



Adoption des variétés améliorées de mil et efficience technique des exploitations familiales au senegal

Mabouya Ndiaye GUEYE

Docteur, Groupe de Recherche en Économie et Développement Territorial (GREDT), Université Alioune Diop, Bambey Sénégal

Omar SENE

Enseignant-Chercheur, Groupe de Recherche en Économie et Développement Territorial (GREDT), Université Alioune Diop, Bambey senegal

Résumé

La présente étude a pour objectif d'étudier les effets de l'adoption des variétés améliorées de mil sur l'efficience technique des exploitations familiales au Sénégal. Les données utilisées dans cette étude proviennent d'une enquête menée auprès des ménages agricoles en 2018 au Sénégal. Le champ de l'enquête couvre l'ensemble du territoire national et porte sur un échantillon de 700 ménages agricoles. Les résultats de l'estimation d'une fonction de production de la forme Cobb-Douglas montrent que la production de mil au Sénégal est fortement élastique au capital foncier et que les producteurs sont en moyenne techniquement inefficients. Les scores d'efficience se situent entre 0,02 % et 88,6% avec une moyenne de 43,23%. Ainsi, la production de mil pourrait être augmentée en moyenne de 56, 77 % sans augmentation des facteurs de production. Le modèle d'analyse des déterminants de l'inefficience montre un effet positif du sexe, de l'âge, éducation et de la taille du ménage sur l'inefficience

Mots clés: Efficience technique, fonction de production, rendement, superficie emblavée, mil

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.16988637>



1 Introduction

En Afrique de l'Ouest, les céréales telles que le riz, le sorgho, le blé, le maïs et le mil sont des aliments de base importants pour la majorité de la population. Entre 62 à 65 millions de tonnes de céréales sont consommés dans cette région (Broutin, 2011). Au Sénégal, les céréales sont des cultures qui dominent le secteur agricole. Le mil est la culture la plus appréciée en termes de production par les ménages ruraux. Il représente plus de 60 % de la production céréalière du pays, soit un total d'un million de tonnes (CRES, 2016).

Face à la rapide croissance démographique, l'adoption des innovations est cruciale dans le domaine de l'agriculture qui demeure la principale activité des habitants des pays en voie de développement. Selon la (Banque Mondiale, 2008), la production agricole mondiale devrait augmenter de 70% par rapport à son niveau de 2007, pour pouvoir nourrir la population mondiale en 2050. Le Sénégal a enregistré lors des dix dernières années un taux de croissance moyen de 4, 4% sur les dix ans. La faiblesse de la croissance son PIB peut être en partie expliquée par les niveaux insuffisants de productivité sur la période considérée (Plan Sénégal Emergent (PSE, 2014). D'après le (PSE, 2014), cette situation est liée à la structure de l'économie. En effet, entre 2000 et 2012, en moyenne, moins de la moitié de la main-d'œuvre était employée dans l'industrie et les services représentaient plus de 80% du PIB. Pourtant l'agriculture ne représente que 7, 6 % du PIB alors qu'elle occupe plus de la moitié de la population active. Le secteur agricole souffre donc d'un problème d'efficience.

A cet effet l'agriculture sénégalaise est confrontée à une faible disponibilité en semences certifiées conjuguées à la vétusté du matériel agricole, au manque d'organisation des filières, à une pluviométrie déficitaire et une réduction des superficies cultivables causée notamment par la pression foncière. Malgré les nombreux programmes de diversification (adoption en 2004 de la Loi d'Orientation Agro-Sylvo-Pastorale, GOANA, REVA, PRACAS, etc.), misent sur pied pour manifester la volonté politique d'améliorer le secteur agricole sénégalais, la problématique de la productivité agricole demeure encore non résolue du fait en grande partie de l'inorganisation de la filière semence. Pourtant, il s'est avéré que des semences sont sources d'amélioration des rendements des cultures, surtout pour les petits agriculteurs qui ont rarement accès à d'autres intrants agricoles essentiels tels que les engrais, les matériels agricoles, pesticides etc. Cette situation combinée à un manque de compétitivité de certains segments du secteur agricole a entraîné une baisse de la productivité agricole notamment celles des céréales. Pour faire face à ce défi, l'Etat du Sénégal et certains acteurs privés s'orientent de plus en plus

à la redynamisation de ce secteur porteur de croissance qui est la base de l'alimentation quotidienne des ruraux. En effet, ce secteur constitue la principale source de la population rurale avec 73, 8% des ménages ruraux qui s'y activent (RGPHAE, 2013). Elle emploie également plus de 60% de la population sénégalaise (USAID, 2009). Par conséquent, les opportunités offertes par les innovations technologiques tels que les semences améliorées, l'engrais et les matériels agricoles deviennent des opportunités essentielles pour améliorer l'efficacité technique dans les économies en développement (Nkamleu GB, 2004). Cette amélioration passe alors logiquement par Celle de l'efficacité des agriculteurs afin d'optimiser la production agricole. Par ailleurs, Le mil occupe une place importante dans l'agriculture sénégalaise. Il est la céréale sèche la plus cultivée par les ménages agricoles et occupe pratiquement 27% des parcelles cultivées (rapport Enquête Agricole Annuelle (EAA, 2020). Ainsi la question qui se pose est de savoir quels sont les effets de l'adoption des variétés améliorées de mil sur l'efficacité technique des exploitations familiales au Sénégal?

