

Taux et déterminant de l'adoption des innovations agricoles au Sénégal : le cas des semences certifiées

Rate and determinant of the adoption of agricultural innovations in Senegal: an average treatment effect approach

Babacar NDIAYE¹, Adja Mariata Rella TALL²

¹ Département Economie et Gestion, Université Amadou Mahtar Mbow, Diamniadio, Sénégal,
babacar.ndiaye@uam.edu.sn

² Département Economie et Gestion, Laboratoire LARSES, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal,
a.tall4962@zig.univ.sn

RÉSUMÉ. L'objectif de cet article est d'estimer les taux et les facteurs d'adoption déterminant les semences certifiées développées par les institutions de recherche. En utilisant des données d'enquêtes agricoles annuelles (EAA) de la Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA) de 2018-2019, les résultats révèlent un taux d'adoption potentiel au niveau des ménages de 72,86% et un taux actuel d'adoption des semences certifiées de 18,25%. Ce niveau d'adoption aurait pu être effectif si tous les exploitants agricoles avaient été informés, sensibilisés et appuyés. Or, il est encore possible d'améliorer le taux d'adoption de manière considérable en mettant en place une stratégie d'identification des producteurs susceptibles d'adopter. Pourtant, le travail révèle qu'en dehors de l'exposition, d'autres facteurs tels que l'assurance, l'appartenance à une organisation paysanne, le transfert de fonds, la subvention, le genre homme et la culture des céréales sont des déterminants significatifs de l'adoption des semences certifiées.

ABSTRACT. The objective of this article is to estimate adoption rates and factors determining certified seeds developed by research institutions. Using data from annual agricultural surveys (EAA) of the Department of Analysis, Forecasting and Agricultural Statistics (DAPSA) from 2018-2019. The results reveal a potential adoption rate at the household level of 72.86% and a current adoption rate of certified seeds of 18.25%. This level of adoption could have been effective if all farmers had been informed, made aware and supported. However, it is still possible to improve the adoption rate considerably by implementing a strategy to identify producers likely to adopt. However, the work reveals that apart from exposure, other factors such as insurance, membership in a PO, transfer of funds, subsidy, male gender and cereal cultivation are determinants significant in the adoption of certified seeds.

MOTS-CLÉS. Adoption, Semences certifiées, Sénégal.

KEYWORDS. Adoption, certified seeds, Senegal.

Introduction

Au Sénégal, l'agriculture participe à 9,4% au Produit Intérieur Brut (PIB) et 65,5% à la valeur ajoutée du secteur primaire en volume [NDI 20]. C'est un secteur qui occupe une place centrale dans l'économie du pays avec 909 638 ménages agricoles soit environ 45,6% des ménages [ANS 24] et est considéré comme l'un des moteurs de la croissance dans la Stratégie Nationale de Développement (SND), document de référence dans la politique économique et sociale du pays à l'horizon 2029.

Cependant, malgré son importance pour le développement et la sécurité alimentaire, l'agriculture présente des contre-performances pour une majeure partie des cultures. En effet, face aux défis de la demande d'une population en croissance galopante, de la souveraineté alimentaire et l'espérance d'une hausse de revenus, plusieurs innovations technologiques ont été diffusées dans plusieurs filières dont le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) et le Programme d'Appui au Programme National d'Investissement de l'Agriculture du Sénégal (PAPSEN). Le secteur agricole sénégalais présente de nombreux atouts notamment la diversification agricole, la dynamique de modernisation, l'accès au intrants agricoles et le dispositif opérationnel de la recherche agricole mené

par l’Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA). Ce dernier a permis de mettre à la disposition des producteurs une diversité de semences certifiées répondant aux conditions de production et adaptée aux différentes zones agroécologiques. Par exemple, de nouvelles semences de variétés de niébé (Darou, Faourou, Nguinthe et Nganda), d’arachide (Essamaye, Amoulmorom, Yakaar, Taaru, RafetKaar, Tosset, Sunugaal), de maïs (Xewel gi, Noor 96, Do meer, Soroor Gaaw Na, Jaboot, Goor Yomboul, Yaayi Séex), de mil (Souna 3, Thialakh, etc.), de sorgho bio fortifié, de riz de plateau et de bas-fond (NERICA, DJ, Wab, Sahel) sont mises au point. Ces recherches ont également permis de maîtriser la multiplication in vitro et d’améliorer sensiblement la productivité de variétés à haute valeur ajoutée [LPS 19].

Malgré toutes ces efforts dans la recherche sur les innovations technologiques (semences certifiées), leur adoption reste limitée. En effet, les exploitants sont confrontés aux problèmes d’indisponibilité des semences certifiées en quantité suffisantes et à des prix abordables¹. Cette attitude pourrait sembler irrationnelle, mais elle résulte d’un processus de prise de décision rationnelle étant donné les nombreuses contraintes auxquelles font face les exploitants [FAY 17]. Par conséquent, les producteurs continuent à utiliser des semences non certifiées des variétés obsolètes issues de plusieurs campagnes de production si l’on en juge par les faibles taux d’adoption observés de la part des producteurs [SEY 17].

Pourtant, la semence est un déterminant essentiel des rendements auxquels elle contribue à près de 30% [FAY 17]. Cependant, malgré son importance, les rendements observés en Afrique sub-saharienne sont restés faibles [AFO 17, SYL 23]. Cette faiblesse peut s’expliquer en grande partie par l’irrégularité des pluies, par la faible utilisation d’engrais, les politiques inefficaces, l’imperfection des marchés.

Ainsi, pour inverser cette tendance, il est indispensable d’adopter des technologies à haut rendement [DIO 18]. C’est dans ce contexte que plusieurs auteurs ont montré que l’adoption des semences améliorées permet une amélioration des conditions de vie des ménages en augmentant la productivité et parallèlement en réduisant la pauvreté rurale dans le long terme [MEN 11, DON 13, DIA 12, BAS 15, SEY 17, ISS 17, FAY 17, BIR 20]. Ces travaux sont pour la plupart descriptifs et l’appréciation des taux réels et des gaps d’adoption des semences certifiées demeurent très subjective et approximative et donc, ne permet pas d’éclairer la prise de décision sur les besoins en renforcement de capacités sur les itinéraires techniques de l’utilisation des semences certifiées ainsi que leurs facteurs favorisant leur adoption [CAM 22]. Pour combler ce gap relatif, cet article tente d’estimer le taux d’adoption des semences certifiées des ménages ruraux et de déterminer les facteurs qui influencent leur décision au Sénégal. L’existence de plusieurs programmes de diffusions des innovations agricoles donne plus de pertinence dans la compréhension des mécanismes d’adoption.

Notre article utilise le modèle de l’effet moyen de traitement (ATE) développé par [DIA 07] pour avoir des estimations robustes du taux d’adoption réel des producteurs avec comme référence le modèle causal de [RUB 74].

En effet, il se démarque des études réalisées sur l’adoption des innovations technologiques qui ont utilisé les méthodes classiques (tobit, probit ou logit) pour estimer les taux d’adoption et les déterminants de l’adoption des innovations technologiques [CAM 22]. Cependant, ces approches fournissent une estimation biaisée des taux d’adoption réels, car elles supposent que la connaissance de la technologie diffusée est universelle au sein de la population. En réalité, la diffusion d’une technologie est rarement complète, ce qui signifie que toute la population n’est pas exposée de manière exhaustive à cette technologie. Par conséquent [DIA 07], soulignent que lorsque la technologie est nouvelle et que la population n’a pas été pleinement exposée à celle-ci, le taux d’adoption observé représente une estimation biaisée du véritable taux d’adoption potentiel de la population en raison de l’existence d’un biais de non-exposition. Ce dernier entraîne une sous-estimation du vrai taux d’adoption dans la population.

