'utilisation, les risques mais aussi les performances de ses nouvelles technologies. Les producteurs s'intéressent à l'innovation que lorsqu'ils notent une disponibilité d'une information complète sur l'innovation. Cette imperfection des marchés n'explique pas la diffusion graduelle de nouvelles technologies par contre, elle explique la variation de leur avantage au niveau des potentiels adoptants. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO, 2016), le choix des semences dépend des variétés que les ménages connaissent. En effet, les agriculteurs ont besoin d'avoir confiance en la personne ou l'organisation qui leur fournit la semence car les variétés ne sont pas toujours identifiables à première vue. Ces derniers ont une certaine aversion du risque lié à l'utilisation de semence de sources inconnues.

La littérature empirique nous a montré que plusieurs facteurs peuvent influencer l'adoption de technologies agricoles en général et celle des semences certifiées en particulier. Ces facteurs peuvent être le niveau d'éducation, la taille du ménage, l'expérience, la taille de l'exploitation, l'âge de l'agriculteur, l'accès au marché, l'accès aux services de vulgarisation, le revenu non agricole, l'appartenance à une association paysanne, etc. Alene *et al.* (2000) ont montré que le niveau d'éducation, la main d'œuvre familiale, la taille de la ferme, les services de vulgarisation, le revenu du producteur et la disponibilité de semences améliorées influencent significativement l'adoption des variétés améliorées du maïs. Les producteurs décident d'adopter l'innovation selon leurs caractéristiques personnelles (Faye, 2017). Elles peuvent être selon Mendola (2007), le sexe, la taille de l'exploitation, la taille de la main d'œuvre, le niveau d'éducation etc. Issoufou *et al.* (2017) ont trouvé que l'adoption des variétés améliorées est significativement déterminée par la perception du risque de production, l'accès à la vulgarisation, la disponibilité et la productivité à $P < 0,001$; par l'adaptabilité, la précocité, l'âge, l'éducation à $P < 0,01$ et par la taille du ménage $P < 0,05$ ³. Nombreux sont les facteurs qui peuvent contraindre les producteurs à utiliser une technologie agricole. Wollni et Anderson (2014) ont trouvé que la procuration d'externalités positives aux exploitants agricoles voisins et le taux d'adoption d'une technologie agricole sont négativement liés. Cette autre entrave à l'adoption épouse de ce fait un caractère sociétal.

Seye *et al.* (2016) ont trouvé à travers une estimation d'un modèle Probit que cinq variables sont explicatives de l'adoption des semences certifiées des variétés améliorées au Bénin. Ces

³ Avec P, le seuil de significativité.

variables sont entre autres : l'appartenance à une association, le type de crédit, l'activité secondaire et la quantité d'intrant chimiques. Faye (2017) a trouvé que plusieurs facteurs peuvent expliquer l'adoption de semences certifiées de mil et de sorgho. Elle regroupe ces facteurs en quatre groupes : l'accès à l'information, qui prend en compte l'éducation et le contact avec les structures non gouvernementales, l'accès au financement qui décrit l'obtention par l'agriculteur de crédit agricole, l'accès aux intrants qui se concentre sur l'utilisation d'engrais et l'effet de groupe et la gestion de risques mettant en évidence la notion d'apprentissage social.

2. Pourquoi améliorer la productivité totale des facteurs ?

Dans cette partie du présent travail, nous montrerons pourquoi d'après la littérature, l'analyse de la performance agricole doit se faire autour d'un indicateur composite⁴ à l'image de la PTF et non autour des autres indicateurs.

Le meilleur indicateur selon Gyomard (1989) pour analyser le fléchissement de la croissance de la productivité afin d'expliquer la crise à l'époque est la PTF. En effet, la PTF est un indicateur qui rapporte les résultats économiques à l'ensemble des facteurs entrant dans le processus de production mis en œuvre et correspond à une combinaison productive plus efficace grâce à l'emploi de techniques ou de méthodes de gestion plus rationnelles. D'après Helfand et Taylor (2021), pour mesurer la performance, une grande partie de la littérature ancienne faisait appel à la productivité des terres, la production par unité de terre. Malgré les nouvelles orientations de la littérature qui soutiennent l'utilisations d'auteurs indicateurs différents des mesures partielles telle que la productivité, elles continuent d'être utilisées. Dans la même logique de Gyomard (1989), la PTF apparaît d'après Helfand et Taylor (2021) comme la mesure la plus pertinente lorsque les politiques de réduction de la pauvreté, l'équité et l'utilisation productive de l'ensemble des ressources restent pressantes. En outre, Fuglie (2008) et Headey et al. (2010) affirment que pour l'estimation de la productivité agricole au niveau national, la PTF est préférée comme mesure. En définitive, selon Douillet et Girard (2013)⁵, l'indicateur le plus pertinent dans l'exercice d'évaluation de l'efficacité globale du processus de production reste la PTF. En effet, seule la PTF fourni des informations sur la contribution des innovations sur la croissance de la production.

⁴ Un indicateur composite est un indicateur synthétique qui combine plusieurs indicateurs pour constituer un indice unique.

⁵ Douillet et Girard (2013), cités par Sissoko et Lebailly (2019)

Greene (1999) repris par Doumi (2013) a montré que le progrès dans la création d'une définition parfaite ou du moins plus précise est faible. Ceci bien que l'incomplétude de la définition donnée à la PTF soit apparente. Pour pallier à cela, la plupart des auteurs d'après Doumi (2013) s'accordent sur la définition simple rappelée par Atkinson et *al.* (1995). Cette définition est simple et résume la productivité totale des facteurs par le rapport entre un indice de la production et les facteurs de production utilisés dans l'activité. Cependant, la difficulté repérée par Doumi (2013) réside dans l'agrégation des indices de produits et de facteurs de production car il faudra ramener le niveau de la production en termes de ressources mobilisées. La forme la plus élémentaire de la productivité totale des facteurs se base sur les fondements conceptuels derrière l'identité comptable du PIB. Elle est estimée à l'aide d'une fonction Cobb-Douglas avec des pondérations fixes (Tinbergen, 1942) et formalisée théoriquement par Solow (1957). Elle mesure la partie de la production qui n'est pas expliquée par la quantité d'intrants utilisés dans la production de l'output. Ainsi, son niveau est déterminé par l'efficacité et l'intensité avec lesquelles les intrants sont utilisés dans la production. Dans cette optique, il mesure avec précision la croissance de la PTF selon 3 hypothèses : (a) la fonction de production est de type Cobb-Douglas, (b) il existe une concurrence parfaite sur les marchés des facteurs de production et (c) les taux de croissance de la production et des différents facteurs sont mesurés avec précision.

3. Impact de l'adoption des technologies agricoles

A travers une étude sur des producteurs au Bénin, Arouna et Diagne (2013) ont estimé sans biais l'impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles au Bénin par le *Local Average Treatment Effect* (LATE). Ces auteurs ont montré que la production des semences de riz est financièrement plus rentable que la production du riz de consommation. Cette rentabilité leur permet de dégager un rendement supplémentaire de 1 924 kg/ha et une augmentation du revenu d'environ 92 572 FCFA/ha. Adégbola et *al.* (2011) ont étudié l'impact de l'adoption des variétés améliorées de maïs et de niébé au Bénin avec des indicateurs tels que le rendement, le revenu issu de la production des spéculations, les dépenses d'investissement des ménages, les dépenses d'alimentation et le score de consommation alimentaire. Ils ont pu trouver un accroissement de la productivité de la terre à travers l'adoption des variétés améliorées de maïs. L'adoption des variétés améliorées de maïs a eu des impacts positifs sur le bien-être des producteurs de maïs du Bénin, de la Côte d'Ivoire, du Burkina et ceux du Mali (CORAF, 2018). Kassie et *al.* (2011) ont trouvé un impact positif de l'adoption

des variétés améliorées d'arachide sur les revenus nets et la réduction de la pauvreté en Ouganda.

A l'aide d'une analyse de méta-régression, Ogundari et Bolarinwa (2018) ont montré une augmentation significative de l'impact rapporté de l'adoption de l'innovation et de la technologie agricoles au fil du temps, malgré un biais de publication important. En effet, il existe un biais important dans la littérature en faveur des innovations et technologies agricoles qui se concentrent sur les variétés à haut rendement et négligent ainsi d'autres formes d'innovations et technologies complémentaires. L'étude de Issoufou *et al.* (2017) a montré une augmentation de 406,93 kg ha⁻¹ le rendement du mil avec les semences des variétés améliorées. On note une différence significative ($P < 0,05$) entre les adoptants et les non adoptants sur le nombre de mois de consommation de leur production du mil. Les résultats de Wu *et al.* (2010) à l'aide de l'appariement par score de propension ont révélé un impact positif de l'adoption des innovations agricoles sur les revenus mais aussi sur la réduction de la pauvreté. Avec la même méthode, fondée sur l'hypothèse que l'adoption est fonction des caractéristiques observables de l'individu, les résultats de Mendola (2007) montrent un revenu 30% plus élevé chez les adoptants de la technologie.

Le fait que ce modèle repose sur l'hypothèse de la sélection sur les observables, plusieurs critiques ont été formulées à l'endroit de l'appariement du score de propension. En effet, d'après Mulubrhan *et al.* (2012), le biais d'estimation peut être lié à des variables non observables. Pour pallier ce problème de la sélection, il complète l'appariement par le modèle à changement de régime (*Endogenous Switching Regression*) qui élimine le biais lié aux variables non observables rendant l'adoption des technologies endogène. Leur étude a révélé que les adoptants des technologies ont un revenu de 30 à 33% plus élevé que celui des producteurs qui utilisent les variétés traditionnelles. Faye (2017) grâce à la méthode d'appariement par les scores de propension et le modèle à changement de régime a trouvé un impact positif et significatif de l'adoption des semences certifiées de mil sur les rendements et les dépenses alimentaires des ménages. Parallèlement Zeng *et al.* (2015) ont choisi les variables instrumentales pour compléter l'appariement par score de propension. L'objectif de leur étude était d'évaluer les effets directs et indirects de l'adoption de variétés améliorées de maïs sur les profits nets et les revenus de ménages éthiopiens. Ils ont en effet trouvé que l'adoption a un impact positif sur la productivité et la réduction de la pauvreté.

L'utilisation des variables instrumentales dans ce présent travail est donc évidente pour neutraliser le biais lié à la sélection sur les inobservables.

CHAPITRE 2 : PRODUCTION CEREALIERE ET SEMENCES CERTIFIEES : QUELQUES FAITS STYLISES

A l'égard de la plupart des pays du Sahel, les céréales occupent une place très importante dans le régime alimentaire de la population. Il s'agira dans cette partie du présent travail, de présenter d'abord la situation des céréales et leur place dans la consommation. La deuxième partie consistera ensuite à analyser la situation des semences certifiées au Sénégal.

