

# EFFICACITE TECHNIQUE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES FAMILIALES DE MIL DANS LE BASSIN ARACHIDIER DU SENEGAL

I. NDIAYE <sup>1,2</sup>, M. A. DIALLO <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Consortium pour la Recherche Economique et Sociale (CRES)

<sup>2</sup>Département d'Economie et Sociologie Rurales, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Université Iba Der Thiam de Thiès (UIDT)

<sup>3</sup>Laboratoire de recherches sur les Institutions et la Croissance (LINC), Université Cheikh Anta Diop de Dakar

Correspondance : Email : mamadou.abdoulaye@cres-sn.org/m.abdoulaye.diallo90@gmail.com

## RESUME

L'objectif de cet article est de mesurer l'efficacité technique des exploitations agricoles familiales de mil dans le Bassin arachidier du Sénégal et d'identifier les déterminants de cette efficacité. L'étude a porté sur un échantillon de 2115 exploitations familiales couvrant 21 départements du Bassin arachidier y compris Tambacounda. Les données ont été collectées dans le cadre de l'enquête agricole du Sénégal (EAS) de 2013-2014. Les techniques d'analyse par enveloppement des données (DEA) et des frontières stochastique (SFA) sont utilisées pour mesurer le niveau d'efficacité technique. Le modèle Tobit est appliqué pour identifier les facteurs influençant l'efficacité technique de ces exploitations. Les résultats ont montré que l'efficacité technique moyenne est estimée à 69 % pour le SFA et 60 % pour le DEA. Ce qui implique que les exploitations agricoles familiales peuvent réduire l'utilisation d'intrants de 31% (SFA) et 40 % (DEA) et produire plus que leur niveau actuel. La régression Tobit a révélé que l'efficacité technique de ces exploitations est influencée par l'âge, le sexe, le régime foncier, la durée de vie des matériaux, l'utilisation de la fumure organique et des produits phytosanitaires, et le relief. Il est recommandé de soutenir davantage les exploitations dirigées par les femmes, les jeunes en leur facilitant l'accès au foncier, aux matériels agricoles et aux produits phytosanitaires.

JEL classification : O1, I21, I28, I38, D04

**Mots clés** : Efficacité technique, Exploitation familiale, Analyse de l'enveloppement des données (DEA), Analyse stochastique des frontières (SFA), Régression Tobit,

## ABSTRACT

### TECHNICAL EFFICIENCY OF FAMILY MILLET FARMS IN THE SENEGALESE GROUNDNUT BASIN

*The objective of this paper is to measure the technical efficiency of family millet farms in the Senegalese Groundnut Basin and to identify the determinants of this efficiency. The study involved a sample of 2115 family farms covering 21 departments of the Groundnut Basin including Tambacounda. Data were collected as part of the 2013-2014 Senegal Agricultural Survey (SAS). Data envelopment analysis (DEA) and stochastic frontier analysis (SFA) techniques are used to measure the level of technical efficiency. Tobit model is applied to identify the factors influencing the technical efficiency of these farms. The results showed that the average technical efficiency is estimated at 69% for the SFA and 60% for the DEA. This implies that family farms can reduce input use by 31% (SFA) and 40% (DEA) and produce more than their current level. Tobit regression revealed that the technical efficiency of these farms is influenced by age, gender, land tenure, life span of materials, use of organic manure and plant protection products, and terrain. It is recommended that more support be given to farms run by women and young people by facilitating their access to land, agricultural materials and phytosanitary products.*

JEL classification: O1, I21, I28, I38, D04

**Keywords:** Efficiency, Family Farm, Stochastic Frontier Analysis (SFA), Data Envelopment Analysis (DEA), Tobit regression,