¹ <https://www.waapp-ppao.org/senegal/index.php/projets/projets-de-production-des-semences-certifi%C3%A9es-mil-ma%C3%AFs,-sorgho,-riz/finish/10-projets-de-production-des-semences-certifiees/53-production-communautaire-de-semences-certifiees-de-cereales-seches-et-legumineuses-annexe1-asprodeb.html>

L'article est organisé comme suit. La première section présente la définition des concepts et la revue empirique. La deuxième section est consacrée à la présentation de l'approche méthodologique, de la zone d'étude et des données. La troisième section présente les résultats et les discussions. La conclusion présente la synthèse de la recherche et les implications de politiques économiques.

1. Revue de la littérature

1.1. Notion d'innovation dans le secteur agricole

Dans le secteur agricole, l'innovation technologique est conçue comme l'introduction d'une pratique agricole nouvelle, de nouvelles semences, de nouveaux outils de culture, de nouvelles façons de stocker les produits agricoles au niveau d'une exploitation. Elle permet d'accroître de manière durable la productivité et le revenu agricole [AFO 20]. Cette définition correspond à la perception que les exploitants agricoles ont de l'innovation technologique, cherchant à comprendre comment augmenter leur production et améliorer leur sécurité alimentaire à travers la hausse de leurs revenus. Elle est aussi conçue comme un processus d'introduction, de développement, de diffusion et d'adoption de nouvelles technologies, pratiques et produits dans le secteur agricole pour améliorer la productivité, la rentabilité et la durabilité des exploitations agricoles. En conséquence, l'innovation se définit comme l'application concrète ou l'adoption d'une invention par les producteurs.

La littérature sur l'utilisation des variétés améliorées et des semences certifiées offre plusieurs exemples dans l'analyse des gains en rendement dans les pays sous-développés. Une variété est qualifiée d'améliorée lorsqu'elle a été testée conformément aux normes établies par décret, démontrant ainsi son adaptation aux conditions pédoclimatiques spécifiques du pays en question [FAY 17]. En outre, elle doit présenter des performances supérieures par rapport aux variétés les plus couramment cultivées, tout en répondant également aux critères de distinction, d'homogénéité et de stabilité (DHS). Ses caractéristiques peuvent inclure une meilleure résistance aux maladies et aux parasites, une tolérance accrue aux conditions environnementales difficiles et un rendement plus élevé.

En outre, une semence est tout matériel ou organe végétal ou partie d'organe végétal (graine, bouture, bulbe, greffon, rhizome, tubercule, embryon) susceptible de reproduire un individu. Elle doit être pure, homogène et saine. Pour des objectifs de sécurité alimentaire, la nécessité de créer des cultivars améliorés et de mettre en place un système semencier efficient pour la diffusion de ces cultivars aux exploitations familiales est évidente. En effet, elle est dite certifiée, lorsqu'elle subit un processus de contrôle au champ et au laboratoire, garantissant ainsi sa conformité aux normes 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 [USA 08]. Les semences sont dites certifiées quand elles sont produites selon des normes spécifiques de qualité établies par des organisations agricoles ou gouvernementales. Elles sont issues de processus de sélection et de multiplication rigoureux, assurant leur identité variétale et leur pureté. Les semences dont la vente est autorisée par le ministère de l'agriculture après toutes sortes d'essais et d'examens, sont appelées semences certifiées [MIN 18]. Elle exprime la mesure dans laquelle un lot de semences donné respecte les normes établies pour certains attributs qui déterminent la qualité des semences.

1.2. La notion d'adoption

L'adoption est définie comme étant la décision permettant la pleine utilisation d'une idée nouvelle comme seule voie favorable pour résoudre un problème [ROG 95]. Pour l'auteur, l'adoption d'une innovation se présente comme le processus d'acceptation d'une nouveauté (une idée, un produit ou une marque) par une unité décisionnelle (un individu ou une firme) évoluant dans un système social particulier et se fonde ordinairement sur le principe économique de rationalité de la théorie néoclassique [ADE 21]. Ainsi, le producteur adopte une nouvelle technologie si et seulement si cette dernière lui permet de maximiser son utilité.

Généralement, la question de recherche relative à l'adoption se concentre sur les facteurs qui influent sur cette adoption, que ce soit par un individu ou par une organisation. Cela a conduit certains chercheurs à suggérer qu'au lieu de chercher uniquement à comprendre cette question à travers des statistiques descriptives, il serait également intéressant d'explorer les raisons pour lesquelles les agriculteurs adoptent partiellement, abandonnent ou n'adoptent pas du tout les technologies agricoles [DOS 06].

D'abords, une partie des travaux de recherche s'intéressent aux modèles d'adoption à partir des estimations avec un probit bivarié. Avec l'exemple de l'adoption des fertilisants chimiques et des pesticides, Nkmaleu et Adesina [NKA 00] montrent que l'adoption des fertilisants chimiques et des pesticides est principalement favorisée par la taille de l'exploitation, le revenu et le type de sol. Sur un échantillon de producteurs éthiopiens, le même modèle a aussi été utilisé pour identifier les facteurs d'adoption des variétés améliorées de maïs et des fertilisants chimiques [CHI 05]. Ce dernier montre que l'âge a un effet négatif sur l'adoption (les personnes les plus âgées adoptent moins les technologies) alors que le niveau d'éducation, la sécurisation foncière et l'appartenance à une organisation paysanne augmentent la probabilité d'adoption.

Ensuite, une seconde partie des travaux utilisent le logit dans l'évaluation de l'impact des technologies agricoles [KAS 11] et [ABE 14]. Les premiers trouvent qu'en étudiant les déterminants de l'adoption des variétés améliorées d'arachide en Ouganda, l'appartenance à une organisation paysanne, la taille de l'exploitation et le niveau d'éducation augmente la probabilité d'adopter des variétés [KAS 11]. En s'intéressant aussi à l'adoption des variétés améliorées de blé en Éthiopie, Abebe et Bekele [ABE 14] montrent que le niveau d'éducation, l'accès au marché, la diversité des sources d'information, la zone agro écologique, le prix du produit récolté ainsi que la distance par rapport aux vendeurs de semences sont les déterminants de l'adoption.

Enfin, une dernière partie de la littérature utilisent le modèle de Tobit spatial. C'est le cas de l'analyse des déterminants de l'adoption des variétés améliorées de maïs en Mozambique [MEK 08]. Les auteurs montrent qu'en plus des effets de voisinage qui sont très significatifs, l'adoption est déterminée par l'âge du chef d'exploitation, le prix des semences, la distance par rapport au marché, l'appartenance à une association, la taille de l'exploitation, le contact avec les services de vulgarisation, et l'accès au crédit. Les trois premières variables ont un impact négatif alors que les autres ont un impact positif.

La littérature sur l'adoption des innovations technologiques en agriculture connaît l'influence d'un certains nombres de facteurs dont le calcul du taux est primordial pour sa réussite.

2. Cadre méthodologique

2.1. Description des données et zone d'étude

Les données secondaires utilisées dans cette étude proviennent 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. Ces ménages constituent le fichier de la base de sondage de l'enquête agricole. Ainsi, le traitement effectué sur la base et selon la disponibilité des informations et le type de culture pratiqué a permis de reconstituer notre base de données (l'échantillon comporte 796 producteurs répartis entre 146 utilisant les semences certifiées contre 650 non adoptants).