L'objectif de Ce papier est d'étudier les effets de l'adoption des variétés améliorées de mil sur l'efficacité technique des exploitants familiales au Sénégal. Il s'agit concrètement d'évaluer le score d'efficacité technique après estimation de la fonction de frontière de production et déterminer les facteurs qui influencent l'efficacité des exploitations agricoles. Pour ce faire, nous utilisons une base de données originale d'enquêtes de terrain, menées auprès des ménages agricoles en 2018 au Sénégal dans le cadre du Projet d'Appui aux Politiques Agricoles (PAPA, 2015-2019). Pour la méthodologie, nous avons utilisé un modèle de frontière de production stochastique pour évaluer l'efficacité technique des producteurs de mil au Sénégal.

Le corps de cet article s'articule comme suit. La première section présente la littérature existante sur l'efficacité technique et sur l'adoption. La seconde section est consacrée à la présentation des données précisément les variables utilisées, la troisième section consacrée à la méthodologie adoptée, à la présentation du modèle de fonction stochastique, la section 4 les résultats de l'étude et leur discussion et en fin la dernière section pour la conclusion

2 Revue littérature

Ce chapitre constitue une revue théorique et empirique de la littérature et de la présentation des modèles retenus. Dans un premier temps, il s'agira d'examiner brièvement le concept d'efficacité technique avant de revenir sur les études menées sur l'adoption des variétés améliorées et l'efficacité technique.

2.1 Efficience technique dans l'écriture

L'efficience technique est la capacité d'une unité de production à utiliser le minimum d'intrants pour atteindre un niveau de production donné (Kumbakhar et Lovell, 2000). Inversement, elle peut aussi être comprise comme la capacité de produire un maximum d'output possible avec un niveau d'intrants donné. Plusieurs auteurs se sont attelés à quantifier l'efficience (ou l'inefficience) technique des producteurs dans divers domaines, principalement celui de l'Agriculture. (Ogundele et Okoruwa, 2006) ont établi les différentiels d'efficience technique entre les agriculteurs qui plantent des variétés de riz améliorées et ceux qui plantent des variétés traditionnelles au Nigeria. Ils ont déterminé l'efficience technique des riziculteurs et établi les différentiels d'efficience technique existant entre les deux groupes de riziculteurs. Pour ce faire, ils ont estimé une fonction de production de type Cobb-Douglas du riz au Nigeria et ont ensuite évalué les déterminants de l'efficience technique. Cette étude montre que la taille de l'exploitation, la main-d'œuvre salariée, les herbicides et les semences ont contribué de manière significative à l'efficience technique des agriculteurs. Également, il n'y avait pas de différences significatives d'efficience entre les deux groupes de producteurs. D'autres auteurs tels que (Binam et al, 2008) ont également étudié les différences d'efficience technique qui existent entre des producteurs de cacao en Afrique occidentale et centrale. Il s'agissait notamment de mesurer le potentiel de productivité de ces producteurs. Ils ont d'ailleurs utilisé une métafrontière de production stochastique de la forme translog pour estimer les scores d'efficience. Leurs résultats ont montré que les variables sexe de l'exploitant, nombre de contacts avec les agents de vulgarisation, accès au crédit, et indice d'ombrage ont un effet significatif sur l'inefficience technique des cacaoculteurs pour tous les pays étudiés.

(Fontan (2008) a quant à elle étudié les moyens susceptibles d'améliorer l'efficience technique des riziculteurs en Guinée. Cette auteure a utilisé une fonction de production de type Cobb-Douglas ainsi que la méthode d'estimation des déterminants de l'inefficience proposée par (Battese et Coelli ,2005). Elle a démontré qu'un système irrigué a un effet significatif et positif sur l'efficience. Elle a aussi trouvé que les exploitants âgés sont plus efficaces que les exploitants jeunes et que la spécialisation de la culture favorise l'efficience technique. En restant dans le domaine rizicole, (Khai et Yabe ,2011) ont mesuré l'efficience technique des riziculteurs du Vietnam et identifié ses déterminants en utilisant la méthode d'analyse des frontières stochastiques à travers une fonction de production de type Cobb-Douglas. L'efficience technique calculée dans l'étude était d'environ 81,6%. L'étude a démontré que les facteurs les plus importants ayant des effets positifs sur les niveaux d'efficience technique sont

le travail intensif dans la culture du riz, l'irrigation et l'éducation. Ces facteurs jouent un rôle important en termes de changement du score de l'efficacité technique.

2.2 Efficacité technique et adoption des variétés améliorées

L'efficacité technique est la capacité d'une unité de production à utiliser le minimum d'intrants pour atteindre un niveau de production donné (Kumbakhar et Lovell, 2000). Inversement, elle peut aussi être comprise comme la capacité de produire un maximum d'output possible avec un niveau d'intrants donné. Plusieurs auteurs se sont attelés à quantifier l'efficacité (ou l'inefficacité) technique des producteurs dans divers domaines, principalement celui de l'Agriculture. (Ogundele et Okoruwa, 2006) ont établi les différentiels d'efficacité technique entre les agriculteurs qui plantent des variétés de riz améliorées et ceux qui plantent des variétés traditionnelles au Nigeria. Ils ont déterminé l'efficacité technique des riziculteurs et établi les différentiels d'efficacité technique existant entre les deux groupes de riziculteurs. Pour ce faire, ils ont estimé une fonction de production de type Cobb-Douglas du riz au Nigeria et ont ensuite évalué les déterminants de l'efficacité technique. Cette étude montre que la taille de l'exploitation, la main-d'œuvre salariée, les herbicides et les semences ont contribué de manière significative à l'efficacité technique des agriculteurs. Également, il n'y avait pas de différences significatives d'efficacité entre les deux groupes de producteurs. D'autres auteurs tels que (Binam et al, 2008) ont également étudié les différences d'efficacité technique qui existent entre des producteurs de cacao en Afrique occidentale et centrale. Il s'agissait notamment de mesurer le potentiel de productivité de ces producteurs. Ils ont d'ailleurs utilisé une métafrontière de production stochastique de la forme translog pour estimer les scores d'efficacité. Leurs résultats ont montré que les variables sexe de l'exploitant, nombre de contacts avec les agents de vulgarisation, accès au crédit, et indice d'ombrage ont un effet significatif sur l'inefficacité technique des cacaoculteurs pour tous les pays étudiés.