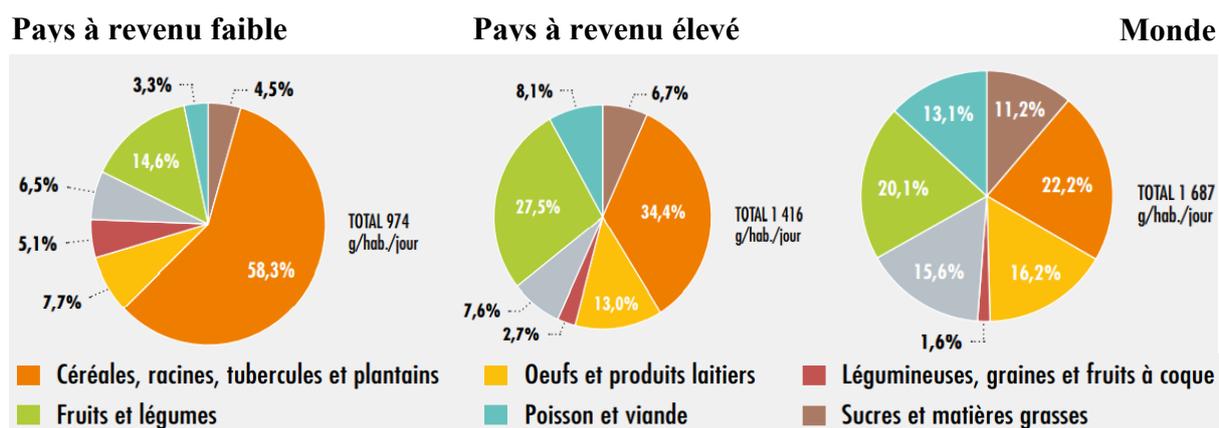
I. Situation et évolution de la production de céréales

1. Céréales et sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest

Placées à la base de l'alimentation humaine, les céréales occupent une place très importante dans les enjeux alimentaires mondiaux. La crise de 2007-2008 ayant entraîné une flambée des prix sur les marchés a brutalement recadré le débat autour de la capacité du monde à se nourrir. Cette inquiétude se sent vu la population qui va passer de 7 milliards aujourd'hui, dont plus d'un milliard est sous-alimenté, à 9 milliards en 2050⁶. Entre 2018 et 2019, on a noté une augmentation de 10 millions de personnes souffrant de la faim⁷.

La figure 1 montre que la part des céréales, les racines, les tubercules et les plantains dans les aliments disponibles était près de 60% en 2017. Cette dernière diminue lorsqu'on se positionne au niveau des pays à revenu élevé et s'établit à environ 35%.

Figure 1: Part des différents groupes d'aliments disponibles pour la consommation



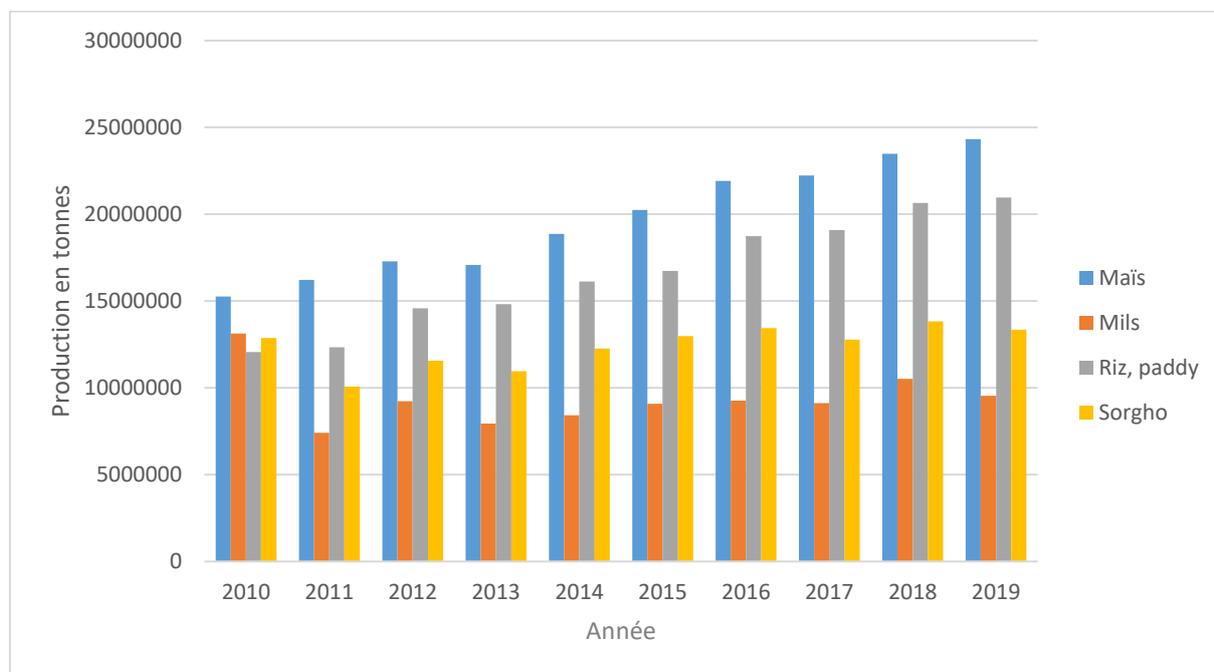
Source : FAO, 2017

⁶ ONU (2022). disponible sur <https://www.un.org/fr/desa/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050>.

⁷ Près de 690 millions ont souffert de la faim en 2019, soit une augmentation par rapport à 2018, et près de 80 millions en cinq ans.

En Afrique de l’Ouest, la consommation céréalière fait partie des deux principaux régimes alimentaires. On note une dominance céréalière allant du Niger à la Guinée. Les pays tels que le Burkina Faso, la Gambie, le Mali, le Niger sont à dominance sorgho-mil, tandis que ceux à dominance riz sont : la Guinée, la Guinée Bissau, le Sénégal, la Sierra Leone (Broutin, 2011).

Figure 2 : Production des principales céréales en Afrique de l’Ouest



Source : Auteur, à partir des données de FAOSTAT

Le maïs est la céréale qui depuis 2010 détient le record de la production en Afrique de l’Ouest. Cette production a atteint les 24 318 809 tonnes en 2019. Le Mil a noté une évolution irrégulière dans la même période avec un niveau plus élevé en 2010 qu’en 2019 soit respectivement 13 131 627 et 9 552 444.

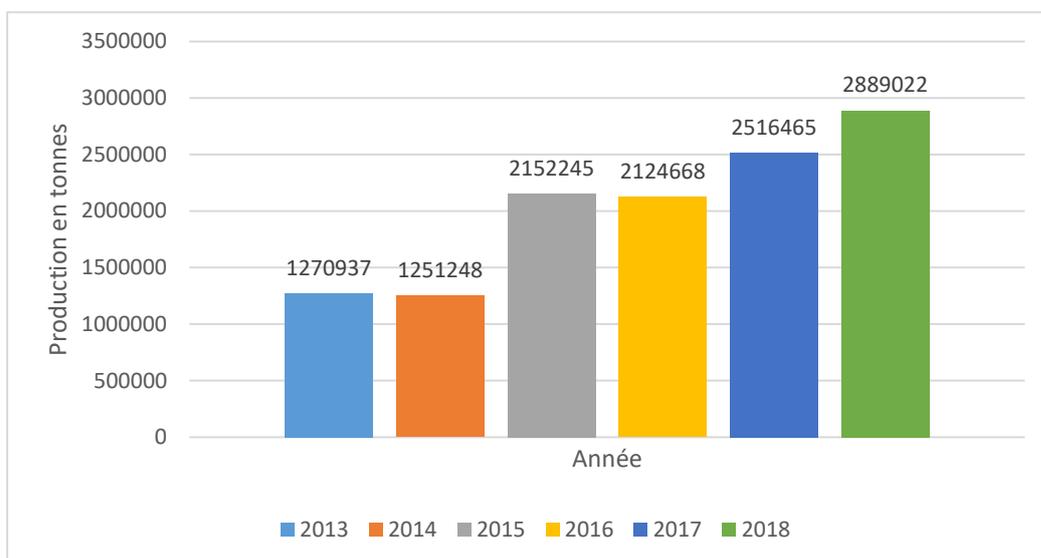
En effet, selon Bricas *et al.* (2013), la consommation des céréales sèches traditionnelles (mil et sorgho) est devenue faible, sauf dans des villes telles que Bamako et N’Djamena. Elle représente entre 15 et 20% des dépenses en céréales. Dans certaines villes comme Cotonou, Lomé, Ouagadougou et Niamey, la céréale maïs occupe une place très importante. Ces céréales sont le plus souvent importées sur le marché mondial. La dépendance de ces villes à ces céréales montre leur vulnérabilité face aux risques de la flambée des prix sur le marché mondial.

2. Situation et évolution des céréales au Sénégal

Au Sénégal, le mil, le maïs, le sorgho, le riz et le fonio constituent les principales cultures de céréales. La production céréalière a atteint lors de la campagne 2018-2019 les 2 889 022 tonnes.

Elle n'était que de 2 516 465 tonnes lors de la campagne 2017-2018 soit une augmentation de 13% (Figure 3).

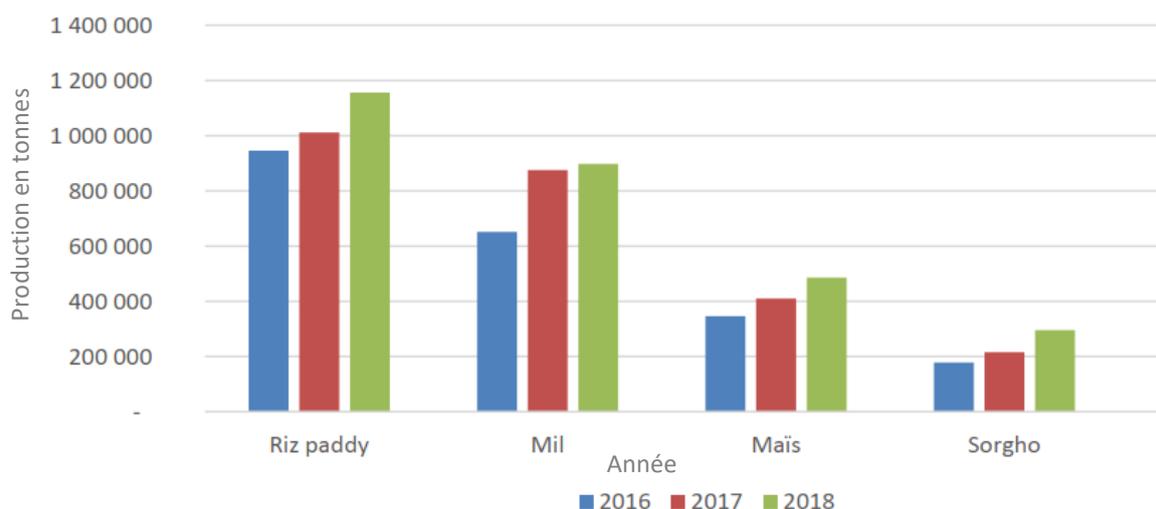
Figure 3 : Evolution de la production céréalière



Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA 2018-2019

Cette forte production est rendue possible grâce à la contribution des productions de maïs, riz et mil (Figure 4). Par rapport à la campagne 2017-2018, la hausse de la production générale des céréales représente 15%. Cette hausse est de 55% en moyenne sur les cinq dernières années (ANSD, 2020).