Cependant, les ménages agricoles sénégalais utilisant les semences certifiées se concentrent presque dans quatre zones agro écologiques que sont la Vallée du Fleuve Sénégal (VFS), la Vallée de l'Anambée (VA), le Bassin arachidier (BA) et la Casamance. Or, cette partie du Sénégal est connue par sa diversité en termes de cultures et de ressources naturelles. Selon l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA), on y retrouve en effet, des cours d'eau, des sols abondants, une faune, une flore et d'importants minéraux. Néanmoins, une importante partie de ses sols sont pauvres et vulnérables à l'érosion éolienne. De ce fait, les terres agricoles y sont abondantes mais sous utilisées. Les principales cultures,

particulièrement les céréales, sont des spéculations vivrières (riziculture de bas-fonds, culture du mil, du sorgho, du maïs, de l'arachide.) et l'arachide qui occupent plus de 85%. Les parcelles de céréales portent essentiellement sur le mil (28%), le maïs (9%), le riz pluvial (7%) et le sorgho (4%). Le niébé occupe 9% des parcelles tandis que la pastèque, le manioc et le riz irrigué (hors SAED) sont des cultures minoritaires et occupent chacune moins de 1% des parcelles.

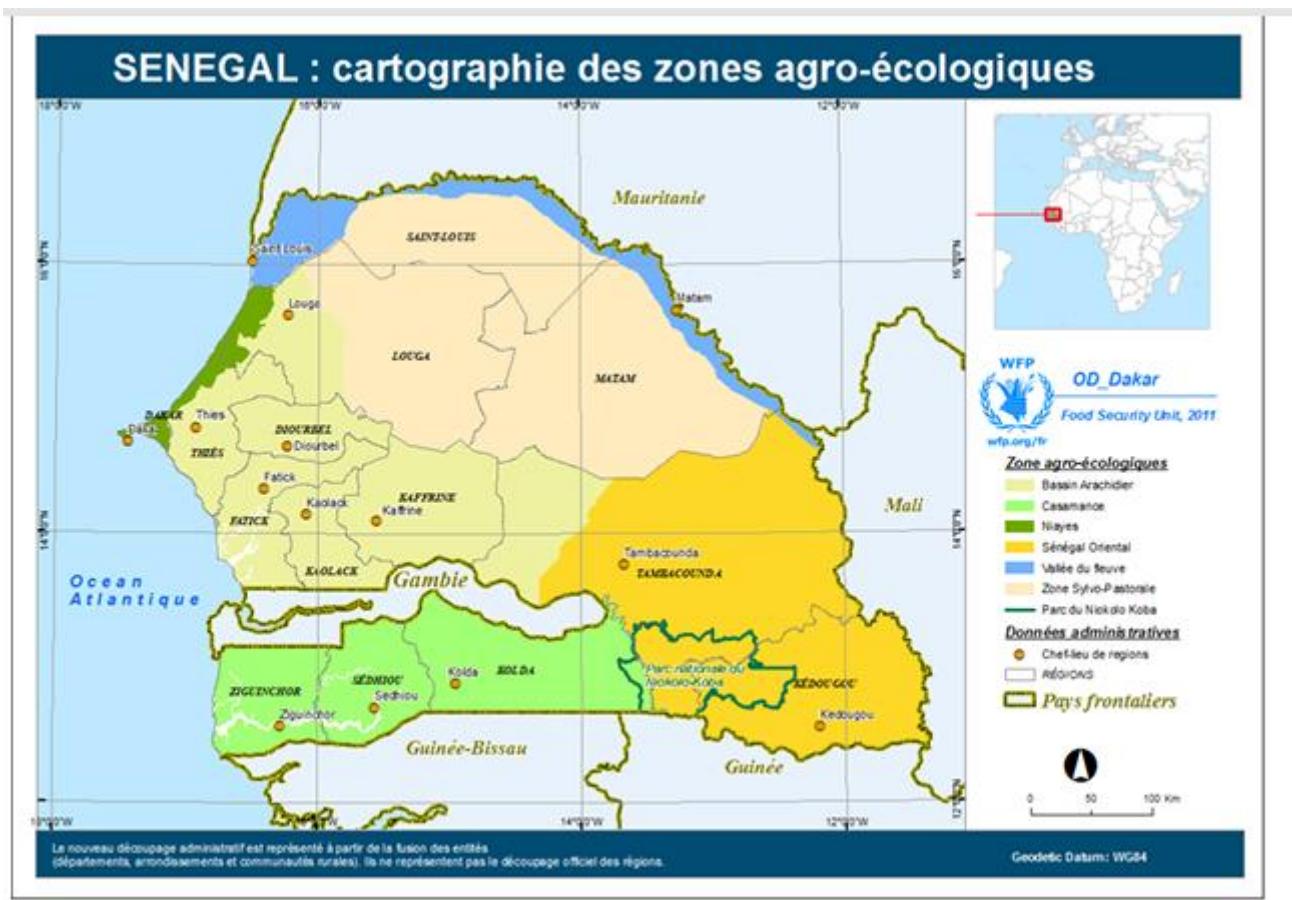


Figure 1. Zones agroécologiques du Sénégal. Source : W.F.P. (2011)

L'enquête agricole est un sondage à deux degrés, en référence aux unités primaires (districts de recensement ruraux) et aux unités secondaires (ménages agricoles) définies lors du Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (ANSD, 2014). La méthodologie de l'enquête est appliquée dans tous les pays du Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS).

De cette base de sondage aléatoire, l'enquête agricole 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 couverture nationale, qui admet les districts de recensement ruraux (DR), comme les unités primaires (UP) et les ménages agricoles comme les unités secondaires (US). La méthode consiste à répartir la population statistique (ménages agricoles) dans les unités primaires de sorte que chacune d'elles soit rattachée sans ambiguïté à une UP bien déterminée.

Le tirage de l'échantillon est effectué en deux temps. Au 1^{er} degré, on tire un échantillon d'unités primaires (DR) par la méthode de tirage avec probabilités inégales et avec remise. Au 2^e degré on sélectionne au niveau de chaque DR tiré au 1^{er} degré, un échantillon d'unités secondaires par la méthode de tirage avec probabilités égales et sans remise. L'avantage de cette méthode est la réduction du coût lié à l'enquête car ne nécessitant pas la liste exhaustive des unités secondaires pour l'ensemble du territoire national. Ainsi, les tirages des échantillons seront 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 choisi est égal à 5.