(Fontan (2008) a quant à elle étudié les moyens susceptibles d'améliorer l'efficacité technique des riziculteurs en Guinée. Cette auteure a utilisé une fonction de production de type Cobb-Douglas ainsi que la méthode d'estimation des déterminants de l'inefficacité proposée par (Battese et Coelli, 2005). Elle a démontré qu'un système irrigué a un effet significatif et positif sur l'efficacité. Elle a aussi trouvé que les exploitants âgés sont plus efficaces que les exploitants jeunes et que la spécialisation de la culture favorise l'efficacité technique. En restant dans le domaine rizicole, (Khai et Yabe, 2011) ont mesuré l'efficacité technique des

riziculteurs du Vietnam et identifié ses déterminants en utilisant la méthode d'analyse des frontières stochastiques à travers une fonction de production de type Cobb-Douglas. L'efficacité technique calculée dans l'étude était d'environ 81,6%. L'étude a démontré que les facteurs les plus importants ayant des effets positifs sur les niveaux d'efficacité technique sont le travail intensif dans la culture du riz, l'irrigation et l'éducation. Ces facteurs jouent un rôle important en termes de changement du score de l'efficacité technique.

1.2 Efficacité technique et adoption des variétés améliorées

(Charlotte Fontan , 2008) a analysé la production et l'efficacité technique des riziculteurs de Guinée. Un modèle paramétrique et stochastique a été utilisé pour définir des pistes de recommandations pour des politiques agricoles adaptées. Les résultats ont montré que les riziculteurs les plus efficaces, au cours d'une période donnée (une récolte), sont ceux qui se spécialisent dans une seule culture et une seule activité. Toujours est-il qu'au Kenya (Rebecca Jerop, George Owuor et al, 2019) ont étudié les Effets des innovations de l'éleusine sur la productivité au Kenya à travers un modèle stochastique. Les résultats empiriques ont indiqué que l'application d'une variété améliorée d'éleusine et la pratique du travail du sol de conservation ont eu un effet positif sur la productivité grâce à la réduction de l'inefficacité technique. Le rendement de l'éleusine était plus sensible au nombre de jours de travail par rapport aux autres intrants de la frontière. L'étude a également révélé que les petites exploitations avaient des rendements plus élevés que les grandes exploitations. L'efficacité technique moyenne des producteurs d'éleusine était d'environ 67%. Les études précédentes se sont basées sur des données en coupe instantanée. L'approche de (Djokoto, 2012) diffère légèrement. Ce dernier a étudié l'efficacité technique des agriculteurs au Ghana à Travers la méthode SFA. Il s'est basé sur une série temporelle de la production agricole valorisée du Ghana entre 1961 et 2010. Son objectif était d'estimer à Travers une série temporelle de données agricoles sur le Ghana, une fonction de production de type Cobb Douglas. Il a trouvé une moyenne de l'efficacité technique de 82% entre 1885 ET 1992. L'efficacité technique minimum était de 59% en 2001 et le maximum 96% atteint en 1978. Peu d'études ont été réalisées spécifiquement sur la céréale du mil. (Vincent et al, 2011) ont déterminé l'efficacité technique chez les petits exploitants agricoles des comtés de Narok, Bomet ET Kericho au Kenya en 2010. Deux cent onze ménages cultivant du mil en jonc (variété de mil) ont été interrogés de manière aléatoire. Une fonction de production stochastique Cobb-Douglas a été utilisée pour mesurer l'efficacité technique. Ils ont trouvé que l'efficacité de la production de mil en jonc varie considérablement d'un agriculteur à l'autre : le comté de Bomet varie de 11 à 83%, celui de Kericho de 16 à 89% et 24

Narok de 17 à 88%, avec des moyennes de 72% pour Bomet et de 44 % pour Kericho et Narok. Pour ce qui est des études plus récentes sur le mil, (Mukhtar et al, 2018) ont analysé l'efficacité technique de producteurs de mil perlé dans l'état de Kano au Nigéria. Ils ont également estimé une fonction frontière de production stochastique de type Cobb Douglas, puis ont estimé l'inefficacité technique. Ils ont obtenu une moyenne de l'efficacité à 73%, ayant un minimum de 23% et un maximum de 94%. Les résultats indiquent en outre que pour que l'agriculteur moyen de l'échantillon atteigne l'efficacité technique de SES pairs les plus efficaces, IL pourrait réaliser environ 22, 34 % d'économies. De même, l'agriculteur le moins efficace techniquement devra réaliser 77, 66 % d'économies de coûts pour devenir l'agriculteur le plus efficace. Une étude sur la céréale du mil a également été menée au Burkina Faso par (Seogo et Sawadogo ,2020), qui ont trouvé que l'efficacité technique moyenne est estimée à 71,23%, ce qui implique que la production de mil peut être augmentée de 28,77% avec les mêmes ressources utilisées par les agriculteurs. Les résultats montrent également que l'éducation formelle, les revenus non agricoles, l'élevage et l'accès au crédit sont les principaux facteurs affectant l'efficacité de la production. Cette étude a évalué l'efficacité technique des producteurs de mil dans la région administrative du Sahel au Burkina Faso et ses déterminants. Une approche de frontière stochastique a été utilisée pour analyser les données collectées sur 106 ménages sélectionnés aléatoirement en 2017. L'efficacité technique moyenne a été estimée à 71, 23 %, ce qui implique que la production de mil peut être augmentée de 28, 77% avec les mêmes ressources utilisées par les agriculteurs. Les résultats montrent que l'éducation formelle, les revenus non agricoles, l'élevage et l'accès au crédit sont les principaux facteurs qui affectent l'efficacité technique des producteurs de mil. Les bases théoriques posées, nous allons à présent de présenter la méthodologie utilisée dans l'étude.

