

Seed Production and Technical Efficiency of Sorghum Farmers in Mali

Abdoul Karim DIAMOUTENE¹, Lamissa DIAKITE², Adama COULIBALY³

Abstract

This study aimed to determine the effect of self-seed production on the technical efficiency of certified sorghum seed users in Mali. We applied the estimated Cobb Douglas stochastic production boundary using Frontier 4.1 and Stata 14 software. The data are made of 63 certified seed producers during the March-April 2013 seed value chain survey as part of the research project "Strengthening Sustainable Seed Systems for Food Crops and Oilseeds and Proteins" to ensure food security and increase farmers' incomes in West and Central Africa. The results found out that, the average technical efficiency score of sorghum producers is 0.67, implying that sorghum cultivation in the study area can be improved by 0.33, without additional cost. In addition, the technical efficiency determinants are age, education and motorized equipment. Otherwise, the data revealed that, the self-seed production by farmer does not affect its technical efficiency in the sorghum production, in Mali.

Keywords: Self-seed production, technical efficiency, stochastic frontier, sorghum, Mali.

1. Introduction

Au Mali, l'Agriculture représente 38% du produit intérieur brut en 2015 et de 39,43% entre 2011-2015 (INSAT, 2016) et plus de 75% de la population vit en milieu rural (INSTAT, 2015). Avec un taux de croissance de la population de 3,6%, les défis de l'agriculture sont de plus en plus importants. Au Mali, tout comme dans de nombreux pays en développement, la recherche de la sécurité alimentaire est une réelle priorité pour les autorités.

Conscient de l'importance de l'agriculture pour le développement du pays, les autorités ont clairement affiché leur volonté avec l'adoption en 2013 de la Politique de Développement Agricole (PDA) dont les actions de développement sont déclinées dans le Programme national d'Investissement dans le Secteur Agricole (PNISA). Cette politique est en conformité avec le « Cadre de Relance Economique pour le Développement Durable (CREDD 2016-2018). Dans son domaine prioritaire quatre, la volonté de promouvoir le développement rural et la sécurité alimentaire y est clairement affichée. L'objectif recherché est de Promouvoir une agriculture moderne (intensive, diversifiée et durable), assurant la sécurité alimentaire de la population et compétitive sur les marchés sous régionaux et internationaux. Cette volonté n'est pas nouvelle au Mali car depuis son indépendance, le développement de l'agriculture a toujours occupé une place de choix dans les différentes politiques et stratégies de développement du pays. Malgré leur détermination et les initiatives prises, l'agriculture malienne se heurte encore à de nombreuses contraintes dont les aléas climatiques avec de moins en moins de pluie, la faible productivité des systèmes de production agricole avec un faible taux d'utilisation des semences certifiées, (MA, 2009 ; CT-CSLP, 2015).

¹Enseignant-Chercheur à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FSEG)/ Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako (USSGB) E-Mail, a2005diamou@yahoo.fr Tél : (00223) 76 47 15 61

²Chercheur, Maître de recherche à l'Institut d'Economie Rurale (IER) au Mali., Programme Economie des Filières (ECOFIL) Avenue de la Marne, Bamako, Mali, BP, 258, tel ; (00223) 76 48 52 79 / 65 85 00 58.

³Economiste-Agricole, Assistant-Enseignant-Chercheur, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FSEG)-Mali, adama_cly@yahoo.fr.

Dans le but de juguler la faiblesse de la productivité agricole, les autorités maliennes ont élaboré plusieurs politiques et stratégies qui mettent l'accent sur l'intensification agricole à travers l'accessibilité et l'utilisation des intrants agricoles et particulièrement les semences améliorées, le service d'appui/Conseil. L'objectif visé est l'amélioration de la production et de la productivité agricole des céréales en général et en particulier le sorgho.

Il s'agit notamment de : la Loi Orientation Agricole (LOA) adoptée en 2006, la Politique Nationale Semencière (PNS) adoptée en 2009, la Politique Nationale de Développement Agricole (PDA) adoptée 2013, du Plan National d'Investissement dans le Secteur Agricole (PNISA) adoptée en 2014, la Politique Nationale et la Loi sur le Foncier Agricole adoptées en 2016.

De plus, plusieurs initiatives ont été prises par les autorités afin de permettre aux producteurs de disposer de semences de qualité. Cela part de la restructuration des années 1980 avec la fin de la production en régie et le début de la participation des producteurs aux activités semencières en tant qu'acteurs. Ainsi depuis, le Service Semencier National (SSN) dispose de 6 antennes (Samanko, M'Pessoba, Mopti, Molodo, Babougou, Dalabani). Ces antennes sont chargées de la production des semences de première reproduction (R1) avec des producteurs de semences formés et suivis par les spécialistes du SSN. Aussi, le SSN travaille étroitement avec un réseau de paysans semenciers producteurs de semences de deuxième reproduction (R2) dont la fonction principale est la multiplication de semences certifiées pour une large diffusion dans les zones de production. Au-delà du service semencier national (SSN) et de ses antennes, les semences améliorées sont produites par des coopératives, des organisations de producteurs semenciers.