2.2. Modélisation des taux d'adoption des semences certifiées

Les innovations technologiques dans le domaine agricole ont suscité beaucoup d'intérêt au cours de ces dernières années. La plupart des auteurs ont utilisé les modèles classiques tobit, probit ou logit pour estimer les taux d'adoption et les déterminants de l'adoption des innovations technologiques [CAM 22]. Cependant, ces approches fournissent une estimation biaisée des taux d'adoption réels, car elles supposent que la connaissance de la technologie diffusée est universelle au sein de la population. En réalité, la diffusion d'une technologie est rarement complète, ce qui signifie que toute la population n'est pas exposée de manière exhaustive à cette technologie. Par conséquent, lorsque la technologie est nouvelle et que la population n'a pas été pleinement exposée à celle-ci, le taux d'adoption observé représente une estimation biaisée du véritable taux d'adoption potentiel de la population en raison de l'existence d'un biais de non-exposition [DIA 07]. Ce dernier entraîne une sous-estimation du vrai taux d'adoption dans la population. Ces auteurs mettent en avant le fait que le taux d'adoption parmi la sous-population exposée à la technologie ne constitue pas une estimation robuste du taux d'adoption réel de l'ensemble de la population. Ce taux d'adoption est dû à un biais de sélection positive, car le choix des bénéficiaires de la technologie n'est pas aléatoire. Généralement, la population sélectionnée pour tester ou diffuser une nouvelle technologie est celle qui est la plus disponible ou la plus enclue à l'accepter. En effet, Parienté [PAR 08] remarque que les populations participant aux tests ou à la diffusion d'une nouvelle technologie sont généralement les plus motivées ou les mieux informées à son sujet [CAM 22]. Ainsi, il est à prévoir que les premières personnes exposées à la nouvelle technologie soient les plus enclues à l'adopter, ce qui peut entraîner une surestimation du taux d'adoption. Pour corriger le problème du biais de non exposition, de sélection positive, et estimer de façon robuste les vrais taux d'adoption et les déterminants, les auteurs [DIA 07] ont développé le modèle d'estimation de l'effet moyen du traitement, plus connue sous le nom d'Average Treatment Effect (ATE) dans la littérature. Cette approche (ATE) a été beaucoup utilisé dans la littérature pour estimer les taux d'adoption des technologies agricoles et les pratiques de gestions de l'environnement en Afrique et particulièrement au Sénégal [ADE 09, DON 10, BAS 15, DIO 18, CAM 22].

2.2.1. Démarche empirique avec les paramètres utilisés

Le cadre de référence du modèle de ATE repose sur le modèle causal de Rubin [RUB 74] adapté en général à l'analyse de la situation dans laquelle un traitement peut être administré ou non à un individu. Dans le cadre de l'adoption, le design du traitement correspond au statut d'exposition à la technologie et le paramètre ATE est la mesure de la demande potentielle de la technologie dans la population si toute la population est exposée à la technologie.

Suivant la littérature de l'effet moyen de traitement, nous utilisons le cadre des résultats contrefactuels par lequel chaque producteur a deux résultats potentiels : avec et sans expositions aux semences certifiées [ROS 83].

Le modèle causal considère que pour une variable de résultat donnée, deux variables de résultats potentiels sont possibles. Soit Y_{i1} , le résultat d'adoption potentielle du producteur i , s'il connaît au moins l'existence des semences certifiées ($T_i=1$), et Y_{i0} le résultat d'adoption potentielle des semences certifiées du producteur i , s'il ne connaît pas l'existence des semences certifiées donnée ($T_i=0$). Sur cette base, l'effet du traitement du producteur i peut être mesuré par la différence $Y_{i1}-Y_{i0}$ [DIA 07].

Le résultat de l'adoption observé Y peut s'écrire comme une fonction des deux résultats d'adoption potentiels Y_1 et Y_0 et du statut d'exposition T comme suit :

$$y = T_1 + (1 - T)y_0 \quad [1]$$

Ainsi, dans le cadre du travail, comme le résultat de l'adoption est une variable binaire prenant la valeur 1 si le chef de ménage adopte et 0 sinon, la valeur attendue correspondant au résultat moyen de l'adoption des semences certifiées se résume à la probabilité mesurant le taux d'adoption (proportion des adoptants dans la population).

L'ATE est la mesure de la demande potentielle de la technologie dans la population si toute la population est exposée à la technologie :

$$ATE = E(Ty_1) = P(y_1 = 1) \quad [2]$$

ATE1 : l'effet moyen du traitement sur les traités mesure le taux d'adoption moyen dans la sous-population exposée à la technologie :

$$TE1 = E(Ty_1/T) - P(y_1 = 1/T) \quad [3]$$

ATE0 : l'effet moyen du traitement dans la sous population non traitée :

$$ATE0 = E(Ty_1/T = 0) = P(y_1 = 1/T = 0) \quad [4]$$

JEA : Le taux commun d'adoption et d'exposition de la population correspond au taux actuel d'adoption des producteurs dans la population.

$$E(y) = E(TY_1) \quad [5]$$

GAP : La différence entre le taux moyen d'adoption potentielle dans la population avec le taux actuel correspond au biais de non exposition, plus connu sous le nom de gap d'adoption

$$GAP = E(y) - E(Y_1) \quad [6]$$

PSB : La différence entre l'ATE1 et l'ATE0 est le biais de sélection positive de la population appelé PSB :

$$PSB = E(y_1/T) - E(Y_1) \quad [7]$$

Par ailleurs, pour corriger ce problème et estimer de façon consistante les paramètres de l'effet moyen du traitement, nous utilisons la stratégie d'identification développée par [DIA 07] qui tient compte de la validité de l'hypothèse d'indépendance conditionnelle. Cette hypothèse postule que le statut du traitement T est indépendant des résultats potentiels Y_1 et Y_0 conditionnellement aux vecteurs de Co variables X influençant l'exposition au mode de faire valoir. Or, L'hypothèse d'indépendance conditionnelle identifie un ensemble de variables X_i (ex : âge, genre, éducation, taille, etc.), qui influencent la décision individuelle d'adopter une innovation technologique et un vecteur de variables Z_i (ex : connaissance des semences certifiées) qui influencent l'exposition.

Empiriquement, l'hypothèse s'écrit comme suit:

$$Y_0 Y_1 = \coprod D_1 \mid X_1 \quad [8]$$

Ou \coprod dénote l'indépendance.

Avec le modèle ATE, nous utilisons une procédure d'estimation à deux étapes où la probabilité conditionnelle de traitement $P(A = 1|X) \equiv P(X)$ (appelé le score de propension), est estimée dans une première étape et ATE , $ATE1$ et $ATE0$ sont estimés dans une deuxième étape par des méthodes de régression paramétrique ou sémi-paramétrique.

2.2.2. Estimation ATE par la méthode sémi-paramétrique

L'estimation de l'ATE par la méthode semi-paramétrique est faite avec la pondération inverse sur le score de propension, plus connu sous le nom d'Inverse Propensity Score Weight (IPSW) dans la littérature. Il s'agit d'une méthode d'estimation en deux étapes où la première étape permet d'estimer les valeurs prédictes du score de propension à l'exposition $P(T=1|z) \equiv P(z)$ à l'aide d'un modèle probit et la seconde étape permet d'estimer ATE, ATE1, ATE0 [DIA 07]:

$$\hat{ATE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\hat{p}_{(zi)}} \quad [9]$$

$$\hat{ATE}1 = \frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} y_i \quad [10]$$

$$\hat{ATE}0 = \frac{1}{n-n_e} \sum_{i=1}^{n-n_e} \frac{(1-\hat{p}_{(z1)})}{\hat{p}_{(zi)}} y_i \quad [11]$$

2.2.3. Estimation paramétrique de l'effet moyen du traitement (ATE)

La procédure d'estimation paramétrique utilise les observations sur la sous-population traitée pour estimer le taux d'adoption de la population à l'aide d'un modèle paramétrique, qui peut être spécifié comme suit [DIA 09]:

$$ATE(x) = E(y_1|x) = E(y|x, T=1) = g(x, \beta) \quad [12]$$

Où g est une fonction connue (non linéaire) du vecteur des covariables x et le paramètre β doit être estimé en utilisant la méthode des moindres carrés ou de maximum de vraisemblance en utilisant les observations (y_i, x_i) concernant la sous population qui ont accès aux variétés avec y comme variable dépendante et x le vecteur des variables explicatives. Avec un paramètre estimé β , les valeurs prédictes $g(x_i, \beta)$ sont calculées pour toutes les observations i de l'échantillon (y compris les observations dans la sous population n'ayant pas accès) et ATE, ATE1 et ATE0 sont estimés en prenant la moyenne des valeurs prédictes $g(x_i, \beta)$ $i = 1, \dots, n$ à travers toute l'échantillon (pour ATE) et les sous-échantillons respectifs (pour ATE1 et ATE0)

$$\hat{ATE}0 = \frac{1}{n-n_e} \sum_{i=1}^{n-n_e} \frac{(1-\hat{p}_{(z1)})}{\hat{p}_{(zi)}} y_i \quad [13]$$

$$\hat{ATE} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} T_i g(X_i, \hat{\beta}) \quad [14]$$

$$\hat{ATE}U = \frac{1}{n-n_1} \sum_{i=1}^{n-n_1} (1-T_i) g(X_i, \hat{\beta}) \quad [15]$$