3 Modélisation de l'effet de l'adoption sur l'efficacité technique

Notre objectif est d'étudier les effets de l'adoption des variétés améliorées de mil sur l'efficacité technique. Pour cela, notre stratégie d'identification consiste à estimer UN modèle de frontière de production. IL comporte deux étapes; La première étape consiste à estimer l'efficacité par la fonction de production frontière stochastique. La seconde consiste à modéliser l'efficacité déterminée précédemment (par un modèle Tobit par exemple) avec ses déterminants.

3.1 Présentation du modèle de frontière de production stochastique

Le modèle considéré en premier est UN modèle de frontière de production stochastique liant la production à certaines variables explicatives définies ci-dessous:

$$Y_i = f(X_i, \beta) * \varepsilon_i * \exp(v_i) \quad (1)$$

ou Y_i représente la production du $i^{\text{ème}}$ exploitant agricole dans l'échantillon ($i= 1, 2, \dots, n$); X_i est un vecteur ($1 \times k$) des inputs utilisés par l' $i^{\text{ème}}$ individu; β est un vecteur ($k \times 1$) des paramètres à estimer. Les termes v_i représentent les termes d'erreurs aléatoires, qui sont supposées indépendants et identiquement distribués selon $\mathbf{N}(0, \sigma_v^2)$.

En appliquant le logarithme népérien, on obtient

$$\ln(Y_i) = \ln(f(X_i, \beta)) + \ln(\varepsilon_i) + \ln \exp(v_i)$$

$$\ln(Y_i) = \ln(f(X_i, \beta)) + \ln(\varepsilon_i) + v_i$$

En supposant qu'il y a k intrants et que la fonction de production est linéaire avec logarithme, on définit alors le terme d'inefficience $u_i = -\ln(\varepsilon_i)$.

Ainsi, La frontière de production à estimer est la fonction Cobb-Douglas sous forme logarithmique

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j * \ln(Z_{ij}) + v_i - u_i \quad (2)$$

ou Y_i est la production (ou le rendement), les Z_i représentent les variables explicatives. Les β_k représentent les paramètres à estimer

Du fait que u_i est soustraite de $\ln(Y_i)$, en restreindre $u_i > 0$ implique que $0 < \ln(\varepsilon_i) < 1$, comme spécifié ci-dessus.

Les résultats générés comprennent des estimations des écarts-types des deux composantes d'erreur σ_u et σ_v . Dans la log-vraisemblance, ils sont paramétrés comme $\ln(\sigma_u^2)$ et $\ln(\sigma_v^2)$. L'interprétation des résultats se base sur l'estimation des expressions suivantes:

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2} \quad \text{avec} \quad 0 \leq \gamma \leq 1$$

Le paramètre γ représente la part relative de la variance expliquée par l'inefficience technique (Fontan 2008). D'après le modèle présenté ci-dessus, la différence observée de la production réelle par rapport à la frontière peut être due, soit à l'inefficience des agriculteurs, soit à des aléas qui interviennent pendant le processus de production. Plus la valeur de γ est proche de 1, plus cet écart est grandement attribué à l'inefficience des producteurs, et donc moins les aléas naturels ont d'effet sur la production.

Parmi les tests classiques du modèle, il y a celui sur la composante d'inefficacité dans le modèle. C'est un test de l'hypothèse nulle $H_0 : \sigma_u^2 = 0$ contre l'hypothèse alternative $H_1 : \sigma_u^2 > 0$. Si l'on rejette H_0 , la part de l'inefficacité technique dans la variation totale observée entre les points sur la frontière et les données est mesurée par $\gamma = \frac{\rho_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$.

Considérons la fonction de production maximale Y^* :

$$Y^* = f(X_i, \beta) * \exp(v_i)$$

En partant de cette fonction, L'indice d'efficacité technique de l'exploitant i agricole est donné par: $TE_i = \frac{Y}{Y^*}$

$$TE_i = \frac{f(X_i, \beta) * \exp(v_i - u_i)}{f(X_i, \beta) * \exp(v_i)}$$

$$TE_i = \exp(-u_i)$$

Ainsi, $\exp(-u_i)$ donne le ratio de l'output réel par l'output maximum. Ce ratio est considéré comme l'efficacité technique TE_i du producteur i . Il est borné par 0 et 1 car u_i est positif. Et donc, en pourcentage, ce ratio représente le pourcentage de l'output maximal qui est actuellement réalisé par le producteur. L'estimation du modèle se fait conceptuellement en deux étapes; estimer les paramètres de la frontière de production puis estimer l'inefficience (u_i) ou l'efficacité $\exp(-u_i)$.

Le terme d'erreur dans l'équation du modèle d'efficacité technique qui représente l'inefficience n'est pas estimée directement dans les cas des frontières de production optimale. En effet, il est difficile de dissocier dans l'écart entre la production effective et la production optimale, la part due à l'inefficacité technique de celle purement aléatoire. De ce fait, (Kumbhakar et al, 1982) proposent d'estimer l'efficacité technique via : $E\{\exp(-u_i)|\epsilon_i\}$ où $\epsilon_i = v_i - u_i$ est l'erreur composée.