## 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). Une analyse descriptive des caractéristiques sur le long terme (1961-2014) fait ressortir son instabilité avec un coefficient de variation de 27 %. Sur cette période, le taux de croissance annuel moyen de la production nationale de mil est faible et est largement inférieur à celui de la population (+2,9 %) d'où une réduction de la disponibilité de mil domestiques par tête (CRES, 2016). Cette augmentation lente de la production s'explique certes par les aléas climatiques, mais aussi par une faible augmentation de la productivité avec un taux de croissance annuelle moyenne de 0,88 % et une tendance à la baisse des superficies allouées à cette culture avec un taux de -0,10 % (CRES, 2016). Malgré ce ralentissement noté dans les performances productives, le gouvernement a tenu à doubler la production de mil dans les dix prochaines années et à réduire de 30 % à 50 % l'importation de blé par la consommation de céréales locales. Se faisant, l'option stratégique d'améliorer l'efficacité productive des exploitations familiales qui représentent plus de 80 % de l'appareil de production, s'impose. Selon Kouassi (2015), le faible niveau de productivité observé dans la production alimentaire reflète les faibles niveaux d'efficacité technique des exploitations. Les travaux de recherche sur les performances des exploitations agricoles sont nombreux dans le monde et plus particulièrement en Afrique. On peut noter parmi ces travaux celui de Nkamleu (2004) qui a cherché à analyser la croissance de la productivité globale des facteurs de production ainsi que l'efficacité des facteurs sur la productivité. L'étude a porté sur 16 pays de l'Afrique de l'Ouest sur la période de 1970-2001. A l'aide de la méthode DEA, les auteurs ont conclu que le retard dans l'évolution technologique a été le principal obstacle à l'amélioration de la productivité des facteurs durant la période considérée. Les résultats ont

indiqué, par ailleurs, que les facteurs institutionnels et agroécologiques ont joué un rôle déterminant dans la croissance de la productivité agricole. En dehors de cette étude effectuée sur un groupe de pays, il faut noter également que d'autres ont été faites dans d'autres pays pris individuellement. C'est le cas en Côte d'Ivoire et plus précisément dans la région du Centre Ouest. Dans cette localité, Binam *et al.* (2003) ont étudié les facteurs qui peuvent affecter l'efficacité technique de la filière café en se basant sur un échantillon de 81 exploitations. Avec, toujours, la méthode DEA, les résultats ont montré que le niveau d'efficacité technique moyen atteint est de 36 % en rendements d'échelles constantes et de 47 % en rendements d'échelle variables, soit un niveau d'efficacité d'échelle de 76,6 %. Il faut ajouter que ce n'est pas la première étude qui a été faite dans la zone étant donné que dans les années antérieures, Nuama (1996) a utilisé la méthode DEA sur des exploitations de banane. Il a évalué le niveau d'efficacité technique moyenne à 72 % là où Kouadio et Pokou (1991) avait trouvé 40 %.

Par ailleurs au Burkina Faso, les auteurs Kaboré (2007) et Zonon (1998) ont mené une évaluation du niveau d'efficacité technique des exploitants céréalières d'une part et l'efficacité allocative et économique d'autre part. Ils ont conclu que le niveau d'efficacité des producteurs est relativement faible (40 %) même s'ils reconnaissent l'existence de possibilités d'accroissement de la production jusqu'à 60% si l'efficacité technique est améliorée. C'est exactement ce qui a été observé au Cameroun et plus particulièrement dans le grand sud. L'analyse des performances économiques des exploitations familiales de banane au niveau de cette localité a été menée par Nyoré (2009). Ce dernier a utilisé la méthode paramétrique de frontière de production stochastique sur un échantillon de 104 exploitations. Il trouve que les exploitations familiales de banane sont techniquement efficaces car le niveau minimum d'efficacité technique s'élève à 61,3 %. En outre, les résultats montrent que, le niveau d'éducation, l'encadrement et les conseils appropriés aux exploitations agricoles familiales améliorent l'efficacité technique tandis que le financement reçu des membres de la famille affecte celle-ci négativement. Toujours dans le cadre des études réalisées au Cameroun, on peut citer celle de Minyono Metsama (2009) qui a utilisé la même méthode d'analyse que Nyoré (2009).

Le but de son travail était d'identifier les déterminants de l'efficacité technique dans les exploitations agricoles familiales de maïs dans les régions du Centre et de l'Ouest (en dehors de la zone dite du grand Sud). Pour ce faire, l'auteur utilise des données d'enquête réalisée en 2007 sur 497 exploitations agricoles familiales. Les résultats ont révélé que le niveau moyen d'efficacité technique se situait à 29 % pour les exploitations agricoles familiales de la région de l'Ouest, contre 26 % pour celles de la région du Centre. Par ailleurs, l'auteur a estimé que la taille de la famille et l'appartenance à une organisation paysanne contribué à améliorer l'efficacité technique.