2.2.4. Choix des variables explicatives incluses dans le modèle

Il s'agit des variables qui peuvent affecter l'exposition et l'adoption des semences certifiées. En effet, les Covariables X_i qui influencent la connaissance et l'adoption peuvent contenir les mêmes variables et qu'ils peuvent être tous endogènes pour identifier l'effet causal de la connaissance des semences certifiées [HEC 05]. De plus, les auteurs ajoutent que l'unique exigence des variables à inclure dans les X_i porte sur le fait que leurs valeurs doivent rester inchangées pour n'importe quel individu.

A travers la littérature, les variables explicatives qui satisfont à cette condition sont les celles dont les valeurs sont obtenues préalablement à l'adoption. Il s'agit des caractéristiques démographiques et socioéconomiques. En tenant compte de cette littérature et de la disponibilité des données, nous avons retenu les caractéristiques susceptibles d'affecter l'adoption détaillées dans le tableau 1.

Variables		Description
Caractéristiques sociodémographiques	Genre	1 si l'agriculteur est homme et 0 s'il est femme
	Taille du ménage	Variable quantitative/les ménages composés de plusieurs membres ont une plus forte probabilité d'adopter ces innovations (Basse, 2015)
	Age	Variable quantitative/la probabilité d'adopter peut augmenter avec l'âge, (Diba, 2012) (effet attendu +/-)
	Situation matrimoniale	1 si le producteur est marié et 0 sinon (effet attendu +/-)
Caractéristiques de l'exploitation agricole	Céréales	1 si le ménage (effet attendu +)
	Taille de l'exploitation	Variable quantitative (effet attendu +)
	Gestionnaire de l'exploitation	Variable quantitative
	Capacité de stockage	Variable quantitative
Caractéristiques socioéconomiques et facteurs institutionnelles	Niveau d'éducation	1 si le ménage a reçu une éducation formelle (élémentaire, secondaire ou supérieur) et 0 sinon (effet attendu +)
	Valeur des actifs productifs	Variable quantitative
	revenu	Variable quantitative
	subvention	1 si le ménage a reçu et 0 sinon (effet attendu +)
	transfert	1 si le ménage a reçu et 0 sinon (effet attendu +/-)
	Souscription à une assurance	1 si le ménage a souscrit et 0 sinon (effet attendu +)
	Activités principales	1 si le producteur a au moins une activité génératrice de revenus autre que l'agriculture et 0 sinon (effet attendu +)
	Accès au crédit	1 si le ménage a accès et 0 sinon (effet attendu +)
Exposition	Connaissance	1 si le ménage connaît les semences certifiées et 0 sinon
Traitements	Adoption	1 si le ménage adopte les semences et 0 sinon

Tableau 1. Variables du modèle

3. Résultats et Discussion

Dans un premier temps, les résultats de l'analyse statistique descriptive des caractéristiques démographiques et socioéconomiques sont présentés. Les résultats de l'estimation des taux d'adoption actuelle et potentielle et des facteurs déterminant l'adoption des semences certifiées seront exposés dans un second temps. Enfin les résultats seront discutés.

3.1. Analyse descriptive des ménages agricoles

3.1.1. Caractérisation sociodémographique des ménages

Le tableau 2 présente les caractéristiques sociodémographiques des ménages agricoles suivant le statut d'adoption des semences certifiées. Notre échantillon comporte 796 producteurs dont 146 utilisent les semences certifiées et 650 non adoptants.

Dans le tableau 2, la proportion chez les adoptants (97,26 %) est plus importante par rapport aux non adoptants (92,76 %). Les femmes, en revanche, constituent seulement 6,4 % de l'échantillon total, avec une proportion plus faible chez les ménages adoptants (2,7 %) par rapport aux non-adoptants (7,2%). La différence entre hommes et femmes est statistiquement significative au seuil de 5%. Nous remarquons que la majorité des exploitants agricoles sont mariés, avec des pourcentages très proches pour les adoptants (92,46 %) et les non-adoptants (93,07 %), ce qui donne un total de 92,9 %. Pour les autres

catégories telles que les ménages agricoles célibataires, les veufs/veuves, les divorcés, la proportion est relativement faible et similaire entre les deux groupes.

Au moment de l'enquête, l'âge du producteur variait entre 20 et 80 ans avec une moyenne de 52 ans, prouvant que la population rurale active est essentiellement adulte. Toutefois, cette différence d'âge n'est pas significative. La taille moyenne d'une exploitation fait état de 9 personnes dont 10 chez les adoptants et 9 pour les non adoptants. Elle est proche de la moyenne nationale estimée à 10 membres par ménage et confirme les résultats obtenus dans d'autres travaux [ANS 13].

Caractéristiques	exposés	Non exposés	Total	Probabilité
Observations	146	650	796	-
Selon le genre				
Homme (%)	97,26	92,76	93,59	0,04**
Femme (%)	2,7	7,2	6,4	0,04**
Selon la situation matrimoniale				
Marié (%)	92,46	93,07	92,9	0,795
Célibataire (%)	2	1,1	1,2	0,33
Veuf/veuve (%)	4,8	4,6	4,6	0,92
Divorcé(e) (%)	0,6	1,2	1,1	0,577
Selon l'Age				
Age (moyenne)	52	52	52	0,978
Selon la taille du ménage				
Taille du ménage	10	9	9,9	0,45

Tableau 2. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

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

Source : Auteurs à partir des données de la DAPSA (2019)

3.1.2. Caractérisation socioéconomique des producteurs

Le tableau 3 décrit la répartition des exploitants agricoles de l'échantillon étudié selon le niveau d'instruction. Il ressort de l'analyse que 75,34 % des adoptants ont un niveau d'éducation primaire contre 84,15 % des non adoptants. De plus, 4,1 % des adoptants ont un niveau d'éducation secondaire comparé à 1,4 % des non adoptants avec une différence significative au seuil de 5%. Pour le niveau supérieur, 1,3 % des adoptants ont un niveau d'éducation supérieur contre seulement 0,1 % des non adoptants.

L'agriculture est l'activité principale pratiquée par les exploitants étudiés (88%), alors que toutes les autres activités comme le commerce n'occupent que 11%. L'importance de la taille des superficies cultivées chez les adoptants confirme qu'ils ont plus de ressources. En moyenne, la taille de l'exploitation pour lesquelles porte les semences certifiées sont de 5,37 ha contre 4 ha pour les non adoptants avec une différence significative au seuil de 5%.

En outre, la totalité des exploitants produisent des cultures céréalière (92,46%) tels que le riz, le maïs, le mil et le sorgho. Chez les adoptants, 35,61 % ont une capacité de stockage contre 28,15 % des non adoptants, avec une différence au seuil de 5%. Les producteurs qui sont membres d'une organisation

paysanne représentent respectivement 36,98 % des adoptants et 19,38 % des non adoptants, indiquant une plus grande implication institutionnelle des adoptants. Les actifs productifs des adoptants et les revenus moyens des adoptants sont significativement plus élevés comparés à ceux des non adoptants.