3.2 Sources de données

Les données utilisées dans ce chapitre proviennent d'une enquête menée auprès des ménages agricoles en 2018 au Sénégal dans le cadre du Projet d'Appui aux Politiques Agricoles (PAPA, 2015-2019). Le champ de l'enquête couvre l'ensemble du territoire national et porte sur un échantillon de 700 ménages agricoles. La collecte des données a été réalisée par l'ISRA/BAME au niveau national dans toutes les zones agro-écologiques du pays, à l'exception des Niayes, où se pratique quasi exclusivement l'horticulture. Les applications de cette enquête ont été développées avec l'outil de collecte SurveyCTO lui-même du noyau ODK.

4 Procédure d'échantillonnage et d'enquête

Dans l'optique de discerner les outputs et les imputs un sondage stratifié combiné à un tirage à deux degrés a été utilisé dans cette enquête avec comme unités primaires, les districts de recensements (DR), et comme unités secondaires, les ménages. Dans les zones agro-écologiques les states adoptées restent différentes. Avec une taille d'échantillon équivalente à 700 ménages agricoles répartis de 150 dans la vallée du fleuve Sénégal et 550 dans le reste du pays. Dans l'optique de garantir une représentativité au niveau des différentes zones agro-écologiques du pays que la taille de l'échantillon a été choisie.

Variables	Description
L'output (Y)	Production totale de semence de mil
Les imputs	
Superficie totale	superficie
Production	Prod
Quantité de semences	qté_sem
Nombre moyen Main-d'œuvre salariée	Nb_main d'oeuvre
Quantité engrais	qté_engrais

Les variables spécifiques aux exploitants agricoles	
Age (années)	Age du chef de ménage
Activité principale	Act_prin
éducation	Niveau education en années
Taille_menage (nombre)	Taille du ménage
sexe	Sexe du chef de ménage (H/F)
Acces Credit	Accès au crédit (Oui/Non)

Tableau 1: Description output, des inputs et des variables spécifiques aux exploitants agricoles

Source: Enquêtes PAPA, 2018, calculs de l'auteur

Plusieurs variables liées aux caractéristiques sociodémographiques des producteurs de mil au Sénégal, puis viendra leur typologie, notamment en termes de rendement, superficie emblavée, production, moyens. Parmi les variables liées à l'environnement familiales, par exemple, nous pouvons citer l'âge, le genre et le niveau d'instruction, taille du ménage. Nous pouvons citer aussi les variables liées à la typologie.

Par ailleurs, le tableau 2 fait ressortir le profil socio-économique du ménage moyen producteur de mil. Un tel ménage compte entre 6 et 7 personnes et est dirigé par un producteur âgé de 52 ans et comptant seulement une année d'étude. Le ménage moyen emblave au total (c'est-à-dire toutes spéculations confondues) 8,3 hectares, et dispose de 6 types de matériels. Ces caractéristiques ajoutées à la distance au marché, l'accès au crédit, le sexe du chef de ménage constituent les variables du modèle d'efficacité. Ces variables sont presque toutes quantitatives, les exceptions étant le sexe et l'accès au crédit qui sont dichotomiques.

Tableau 2 : les statistiques descriptives d'output, des inputs et des variables spécifiques aux exploitants agricoles

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Superficie	1.876753	1.965832	.00142	27
Production	990.3642	2352.265	0	115000
Quantité de semences	60.40154	101.2162	1	970
nbre_heur~02	8.30808	59.87768	-996	97
Quantité engrais	173.0869	290.4455	1	6400
Crédit	.0972896	.2963549	0	1
Education	.0624504	.2419745	0	1
activi_prinpal	.0845306	.278185	0	1
Genre	.0930145	.290456	0	1
age_cm	53.26274	13.42673	16	96
taille_ménage	10.01103	5.452949	1	58

5 Résultats et discussions

5.1 Estimation du modèle de frontière de production

Les résultats de l'estimation (tableau 4) ont été obtenus grâce à la fonction de production Cobb-Douglass. L'un des premiers résultats de l'estimation de la frontière de production du mil montre que le modèle est globalement significatif au seuil de 1% (Prob > ch2= 0, 0000)

Il découle de cette estimation que les variables superficies, travail, semences et engrais sont tous positives et significatifs respectivement au seuil, 1%, 5%, 5% et 10%. Ces coefficients de production s'interprètent en termes d'élasticité. En effet, une augmentation de 1% de la quantité de semences accroîtra la production de 0,34 %. De même, un accroissement de la quantité d'engrais de 10%, entrainera une augmentation de la production à hauteur de 0,43 % de la production. Enfin, un doublement de la quantité de main-d'œuvre, fera augmenter la production.

Les résultats ont par ailleurs montré que la superficie emblavée avec un accroissement de 10% entraine une hausse de 0.35%. (Fontan, 2008) et (Coulibaly, 2018) ont trouvé des résultats similaires. Cela est dû ce pendant au caractère extensif de la culture du mil. En d'autres termes, l'accroissement de la production est plus fondé sur une augmentation des superficies et sur une utilisation d'intrants de qualité.

Tableau 4 : Estimation de la fonction de production

VARIABLES	(1) Frontier	(2) Mu	(3) Usigma	(4) Vsigma
Lsupp	0.0358* (0.0216)			
Lquantité sem	0.0341** (0.0252)			
Lmod	0.0876** (0.0427)			
Lquantité eng	0.0433*** (0.0215)			
id_men	4.38e-05* (2.34e-05)			
Adop		34.33 (93.09)		
Constant	6.537*** (0.157)	-985.9 (2,168)	6.543*** (2.194)	-0.0355 (0.0524)
Observations	3,084	3,084	3,084	3,084

5.2 Evaluation de l'efficacité technique des producteurs de mil

Le tableau 5 montre que le score d'efficacité technique moyen est de 52.65% avec une variation minimale et maximale compris entre 0.02% et 88.6 %. Cela signifie que les producteurs de mil au Sénégal n'atteignent en moyenne que 52.65 % de leur production potentielle maximale et que le score d'inefficacité vaut 47.35%. Ainsi la production de mil pourrait augmenter de 47.35% sans augmentation des facteurs de production.