Le sorgho occupe une place importante dans la stratégie de sécurité alimentaire du pays. Il représente environ 15,51% de la production totale de céréales sèches au Mali pendant la campagne agricole 2017/2018. Comparativement aux autres spéculations, la productivité par hectare du sorgho est faible. Elle est estimée à 0,930 tonne/ha pour la campagne 2017/2018(CPS/SDR⁴, 2018).

La question de la productivité a largement été abordée dans la littérature. En effet, depuis Farrell (1957), les économistes tentent de comprendre les raisons qui conduiraient les producteurs à produire en dessous de leur frontière de production. De nombreuses études ont été menées dans plusieurs pays en développement en recourant à deux principales approches dont celle de la frontière stochastique de la fonction de production (Aigner et al. 1977 ; Brava-Ureta et Pinnheiro, 1993 ; Gupta et Nguyen, 2010 ; Djokoto, 2012 ; Abdulai et al, 2013). Malgré leur nombre, ces études ne sont pas parvenues à dégager un consensus sur l'effet des variables socioéconomiques et démographiques retenues dans les différentes modélisations.

Vu l'importance du sorgho dans la stratégie de restauration de la sécurité alimentaire et la détermination des autorités à endiguer la faiblesse de la productivité agricole à travers différentes politiques et stratégies dont l'incitation et l'encadrement des producteurs à produire eux-mêmes les semences certifiées, cette recherche s'interroge sur l'effet de la production semencière sur la performance productive des producteurs de sorgho au Mali. L'objectif général est de mesurer la performance productive des producteurs de sorgho au Mali. De façon spécifique, il s'agit de :

- Déterminer le niveau du score d'efficacité technique des producteurs de sorgho au Mali ;
- Identifier et analyser l'effet de la production de semences sur l'efficacité technique des producteurs de sorgho au Mali.

La suite du papier est organisée en cinq sections : la deuxième section expose la revue de littérature sur l'efficacité technique et le modèle retenu. La troisième porte sur les données et les caractéristiques des variables. Dans la quatrième, l'estimation du modèle et l'analyse des résultats sont présentées. Nous verrons dans la cinquième la discussion des résultats et dans la sixième la conclusion et les implications de politiques.

2. Revue de littérature sur l'efficacité technique et le modèle retenu

Dans cette section, nous développons le cadre théorique ainsi que les études empiriques sur l'efficacité technique.

Fondement théorique et empirique

Le fondement théorique de la notion d'efficacité repose sur la théorie d'optimisation microéconomique. L'efficacité technique est alors définie comme étant la relation qui lie les résultats obtenus aux objectifs. Le producteur agricole maximise sa production (output) sous la contrainte des intrants (inputs) disponibles, caractérisant la frontière du côté de la production.

⁴ Cellule de Planification et de Statistiques/Secteur Développement Rural

Il peut également minimiser ses coûts de production sous contrainte de la technologie et le prix des intrants (inputs) sur le marché. Cette dernière caractérise la frontière de coûts. Debreu (1951) et Koopmans (1951) ont été les premiers à explorer ce champ d'investigation. Ensuite, Farrell (1957) suite aux travaux des auteurs susmentionnés va proposer une mesure de l'efficacité technique.

Deux approches prédominent l'analyse de l'efficacité technique à noter : approche non paramétrique versus paramétrique. La première fut développée par Banker et al., (1984) à travers la méthode DEA⁵ et Deprins et al., (1984) sous l'hypothèse de la libre disposition des productions et des intrants avec la méthode FDH⁶. La seconde présente une fonction comportant des paramètres explicites. Contrairement à la précédente approche, elle impose l'utilisation d'une forme fonctionnelle de type soit Cobb-Douglas ou Trans logarithmique.

Les précurseurs des frontières de production paramétriques furent Aigner et Chu (1968), notamment l'approche déterministe. Selon cette dernière, l'écart entre la production frontière et la production observée est dû à l'inefficacité technique de l'exploitant. Plus tard, Aigner et al., (1977) et Meeus en et Van Den Broeck (1977) vont développer la frontière de production stochastique à erreurs d'inefficacité composées. Dans le cadre de ce papier, nous utilisons cette dernière approche paramétrique stochastique. En effet, la production de sorgho au Mali est beaucoup plus influencée par les chocs exogènes tels que les aléas climatiques auxquels sont exposés les producteurs de sorgho qui ne disposent pas de stratégies de résilience appropriées.

Choix de l'approche de la production stochastique

Dans le cadre de notre étude, nous utilisons cette dernière approche paramétrique stochastique. Ce choix est basé sur certaines réalités du domaine agricole des pays en développement (PED) en général. Selon Coelli et al. (1998), les frontières de type stochastique semblent être plus appropriées que la méthode non paramétrique dans le domaine agricole, en particulier pour les pays en développement (PED), où les données sont fortement influencées par des variations aléatoires comme le climat, les invasions acridiennes etc. En effet, au Mali la production de sorgho est très influencée par les chocs exogènes tels que les changements climatiques qui échappent au contrôle des producteurs.