Concernant la subvention en semences, en engrais ou d'équipements agricoles, le taux des adoptants est estimé à 43,01 % contre 14,79 % pour les non adoptants. Une meilleure couverture d'assurance est notée chez les ménages utilisant les semences certifiées avec un taux de 2,7 % contre 0,3 % pour les non adoptants. La même analyse statistique peut être faite pour les facteurs d'accès au crédit. Cependant, nous remarquons que les non adoptants sont plus susceptibles de bénéficier de l'envoi de fonds des migrants avec un taux de 19,53% et 12,32 % pour les adoptants.

Caractéristiques	Adoptants	Non adoptants	Total	Probabilité
Observations	146	650	796	-
Niveau d'éducation				
Niveau primaire	75,34	84,15	82,53	0,011**
Niveau Secondaire	4,1	1,4	1,8	0,028**
Niveau Supérieur	1,3	0,1	0,3	0,03**
Caractéristiques de l'exploitation				
Taille de l'exploitation (Ha)	5,37	4,1	4,3	0,002**
Culture des céréales	92,46	79,38	81,78	0,000***
Capacité de stockage	35,61	28,15	29,52	0,07*
Gestionnaire de l'exploitation	3	2	2,5	0,000*
Valeur des actifs productifs et Revenu				
Valeur des actifs productifs	380308	195740	229593	0,003***
Revenu global	558370	334811	375816	0,018**
Activités principales				
Agriculture (%)	88,28	88,76	88,44	0,84
Autres activités non agricoles (%)	11,8	11,25	64,4	0,17
Facteurs institutionnels				
Membre d'une OP (%)	36,98	19,38	22,61	0,000***
Subvention (%)	43,01	14,79	19,96	0,000***
Accès au crédit (%)	88,9	76,9	86,5	0,000***
Souscription à une assurance (%)	2,7	0,3	0,7	0,002**
Transferts des migrants (%)	12,32	19,53	18,21	0,048**

Tableau 3. Caractéristiques socioéconomiques des producteurs

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

Source : Auteurs à partir des données de la DAPSA (2019)

3.2. Analyse économétrique

3.2.1. Niveau de diffusion et d'adoption des semences certifiées

Les résultats du tableau 4 révèlent que parmi les 796 producteurs de l'échantillon, 179 ont été exposés aux semences certifiées et 146 l'ont adopté. Nous constatons que dans la population totale, la proportion des exploitants exposés aux semences certifiées est estimée à 22,48 %. Tandis que la proportion des producteurs qui ont adopté les semences certifiées se chiffre à 18,34%. Le taux d'adoption parmi les producteurs exposés aux semences certifiées est de 81,56%. Cependant, comme développé plus haut, en raison de la diffusion incomplète des semences certifiées dans la population totale, les estimations des taux d'adoption par le simple comptage souffrent de deux biais pouvant sous-estimer ou surestimer les vrais taux d'adoption (non exposition et d'un biais de sélection positive).

Indicateur	Valeur	Erreur Std.	z	P> z	[95% Intervalle de confiance]
Ne/N	0,2248	0,01480	15,19	0,000***	[0,1958528 - 0,2538959]
Na/N	0,1834	0,01372	13,36	0,000***	[0,1565151 - 0,2103191]
Na/Ne	0,8156	0,06103	13,36	0,000***	[0,6960112 - 0,9352737]
					Nombre d'observations : N = 796 Nombre d'exposés : Ne = 179 Nombre d'adoptants : Na = 146

Tableau 4. Taux d'adoption observé des semences certifiées dans l'échantillon

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

Source : Auteurs à partir des données de la DAPSA (2019)

3.2.2. Taux d'adoption actuels et potentiels des semences certifiées

Les résultats du tableau 5 indiquent que tous les paramètres estimés sont significatifs au seuil de 1%, révélant ainsi un taux d'adoption potentiel (ATE) de 72,86% et un taux actuel d'adoption (JEA) de 18,25%. Cela signifie que si toute la population était exposée aux semences certifiées, les taux d'adoption seraient (en 2018) de plus de 72,86%. Cependant, ce n'est pas le cas car un écart (GAP) négatif de 54,6% est noté. Ces résultats montrent bien qu'il est encore possible de rehausser le taux d'adoption au Sénégal, en permettant aux exploitants agricoles d'être exposés aux semences.

Par ailleurs, sur toute la population exposée aux semences certifiées (estimation paramétrique), plus de 81,17 % l'ont adoptée, alors qu'au sein de la population non exposée, le taux d'adoption est de 70,45 %. Ces résultats s'opposent aux travaux de Ouédrago et Dakoué [OUE 17], [DIO 18] qui ont trouvé un taux plus élevé chez les non adoptants. Selon eux, les ménages agricoles peuvent être exposés à d'autres semences de variétés en compétition avec les semences certifiées. Les résultats du PSB montrent que l'exposition aux semences est tributaire de l'adoption des semences certifiées avec une significativité au seuil de 1%. Ainsi, ces résultats sont en phase avec ceux trouvés par [DIA 09, DIO 18] qui ont révélé que l'exposition est un déterminant fondamental dans l'adoption des semences certifiées. De plus, nos résultats susmentionnés sont en conformité avec plusieurs travaux empiriques qui ont considéré que le manque d'information et de sensibilisation des ménages agricoles est le premier frein à l'adoption des nouvelles innovations et technologies agricoles [DIA 09, CAM 2022].

Paramètres estimés	ATE probit - Coefficients
ATE : taux d'adoption dans la population totale (%)	72,86 (0,380) ***
ATE1 : taux d'adoption dans la sous population exposée (%)	81,17 (0,27) ***
ATE0 : taux d'adoption dans la sous population non exposée (%)	70,45 (0,42) ***
JEA : taux commun d'exposition et d'adoption (%)	18,25 (0,006) ***
GAP : Gap d'adoption (%)	-54,61 (0,32) ***
PSB : Biais de Sélection positive (%)	8,3 (1,99) ***
Nombre d'observations : N = 796	
Nombre d'exposés : Ne = 179	
Nombre d'adoptants : Na = 146	

Tableau 5. Taux d'adoption actuels et potentiels des semences certifiées

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

Source : Auteurs à partir des données de la DAPSA (2019)

3.2.3. Déterminants de l'adoption des semences certifiées

Le tableau 7 présente les coefficients estimés du modèle probit des déterminants. Les valeurs du log pseudo-likelihood de (-74.8845) et le Wald Chi2 (80,54) sont significatives au seuil de 1% montrant que le modèle est bien spécifié de manière globale et que les variables exogènes choisies expliquent l'adoption des semences certifiées. Les effets marginaux présentés sur la dernière colonne du Tableau montrent l'impact de la variation d'une unité de chaque variable sur la probabilité d'adoption.

Les résultats montrent que le coefficient de la variable homme a le signe attendu. La valeur de l'effet marginal indique que les hommes sont plus susceptibles d'adopter les semences certifiées que les femmes. Cela peut être expliqué par le fait qu'au Sénégal, les chefs de ménages hommes ont plus accès à la terre et donc, plus enclins à innover pour améliorer le rendement et le revenu tandis que les femmes préfèrent adopter les semences locales. Un tel résultat a été trouvé au Bénin sur l'adoption des variétés améliorées [OLO 19].

De plus, les transferts de fonds réduisent la probabilité pour un producteur d'adopter les semences certifiées de 44,8%. Cette différence est significative au seuil de 5%. L'effet marginal associé est de -0,158, ce qui signifie que les ménages agricoles recevant des transferts sont moins susceptibles d'adopter ces semences.