Si ces résultats mettent en évidence la faible productivité du mil, ils présentent en revanche, la possibilité d'accroître considérablement la production en maintenant les facteurs de production constants. Par ailleurs, à titre de comparaison, le score d'efficacité moyen obtenu pour le mil au Sénégal (52%) est inférieur à celui obtenu pour la même spéculatation au Nigéria (73%) par (Mukhtar et al, 2018) et au Soudan (73%) par (Brahim et Morakah ,2017).

Tableau 5 : Scores d'efficacité technique

Variable	Obs	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Efficiency	3084	52,65131	23,53	0,015	88,599

5.4 Estimation du modèle de l'efficacité technique

Le tableau 6 présente les résultats de l'estimation du modèle de l'efficacité technique. Il ressort des résultats économétriques que quatre des 6 variables sélectionnées ont un effet significatif sur le niveau d'inefficacité des producteurs de mil au Sénégal en ce qui concerne les déterminants de l'inefficacité technique. A l'instar de (Mukhtar et al, 2018), la taille du ménage est ressortie significative, mais avec des signes différents. Ces derniers ont trouvé un effet de la taille du ménage négatif sur l'inefficacité, et donc positif sur l'efficacité. Dans la présente étude, cet effet s'est révélé positif et significatif. Ainsi, accroître la taille du ménage, tend à accroître le niveau d'inefficacité des producteurs. En effet, puisque les producteurs possèdent en moyenne des parcelles de moins de 2,5ha, et qu'une grande majorité 43 de ces ménages a plus de 5 membres, une augmentation de la taille des ménages conduirait à une augmentation des charges sans augmentation de la superficie à cultiver. Le producteur pourrait donc être emmené à diversifier ses activités afin d'accroître ses revenus. Le genre a également un effet positif et significatif sur l'inefficacité. Ainsi, les femmes sont plus efficaces que les hommes. (Fontan, 2008) a également trouvé ce signe pour le coefficient du sexe dans la modélisation de l'inefficacité, bien que ce coefficient ne soit pas significatif dans le cadre de son étude. Pour ce qui est du niveau d'éducation, il ressort qu'il a un effet positif et significatif sur l'efficacité. Ainsi, le fait que les producteurs n'aient pas reçu d'éducation formelle a plutôt un effet positif sur l'efficacité. Ce résultat concorde avec celui de (Binam et al, 2008) qui ont déterminé un effet négatif du nombre d'années d'éducation sur l'efficacité des producteurs au Cameroun et

en côte d'Ivoire. Les personnes plus éduquées peuvent se désintéresser de l'exploitation agricole en se consacrant à d'autres activités, plus rémunératrices ou plus intellectuelles (Fontan, 2008). L'âge du chef de ménage, bien que significatif, a quand même un signe négatif, et donc positif par rapport à l'efficience. Ce résultat concorde avec celui de (Fontan, 2008) qui a trouvé un effet négatif et significatif de l'âge sur l'inefficience. En revanche, la variable âge du chef de ménage impacte négativement l'adoption des variétés améliorées de mil. Ce résultat révèle que les personnes âgées sont moins incitées à l'adoption de nouvelles technologies. (Chirwa, 2005) avait montré que les agriculteurs relativement âgés sont les plus réticents à l'adoption des nouvelles technologies. Pourtant, dans la littérature, le chef de ménage, censé prendre les décisions d'allocation des intrants et de gestion globale des champs, a souvent un effet sur l'inefficience technique. Par exemple, les agriculteurs âgés étaient moins efficaces techniquement dans la production de mil de l'État de Kano, (Mukhtar et al, 2018). Cela peut être dû au fait que les jeunes producteurs de mil ont plus tendance à s'adapter aux technologies modernes et améliorées de production et de gestion agricoles, ce qui entraîne une efficacité accrue de l'exploitation

Le coefficient de la variable crédit est négatif et non significatif pour l'adoption des variétés améliorées de mil. Ce résultat conforme à ceux de (Nyemeck et al, 2004) ; (Helfand et Levine, 2004), (Balde et al, 2014) et (Sawadogo et al, 2018) qui trouvent que l'accès au crédit contribue à augmenter l'inefficience technique des exploitations. Selon eux, ce fait est dû en général à la non utilisation à bon escient du crédit par l'exploitant. Ils estiment que dans les pays en développement, les exploitants utilisent le crédit à d'autres fins au détriment des besoins agricoles, et ceci pourrait les conduire à négliger certains éléments de gestion de leurs champs. En effet, le crédit peut avoir un impact négatif sur les performances si les prêteurs le considèrent comme une sorte de programme d'aide sociale, car les agriculteurs ont tendance à percevoir les coûts des défauts de paiement comme étant mineurs. Cet effet négatif du crédit a priori inattendu, est pourtant conforme aux conclusions (d'Etim et Okon, 2013), de (Baruwa et Oke, 2012) et (Aye et Mungatana, 2010) qui soulignent, eux-aussi, que le crédit reçu est mal utilisé ou détourné vers d'autres utilisations. L'activité principale, bien que non significatif à un coefficient positif par rapport à l'efficience. Le fait que l'activité principale du producteur soit agricole laisse supposer que ce dernier est plus efficace, car a une maîtrise du domaine.