Figure 4 : Evolution de la production de riz, mil, maïs, fonio et sorgho entre 2016 et 2018



Source : ANSD, d'après les données de la DAPSA/EAA 2019

La production annuelle de mil en 2018 était estimée à 897 348 tonnes avec un accroissement de 2% par rapport à celle de 2017 (875 484 tonnes) et 40% à la moyenne des cinq dernières

années. Le riz a atteint les 1 206 587 tonnes (soit 735 518 tonnes irriguées et 420 789 pluviales) en 2018. Cette production du riz a connu une hausse de 19% par rapport à la production de 2017 qui s'était établi à 1 011 269 tonnes et soit 56% comparée à la moyenne des cinq dernières années. Le maïs a noté une hausse de sa production de 18% par rapport à celle de 2017.

Afin d'augmenter la productivité et la production, améliorer la couverture des besoins alimentaires mais aussi augmenter les revenus des producteurs, en ensemble de mesures a été prises dans le domaine de la production céréalière. Selon la DAPSA (2017), le gouvernement sénégalais a procédé à travers le PRACAS, à la subvention de 8 000 tonnes de semences certifiées de riz, 1 010 tonnes de semences certifiées de sorgho, 2 365 tonnes de maïs et 100 tonnes de semences de fonio. Cet effort est appuyé par l'accompagnement de l'autonomisation des coopératives et des privés à la production et à la diffusion des semences certifiées.

II. Les semences certifiées de céréales : une organisation de la filière

1. La législation semencière au Sénégal

Souvent considérées comme appartenant au secteur informel, les coopératives paysannes sont les principales productrices des semences utilisées par les petits exploitants d'Afrique de l'Ouest. Toutefois, ces dernières années, nombreuses sont les coopératives officiellement reconnues. Par ricochet elles sont partenaires d'organismes de recherche, d'entreprises semencières mais aussi d'Organisations Non Gouvernementales (ONG) dans la chaîne de valeur⁸.

Au Sénégal, toutes les activités autour de la production et de la commercialisation des semences disposent d'un cadre législatif et réglementaire régi par un ensemble de décrets et de lois (Faye, 2017). Il s'agit d'abord de la **loi n°94-81** du 23 décembre 1994 qui détermine toutes les conditions d'inscription des variétés, de production, de certification et de commercialisation des semences ou plants, et ceci quelle qu'en soit l'espèce ou la génération. Ainsi, le Comité National Consultatif des Semences et des Plants (CNCSP) donne l'avis d'inscription au catalogue qui sera effectuée par arrêté du ministre chargé de l'agriculture. Seules les personnes agréées sont aptes à assurer la production de semences ou plants destinés à la vente. Les semences ainsi produites peuvent faire l'objet d'une vente car certifiées selon les conditions fixées par cette loi. Le **décret n°97-602** vient ensuite instituer le catalogue des espèces et variétés de plantes cultivées au Sénégal qui retrace les variétés ou populations dont les semences

⁸ Foundation Access to Seeds, (2018). *L'Essor des Coopératives Productrices de Semences en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale*.

ou plants peuvent être commercialisés conformément aux cartes variétales⁹. En outre, le décret n°97-603 portant création du CNCSP qui émet des avis et recommandations sur toutes les questions sur les conditions de production et de commercialisation des semences et plants. Enfin le décret n°97-616 portant réglementation de la production, de la certification et du commerce des semences et plants précise les conditions de l'inscription au catalogue des espèces et variétés de plantes cultivées au Sénégal.

Toutefois les semences issues des réserves personnelles détenues par les paysans ne sont pas concernées par la réglementation.

Le Sénégal a adopté en Mai 2008, le **Règlement n° C/REG.4/05/2008**, portant harmonisation des règles régissant le contrôle de qualité, la certification et la commercialisation des semences végétales et plants dans l'Espace de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO)¹⁰. Il est aussi le premier pays de l'Afrique de l'Ouest dont le système de contrôle et de certification des semences est reconnu sur les marchés internationaux. En effet, le Sénégal a adhéré depuis le 1er janvier 2016 au système des semences de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE). Cette certification selon les normes de l'OCDE est appliquée aux variétés satisfaisant les critères de Distinction, d'Homogénéité et de Stabilité (DHS) et de valeur agronomique reconnue.

2. Catégories et générations des semences

Les articles 22, 23 et 24 du **Règlement n° C/REG.4/05/2008** retracent les différentes catégories et générations de semences certifiées.

✓ Les catégories de semences

Matériel parental (G0) : le matériel parental G0 désigne le matériel initial dont la production est basée sur une méthode bien précise de sélection conservatrice.

Semences de pré-base (G1, G2 et G3) : les semences de pré-base G1, G2 et G3 désignent les générations de semences se situant entre le matériel parental et les semences de base. La production des semences de pré-base est assurée directement par l'obteneur de la variété ou son mandataire.

⁹ Une carte variétale est un ensemble de recommandations délimitant les zones de cultures des variétés inscrites au catalogue officiel des espèces et variétés.

¹⁰J.O. N° 6771 du samedi 25 Janvier 2014, <http://www.jo.gouv.sn/spip.php?article9987>

Semences de base (G4) : les semences de base G4 désignent les semences issues de semences de pré-base et qui ont été produites sous la responsabilité du mainteneur selon les règles de sélection conservatrice généralement admises pour la variété et qui sont destinées à la production de semences certifiées.

Semences certifiées : les semences certifiées désignent les semences qui sont issues directement de la première ou la deuxième multiplication de la semence de base.

- ✓ Les générations de semences

Les semences certifiées concernent plusieurs générations successives :

- Semences certifiées de première génération ou **R1**, issues des semences de base ;
- Semences certifiées de deuxième génération ou **R2**, issues des semences certifiées R1 ;
- Semences certifiées de troisième génération ou **R3**, issues des semences certifiées R2.

Il est important de noter que dans le cas des variétés hybrides, les semences certifiées sont issues de la seule et unique hybridation (F1) de semences de base. On parle donc des semences certifiées de variété hybride. La dernière génération autorisée par le présent règlement est la semence certifiée de deuxième génération « R2 », elle n'est pas susceptible de produire des semences. Toutefois, en cas de difficultés d'approvisionnement en semences certifiées suite à un cas de force majeure dans l'un des Etats membres, les autres Etats peuvent autoriser la livraison ou la commercialisation de semences issues de la dernière génération R2 autorisée.

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE

Dans cette partie du présent travail, il sera question de faire une présentation de la zone d'étude et une description des données, puis la méthode d'estimation de la productivité totale des facteurs et enfin montrer l'approche d'évaluation d'impact retenue dans le cadre de la présente étude.

I. Présentation de la zone d'étude et description des données

1. Zone d'étude et source des données

Les données mobilisées dans cette étude proviennent des données de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) 2018-2019 réalisée dans le cadre du Projet Enquête Agricole Intégrée (AGRIS). Cette enquête couvre à l'exception de Dakar, Pikine et Guédiawaye l'ensemble des départements du pays. L'activité agricole est faible voire inexistante dans ces trois départements. La base de sondage utilisée est celle issue des résultats du dernier RGPHAE qui a recensé 755 532 ménages agricoles qui s'activent dans l'agriculture dont 455 916 qui la pratiquent sous la pluie. Ces ménages constituent le fichier de la base de sondage de l'enquête agricole. Ainsi, le traitement effectué sur la base selon la disponibilité des informations et le type de culture pratiqué nous a permis de reconstituer notre base de données représentée dans le tableau 1.

Tableau 1: Répartition de l'échantillon selon la région

REGIONS	NOMBRE DE MENAGES	REGIONS	NOMBRE DE MENAGES
Dakar	2	Louga	145
Diourbel	394	Matam	268
Fatick	409	Saint-louis	111
Kaffrine	591	Sédhiou	370
Kaolack	395	Tambacounda	554
Kédougou	192	Thiès	264
Kolda	323	Ziguinchor	260
TOTAL	2306	TOTAL	1972

Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA 2018-2019

2. Technique d'échantillonnage

Le plan de sondage comprend un échantillon global de 6340 ménages agricoles répartis dans 1260 Districts de Recensements et les 42 domaines d'étude (département). Ce plan fait référence à un sondage aléatoire à deux degrés et à une couverture nationale, qui admet les districts de recensement ruraux (DR), comme les unités primaires (UP) et les ménages agricoles comme les unités secondaires (US). Le tirage de l'échantillon est effectué en deux étapes. Au 1er degré, on tire un échantillon d'unités primaires (DR) ; au 2^e degré on sélectionne au niveau de chaque DR tiré au 1^{er} degré, un échantillon d'unités secondaires.

Cette méthode est bénéfique car permet de réduire le coût lié à l'enquête car ne nécessitant pas la liste exhaustive des unités secondaires pour l'ensemble du territoire national.

Les tirages des échantillons sont organisés de façon indépendante d'un domaine d'étude (département) à l'autre. Les unités primaires ou DR sont tirées avec des probabilités inégales et avec remise (tirage PIAR). La probabilité de sortie d'un DR à chaque tirage est choisie proportionnelle à sa taille exprimée en termes d'effectif des ménages agricoles.

Au deuxième degré, les unités secondaires (ou ménages agricoles), sont tirées avec des probabilités égales et sans remise (tirage PESR). Un nombre constant d'unités secondaires est sélectionné dans chaque DR de l'échantillon du premier degré. Ce nombre constant d'unités secondaires est choisi égal à 5.

II. Estimation de la productivité totale des facteurs

Différentes méthodes dans la littérature permettent d'estimer la productivité totale des facteurs. Cette dernière peut être appréhendée par l'approche de la comptabilité de la croissance, l'approche non paramétrique ou par une approche paramétrique. Dans le cadre de notre étude, l'approche retenue est celle dite paramétrique (économétrique) qui consiste à estimer une fonction de production ou une fonction de coût.