Un autre déterminant de l'adoption est la souscription à une assurance qui offre aux producteurs une protection de leurs cultures contre les inondations, la sécheresse, les ravages, etc. Parfois, quand ces catastrophes sont imminentes, les effets directs peuvent se traduire sous forme de menace d'insécurité alimentaire, de faible productivité et de pauvreté. Etant donné que la probabilité d'occurrence de ces chocs est plus ou moins élevée au Sénégal, en particulier, à cause d'un déficit de ressources préventives, les adoptants doivent souscrire à une police d'assurance pour atténuer les risques liés à la production, ce qui corrobore les conclusions de Yegbemey et al. [YEG 20] démontrant que les exploitants de maïs qui sont conscients des changements climatiques ont recours aux semences certifiées pour s'adapter. L'effet marginal indique que la souscription à une assurance augmente la probabilité d'adoption de 10,8%.

D'autres variables comme le coefficient de la valeur appartenance à une Organisation Paysanne (OP) est positif et significatif au seuil de 10%. Cela veut dire que la participation à une dynamique sociale permet d'accroître la probabilité d'adoption des semences certifiées. Ceci résulte du fait que les OP développent des initiatives propres visant à faciliter l'exposition et l'utilisation des innovations agricoles et aussi elles sont les seules éligibles aux crédits de campagne agricole. 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. Donc, les organisations de producteurs sont des réseaux qui facilitent la vulgarisation de l'efficacité des innovations agricoles [BAS 15, SEY 17].

De plus, les types de cultures céréaliers favorisent l'adoption des semences certifiées avec un taux de 65% et un effet marginal de 0,2. En effet, dans les zones étudiées, l'utilisation de semences certifiées est plus fréquente avec les cultures céréaliers notamment le riz (irriguée, pluvial) et le maïs.

Enfin, les résultats indiquent que la probabilité d'adopter les semences certifiées de augmente 36% chez les ménages agricoles bénéficiant d'une subvention. Ainsi, les subventions jouent un rôle important dans les mécanismes d'incitations à l'adoption les semences certifiées.

Variables	Coef.	Std. Err.	z	P>z	Effets marginaux
Age	-0,003	0,009	-0,32	0,749	-0,0009
Taille du ménage	-0,014	0,039	-0,36	0,722	-0,004
Transfert migrants	-0,448	0,148	-3,02	0,003	- 0,158**
Membre OP	0,035	0,114	0,31	0,059	0,0114*
homme	1,22	0,58	2,09	0,037	0,45**
Assurance	0,367	0,152	2,41	0,016	0,108**
Marié	-0,08	0,45	-1,86	0,64	0,19
Superficie	0,13	0,37	0,35	0,729	0,005
Céréales	0,65	0,35	1,89	0,059	0,23**
Subvention	1,16	0,42	2,75	0,006	0,36**
Probit régression				Nombre d'obs = 175	
Log pseudolikelihood = -74,8845				Wald chi2(12) = 80,54	
				Prob > chi2 = 0,0000	

Tableau 6. Déterminants de l'adoption des semences certifiées par la méthode paramétrique

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

Source : Auteurs, à partir des données de la DAPSA 2019

Conclusion

Cet article met en évidence l'estimation des taux et des déterminants de l'adoption des semences certifiées des ménages ruraux au Sénégal. En utilisant l'effet moyen de traitement, les résultats convergent vers la nécessité de contrôler les biais d'exposition et de sélection positive pour estimer les taux d'adoption des semences certifiées et leurs déterminants. Ainsi, l'étude a révélé un taux d'adoption potentiel de 72,86% et un taux actuel d'adoption des semences certifiées (JEA) de 18,25%. Ainsi, si toute la population était exposée aux semences certifiées, les taux d'adoption seraient plus élevés. Ce niveau d'adoption aurait pu être effectif si tous les exploitants agricoles avaient été informés, sensibilisés et appuyés.

Or, il est encore possible d'améliorer le taux d'adoption de manière considérable en mettant en place une stratégie d'identification des producteurs susceptible d'être enrôlé. Ce qui implique de mettre l'accent sur les besoins des agriculteurs en analysant les facteurs qui déterminent l'adoption. L'implication des acteurs locaux tels que les organisations paysannes est également importante pour adapter les innovations technologiques aux besoins spécifiques des zones rurales.

Pourtant, le travail révèle aussi qu'en dehors de l'exposition, d'autres facteurs tels que l'assurance, l'appartenance à une organisation paysanne, le transfert de fonds, la subvention, le genre homme et la culture des céréales sont des déterminants significatifs de l'adoption des semences certifiées. Ce qui montre que les acteurs de développement doivent prendre en compte ces caractéristiques pour garantir une plus grande chance de réussite dans la diffusion des semences certifiées.

La principale implication de politique s'oriente vers des actions comme la mise en place de programmes permettant aux exploitants ruraux de participer à des formations pratiques et à des expérimentations sur le terrain, ce qui pourrait augmenter l'adoption des semences certifiées. Cette formation facilite l'organisation de campagne de sensibilisation sur les atouts des semences certifiées pour combler le gap d'adoption. La seconde implication de politique est l'importance d'élargir les programmes de subvention afin de faciliter l'accessibilité et la souscription à une assurance contre les chocs de production. En plus de l'amélioration du taux d'adoption des semences certifiées, les subventions permettent de lutter contre l'insécurité alimentaire durable des ménages ruraux.

La principale limite de ce travail est le manque de données pour analyser le taux d'adoption dans les sous groupes de population défini par [ROG 95] (les pionniers, les suiveurs, la majorité anticipée, la majorité tardive et les retardataires) pour identifier les politiques adaptées à chaque catégorie d'agriculteurs et dans chaque zone agroécologique. Par conséquent, l'une des perspectives est d'envisager l'exploitation de nouvelles données comportant les zones agroécologiques et les stades d'adoption avec l'estimation par des modèles dynamiques plus robustes (comme le logit multinomial).

Bibliographie

- [ABE 14] Abebe, Y, Et A Ekele. 2014. "the impact of soil and water conservation program on the income and productivity of farm households in adama district, ethiopia." science, technology and arts research journal 3 (3): 198. <https://doi.org/10.4314/star.v3i3.32>.
- [ADE 21] Adekambi, Souleïmane A., Jean Eudes A. Codjovi, And Jacob A. Yabi. 2021. "adoption of integrated soil fertility management measures in northern benin: an application of the multivariate probit model to the case of maize producers." international journal of biological and chemical sciences 15 (2): 664–78. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v15i2.22>.
- [ADE 09] Adékambi, Toïdi, Michel Drancourt, And Didier Raoult. 2009. "the rprob gene as a tool for clinical microbiologists." trends in microbiology 17 (1): 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2008.09.008>.
- [AFO 20] Afouda, A P, A Hougni, O Balarabe, O A Kindemini, And A J Yabi. 2020. "Déterminants de l'adoption de la pratique d'intégration agriculture-élevage dans la commune de banikoara(bénin)." agronomie africaine32(2):15968
- [ANS 13] Agence Nationale Des Statistiques Et De La Démographie (ANSD), 2013. recensement général de la population, l'habitat et l'élevage, 418 p
- [ARO 11] Arouna, A, And P Y Adégbola. 2011. "analyse de la rentabilité financière des systèmes de stockage et de conservation du maïs au sud-bénin." bulletin de la recherche agronomique du bénin numéro spé (jaguar): 24–32.
- [BIR20] Birou, Wunsche Dessalent, Manfred Zeller, And Tim K Loos. 2020. "L'impact des technologies agricoles sur la pauvreté et la vulnérabilité des petits exploitants en Éthiopie" : une analyse de données de panel.
- [BEL] Bellon-Maurel, Veronique. n.d. "l ' innovation technologique dans l ' agriculture."
- [CAM 22] Camara, Boubacar, Blaise Waly Basse, And Saboury Ndiaye. 2022. "estimation des taux d'adoption et des déterminants de l'adoption des règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement dans la zone sahélienne au nord du Sénégal," no. september.
- [CHI 05] Chirwa, Ephraim W. 2005. "Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in southern malawi." development southern africa 22 (1): 1–12. <https://doi.org/10.1080/03768350500044065>.