Ainsi, la fonction de production se présente de la suivante :

$$Y_i = f(X_i, \beta) \exp(v_i - u_i) \quad (1)$$

Avec Y_i : la production totale obtenue par exploitation ; X_i : le vecteur des facteurs de productions du producteur i ; β est un vecteur de paramètres inconnus à estimer ; V_i capte les chocs aléatoires avec une distribution suivant $N(0, \sigma^2_v)$ et U_i capte les erreurs d'inefficacité dues aux producteurs suivant une loi de distribution tronquée à zéro de moyenne $\mu = Z_i \delta$ et de variance σ^2_u . L'efficacité technique est exprimée par la formule suivante :

$$TE_i = \frac{f(X_i, \beta) \exp(v_i - u_i)}{f(X_i, \beta) \exp(v_i)} = \exp(-u_i) \quad (2)$$

Les paramètres de variances d'intérêt dans ce modèle sont $\sigma^2 = \sigma^2_v + \sigma^2_u$ et $\gamma = \sigma^2_u / \sigma^2 = \sigma^2_u / (\sigma^2_v + \sigma^2_u)$. Donc, par définition le paramètre γ est compris entre 0 et 1. Une valeur de $\gamma=1$ indique que la déviation de la frontière est entièrement due à l'inefficacité technique, alors qu'une valeur $\gamma=0$ signifie que toute la déviation de la frontière est due aux chocs aléatoires. Ainsi, si $0 < \gamma < 1$, la variation de la production est caractérisée par la présence à la fois d'inefficacité technique et des chocs aléatoires.

Etudes empiriques

Nous passons en revue un groupe d'études récentes de l'efficacité technique dans cette sous-section. Alors, Sokvibol et al. (2016), ont étudié l'efficacité technique et ses déterminants dans la production du riz au Cambodge. Ils ont appliqué la méthode de la frontière de production stochastique sur les données en panel de quatre ans, allant de 2012 à 2015. Avec la spécification translog, les résultats ont indiqué un score moyen d'efficacité technique de 0,78.

⁵Data Envelopment Analysis, cette méthode consiste à construire, par des méthodes de la programmation linéaire, la frontière à partir des observations disponibles. La frontière est définie à partir des producteurs les plus efficaces.

⁶Free Disposal Hull, elle stipule la libre disposition des produits et des facteurs, c'est-à-dire la possibilité de se débarrasser de tout surplus de produits ou d'intrants sans coût additionnel.

Les déterminants de l'efficacité technique comprenaient l'irrigation, les techniques de production et le personnel d'appui agricole. Hasnain et al. (2015), ont mesuré l'efficacité technique de la production du riz Boro dans le district du Meherpur au Bangladesh en utilisant l'approche de la frontière stochastique. Avec la spécification translog appliquée sur un échantillon de 115 producteurs, le score moyen d'efficacité technique était de 0,89. Main d'œuvre, engrais, pesticides, semences, et irrigation ont été identifiées comme principaux déterminants de l'efficacité.

Kané et Hamadoun (2013), ont étudié les déterminants de l'efficacité technique des riziculteurs maliens. Ils ont utilisé un modèle paramétrique stochastique avec la méthode du maximum de vraisemblance. Leur résultat a donné un score moyen d'efficacité technique de 0,65. Au regard de cette revue succincte le présent papier tâche d'examiner l'effet de la production de semence sur l'efficacité technique des producteurs de sorgho au Mali. Ceci permettra de proposer des recommandations de politiques aux décideurs publics sur la production de semences certifiées par les producteurs de sorgho.

Choix de la forme fonctionnelle et méthode d'estimation

Par ailleurs, les mesures de l'efficacité technique n'étant pas affectées par le choix de la forme fonctionnelle (Ahmad et Bravo-Ureta, 1996 ; Abdulai et al., 2013), nous utilisons une spécification de type Cobb Douglas pour représenter les frontières de production comme utilisé dans la plupart des travaux empiriques (Aigner et al., 1977 ; Kibaara, 2005 ; Abdulai et al., 2013). La littérature préconise deux méthodes d'estimation de la frontière et des déterminants de l'inefficacité technique, il s'agit de l'estimation en 2 étapes et l'estimation simultanée en une étape.

L'estimation en 2 étapes consiste à déterminer d'abord les indices d'efficacité technique à partir de l'estimation de la frontière, et ensuite à les régresser par rapport aux différents facteurs soupçonnés comme déterminants de l'efficacité. Elle a été largement critiquée par Kumbakhar et al., (1991) ; Reifschneider et Stevenson (1991) ; Battese et Coelli. (1995) car pour eux, elle viole l'une des hypothèses fondamentales qui stipule que les effets d'inefficacité sont indépendamment distribués dans la frontière de production stochastique.