1. Spécification et forme fonctionnelle du modèle

La mesure de la PTF sera obtenue en estimant une fonction de production Translog. La fonction de production Translog a été proposée pour la première fois par Kmenta (1967) et ceci comme une approximation réalisable des fonctions de production CES¹¹ (Élasticité de Substitution Constante). La forme particulière de la fonction de production translog prenant en compte les

¹¹ De l'anglais *Constant Elasticity of Substitution*, une classe spéciale de fonction de production caractérisé par une élasticité de substitution dont deux de ses arguments sont constants.

effets d'interaction entre les facteurs de production est utilisée pour l'analyse des résultats économétriques en agriculture (Battese & Coelli, 1992). Cette fonction a été implémenter sur le logiciel Stata 15 afin d'évaluer la contribution à la production agricole de chacun des différents facteurs de production retenus dans ce présent modèle et estimer par la suite la productivité totale des facteurs. Cette fonction, contrairement à la fonction de production Cobb Douglas ne nécessite pas l'hypothèse d'une substitution lisse entre les facteurs de production. La fonction de production peut s'écrire selon Chang (2009) comme :

$$Q_i = F(X_{1i}, X_{2i}, X_{3i}, X_{4i}) \quad (1)$$

Avec X_1, X_2, X_3 et X_4 , les facteurs de production qui correspondent généralement au Capital (K), au Travail (L), à l'énergie (E) et aux matériels (M) et le i faisant référence à l'individu, le producteur agricole.

La spécification Translog étant retenue, l'approximation du second ordre permet de réécrire l'équation (1) comme :

$$\ln Q = \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln X_{ji} + \frac{1}{2} \left(\sum_j \sum_k \delta_{jk} (\ln X_{ji})(\ln X_{ki}) \right) + \varepsilon_i \quad (2)$$

Où ε_i est un terme d'erreur transitoire

Sous l'hypothèse de symétrie habituelle ($\delta_{jk} = \delta_{kj}, \forall j, k$), les parts d'entrée sont données pour $k=1, 2, 3$ et 4 par :

$$S_{ki} = \frac{\delta \ln Q_i}{\delta \ln X_i} = \hat{\beta}_k + \sum_j \ln X_{ji}, \quad (3)$$

Avec $j = 1, 2, 3, 4$.

Les rendements d'échelles sont définis par la suite comme la somme des parts d'entrée sous $k = 1, 2, 3, 4$:

$$RTS_i = \sum_k S_{ki} \quad (4)$$

Ainsi, la PTF est donnée comme dans Kumbhakar et Lovell (2000), Sahu et Narayanan (2011) et Mollisi et Rovigatti (2017) par :

$$PTF = (RTS_i - 1) \times \frac{\sum_k (S_{ki} X_{ki})}{RTS_i} \quad (5)$$

2. Variables du modèle d'estimation de la PTF

Les variables suivantes ont été retenues dans la forme fonctionnelle de l'estimation de la productivité totale des facteurs :

Q : la quantité de production

X_1 : Superficie des parcelles

X_2 : Main d'œuvre

X_3 : Nombre d'équipements

X_4 : Quantité de semences

La disponibilité de ces intrants de production dans notre base de données est la première raison de notre choix porté sur les variables ci-dessus. En outre, la limitation à ces seules variables se justifie par le fait qu'un nombre élevé d'intrants de production augmente le risque de colinéarité entre les variables avec la fonction Translog. Néanmoins, cette fonction reste flexible et dispose d'une structure de production, des niveaux d'élasticités de substitutions et de rendements d'échelle moins contraignants (Farah, 2018). Elle prend en compte les effets interactifs entre les différents facteurs de production et une meilleure approximation des outils d'analyse de la technologie de production.

III. Approche d'évaluation d'impact

A travers la littérature, nous avons noté une diversité de méthodes faisant référence à l'évaluation d'impact des technologies agricoles. En effet, la théorie néoclassique, à travers l'hypothèse de maximisation de l'utilité fondée sur la rationalité est à la base de la décision d'adoption des technologies agricoles des producteurs. La recherche économique sur ce sujet a montré que de multiples facteurs (endogènes ou exogènes) qu'ils soient observables ou inobservables directement et les caractéristiques intrinsèques de la technologie influencent les décisions des agriculteurs (Ngondjeb et *al.*, 2011 ; Roussy et *al.*, 2015). Vu la diversité des méthodes et leurs particularités, nous utiliserons l'approche non-expérimentale avec la variable instrumentale. En effet, selon Diagne et Demont (2007) repris par Arouna et Diagne (2013), cette méthode permet de minimiser les erreurs potentielles dans l'estimation des impacts, résoudre le problème de biais de sélection, et génère par la suite des estimations sans biais de l'impact.

1. Le modèle causal de Rubin

Le cadre conceptuel de l'approche d'estimation de l'effet causal repose essentiellement sur le modèle de Rubin (1974).

Supposons T_i , une variable binaire déterminant le statut de producteur. Alors $T_i=1$ correspond à la situation où le producteur utilise les semences certifiées dans son activité agricole et $T_i=0$, à la situation où le producteur n'utilise pas des semences certifiées. Cette utilisation des semences certifiées est aussi supposée avoir un effet sur la productivité totale des facteurs qui est notre variable de résultat (Y_i). Cette variable de résultat a selon Rubin (1974) deux résultats potentiels (Y_1 et Y_0). Ainsi on observe Y_1 qui est le résultat potentiel du producteur ayant utilisé les semences certifiées et Y_0 , son résultat potentiel s'il n'avait pas utilisé les semences certifiées¹². L'impact de l'utilisation des semences certifiées sur l'individu i est la différence entre la variable de résultat avec et sans adoption de semences certifiées. Cet impact est donné par :

$$\Delta_i = Y_i^1 - Y_i^0$$

Ainsi, nous cherchons à mesurer la PTF au même moment et pour le même producteur, mais dans deux situations différentes. S'il était possible d'estimer cette différence, nous pourrions observer la PTF au même moment d'un producteur avec et sans utilisation des semences certifiées de telle sorte que toute différence de PTF ne soit pour ce producteur expliquer que par l'utilisation des semences certifiées. Par conséquent conclure que la relation entre la PTF et l'adoption des semences certifiées est bel et bien causale.

Le problème fondamental de toute évaluation d'impact est l'impossibilité d'observer simultanément et à la même date ces deux résultats potentiels (Roy, 1951 et Holland, 1986). En effet, il n'existe aucune donnée pour déterminer la PTF d'un producteur ayant utilisé les semences s'il ne les avait pas utilisées. Ceci dit, nous sommes confrontés au problème de données manquantes communément appelé problème fondamental de l'inférence causale (Holland, 1986). La difficulté de l'évaluation réside dans la détermination d'un bon contrefactuel qui facilite isolement de l'effet propre du traitement. En effet, les facteurs tels que

¹² Cette situation correspond au contrefactuel, une estimation de ce qu'aurait été le résultat (Y) pour un bénéficiaire du programme en l'absence du traitement (T).

la composition des différents groupes ou la présence de biais de sélection peuvent être à l'origine de l'effet (Soro, 2019).

Pour un producteur i , la valeur résultat observé est issue des valeurs résultats potentiels et du traitement T_i :

$$Y_i = T_i Y_i^1 + (1 - T_i) Y_i^0 \quad (6)$$

Si $T=0$, le résultat observé est Y_0 et Y_1 sinon. Du coup Y_1 correspond à la PTF dans la situation où le producteur utilise des semences certifiées.

Une estimation de l'impact sur l'ensemble de la population est définie par l'espérance mathématique suivante :

$$\Delta_{ATE} = E(Y_1 - Y_0) \quad (7)$$

Sur la population des traités, l'impact de l'adoption est appréhendé par :

$$\Delta_{ATT} = E(Y_1 - Y_0 | T = 1) \quad (8)$$

Sur la population des non traités, cet impact est estimé à travers l'ATNT¹³ :

$$\Delta_{ATNT} = E(Y_1 - Y_0 | T = 0) \quad (9)$$

La méthode d'estimation naïve de l'impact des semences certifiées sur la PTF permettrait d'obtenir :

$$E(Y_i | T_i = 1) - E(Y_i | T_i = 0) = E(Y_i^1 | T_i = 1) - E(Y_i^0 | T_i = 0) \quad (10)$$

$$= E(Y_1 | T = 1) - E(Y_0 | T = 0)$$

$$= \underbrace{E(Y_1 | T = 1) - E(Y_0 | T = 1)}_{\Delta_{ATT}} - \underbrace{E(Y_0 | T = 0) + E(Y_0 | T = 1)}_{\text{Biais sélection}}$$

Inobservé
Inobservé

¹³ Effet Moyen de traitement sur la sous-population des non traités, en anglais *Average Treatment Effect on The Non-treated*.

Etant non nul, le biais de sélection n'est rien d'autre que la différence de PTF entre les producteurs utilisant des semences certifiées et les producteurs n'utilisant pas de semences certifiées. En effet, nous procédons comme si la PTF des producteurs non adoptants ($E[Y_0|T = 0]$) est le même que celle des adoptants des semences certifiées s'ils n'avaient pas utilisés ces semences ($E[Y_0|T = 1]$).

Selon Hulme (2000), ce biais traduit un ensemble de difficultés à identifier un endroit ou un environnement économique et social du contrefactuel identique à celui du groupe de traitement. Il est ainsi expliqué par des caractéristiques observables telles que l'Age, le Salaire ; le Niveau d'éducation ou des caractéristiques inobservables (Motivation, Accès à l'information, etc.).

2. La Variable Instrumentale

Les méthodes des variables instrumentales supposent l'existence d'une variable z_i qui explique le statut du traitement qui par la suite explique le résultat Y . Selon Abadie (2003), cette variable génère des variations exogènes dans la variable de traitement, n'affectant pas le terme d'erreur. Ainsi, dans le cadre de notre étude, nous utiliserons comme instrument l'accès à la formation. En effet, l'agriculteur ayant suivi une formation en agriculture ($Z_i = 1$) est plus ouvert à l'adoption des semences certifiées que celui qui ne l'a pas ($Z_i = 0$). La formation spécialisée en agriculture fournit aux agriculteurs les connaissances et les compétences nécessaires pour faciliter la maximisation de leurs avantages économiques.