Tableau 6: Résultats économétriques de l'effet des variables socio-économiques de l'inefficience

VARIABLES	(1) Coef	(2) Std. Err
Accès au crédit	-0.0157 (0.0454)	0.0454408
Education	0.0802*** (0.0151)	0.0150893
activité_principale	0.00764 (0.0204)	0.0203511
Genre	0.200*** (0.0291)	0.0290533
taille_ménage	0.00380*** (0.00133)	0.0013342
age_classe	-0.0119*** (0.00406)	.0040601
Constant	0.370*** (0.0581)	0.0581326
Observations	4,533	4,533

Source : Enquêtes PAPA, 2018, calculs de l'auteur

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'étudier les effets de l'adoption des variétés améliorées de mil sur l'efficacité technique des exploitations familiales au Sénégal. Pour ce faire, les données d'une enquête menée dans le cadre du projet PAPA sur la période (2015- 2019) sur les producteurs de céréales sèches au Sénégal ont été utilisées. Le champ de l'enquête couvre l'ensemble du territoire national et porte sur un échantillon de 700 ménages agricoles. Les données ont révélé que la fonction de production de type Cobb-Douglas est mieux adaptée à

cette étude, ainsi les scores ainsi que les déterminants de l'inefficience ont été estimés à partir de modèles de fonctions de production à frontière stochastique.

Les résultats issus de ces estimations montrent les coefficients d'inertie ou élasticités des facteurs de production utilisés dans l'analyse sont tous positifs et significatifs, indiquant qu'ils contribuent tous à accroître la productivité de mil. De plus, si l'inefficience technique détermine principalement l'écart entre le niveau de productions actuelles et la frontière de production, les effets des chocs aléatoires sont non négligeables. Les scores d'efficience se situent entre 0,02% et 88,6% avec une moyenne de 52,65%, ce qui est très faible, par rapport, par exemple, à l'étude de (Mukhtar et al ,2018). Ces derniers ont établi l'efficience technique de moyennes productrices de mil de l'état de Kano au Nigéria à 73% avec un minimum atteint en 21%. Cela signifie que les producteurs de mil au Sénégal n'atteignent en moyenne que 52, 65 % de leur production potentielle maximale. Ainsi, la production de mil pourrait être augmentée de 47,35 % sans augmentation des facteurs de production. Le modèle d'analyse des déterminants de l'inefficience montre un effet positif du sexe sur l'inefficience. Ce qui traduit le fait que les hommes sont plus inefficients que les femmes. Il montre également un effet positif et significatif de la taille du ménage sur l'inefficience. Par contre, il est observé un effet positif du niveau d'éducation. Les résultats montrent un impact significatif de l'adoption des variétés améliorées sur l'efficacité technique des producteurs et une possibilité de doubler la production nationale de mil sans intrants additionnels.

En termes de perspectives, il serait intéressant d'intégrer l'hétérogénéité spatiale des résultats de cette étude, en prenant en compte les spécificités par zone agro écologique. Cela permettrait aux politiques de mieux cibler leurs interventions dans les différentes zones de production de cette spéculacion tant importante à la sécurité alimentaire qu'à l'accroissement de revenus et à la génération d'emplois via la transformation céréalière

Références Bibliographiques

- Banque Mondiale (2012). *Rapport sur le développement dans le monde 2008 : l'Agriculture au service du développement*, 394p.
- Banque Mondiale. (2008). *L'Agriculture au service du développement. Rapport sur le développement dans le monde (abrégé)*, 36p
- Banque Mondiale, *World development report 2008: Agriculture for development*, 2008.
- Baldé, B.S., Kobayashi, H., Nohmi, M., Ishida, A., Esham, M., Tolno, E., 2014. *An analysis of technical efficiency of mangrove rice production in the Guinean Coastal Area*. J. Agr. Sci. 6(8), 179–196.
- Baruwa, O. I., and J.T.Oke . "Analysis of the technical Efficiency of Small-holder Cocoyam Farms in Ondo State , Nigeria. " *Tropicultura* 30.1(2012)

- Belém, B.C.D. (2017). Analyse des déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de production de l'anacarde au Burkina Faso, Mémoire maîtrise, Université Laval (Canada)
- Binam J., Gockowski J. et Nkamleu G., 2008, *Technical efficiency and productivity of cocoa farmers in West African countries: african cocoa farmer productivity analysis*, The Developing Economies. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1049.2008.00065x> .
- Brahim and Morakah *Measuring the Efficiency Profile of Crop Production in Traditional Rainfed Sector of North Kordofan state, Sudan. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(5): 464-470, 2017
- Broutin C. 2011. Une demande céréalière en forte croissance, sous l'influence des marchés urbains. Grain de sel n° 54-56, 2011.
- Clemente, F., Lírio, V. S., et Gomes, M. M., 2015 'Technical efficiency in Brazilian citrus production' *Bio-based and Applied Economics*, 4(2), 165-178
- Coulibaly A., Savadogo K., Diakité L., 2017. Les Déterminants De L'efficience Technique Des Riziculteurs De L'office Du Niger Au Mali. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 6(2), 88-97.
- Chogou, S Gandonou E et Fiogbe N, 2017 , Mesure de l'efficacité technique des petits producteurs d'ananas au Bénin cahiers Agricultures. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017008>
- Coelli, T., Rao, D.S.P., Battese, G.E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht and London.
- Coelli, O'Donnell and Battese, éd. 2005, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. 2nd ed. New York.
- Chirwa E.-W., "Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in Southern Malawi" *Development Southern Africa*, 22(1), p.1-12, 2005.
- Donkoh S -A, Ayambila S, Abdulai S, "Technical efficiency of rice production at the Tono irrigation scheme in northern Ghana", *Experimental Agriculture*, 2013
- Diagne A. et al. (2012). *The impact of adoption of NERICA rice varieties in West Africa, SPIA Pre-conference workshop; 28th IAAE conference, Foz do Iguaçu, Brazil, August 18, 2012. 58p*
- Dontsop N.P.M et al. (2010). *Estimation of actual and potential adoption rates and determinants of improved rice variety among rice farmers in Nigeria: The case of NERICA*
- Djokoto J., Technical Efficiency of Agriculture in Ghana: A Time Series Stochastic Frontier Estimation Approach », 2012.
- Etim E, Okom., et al. "Activités antioxydantes et de piégages de l'oxyde nitrique in vitro des graines de Piper guigeense" *journal mondial de recherche sur les plantes médicinales et la médecine indigène* 2.7(2013) : 475
- Feder G., & Umali, D. L., "The adoption of agricultural innovations: a review" *Technological forecasting and social change*, 43(3-4), p. 215-239, 1993
- Fontan C., 2008, *Production et efficience technique des riziculteurs de Guinée. Une estimation paramétrique stochastique*, Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires, no 308 (décembre). <https://doi.org/10.4000/economierurale.342>.