La seconde méthode est la méthode d'estimation simultanée proposée par Battese et Coelli (1995), et consistant à estimer simultanément deux équations, l'une représentant la frontière et l'autre la relation entre l'inefficacité et les facteurs explicatifs. Dans le cadre de la présente analyse, nous avons recouru à l'estimation simultanée de la frontière de production stochastique dont les précurseurs sont : Aigner et al. 1977 ; Meeusen et Van Den Broeck, 1977 ; Battese et Coelli (1995). La méthode du maximum de vraisemblance est utilisée pour estimer à la fois la fonction de production et la fonction d'inefficacité technique à l'aide du programme frontière 4.1 développé par Coelli (1996).

o Spécification du modèle de production stochastique

Les deux formes fonctionnelles les plus utilisées dans les études sur l'efficacité se résument à la forme translog et la forme Cobb-Douglas. La forme translog est plus flexible et permet de calculer des élasticités de substitution, alors que celles-ci sont unitaires dans une fonction Cobb-Douglas (Christensen et al. 1971). Dans la présente analyse, nous nous appuyons sur la littérature en choisissant la forme Cobb-Douglas. La fonction de production spécifiée en tant que modèle d'investigation de notre recherche se présente de la suivante :

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln X_{ij} + (v_i - u_i) \quad (3)$$

Avec i représentant l'indice du producteur variant de 1 à 63, j représente le nombre de facteurs de production, variant de 1 à 7. Les β_j sont les paramètres à estimer.

\ln représente le logarithme népérien, Y_i la production de sorgho (Kg) du producteur i , X_1 représente la superficie cultivée en hectares par le producteur i , X_2 , la main- d'œuvre totale utilisée pour le producteur i , X_3 , la quantité de semence utilisée (kg), X_4 est la quantité d'engrais « NPK » utilisée (kg) ; X_5 , la quantité d'engrais « urée » utilisée (kg) ; X_6 , la quantité d'herbicide utilisée (litre) et X_7 est la quantité de fongicide utilisée (litre).

V_i et U_i représentent les termes aléatoires, décomposées respectivement en chocs exogènes et d'inefficacité due aux producteurs de sorgho.

○ Spécification du modèle d'inefficacité technique

Ainsi, nous avons la fonction d'inefficacité technique :

$$U_i = \delta_0 + \sum_{j=1}^m \delta_j Z_j + w_i \quad (4)$$

Où U_i qui représente l'inefficacité technique du producteur i , Z_j le vecteur des variables socioéconomiques, démographiques et institutionnelles, expliquant l'inefficacité technique ; δ un ensemble de paramètres à estimer et W_i un terme d'erreur aléatoire. Alors, Z_1 est l'âge du producteur (année révolue), Z_2 est le nombre d'individus scolarisé, Z_3 est la variable production semencière (1 si semencier et 0 si non), Z_4 est la variable de sexe (1= homme et 0 si non), Z_5 est l'accès aux équipements complets de traction animale (1 si le producteur dispose d'un équipement complet et 0 si non), Z_6 est l'accès aux équipements motorisés (1 si le producteur dispose d'un équipement complet et 0 si non).

3. Données et caractéristiques des variables

Les données sont issues de l'enquête réalisée auprès de 63 producteurs de sorgho utilisant les semences certifiées dans les régions de Kayes, Koulikoro et Sikasso. Elles ont été collectées en mars-avril 2013 sur la chaîne de valeur des semences au Mali dans le cadre du projet de recherche sur le « Renforcement des systèmes semenciers durables des cultures vivrières (sorgho, mil, maïs) et oléo-protéagineuses (niébé et arachide) dans le but d'améliorer la sécurité alimentaire et d'augmenter les revenus des agriculteurs en Afrique de l'Ouest et du Centre ». Le tableau 1 expose la répartition des producteurs par région et par cercle au Mali.

Tableau 1: Répartition des producteurs enquêtés par régions et cercles au Mali

Régions	Kayes	Koulikoro	Sikasso	
Nombres	20	18	25	
Part (%)	32	28	40	
Cercles	Kita	Kolokani	Sikasso	Bougouni
Nombres	20	18	15	10
Part (%)	32	28	60	40

Source : Auteurs à partir des données

Il ressort du tableau 1 que 20 producteurs enquêtés (soit 32%) étaient de la région de Kayes, tous concentrés dans le cercle Kita⁷. La région de Koulikoro enregistre 18 (soit 28%) producteurs tous concentrés également dans le cercle de kolokani⁸. Enfin, Sikasso est la région qui enregistre le plus de producteurs avec 40% de l'effectif dont 24% pour Sikasso et 16% pour Bougouni.