Un instrument valide est selon Abadie (2003), une variable qui remplit les quatre conditions suivantes :

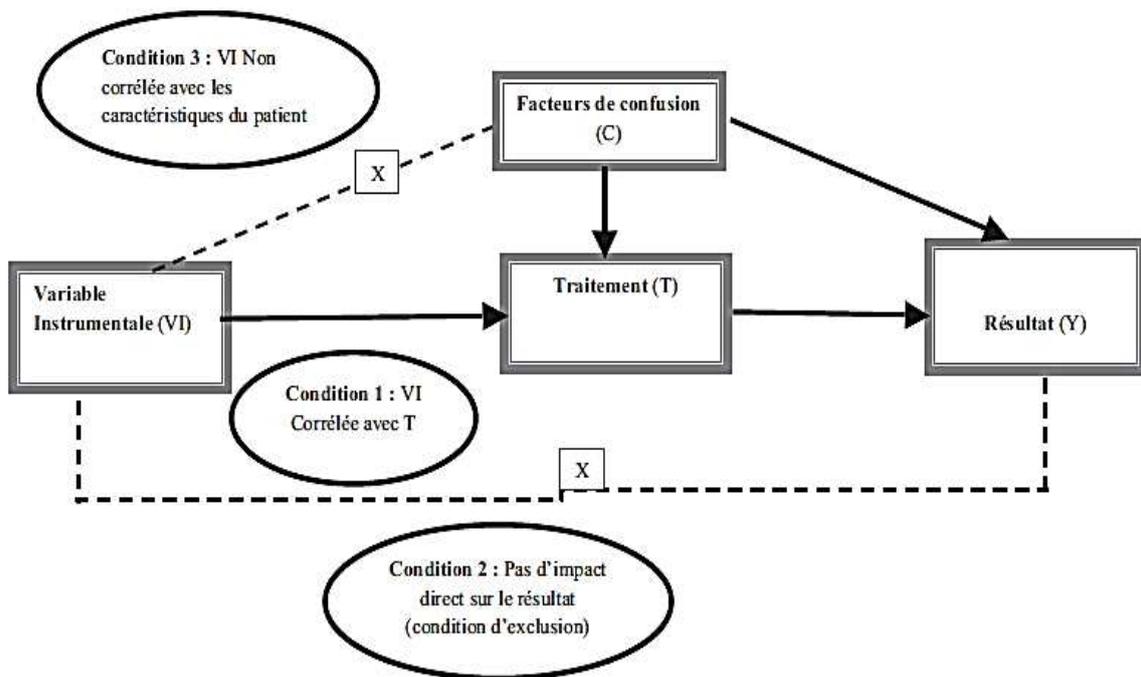
- ✓ **Première étape** : $0 < P(Z = 1|X) < 1$ et $P(T_1 = 1|X) > P(T_0 = 1|X)$. Cette hypothèse garantit que Z et T sont corrélés.
- ✓ **Indépendance conditionnelle** : étant donné X^{14} , le vecteur aléatoire $(Y_0^0, Y_0^1, Y_1^0, Y_1^1, T_0, T_1)$ est indépendant de Z . La différence observée entre deux individus ayant les mêmes caractéristiques Y_i ne peut être due au fait que l'un a adopté la technologie et l'autre non.
- ✓ **Exclusion des instruments** : Cette hypothèse implique que l'accès à la formation ne peut affecter la productivité totale des facteurs qu'à travers l'adoption des semences certifiées.

¹⁴ Un vecteur de caractéristiques observables.

- ✓ **Monotonicité** : Ceux qui pourraient adopter les semences certifiées lorsqu'ils n'étaient pas informés pourraient aussi les adopter s'ils étaient informés, toutes autres choses égales par ailleurs.

La figure 5 est une illustration des conditions à remplir pour que le concept de variable instrumentale puisse être mis en œuvre. En respectant ces conditions, l'estimation faite de l'effet de l'adoption des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs est asymptotiquement non biaisée (Ghabri et Launois, 2014).

Figure 5: Principe de la variable instrumentale



Source : Ghabri et Launois (2014).

L'impact de l'adoption des semences certifiées sur la sous population des traités est donnée par l'Effet Local Moyen de Traitement (*LATE*)¹⁵ et deux estimateurs sont souvent utilisés dans la littérature pour l'estimer. Utilisant une méthode non-paramétrique, le premier estimateur est celui de Wald de Angrist et Imbens (1994). Cet estimateur nécessite seulement le statut de traitement (T), la variable de résultat (Y) et un instrument (Z). Cet estimateur est utilisé dans le cadre d'un instrument binaire et totalement exogène et est donnée par :

$$LATE = \frac{COV(Y,Z)}{COV(T,Z)} = \frac{E(Y|Z = 1) - E(Y|Z=0)}{E(T|Z = 1) - E(T|Z=0)} = E(Y_1 - Y_0 | T_1 > T_0) \quad (11)$$

¹⁵ *Local Average Treatment Effect*

Ce paramètre capte la variation de la productivité totale des facteurs avec l'instrument rapportée à la variation du traitement avec l'instrument.

Cependant, lorsque l'instrument n'est pas distribué de manière aléatoire, Abadie (2003) a montré que la Fonction de Réponse de la Moyenne Localisée (*LARF*) peut ainsi être utilisée pour estimer le *LATE*. Cette fonction a pour équation :

$$E[g(Y, T, X)T = 1] = \frac{1}{P(T=1)} E[k \cdot g(Y, T, X)] \quad (12)$$

Avec $k = 1 - \frac{Z}{p(Z = 1|X)}(1 - T)$ étant le poids des *compliers* qui prend la valeur 1 pour les agriculteurs ayant adoptés les semences certifiées et 0 pour les non adoptants et $p(Z = 1|X)$, la probabilité conditionnelle qui sera estimée par un modèle probit.

L'équation (12) sera estimée par la spécification suivante :

$$E[(Y|x, T; T_1 = 1)] = a_0 + a_1T + bX + gTX \quad (13)$$

Avec a, b et g des vecteurs de paramètres à estimer, le *LATE* est donc donné par :

$$LATE = a_1 + gX$$

La description des variables retenues pour l'estimation de la fonction de production, les déterminants de l'adoption des semences certifiées, les déterminants de la formation en agriculture ainsi que les différents signes attendus est présentée en annexe. Le choix des variables et les signes attendus sont totalement guidés par la littérature et principalement par Seye et *al.* (2016), Faye (2017) et Zakaria et *al.* (2021).

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude de l'impact des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs nécessite d'abord une analyse descriptive des variables qui caractérisent les agriculteurs. Cette analyse permettra par la suite de faire l'étude de l'impact à la deuxième partie.

I. Analyse descriptive

1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

Les résultats de notre analyse ont montré que 423 agriculteurs utilisent les semences certifiées et représentent moins de 10%. Le tableau 2 présente les caractéristiques sociodémographiques des producteurs suivant le statut d'adoption des semences certifiées avec l'aide de tests de comparaisons des moyennes. Il révèle que notre échantillon comporte 4278 producteurs répartis entre 423 utilisant les semences certifiées contre 3855 non adoptants. L'étude étant faite avec comme unité d'analyse le chef du ménage, les résultats montrent que les chefs de ménages hommes représentent 92% de notre échantillon et les femmes 8%. On note aussi que 92% de ces derniers sont mariés et l'Age moyen est de 53 ans.

Tableau 2: Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

Caractéristiques	Adoptants	Non adoptants	Total	T-statistique
Observations	423	3855	4278	-
Selon le genre				
Homme (%)	92,20	92,42	92,40	0,867
Femme (%)	7,80	7,58	7,60	0,867
Selon la situation matrimoniale				
Marié (%)	91,96	92,79	92,71	0,535
Célibataire (%)	0,95	1,14	1,12	0,717
Veuf/veuve (%)	6,62	5,55	5,66	0,367
Divorcé(e) (%)	0,47	0,52	0,51	0,900
Selon l'Age				
Age (moyenne)	53	52	53	0,509
Selon la taille du ménage				
Taille du ménage	10	9	10	0,002**

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%

Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA 2018-2019

Ce tableau révèle que la seule différence significative de cette population entre les adoptants et les non adoptants est notée au niveau de la taille des ménages. En effet, la sous population des adoptants compte en moyenne 10 membres, donc plus que celle des non adoptants (9 membres) avec une différence significative au seuil de 5%. Cette taille est conforme à la structure des ménages décrite par l'ANSD (2019). Cette taille peut être expliquée par le caractère rural très prononcé dans cette zone et la présence de chef de ménage polygame. En effet, 55% des ménages sénégalais résident en milieu rural (ANSD, 2018). Cette tendance est ainsi confirmée par l'EDS-Continue¹⁶ de 2018.

2. Caractéristiques socioéconomiques des producteurs

L'analyse statistique du tableau 3 montre que la sous population des adoptants et celle des non adoptants sont différentes selon plusieurs caractéristiques. Les résultats de cette analyse montrent que les producteurs de céréales avec un niveau d'éducation maternelle ou élémentaire représentent 81% de l'échantillon. La superficie moyenne que ces producteurs utilisent est de 2 ha avec une utilisation de 22,18 Kg de semences et 9,94 Kg d'engrais en moyenne. Ainsi seuls 19% de cette population utilisent l'urée et 41% utilisent par contre le NPK¹⁷. En outre, le tableau montre que peu de producteurs sont membres d'une association d'exploitation, d'une coopérative de production ou de commercialisation et ils représentent respectivement 15%, 10% et 6%.

Cependant, il est à noter que la différence significative notée entre la sous population des adoptants des semences certifiées et celle des non adoptants se situe à certains niveaux. Les producteurs de céréales sèches adoptants diffèrent des non adoptants par leurs niveaux d'éducation. En effet, les producteurs avec un niveau maternelle ou élémentaire et ceux avec un niveau moyen diffèrent significativement des non adoptants par contre la différence observée au niveau moyen et secondaire est non significative. Une différence significative à 1% est observée au niveau du type d'intrants utilisé pour la production. Les producteurs adoptants diffèrent des non adoptants selon qu'ils utilisent de l'engrais, du NPK, de l'urée ou du carburant. Ils diffèrent aussi selon l'utilisation d'un équipement motorisé, d'un semoir, une appartenance à une organisation de producteurs (association d'exploitation, coopérative de production, coopérative de commercialisation) et sur la quantité de semences utilisée dans la parcelle.

¹⁶ Enquête Démographique et de Santé Continue.

¹⁷ Le NPK est la formule de fertilisant composé d'azote (N), de phosphore (P) et de potassium (K).

Tableau 3: Caractéristiques socioéconomiques

Caractéristiques	Adoptants	Non adoptants	Total	T-statistique
Observations	423	3855	4278	-
Niveau d'éducation				
Maternelle/Élémentaire	76,83	81,35	80,90	0,025**
Moyen	20,33	15,59	16,06	0,012**
Secondaire	2,13	2,02	2,03	0,885
Supérieur	0,71	1,04	1,01	0,520
Intrants de production				
Superficie (Ha)	1,99	2,16	2,14	0,231
Semence (Kg)	45,07	19,67	22,18	0,000***
Engrais (Kg)	19,60	7,77	9,94	0,000***
NPK (%)	54,14	39,82	41,23	0,000***
Urée (%)	40,90	16,01	18,47	0,000***
Carburant (%)	0,91	12,53	2,06	0,000***
Equipements				
Équipement motorisé (%)	19,39	13,02	13,65	0,000***
Charrue (%)	10,87	8,79	8,99	0,156
Semoir (%)	44,21	73,02	70,17	0,000***
Charrette (%)	57,45	59,74	59,51	0,362
Types d'organisations paysannes				
Association d'exploitation (%)	33,81	13,31	15,34	0,000***
Coopérative de production (%)	23,65	8,46	9,96	0,000***
Coopérative de commercialisation (%)	10,40	6,02	6,45	0,000***

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%

Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA 2018-2019

II. Analyse économétrique

1. Estimation des déterminants du traitement et de l'instrument

La littérature a montré que plusieurs facteurs expliquent l'adoption d'une technologie agricole. Selon Mabah et al. (2013) et Mwangi et Kariuki (2015) cités par Balasha et Fyama (2020), les facteurs socio-économiques sont déterminants dans l'adoption d'une technologie agricole. Nous montrons dans la suite de cette étude, les facteurs pouvant déterminer l'adoption des semences certifiées ainsi que l'accès à une formation agricole qui constitue notre instrument. Les tableaux 3 et 4 présentent les différents résultats respectifs des estimations des déterminants du traitement et de l'instrument. Les résultats du tableau 4 montrent que le modèle est globalement significatif à 1%.