- [DIA 07] Diagne A. And Demont M., 2007. taking a new look at empirical models of adoption: average treatment effect estimation of adoption rates and their determinants. *agric. econ.*, 37, 201–210
- [DIA 09] Diagne, Aliou, Papa, Abdoulaye Seck, Florent M. Kinkingninhoum, Didier Alia And Eyram Amovin-Assagba. 2009. “adoption des variétés améliorées de riz en Afrique : une analyse des facteurs déterminants et de leur importance relative par environnement de culture,” 1–15.
- [DIA12] Diagne, Aliou. 2012. “adoption : a stata routine for consistent estimation of population technology adoption parameters.” stata conference, july 26-27, 2012. san diego, california.
- [DIO 18] Diouf Sarr, Ndèye Seynabou, Blaise Waly Basse, And Amadou Abdoulaye Fall. 2018. “taux et déterminants de l’adoption de variétés améliorées de riz au Sénégal.” *économie rurale*, no. 365, 51–68. <https://doi.org/10.4000/economierurale.5897>.
- [DON 13] Dortsop Nguezet, Paul Martin, Aliou Diagne, Olusegun Victor Okoruwa, Vivian Ojehomon, And [VIC13] Victor Manyong. 2013. “estimating the actual and potential adoption rates and determinants of [ner??] nerica rice varieties in nigeria.” *journal of crop improvement* 27 (5): 561–85. <https://doi.org/10.1080/15427528.2013.811709>.
- [DOS 06] Doss, Cheryl R. 2006. “analyzing technology adoption using microstudies: limitations, challenges, and opportunities for improvement.” *agricultural economics* 34 (3): 207–19. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0864.2006.00119.x>.
- [ETO ND] Etoundi, Ntsama, And Kamgnia Dia. n.d. “les déterminants de l’adoption des variétés améliorées de maïs : adoption et impact de la « cms,” 1–23.
- [FAY 17] Ndeye Fatou, Faye-Mane. 2017. “les déterminants et l’impact de l’adoption des semences certifiées de mil et de sorgho dans le bassin arachidier du Sénégal.” université cheikh Anta Diop de Dakar école, 199.
- [HEC 05] Heckman, James J., And Edward Vytlacil. 2005. structural equations, treatment effects, and econometric policy evaluation. *econometric*. vol. 73. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2005.00594.x>.
- [ISS 17] Issoufou, O.H., S. Boubacar, T. Adam, And B. Yamba. 2017. “déterminants de l’adoption et impact des variétés améliorées sur la productivité du mil au Niger.” *africain crop science journal* 25 (2): 207. <https://doi.org/10.4314/acsj.v25i2.6>.
- [KAS 11] Kassie, Menale, Bekele Shiferaw, And Geoffrey Muricho. 2011. “agricultural technology, crop income, and poverty alleviation in uganda.” *world development* 39 (10): 1784–95. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.04.023>.
- [KOU 12] Kouassi Bekanty Ange Chimene Dominique Eleve. 2012. “analyse des déterminants du choix et de l’adoption de variétés améliorées de riz. cas des zones de Gagnoa et de Korhogo en côte d’ivoire présente.” école supérieure d’agronomie (Esa), 71
- [LPS 19] LPSDA. 2019. “république du Sénégal ministère de l’agriculture et de l’équipement rural,” 2019–23.
- [MEK 08] Mekuria, S., A. Zerihun, B. Gebre-Egziabher, And M. Tibbo. 2008. “participatory investigation of contagious caprine pleuropneumonia (ccpp) in goats in the hammer and benna-tsemay districts of southern ethiopia.” *tropical animal health and production* 40 (8): 571–82. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9136-3>.
- [MEN 11] Mendola, Mariapia. 2011. “agricultural technology and poverty reduction: a micro-level analysis of causal effects.” *ssrn electronic journal*, 1–37. <https://doi.org/10.2139/ssrn.491483>.
- [MIN 18] Miningou, Amos; Mémouna Traore, And Nowaki ; Hijikata. 2018. “manuel de technique de production de semences certifiées au Burkina Faso sésame manuel de technique de production de semences certifiées au Burkina Faso sésame.”
- [NDI 20] Ndir, Babacar. 2020. “juillet 2020 SES (situation économique et sociale) du Sénégal 2017-2018,” 225.
- [NKA 00] Nkamleu, G. B., And A. A. Adesina. 2000. “determinants of chemical input use in peri-urban lowland systems: bivariate probit analysis in cameroon.” *agricultural systems* 63 (2): 111–21. [https://doi.org/10.1016/s0308-521x\(99\)00074-8](https://doi.org/10.1016/s0308-521x(99)00074-8).
- [PAR 08] Pariente, William. 2008. “analyse d’impact : l’apport des évaluations aléatoires.”
- [OLO 19] Oloumilade, M O, And J A Yabi. 2019. “The explanatory factors for the adoption of improved soybean varieties in the borgou department northern of benin.” *les cahiers du credad* 35 (1): 51–76. <http://revue.cread.dz/index.php/les-cahiers-du-cread/article/view/1192/957>.
- [OUE 17] Ouédraogo M. & Dakoué D., 2017. “évaluation de l’adoption des variétés de riz nerica dans l’ouest du Burkina Faso”. *African journal of agricultural and resource economics*, 12(1), 1-16
- [ROG 95] Rogers, Evert M. 1995. “Diffusion of innovations - chapter 4.” *diffusion of innovations*.

- [ROS 83] Rosenbaum, Paul r., and Donald b. Rubin. 1983. “the central role of the propensity score in observational studies for causal effects.” *biometrika* 70 (1): 41–55. <https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.41>.
- [RUB 74] Rubin D. B., 1974. estimating causal effects of treatments in randomized and non-randomized studies. *journal of educational psychology*, 66(5), 688-701
- [SYL 23] Sylla Ibrahima. 2023. “amélioration de la productivité totale des facteurs à travers l ’ adoption de semences certifiées : approche par le local average treatment effect (late).”
- [SEY 17] Seye, Boubacar, Aminou Arouna, S N Sall, And A A Ndiaye. 2017. “impact de l’adoption des semences certifiées des variétés améliorées de riz sur le taux de pauvreté: cas du bénin.” *cahiers du centre béninois de la recherche scientifique et de l’innovation* 11 (novembre): 18.
- [USA16] USAID,innovant, module, and genre sensible. 2016. “module 1 formation sur la production des semences améliorées”
- [YEG 20] Yegbemey, Rosaine Nerice, Jacob Afouda Yabi, Ghislain Boris Aïhounton, And Armand Paraïso. 2014. “modélisation simultanée de la perception et de l’adaptation au changement climatique: cas des producteurs de maïs du nord bénin (Afrique de l’ouest).” *cahiers agricultures* 23 (3): 177–87. <https://doi.org/10.1684/agr.2014.0697>