Tableau 2: Caractéristiques des variables quantitatives

Variabes	Moyennes	Ecart-types	Minimums	Maximums
Production (kg)	2060	1660	200	9000
Superficie (ha)	2,67	2,01	0,25	10
NPK (kg)	349,21	805,40	0	5000
Urée (kg)	142,38	260,67	0	1050
Actif (nombre)	10,37	6,50	2	30
Age (années)	50,19	13,07	28	86
Educ (nombre de personne scolarisé)	5,63	4,78	1	25
Herbicide (litre)	1,87	2,46	0	12
Fongicide (litre)	0,94	3,93	0	30

Source : Auteurs à partir des données

⁷Ce dernier cercle présente des conditions climatiques favorables à la culture du sorgho

⁸Les caractéristiques climatiques de ce cercle sont moins favorables par rapport à Kita

Le tableau 2 montre que la production moyenne est de 2060 kg/producteur avec un minimum de 200 kg et un maximum de 9000kg. Cette production est inégalement répartie car 41,62% des producteurs ont obtenu moins d'une tonne par hectare. La superficie moyenne cultivée est de 2,67 ha avec un minimum de 0,25 ha et un maximum de 10 ha. On observe cependant une certaine inégalité dans la répartition de ces superficies avec 56% des producteurs opérant sur des parcelles de moins de 2 ha et 33% sur moins de 1 ha. Le rendement moyen tabulé autour de 772kg/ha. En moyenne 349 kg de « NPK » ont été utilisés/producteur avec un minimum de 0 kg et un maximum de 5 000 kg et celle de l'urée est 142, 4 kg/producteur avec un minimum de 0 kg et un maximum de 1 050 kg. Chaque producteur a utilisé 1,8 litre d'herbicide en moyenne variant entre 0 et 12 litres. En fongicides, chaque producteur a utilisé en moyenne 0,94 litre variant entre 0 et 30 litres. Les actifs sont 10/exploitation variant entre 2 et 30. L'âge moyen des chefs d'exploitation est de 50 ans variant de 28 à 86 ans. Enfin, nous enregistrons en moyenne 6 personnes scolarisées par ménage variant de 1 à 25.

Tableau 3: Caractéristiques des variables qualitatives

Variables	Pourcentages (%)
semencier : (1 si semencier)	8
sexe : (1 si homme)	95
ta : équiper en traction animale (1 si équipé en traction animale)	75
moto : équiper en matériel motorisé (1 si équipé en matériel motorisé)	13

Source : Auteurs à partir des données

Il ressort que seulement 8% des producteurs utilisateurs de semences certifiées sont des producteurs semenciers. Ainsi, 95% des producteurs sont des hommes, 75% possèdent un équipement complet en traction animale et seulement 13% possèdent un équipement motorisé.

4. Estimation du modèle et analyse des résultats

Dans cette section nous présentons les résultats issus de l'estimation de la frontière de production stochastique de type Cobb-Douglas et du modèle d'inefficacité technique.

Tableau 4: Résultats de l'estimation de la frontière de production stochastique Cobb-Douglas

Variables	Paramètres	Coefficients	Ecart-type
constante	β_0	-0,014	0,272
lsup	β_1	0,691***	0,084
lw	β_2	-0,064	0,167
lnpk	β_3	0,094***	0,027
luree	β_4	-0,005	0,037
lsemence	β_5	0,065***	0,024
lherbi	β_6	0,090***	0,029
lfongic	β_7	-0,001	0,014
sigma-carré	σ_u^2/σ^2	0,239*	0,143
gamma	γ	0,906***	0,113
Log-Vraisemblance		-13,726***	

Source : Auteurs à partir de l'estimation des données.

* (significativité au seuil de 10%) *** (significativité au seuil de 1%)

Le tableau 4 montre que la statistique de vraisemblance (LR) est significative au seuil de 1%. Notre modèle est donc globalement significatif. Ainsi, parmi les facteurs de production utilisés, seule les variables superficie, le type d'engrais « NPK », semence et herbicide se sont révélés significatives au seuil de 1% avec des coefficients d'inertie respectifs de 0,69 ; 0,09 ; 0,065 et 0,09.

Ceci indique qu'une augmentation de l'ensemble des facteurs (superficie, type d'engrais « NPK », semence et herbicide) de production de 1% entraîne, toutes choses égales par ailleurs, un accroissement de la production respectivement de 0,69% ; 0,09% ; 0,065% et 0,09%. Nous enregistrons également un gamma ($\gamma=0.91$) indiquant qu'une majeure partie de la déviation de la frontière est due à l'inefficacité des producteurs, donc les chocs aléatoires ont peu d'effet sur les producteurs de sorgho au Mali⁹. L'estimation du modèle inefficacité est consignée dans le tableau 5 suivant. Les coefficients (δ) estimés associés aux variables démographiques, socioéconomiques et institutionnelles présentant un signe positif indique une diminution de l'efficacité technique (augmentent le niveau inefficacité) et celles présentant un signe négatif augmentent l'efficacité technique (diminuent le niveau inefficacité).