Tableau 4 : Déterminants du traitement

Traitement	Coefficients	Ecart Type	P-value	95% [Interval Conf.]	
Age	0,0016245	0,0026683	0,543	-0,0036053	0,0068542
Taille	0,0123697	0,0077214	0,109	-0,002764	0,0275034
Homme	0,0360572	0,123046	0,769	-0,2051085	0,2772229
Marié	-0,057702	0,1250016	0,644	-0,3027007	0,1872967
Moyen	0,2317973	0,0706647	0,001 ***	0,093297	0,3702975
Secondaire	0,0915353	0,1942622	0,638	-0,2892116	0,4722822
Equipement Motorisé	0,0579623	0,0776091	0,455	-0,0941488	0,2100733
Utilisation Engrais	0,7018206	0,0990172	0,000 ***	0,5077504	0,8958908
Association d'Exploitation	0,3949405	0,0736548	0,000 ***	0,2505797	0,5393012
Coopérative de Production	0,4293715	0,0994096	0,000 ***	0,2345322	0,6242107
Coopérative de Commercialisation	-0,2296145	0,1235654	0,063 *	-0,4717983	0,0125692
Accès au crédit	0,3514828	0,0773895	0,000 ***	0,109802	0,5031635
				Nombre d'Observations =	4277
Log-vraisemblance =	-1263,1139			LR chi2(12) =	233,82
				Prob > chi2 =	0,0000
				Pseudo R2 =	0,0847

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%

Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA 2018-2019

On note que la taille du ménage, l'utilisation d'engrais, le niveau d'éducation moyen, l'appartenance à une coopérative de production ou une association d'exploitation influencent positivement et significativement l'adoption des semences certifiées. L'accès au crédit influence positivement et significativement l'adoption de semences certifiées. Les utilisateurs d'engrais quant à eux sont beaucoup plus ouverts à une adoption de technologies agricole comme le montre Faye (2017) en trouvant que le contact avec une ONG, l'obtention d'un crédit, la formation, l'usage d'engrais chimiques et le sexe du producteur déterminent l'adoption des semences certifiées. Les producteurs se réunissant autour d'organisation de producteurs sont par la même plus informé sur l'utilisation et l'importance de ces semences certifiées. Ce résultat rejoint celui de Seye et *al.* (2016) selon qui, les associations de producteurs sont des réseaux qui facilitent la vulgarisation de l'efficacité des innovations technologiques. Par contre l'appartenance à une coopérative de commercialisation influe négativement au seuil de 10% l'adoption des semences certifiées.

Tableau 5: Déterminants de l'instrument

Formation	Coefficients	Ecart Type	P-value	[95% Interval Conf.]	
Age	0,0035727	0,0037516	0,341	-0,0037803	0,0109257
Taille	-0,000128	0,0107067	0,990	-0,0211128	0,0208568
Association d'exploitation	0,2325003	0,0998836	0,020**	0,0367319	0,4282686
Coopérative de production	0,5943429	0,1040558	0,000*	0,3903973	0,7982885
Marié	0,6011453	0,2240863	0,007*	0,1619442	1,040346
Secondaire	0,6505757	0,1920155	0,001*	0,2742322	1,026919
Utilisation d'engrais	0,4256169	0,1283842	0,001*	0,1739886	0,6772453
				Nombre d'observations	= 4,277
Log-vraisemblance = -596,97057				LR chi2(7)	= 99.21
				Prob > chi2	= 0,0000
				Pseudo R2	= 0,0767

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%

Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA 2018-2019

L'accès à une formation agricole peut être favorisé par plusieurs facteurs. Ainsi, le tableau 5 nous présente les résultats de l'estimation des déterminants de notre instrument. Ce tableau montre une significativité globale du modèle d'estimation à 1%. L'âge et la taille des ménages n'ont pas d'impact significatif sur notre instrument. Cependant, l'appartenance à une association d'exploitation, à une coopérative de production, le fait d'être marié, d'avoir un niveau d'éducation secondaire et l'utilisation d'engrais ont une influence positive et significative sur la formation. La formation agricole est plus accessible aux ménages membres d'une organisation d'agriculteurs car étant cibles de plusieurs structures autour de l'agriculture. L'exposition à la formation par les utilisateurs d'engrais peut s'expliquer par le fait que ces producteurs sont à la recherche de meilleurs techniques et conditions de production en vue d'améliorer leur productivité.

2. Impact des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs

L'estimation de l'impact des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs par le *Local Average Treatment Effect* est présentée dans le tableau 6. Ce paramètre montre un effet positif et significatif des semences certifiées sur la sous-population des obéissants, les agriculteurs ayant reçu formation spécialisée en agriculture et adopter les semences certifiées. L'estimation montre que l'adoption des semences certifiées permet d'améliorer la productivité totale des facteurs des agriculteurs de 105,5. Les semences certifiées permettent un meilleur effet conjoint des facteurs notamment les nouvelles technologies, les gains d'efficacité, les économies d'échelle, les compétences de gestion et les changements dans l'organisation de la production. Selon Chang (2009), si la productivité totale des facteurs est prise comme la partie de la productivité non expliquée par les facteurs conventionnels, nos résultats deviennent logiques. Ces résultats rejoignent ceux de Mendola (2007), Adégbola et *al.* (2011) et Zeng et *al.* (2015) sur l'impact de l'innovation et de la technologie agricole sur plusieurs variables telles que le rendement, le revenu, la production, la pauvreté, ou la productivité. Faye (2017) quant à elle, avait montré que les semences certifiées de Mil et de Sorgho ont un impact positif et significatif sur le rendement et les dépenses alimentaires des ménages. Cet impact positif peut s'expliquer par le fait que les semences certifiées étant sélectionnées et proposées pour leur résistance aux aléas, leur qualité et leur uniformité permettent de réduire globalement les coûts de production. Ces semences facilitent l'utilisation plus efficace des ressources et améliorent la qualité des différentes productions qui par la suite facilite l'augmentation de la PTF et une meilleure performance.

Tout en permettant de confirmer notre deuxième hypothèse, ces résultats montrent l'importance des semences certifiées dans le changement de la production totale.

Tableau 6 : Résultats économétriques de l'impact des semences certifiées

PTF	Paramètres	Ecart Type	Z	P-value	[95% Interval. Conf]	
LATE	105,4676	2,30e-06	4,6e+07	0,000***	105,4676	105,4676
Diffmo	29,2533	14,5079	2,02	0,044**	0,8184	57,6883
mo_N1	21,0715	14,3501	1,47	0,142	-7,0542	49,1973
mo_N0	-8,1818	2,1337	-3,83	0,000***	-12,3638	-3,9999
Nombre d'observations : N = 4061						
Nombre de traités : N1 = 416						
Nombre d'observation avec inst=1 : Nz1 = 138						

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%

Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA de 2018-2019

CONCLUSION

Cette présente étude avait pour objectif d'étudier l'impact de l'utilisation des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs des agriculteurs. L'importance des céréales dans l'alimentation sénégalaise et son poids dans les produits alimentaires importés a fait que le cadre d'analyse limitait l'étude sur les céréales sèches : riz, mil, maïs et sorgho. En raison de la présence de caractéristiques observables et inobservables pouvant expliquer les difficultés à identifier un environnement d'un contrefactuel identique à celui du traitement, la méthode des variables instrumentales a été privilégiée pour l'estimation de l'impact. La Fonction de Réponse de la Moyenne Localisée a permis ainsi d'estimer l'impact sur la sous-population des traités avec comme instrument l'accès à une formation en agriculture.

Nos résultats montrent que l'adoption des semences certifiées augmente de façon significative la productivité totale de facteurs des producteurs. Cette adoption est déterminée par des variables telles que : la taille du ménage agricole, le niveau d'éducation chef de ménage, son appartenance à une organisation paysanne (coopérative de production, coopérative de commercialisation ou association d'exploitation). Ces résultats confirment par la suite, nos deux hypothèses de départ qui stipulaient que :

- L'adoption de semences certifiées est déterminée par des facteurs socioéconomiques ou institutionnels ;
- Les semences certifiées ont un impact positif et significatif sur la productivité totale des facteurs.

Considérées comme innovation agricole, les semences certifiées permettent d'améliorer la productivité totale des facteurs à l'image des autres indicateurs tels que le rendement. L'utilisation d'indicateur composite permet de prendre en compte plusieurs facteurs de production dans l'estimation de l'impact et donc, une meilleure précision. Nos résultats nous permettent de formuler des recommandations à l'endroit du sous-secteur agricole. Nous proposons de :

- Renforcer la recherche sur les céréales sèches (riz, mil, maïs, sorgho) en tant qu'aliment de base de la population sénégalaise tout en assurant la diffusion des résultats ;
- Multiplier les campagnes de sensibilisation et d'orientation des ménages agricoles sur l'importance de l'utilisation des semences certifiées ;
- Encourager la formation agricole en mettant des outils didactiques à disposition des producteurs mais aussi des membres du ménage agricole.