Helfang , Steven M et Edward S .Levine "La taille des exploitations et les déterminants de l'efficacité productive dans le centre –ouest brésilien" *Economie agricole* 31.2-3(2004) : 241-249..

Hochscheid , É., & Halin , G., « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France », *In SHS Web of Conferences, Volume 47, 2018, SCAN'18 – 8e Séminaire de Conception Architecturale Numérique, EDP Sciences, 2018.*

Huynh V., Yabe M., 2011, Technical efficiency analysis of rice production in Vietnam, *Journal of ISSAAS* 17 (janvier).

Ignier D., Lovell C.-K., Schmidt, P., “Formulation and estimation of stochastic frontier production function models”, *Journal of econometrics*, 6(1), p. 21-37, 1977.

Kumbhakar, S..and Lovell CAK (2000), “Stochastic Frontier Analysis”, Oxford University Press, Oxford

Kouassi, R. N. G. 2015. L'Afrique : Un géant qui refuse de naître : La solution, c'est de tout reprendre à zéro. *L'Afrique*, 1-265

Khai ,Huynk Viet, and Mitsuyasu Yabe. "Technical efficiency analysis of rice production in Vietnam. " *J.ISSAAS* 17. (2011) : 135-146

Lampach N, Arthur Wessel Wijtvliet and Dyevre"The future of European legal scholarship :Empirical jurisprudence. " *Maastricht Journal of European and comparative Law* 26.3 (2019) :348-371

Mayen C.-D., Balagtas J.-V., Alexander C.-E., “Technology adoption and technical efficiency: organic and conventional dairy farms in the United States”, *American Journal of Agricultural Economics*, 92(1), p. 181- 195, 2010.

Martey E., Dogbe W., Etwire P.-M., Wiredu A.-N., “Impact of farmer mentorship project on farm efficiency and income in rural Ghana” *Journal of Agricultural Science*, 7(10), 79, 2015.

Mendola M., « Adoption des technologies agricoles et réduction de la pauvreté: une analyse d'appariement du score de propension pour le Bangladesh rural », *Politique alimentaire*, 32 (3), p. 372-393, 2007.

Mulugeta T., Hundie B., “Impacts of adoption of improved wheat technologies on households' food consumption in southeastern Ethiopia, Conference, August 18-24, 2012, Foz do Iguacu, Brazil 126766, International Association of Agricultural Economists, 2012.

Mukhtar , U.and al., 2018. "Application de l'analyse de l'enveloppement des données pour l'efficacité technique des petits producteurs de mil perlé dans l'Etat de Kano, au Nigéria." *Journal bulgare des sciences agricoles* 24.2(2018) :213-222

Ngom C.-A.-B., Sarr F., Fall A.-A., « Mesure de l'efficacité technique des riziculteurs du bassin du fleuve Sénégal » *Économie rurale, Agricultures, alimentations, territoires*, (355), p. 91-105, 2016

Nkamleu G.-B., “Productivity growth, technical progress and efficiency change in African agriculture”, *African Development Review*, 16 (1), p. 203-222, 2004.

Nyemeck , Binam Joachim ,et al. "Factors affecting the technical efficiency among smallholder farmers in a slash and burn agriculture zone of Cameroon " *Food Policy* 24(2004) : 531-545

Ogundele O., Okoruwa V., April 2006 *Technical Efficiency Differentials in Rice Production Technologies in Nigeria*, African Economic Research Consortium, Nairobi

Rogers E.-M., *Diffusion of innovation*, 5 th ed., New York :Free Press, 2003

Jerop R, Owuor et al .Effets des innovations de l'éléusine sur la productivité au Kenya. *Cogent Alimentation & Agriculture*, 2020, vol.6 , n° 1, p. 1830476.

SeogoW et Sawadogo J.,2020, Technical Efficiency Analysis of Millet Production in the sahel Region pf Burkina Faso, *Journal of social and Development Sciences*. [https://doi.org/10.22610/jsds.v11i1\(S\).3057](https://doi.org/10.22610/jsds.v11i1(S).3057).

Sawadogo Seck P.-A., Diagne A., Mohanty S. Wopereis M.-C., « Des cultures qui nourrissent le monde 7: le riz », *Sécurité alimentaire*, 4 (1), p. 7-24, 2012.

Vincent N., et Wendi R.,Langat B., Ngeno E.,and Kipsat M., 2011, Technical Efficiency among the Bulrush Millet Producers in Kenya, *Department of Agricultural Economics and Resource Management*, Moi University, Eldoret, Kenya.