Tableau 5: Résultat de l'estimation de la fonction d'inefficacité technique

Variabes	Paramètres	Coefficients	Ecart-types
Constante	δ_0	0,707	0,818
Age	δ_1	-0,108*	0,065
Education	δ_2	-0,025***	0,009
Semencier	δ_3	-0,043	0,092
Sexe	δ_4	0,416	0,284
TA	δ_5	0,612	0,694
Moto	δ_6	-0,464*	0,266

Source : Auteurs à partir de l'estimation des données.

* (significativité au seuil de 10%) *** (significativité au seuil de 1%)

Le tableau 5 montre que parmi l'ensemble des variables retenues dans le cadre de notre modèle d'inefficacité, il ressort que l'éducation (significative à 1%), l'âge du producteur et l'équipement motorisé (significatives à 10%) sont les déterminants de l'efficacité technique des producteurs de sorgho au Mali car étant toutes affectées de signe négatif indiquant leurs influences négatives sur l'inefficacité technique, donc augmentent le niveau d'efficacité technique. En revanche, la variable d'intérêt de notre analyse portant sur « la production semencière » s'est révélée non significative, concluant l'absence d'effet de la production semencière sur l'efficacité technique dans la production de sorgho au Mali.

5. Discussions des résultats

Les résultats suivants sont issus de l'estimation de la frontière de production stochastique Cobb-Douglas et du modèle d'inefficacité technique.

• Fonction de production

L'analyse de la fonction de production montre que la culture du sorgho évolue à rendement d'échelle constant, avec l'application de la forme fonctionnelle Cobb-Douglas. De plus, les facteurs de production significatifs à noter : superficie, le type d'engrais NPK, semences et herbicides avec les coefficients respectifs de 0.691, 0.094, 0.065 et 0.090, tous positifs (significatifs à 1%) indiquant qu'ils contribuent tous à l'augmentation de la production. Le constat des coefficients montre que la superficie est le facteur qui a le plus grand apport dans l'augmentation de la production de sorgho dans notre espace d'étude. Ce résultat est analogue de ceux de Fontan (2008) sur la riziculture en Guinée ; Coulibaly et al., (2017) dans la riziculture à l'Office du Niger au Mali. Ceci peut également expliquer la nature extensive de la culture de sorgho. La valeur de $\gamma=0.91$ (significative à 1%) indique qu'une grande partie de la déviation de la frontière de production est due à l'inefficacité des producteurs de sorgho dans la zone d'intérêt de l'étude. Mais nous enregistrons d'autre part, la présence de phénomènes aléatoires tels que : pluviométrie, luminosité, ensoleillement et vent qui échappent au contrôle des producteurs.

• Fonction d'inefficacité technique

L'estimation de la fonction d'inefficacité nous révèle que les variables éducation, âge et équipement motorisé toutes affectées de signes négatives (indiquant qu'elles ont une influence négative sur l'inefficacité technique) et significatives respectivement à 1% et 10% sont les déterminants de l'efficacité technique des producteurs de sorgho des trois régions couvertes par notre analyse.

⁹ Nous précisons ici que les régions prises en charge par l'étude sont : Kayes, Koulikoro et Sikasso.

En effet, le signe négatif de l'âge stipule que les producteurs âgés sont plus efficaces comparativement aux jeunes. Ce résultat met en exergue l'expérience acquise par les producteurs les plus anciens dans la culture du sorgho au Mali. En pratique, les plus âgés sont censés avoir un cumul d'expériences avec les services techniques d'encadrement, les ONG¹⁰, les projets d'appui aux agriculteurs, ce qui pourrait expliquer leur efficacité. Des résultats similaires sont obtenus par Diagne et al. (2013) au Bénin dans le cadre de la production de riz. Les auteurs observent que l'expérience croît avec l'âge des producteurs, ce qui leur facilite la compréhension et l'assimilation des règles et des techniques de production. Coelli et Fleming (2004) en Papua Nouvelle Guinée obtiennent cependant un résultat contraire. Ces derniers observent une meilleure efficacité des jeunes en raison de leur contact avec les services de vulgarisation et leur capacité à rechercher les informations et à adopter les nouvelles technologies.

Le coefficient négatif de l'éducation signifie que l'efficacité technique des producteurs de sorgho s'améliore avec le niveau d'éducation. En plus, le niveau d'instruction pourrait améliorer la capacité des producteurs à rechercher les informations et à adopter les nouvelles techniques et technologies de production. Ce résultat est corroboré par Coelli et Fleming (2004) et Nuama (2006). Ces auteurs estiment que les producteurs plus instruits pourraient facilement avoir la maîtrise des techniques modernes de production ainsi que l'opportunité d'avoir les informations nécessaires sur les prix du marché des intrants et s'approvisionner à moindre prix. Au Mali, nous remarquons de plus en plus à une ruée des intellectuelles et des néo-alphabètes vers l'agriculture. Ceci a pour effet, la facilitation du processus d'apprentissage et du transfert de technologie.