Au-delà des difficultés liées à la recherche d'un bon instrument et de la vérification de certaines hypothèses de la variable instrumentale, cette étude comme tout travail scientifique présente d'autres limites. En effet, malgré les résultats satisfaisants de notre travail, il faut noter que le problème de données manquantes est la principale raison de la réduction de la taille de notre échantillon vu la taille de la base de données principale. Par conséquent, il devient judicieux d'envisager une étude plus approfondie de l'impact des semences certifiées en tenant compte de la réalité des différentes zones agroécologiques du pays, de l'horizon temporel mais aussi de la catégorie et la génération des semences certifiées. Ceci permettra d'obtenir une meilleure compréhension des systèmes agricoles qui facilitent la prise de décision en matière de politique mais surtout en matière d'investissement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abadie, A. (2003). Semiparametric instrumental variable estimation of treatment response models. *Journal of econometrics*, 113(2), 231-263.
- Adégbola, P. Y., Arouna, A., Hinnou, C. L., Adékambi, S., Ahouandjinou, C., & Kokoyè, H. S. (2010). *Taux et déterminants de l'adoption des innovations technologiques développées par l'INRAB entre 2000 et 2010*.
- Afolami, C. A., Obayelu, A. E., & Vaughan, I. I. (2015). Welfare impact of adoption of improved cassava varieties by rural households in South Western Nigeria. *Agricultural and Food Economics*, 3(1), 1-17.
- Alene, A. D., Poonyth, D., & Hassan, R. M. (2000). Determinants of adoption and intensity of use of improved maize varieties in the central highlands of Ethiopia : A tobit analysis. *Agrekon*, 39(4), 633-643.
- Angrist, J. D., & Imbens, G. W. (1995). Two-stage least squares estimation of average causal effects in models with variable treatment intensity. *Journal of the American statistical Association*, 90(430), 431-442.
- ANSD. (2013). *Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage*. <http://anads.ansd.sn/index.php/catalog/51>
- ANSD. (2018). *Situation Economique et Sociale du Sénégal (SES)*. https://www.ansd.sn/index.php?option=com_sess&view=sess&Itemid=398
- ANSD & ICF. (2018). *Enquête Démographique et de Santé Continue*. <https://www.ansd.sn/ressources/rapports/Rapport%20Final%20EDS%202017.pdf>
- ANSD. (2019). *Situation Economique et Sociale du Sénégal (SES)*. https://www.ansd.sn/sites/default/files/2022-12/8-SES-2019_Agriculture.pdf
- Arouna, A., & Diagne, A. (2013). *Impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles : Une étude de cas du Bénin*. DOI: 10.22004/ag.econ.160547
- Awotide, B. A., & Awoyemi, T. T. (2016). Impact of improved agricultural technology adoption on sustainable rice productivity and rural farmers' welfare in Nigeria. In *Inclusive Growth in Africa* (p. 232-253). Routledge.
- Ayayi, S.A. (2000). Les enjeux d'une participation du secteur privé au développement agricole en Afrique In Semences et matériel de plantation en Afrique occidentale, Bulletin du réseau sur les semences en Afrique occidentale (WASNET), N°6, août 2000, 2-3.

- Bachelet, R. (2010). L'évaluation d'impact des projets. Central Lille. http://rb.ec-lille.fr/l/Projets/Projet_Evaluation_Impact.pdf.
- Baiocchi, M., Cheng, J., & Small, D. S. (2014). Instrumental variable methods for causal inference : Instrumental variable methods for causal inference. *Statistics in Medicine*, 33(13), 2297-2340. <https://doi.org/10.1002/sim.6128>
- Baker, J. L. (2000). Evaluating the Impact of Development Projects on Poverty : A Handbook for Practitioners [World Bank Publications - Books]. The World Bank Group. <https://econpapers.repec.org/bookchap/wbkwbpubs/13949.html>
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data : With application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1), 153-169. <https://doi.org/10.1007/BF00158774>
- BM. (2020). COVID-19 (Coronavirus) Policy Response in Support of Agriculture and Food Security in Russia. World Bank <https://www.worldbank.org/en/country/russia/brief/covid-19-response-agriculture-food-security-russia>.
- Bricas, N., Tchamda, C., & Thirion, M. C. (2013). Consommation alimentaire en Afrique de l'Ouest et centrale : Les productions locales tirées par la demande urbaine, mais les villes restent dépendantes des importations de riz et de blé.
- Broutin, C. (2011). Une Demande Céréalière en forte croissance, sous l'influence des marchés urbains. *Grain de sel*, 54-56.
- Chinsinga, B. (2012). *The political economy of agricultural policy processes in Malawi : A case study of the fertilizer subsidy programme*.
- Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W.-C., Wang, C.-B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 pandemic. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 57(6), 365-388.
- CORAF. (2018). *Impact de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur le bien-être des maïsiculteurs au Bénin, au Burkina-Faso, en Côte d'Ivoire et au Mali*. (Rapport Régional N° 1; p. 59). Centre National de Spécialisation sur le maïs. http://coraf.org/wp-content/uploads/2018/04/Rapport_r%C3%A9gional_%C3%A9tude_impact_VF.pdf
- DAPSA. (2017). *Revue conjointe du secteur agricole—SENEGAL* (p. 127).
- Diagne, A. (2020). Adoption et impact des innovations technologiques agricoles dans les filières maïs et arachide au Sénégal [Université Laval]. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/67886>

- Douillet, M., & Girard, P. (2013). Productivité agricole : Des motifs d'inquiétude?(I) Les concepts. *Fondation pour l'Agriculture et la ruralité dans le monde (FARM), N.*
- Doumi, A. (2013). Mesure de la productivité totale des facteurs dans le secteur agricole Marocain : Étude sur un panel de pays méditerranéens (1990-2008). *Cahier de la Recherche, 1*, 101-101.
- FAO. (2012). *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, 2012*. <https://www.fao.org/3/i3028f/i3028f00.htm>
- FAO. (2015.). *La faim dans le monde en 2015, rapport FAO — Géoconfluences* [Actualité]. Consulté 10 septembre 2022, à l'adresse <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/actualites/veille/la-faim-dans-le-monde-en-2015-rapport-fao>
- FAO. (2017). *La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2017 : Mettre les systèmes alimentaires au service d'une transformation rurale inclusive*. FAO. <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/I7658FR/>
- Farah, S. B. (2018). *Evaluation de l'efficacité technique des exploitations oléicoles en Tunisie*. Université Laval, Quebec, Canada.
- Faye, N. F. (2017). *Les déterminants et l'impact de l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho dans le bassin arachidier du Sénégal* [PhD Thesis]. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Feder, G., Just, R., & Zilberman, D. (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries : A Survey. *Economic Development and Cultural Change, 33*, 255-298. <https://doi.org/10.1086/451461>
- Foundation Access to Seeds. (2018). *L'Essor des Coopératives Productrices de Semences en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale*. Access to Seeds Foundation, Amsterdam, Pays-Bas, 34p.
- Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R. (1995). Learning by Doing and Learning from Others : Human Capital and Technical Change in Agriculture. *Journal of Political Economy, 103*(6), 1176-1209.
- Fuglie, K. O. (2008). Is a slowdown in agricultural productivity growth contributing to the rise in commodity prices? *Agricultural Economics, 39*, 431-441.
- Ghabri, S., & Launois, R. (2014). Évaluation quasi-expérimentale des interventions médicales : Méthode des variables instrumentales. *Journal de gestion et d'économie médicales, 32*(5), 371-388.
- Guyomard, H. (1989). Progrès techniques et productivité totale des facteurs : Analyse théorique et application à l'agriculture française (1960-1984). *Économie rurale, 192*(1), 81-87.

- Headey, D., Alauddin, M., & Rao, D. S. P. (2010). Explaining agricultural productivity growth : An international perspective. *Agricultural Economics*, 41(1), 1-14.
- Heckman, J. J. (2008). Econometric Causality. *International Statistical Review*, 76(1), 1-27. <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2007.00024.x>
- Heisey, P. W., Morris, M. L., Byerlee, D., & Lopez-Pereira, M. A. (1998). Economics of hybrid maize adoption. *Maize seed industries in developing countries.*, 143-158.
- Helfand, S. M., & Taylor, M. P. H. (2021). The inverse relationship between farm size and productivity : Refocusing the debate. *Food Policy*, 99(C). <https://ideas.repec.org/a/eee/jfpoli/v99y2021ics0306919220301810.html>
- Holland, P. W. (1986). Statistics and causal inference. *Journal of the American statistical Association*, 81(396), 945-960.
- Hulme, D. (2000). Impact Assessment Methodologies for Microfinance : Theory, Experience and Better Practice. *World Development*, 28(1), 79-98. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(99\)00119-9](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(99)00119-9)
- Issoufou, O. H., Boubacar, S., Adam, T., & Yamba, B. (2017). Determinants de l'adoption et impact des varietes ameliores sur la p roductivite du mil au Niger. *African Crop Science Journal*, 25(2), 207-220. <https://doi.org/10.4314/acsj.v25i2.6>
- Kaplan, R. S., & Atkinson, A. A. (1989). *Advanced management accounting* (2. ed.). Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Kassie, M., Shiferaw, B., & Muricho, G. (2011). Agricultural technology, crop income, and poverty alleviation in Uganda. *World development*, 39(10), 1784-1795.
- Kmenta, J. (1967). On Estimation of the CES Production Function. *International Economic Review*, 8(2), 180-189. <https://doi.org/10.2307/2525600>
- Kondylis, F., Goldstein, M., Hounghbedji, K., O'Sullivan, M., & Selod, H. (2016). Formalizing rural land rights in West Africa : Early evidence from a randomized impact evaluation in Benin. *World Bank Policy Research Working Paper*, 7435.
- Kouakou, A. (2010). *Impact de l'instabilité socio-politique sur les investissements publics et privés en Côte d'Ivoire* - [Université de Cocody Côte d'Ivoire - Diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) en gestion de la politique économique]. https://www.memoireonline.com/12/13/8283/m_Impact-de-l-instabilite-socio-politique-sur-les-investissements-publics-et-privés-en-Cte-d-Ivoir8.html
- Kouassi, B. A. C. D. (2019). Analyse des déterminants du choix et de l'adoption de variétés améliorées du riz. Cas des zones de Gagnoa et de Korhogo en Côte d'Ivoire. *Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny*.

- Mulubrhan, Asfaw, S., & Shiferaw, B. (2012). Welfare impacts of maize–pigeonpea intensification in Tanzania. *Agricultural Economics*, 43(1), 27-43. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00563.x>
- Ndione, Y. C., & DANSOKHO, M. (2010). Impact des politiques agricoles sur la sécurité alimentaire au Sénégal. *Dakar, Senegal: Institut Sénégalais de recherches Agricoles*. [http://www. bameinfol. info/IMG/pdf/Memoire_Ya_Cor. pdf](http://www.bameinfol. info/IMG/pdf/Memoire_Ya_Cor. pdf).
- Ngondjeb, Y., Nje, P., & Havard, M. (2011). Déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion hydrique en zone cotonnière du Cameroun. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*. <https://doi.org/10.19182/remvt.10120>
- OCDE. (2002). *Evaluation and Aid Effectiveness No. 1—Guidance for Evaluating Humanitarian Assistance in Complex Emergencies*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264033818-en>
- OCDE. (2020). COVID-19 and the food and agriculture sector: Issues and policy responses. OECD. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-food-and-agriculture-sector-issues-and-policy-responses-a23f764b/>
- Ogundari, K., & Bolarinwa, O. D. (2018). Does Adoption of Agricultural Innovations Impact Farm Production and Household Welfare in Sub-Saharan Africa? A Meta-Analysis. *Agricultural and resource economics review*, 1-28.
- ONU. (2022). *La population mondiale devrait atteindre 9,6 milliards en 2050* ; United Nations. <https://www.un.org/fr/desa/un-report-world-population-projected-to-reach-9-6-billion-by-2050>
- Roussy, C., Ridier, A., & Chaib, K. (2015). Adoption d'innovations par les agriculteurs : Rôle des perceptions et des préférences. *INRA, France*.
- Roy, A. D. (1951). Some thoughts on the distribution of earnings. *Oxford economic papers*, 3(2), 135-146.
- Rubin, D. B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of educational Psychology*, 66(5), 688.
- Schumpeter, J. (1988). Le cycle de la conjoncture (1912). Commentaire de G. Schméder. *Revue française d'économie*, 3(4), 195-237.
- Seye, B., Arouna, A., Sall, S. N., & Ndiaye, A. (2016). Determinants of adoption of certified seeds of improved rice varieties in Benin. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 18, 93-106.