Le coefficient d'inertie négatif de l'équipement motorisé indique que sa possession améliore l'efficacité technique des producteurs de sorgho au Mali. En effet, l'équipement motorisé permet d'atténuer sur le producteur le déploiement d'effort physique lors des travaux d'itinéraires techniques. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Kibara (2005) au Kenya, Frontech (2010) au Mali ainsi qu'au Ghana et Abdulai (2013) au Ghana également. Le manque d'équipement rend les travaux plus pénibles en obligeant les producteurs à recourir à la puissance musculaire (Bénin et al., 2011). Nous constatons en plus qu'avec l'appauvrissement de plus en plus croissant des terres agricoles (perte de la fertilité des sols), le labour devient plus exigeant et la culture du sorgho demande des labours plus profonds. Dans ce cadre, les équipements motorisés sont plus adaptés, ce qui pourrait contribuer à amélioration de l'efficacité technique des producteurs.

Par ailleurs, la variable d'intérêt de la présente analyse axée sur la « production semencière » s'est révélée non significative. Ceci témoigne donc, que le fait pour un producteur de sorgho de produire soit même ses semences n'a aucun effet sur son efficacité technique. Ce résultat obtenu est analogue aux travaux menés par Arouna et Diagne (2013), qui ont trouvé dans la production de riz au Bénin un coefficient positif mais non significatif de la production semencière sur les rendements de riz. Pour ces auteurs, la différence de productivité entre producteurs est en partie due aux écarts de techniques agricoles.

Au Mali, cette absence d'effet de la production semencière sur l'efficacité technique des producteurs de sorgho pourrait s'expliquer par la multiplicité des sources d'approvisionnement des producteurs en semences certifiées. Le problème d'accès à des semences de qualité ne se pose pas dans la culture du sorgho. En raison des exigences de la production de semence et de son coût de production élevé, les utilisateurs de semences certifiées préfèrent s'approvisionner auprès des projets/ONG et des coopératives productrices de semences que de produire eux-mêmes. En résumé, la production de semences certifiées est une activité spécialisée, exigeante d'une part, plus de superficie pour les besoins d'isolement afin d'éviter la contamination et d'autre part, en main d'œuvre pour le suivi des parcelles.

6. Conclusion

L'objet du présent papier était de mesurer la performance productive des producteurs de sorgho et d'analyser l'effet de la production semencière sur leur efficacité technique. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé une base de données secondaire en coupe instantané composé de 63 producteurs répartis entre 3 régions à noter : Kayes, Koulikoro et Sikasso. Le modèle Cobb-Douglas¹¹ a été utilisé comme modèle d'analyse des données. L'estimation simultanée exécutée par la méthode du maximum de vraisemblance est appliquée aux données à l'aide des logiciels Frontière 4.1 et Stata 14.

¹⁰Organisation non gouvernementale

¹¹Choix effectué sur la base de la littérature.

Au terme de nos investigations, les données révèlent que le score moyen d'efficacité technique des producteurs de sorgho est de 0.67 (soit 67%) dans la zone d'analyse. Ce résultat indique que les producteurs n'utilisent que 67% de leur potentiel pour produire du sorgho au Mali. En revanche, le niveau du score d'efficacité dans la production du sorgho peut être augmenté de 0.33 (soit 33%) sans coût supplémentaire. En plus, les facteurs de production révélés significatifs sont : la superficie, le type d'engrais NPK, semence et herbicide (tous significatifs à 1%) indiquant leur influence positive sur la production ; avec une attention particulière à la superficie qui contribue le plus à la production (coefficient d'inertie 0.691) en comparaison aux autres facteurs retenus.

En outre, nous aboutissons à la conclusion que l'âge, l'éducation et la possession d'équipement motorisé sont les déterminants de l'efficacité technique dans la zone couverte par l'étude. Par conséquent, toutes les politiques d'amélioration du score de performance des producteurs doivent être basées sur lesdites variables afin de booster la production de sorgho. De plus, notre variable d'intérêt portant la « la production semencière » est révélée non significatif, indiquant l'absence de son effet sur l'efficacité technique des producteurs. Ceci pourrait s'expliquer par la faible proportion des producteurs semenciers (8%) dans notre zone d'intérêt d'une part. D'autres parts, nous enregistrons la multiplicité des sources d'approvisionnement des producteurs en semence certifiée généralement par les ONG. Le prix proposé par ces derniers acteurs est relativement faible permettant un accès facile aux producteurs, ce qui pourrait être un facteur de découragement dans l'autoproduction exigeant plus de conditions et de techniques très pointues.

Enfin, les limites de notre travail reposent sur l'utilisation des données transversales et la taille faible de l'échantillon. Une investigation plus profonde peut être menée par l'utilisation des données en panel avec une taille d'échantillon plus élargie réduisant certes les erreurs et voir également l'effet temporel dans la variation du score d'efficacité technique.