- Sissoko, P., & Lebailly, P. (2019). Les déterminants des rendements du mil et du sorgho avec la technique de microdosage d'engrais. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Veterinaires*, 7(2). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/233859>
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, 312-320.
- Soro, G. A. (2019). Une Revue Des Approches Et Methodes D'évaluation D'impact Appliquees En Microfinance. *European Scientific Journal*, 15(13).
- Souabe, S. (2010). *Evaluation d'impacts socioéconomiques de l'interdiction de l'utilisation des sachets plastiques « leyda » dans la ville de N'Djamena* [Institut régional multisectoriel de technologie appliquée, de planification et d'évaluation de projets]. https://www.memoireonline.com/10/13/7536/m_Evaluation-dimpacts-socioeconomiques-de-linterdiction-de-lutilisation-des-sachets-plastiqu1.html
- Spielman, D. J., Kelemwork, D., & Alemu, D. (2012). Seed, fertilizer, and agricultural extension in Ethiopia. *Food and agriculture in Ethiopia: Progress and policy challenges*, 74, 84.
- Tinbergen, J. (1942). Professor Douglas' production function. *Revue de l'institut international de statistique*, 37-48.
- Wollni, M., & Andersson, C. (2014). Spatial patterns of organic agriculture adoption : Evidence from Honduras. *Ecological Economics*, 97, 120-128. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.11.010>
- Wu, H., Ding, S., Pandey, S., & Tao, D. (2010). Assessing the Impact of Agricultural Technology Adoption on Farmers' Well-being Using Propensity-Score Matching Analysis in Rural China. *Asian Economic Journal*, 24(2), 141-160.
- Zakaria, A., Alhassan, S. I., Kuwornu, J. K. M., & Azumah, S. B. (2021). Beyond Participation : The Effect of Fertilizer Subsidy on the Adoption of Certified Seeds Among Rice Farmers in Northern Ghana. *The European Journal of Development Research*, 33(3), 684-709. <https://doi.org/10.1057/s41287-020-00293-w>
- Zeng, D., Alwang, J., Norton, G. W., Shiferaw, B., Jaleta, M., & Yirga, C. (2015). Ex post impacts of improved maize varieties on poverty in rural Ethiopia. *Agricultural Economics*, 46(4), 515-526.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SOMMAIRE	iii
LISTE DES TABLEAUX, FIGURES ET ANNEXES.....	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	v
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : CADRE CONCEPTUEL ET REVUE DE LA LITTERATURE	5
I. Concepts et définitions	5
1. Notions de l'étude d'impact	5
2. Innovation Technologique	6
3. Notion de productivité totale des facteurs	7
II. Revue de la littérature.....	7
1. Les déterminants de l'adoption des semences certifiées	7
2. Pourquoi améliorer la productivité totale des facteurs ?	9
3. Impact de l'adoption des technologies agricoles	10
CHAPITRE 2 : PRODUCTION CEREALIERE ET SEMENCES CERTIFIEES : QUELQUES FAITS STYLISES	12
I. Situation et évolution de la production de céréales	12
1. Céréales et sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest	12
2. Situation et évolution des céréales au Sénégal	13
II. Les semences certifiées de céréales : une organisation de la filière	15
1. La législation semencière au Sénégal	15
2. Catégories et générations des semences	16
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE	18
I. Présentation de la zone d'étude et description des données	18
1. Zone d'étude et source des données	18
2. Technique d'échantillonnage.....	19

II.	Estimation de la productivité totale des facteurs	19
1.	Spécification et forme fonctionnelle du modèle.....	19
2.	Variables du modèle d'estimation de la PTF.....	21
III.	Approche d'évaluation d'impact	21
1.	Le modèle causal de Rubin.....	22
2.	La Variable Instrumentale	24
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION.....		27
I.	Analyse descriptive.....	27
1.	Caractéristiques sociodémographiques des producteurs	27
2.	Caractéristiques socioéconomiques des producteurs.....	28
II.	Analyse économétrique	30
1.	Estimation des déterminants du traitement et de l'instrument	30
2.	Impact des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs.....	32
CONCLUSION.....		34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		i
ANNEXES.....		ix
RESUME.....		xii
ABSTRACT		xii

ANNEXES

Annexe 1 : Description des variables d'estimation de la fonction de production *translog*

Variables	Description	Signes attendus
MO	Main d'œuvre agricole exprimée en homme jour (Hj)	+
Nbr_Eqpmnt	Nombre d'équipement agricole utilisé par le producteur	±
Superf	La superficie de la parcelle en Hectare (Ha)	+
qte_semence	La quantité de semence utilisé dans la parcelle en Kilogramme (Kg)	+

Source : Auteur

Annexe 2 : Description des variables expliquant l'accès à la formation agricole

Variables	Description	Signes attendus
Age	L'âge du chef de ménage	±
Taille	Le nombre de personnes présentes dans le ménage	+
Association d'exploitation	Appartenance à une association d'exploitation (1 si Oui et 0 sinon)	+
Coopérative de production	Appartenance à une coopérative de production (1 si Oui et 0 sinon)	+
Marié	La situation matrimoniale du chef de ménage (1 si marié et 0 sinon)	+
Secondaire	Le niveau d'éducation secondaire (1 si le chef de ménage a atteint le lycée et 0 sinon)	+
Utilisation d'engrais	Utilisation d'engrais dans la parcelle (1 si oui et 0 sinon)	±

Source : Auteur

Annexe 3 : Description des variables expliquant l'adoption des semences certifiées

Variabiles	Description	Signes attendus
Taille	Le nombre de personnes présentes dans le ménage	±
Age	L'âge du chef de ménage	±
Homme	Le genre du chef de ménage (1 si homme et 0 sinon)	+
Marié	La situation matrimoniale du chef de ménage (1 si marié et 0 sinon)	±
Utilisation engrais	Utilisation d'engrais dans la parcelle (1 si oui et 0 sinon)	-
Moyen	Le niveau d'éducation moyen (1 si le chef de ménage a atteint le collège et 0 sinon)	+
Secondaire	Le niveau d'éducation secondaire (1 si le chef de ménage a atteint le lycée et 0 sinon)	+
Équipement motorisé	Présence d'un équipement motorisé dans la parcelle (1 si la parcelle dispose d'un équipement motorisé et 0 sinon)	±
Coopérative de production	Appartenance à une coopérative de production (1 si Oui et 0 sinon)	+
Association d'exploitation	Appartenance à une association d'exploitation (1 si Oui et 0 sinon)	+
Coopérative de commercialisation	Appartenance à une coopérative de commercialisation (1 si Oui et 0 sinon)	+
Accès au crédit	Avoir accès au crédit (1 si Oui et 0 sinon)	+

Source : Auteur

Annexe 4 : Résultats de l'estimation de la fonction de production Translog

lnProd	Coef.	Std. Err.	P>t	[95% Conf. Interval]	
lnMO	0,0876722	0,018275	0,000***	0,0518432	0,1235012
lnNbr_Eqpmnt	-0,0327433	0,0296565	0,270	-0,0908862	0,0253997
lnSuperf	0,6305759	0,0151831	0,000***	0,6008086	0,6603432
lnqte_semence	0,2278613	0,0129676	0,000***	0,2024377	0,253285
lnMO_lnNbr_Eqpmnt	-0,0563098	0,053175	0,290	-0,160562	0,0479424
lnMO_lnSuperf	-0,0112429	0,0298012	0,706	-0,0696696	0,0471838
lnMO_lnqte_semence	-0,0659785	0,0263227	0,012**	-0,1175855	-0,0143715
lnNbr_Eqpmnt_lnSuperf	0,0941065	0,0537325	0,080*	-0,0112387	0,1994518
lnNbr_Eqpmnt_lnqte_semence	0,0917197	0,0410021	0,025**	0,011333	0,1721064
lnSuperf_lnqte_semence	0,0518473	0,023933	0,030**	0,0049255	0,098769
lnMO ²	0,0584463	0,0251128	0,020**	0,0092114	0,1076812
lnNbr_Eqpmnt ²	0,08919	0,0762293	0,242	-0,0602614	0,2386413
lnSuperf ²	-0,0563446	0,0141498	0,000***	-0,084086	-0,0286032
lnqte_semence ²	0,0034282	0,0142491	0,810	-0,0245078	0,0313643
_cons	7,189971	0,0171079	0,000***	7,15643	7,223511
				Nombre d'observations =	4,065
				F(14,4050) =	368,15
				Prob > F =	0,0000
				R2 =	0,5600
				R2 ajusté =	0,5585
				Root MSE =	0,65299

Note : *** ; ** et * significativité au seuil de 1% ; 5% et 10%

Source : Auteur, à partir des données de la DAPSA/EAA de 2018-2019

Les données de l'annexe 4 sont obtenues avec l'aide de la ligne de commande suivante :

translog MO Nbr_Eqpmnt Superf qte_semence, norm l(xvar)

display "\xvar"

reg lnProd \xvar'

RESUME

Le présent travail porte sur l'étude de l'impact des semences certifiées sur la productivité totale des facteurs (PTF). La mesure de la PTF est obtenue avec une estimation d'une fonction de production translog. Ainsi, l'approche par le *Local Average Treatment Effect (LATE)* des variables instrumentales a été utilisée pour mesurer l'impact. Les données utilisées sont celles de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) de la Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA) de 2018-2019. Les résultats montrent que les semences certifiées de riz, mil, maïs et sorgho ont un impact positif et significatif de 106 sur la PTF des producteurs.

Mots clés : Impact, Productivité Totale des Facteurs, Semence certifiée, Céréale

ABSTRACT

The present work focuses on the study of the impact of certified seeds on total factor productivity (TFP). The TFP measure is obtained with an estimation of a translog production function. Thus, the Local Average Treatment Effect (LATE) approach to instrumental variables was used to measure the impact. The data used are from the Annual Agricultural Survey (EAA) of the Directorate of Analysis, Forecasting and Agricultural Statistics (DAPSA) of 2018-2019. The results show that certified rice, millet, maize and sorghum seeds have a positive and significant impact of 106 on producers' TFP.

Keywords: Impact, Total Factor Productivity, Certified seed, Cereal