Bibliographie

- Abdulai, S., Nkegbe, P., & Donkoh, S. (2013). Technical efficiency of maize production in Northern Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 251-5259.
- Ahmad, M., & Bravo-Ureta, B. (1996). Technical Efficiency Measures for Dairy Farms Using Panel Data: A Comparison of Alternative Model Specifications. *J. Prod. Anal*, 399-414.
- Aigner, D. J., & Chu, S. F. (1968). On estimating the industry production function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, &. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- Arouna, A., & Diagne, A. (2013). Impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles: une étude de cas du Bénin. *communication à la 4^{ème} conférence de l'Association des Economistes Agricoles*.
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and sale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078 – 1092.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *In International Applications of Productivity and Efficiency Analysis Springer Netherlands*, 149-165.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A model for technical unefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical economics*, 20(2), 325-332.
- Bénin, S., Johnson, M., Jimah, K., Taabazuing, J., Tenga, A., Abokyi, E., . . . Owusu, V. (2011). Evaluation of four Special Initiatives of the Ministry of Food and Agricultural Mechanization Block Farms and Youth in Agriculture National Buffer Stock Company.
- Bravo-Ureta, B., & Pinheiro, A. (1997). Technical, Economic, and Allocative Efficiency in Peasant Farming: evidence from the dominican Republic. *The Developing Economies*, 35(1), 48-67.
- Christensen, L., Jorgenson, W., & Lau, L. (1971). Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function. *Chicago, the University of Chicago, Econometric Society, Econometrica*, 39, 255-256.
- Coelli, T. J. (1996). A guide to FRONTIER version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. *CEPA Working papers*, 7, 96.

- Coelli, T. J. (1996). A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. *Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England, Armidale, Australia.*
- Coelli, T., & Fleming, E. (2004). Diversification economies and specialization efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea. *Agricultural Economics*, 31(2-3), 229-239.
- COELLI, T., RAO, D., & BATTESE, G. (1998). An Introduction to Efficiency and. *Kluwer Academic Publishers, Boston.*
- Coulibaly, A., Savadogo, K., & Diakité, L. (2017). The Office Niger Rice Farmers' Technical Efficiency Determinants in Mali. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 88-97.
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization . *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 273-292.
- Deprins, D., Simar, L., & Tulkens, H. (1984). *Measuring labor efficiency in post offices*. North Holland, Amsterdam: In Marchand M., Pestiau P., Tulkens H. (Eds), *The performance of public enterprises: concepts and measurement*.
- Diagne, M. M., Demont, P. A., Seck, A., & Diaw. (2013). Self-sufficiency policy and irrigated rice productivity in the senegal river valley. *Food Security The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, 55-70.
- Djokoto, & Justice, G. (2012). Technical Efficiency of Agriculture in Ghana: A Time Series Stochastic Frontier Estimation Approach. *Journal of Agricultural Science*.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Fontan, C. (2008). Production et efficience technique des riziculteurs de Guinée. *Économie rurale*(6), 19-35.
- Fronteh, F. M. (2010). Agricultural Mecanization in Mali and Ghana : Staratégies, experiences and lessons for sustained impacts. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Italy.*
- Gupta, A. K., & Nguyen, N. (2010). Stochastic frontier analysis with fat-tailed error models applied to who health data. *International Journal of Innovative Management, Information et Production*, 1-6.
- Hasnain, N., Hossain, E., & Islam, K. (2015). Technical Efficiency of Boro Rice Production in Meherpur District of Bangladesh: A Stochastic Frontier Approach. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 3(2), 31-37.
- Kane, A., & Hamadoun, A. (2013). *Technical efficiency and it determinants in Mali's rice production*. Bamako: Centre regional de recherche agricole (CRRA) de Sotuba, institute d'économie rurale (IER).
- Kea, S., Li, H., & Pich, L. (2016). Technical efficiency and its determinants of rice production in Cambodia. *Economies*, 4(4), 22.
- Kibaara, B. (2005). Technical Efficiency in Kenyan's Maize Production; An Application of the Stochastic Frontier Approach. *And MPhil Thesis, Colorado State University.*
- Koopmans, T. (1951). Activity analysis of production and allocation. *New York: Wiley.*
- Kumbhakar, S. C., Ghosh, S., & Mc Guckin, J. T. (1991). A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in US dairy farms. *Journal of Business & Economic Statistics*, 9(3), 279-286.
- MA. (2009). Politique semencière du Mali.
- Mali, C. d. (2016). *Rapport final de la revue du Cadre de Relance Economique pour le Développement Durable du Mali* .Bamako: CREDD.
- Meeusen, W., & Van Den Broeck , J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed errors. *Economics department of the University of Pennsylvania and Osaka University institute of social and economic research association, international economics review*, 18, 435-444.
- Nuama, E. (2006). Mesure de l'Efficacité Technique des Agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire. *Economie rurale*(296), 39-53.
- Reifschneider, D., & Stevenson, R. (1991). Systematic Departures from Frontier: a framework for the analysis of firm unefficiency. *International Economics Review*, 715-723.
- Rural, A. S. (2016). *Rapport annuel de la cellule planification statistiques*. Bamako: CPS-SDR.