Plus récemment d'autres études portant sur l'efficacité technique des producteurs et les facteurs qui influencent cette efficacité ont été publiées dans les pays en développement (Chemak et Dhehibl, 2010 ; Chogou *et al.*, 2018 ; Mukhtar *et al.*, 2018 ; Abdulai *et al.*, 2018 ; Mitra et Yunus, 2018 ; Wagan *et al.*, 2019 ; SEOGO et SAWADOGO, 2020), et notamment au Sénégal (Diallo *et al.*, 2020 ; Okuyama *et al.*, 2017). Mukhtar *et al.* (2018) et Abdulai *et al.* (2018) ont mené leur étude au Ghana. Les premiers ont travaillé sur le mil et le second sur le maïs. Mukhtar *et al.* (2018) a utilisé la méthode DEA et les MCO pour mesurer l'efficacité technique et les déterminants de celle-ci sur un échantillon de 256 producteurs de mil sélectionnés de manière aléatoire dans l'Etat de Kano au cours de la période 2013-2014. Les résultats ont montré que la valeur moyenne de l'efficacité technique était de 81 % ce qui signifie, selon les auteurs, que le total des intrants pourrait être économisé de 19 % sans sacrifier le rendement. Ils ajoutent que les pertes avaient comme origine les semences, les produits phytosanitaires, la main d'œuvre et l'utilisation de l'engrais. En ce qui concerne les déterminants, les auteurs ont trouvé que l'âge des agriculteurs, le crédit, l'éducation, l'expérience, la taille de l'exploitation, la taille du ménage et le type de semences utilisés ont des effets positifs et significatifs sur l'efficacité technique des producteurs de mil. Quant à Abdulai *et al.* (2018), ils ont utilisé des données transversales de la campagne agricole 2011/2012. Ils ont mis en œuvre la méthode DEA et les résultats obtenus montrent que le niveau d'efficacité technique moyen est égal à 77 % traduisant ainsi un gap d'inefficacité de 23 % à combler. Poursuivant l'analyse, les auteurs de cette étude sur le maïs trouvent que les

agriculteurs efficaces sont ceux qui ont effectué une combinaison en moyenne de 395,80 kg d'engrais chimiques, 27,04 kg de semences, 4,04 litres de désherbants et la main-d'œuvre salariée de trois personnes pour obtenir un rendement de 2,34 tonnes/ha de maïs. Par ailleurs, il ressort de leur travail que la mécanisation agricole et le niveau d'éducation formelle n'ont pas eu des effets positifs sur l'efficacité technique, contrairement à la vulgarisation agricole qui a eu un effet positif sur celle-ci.

Cette même méthode DEA qui a été utilisée comme outil d'estimation pour les travaux menés au Ghana a été utilisée par Mitra et Yunus (2018) au Bangladesh plus précisément chez les producteurs de tomate à Mymensingh. A la seule différence que ces auteurs ont fait recours au modèle de régression Tobit pour estimer les facteurs affectant l'efficacité. Ainsi, 60 producteurs de tomates ont été sélectionnés de manière aléatoire et les auteurs ont montré que l'efficacité technique moyenne pour les producteurs de tomates était de 83 %. Ce qui signifie que les producteurs de tomates peuvent réduire leur utilisation d'intrants de 17 %. En outre, l'éducation, la formation et l'adoption de variétés à haut rendement ont eu un effet positif sur l'efficacité alors que l'âge des producteurs agit négativement sur l'efficacité. Les auteurs ont constaté également que l'efficacité augmentait avec le niveau d'éducation du producteur, son niveau de formation et l'adoption de variétés. Toutefois, les résultats indiquent que l'adoption de variétés locales à haut rendement était plus efficace que celle des variétés exotiques à haut rendement.

Par ailleurs, au Bénin Chogou *et al.* (2018) ont utilisé la méthode des frontières stochastiques de production sur un échantillon aléatoire de 93 producteurs de soja. Les résultats ont montré que le rendement moyen des producteurs était de 886 kg/ha. Ce qui est jugé relativement faible au regard du rendement espéré. En outre, les indices d'efficacité technique ont varié entre 5 % et 92 % avec une moyenne de 61 %. Ce qui montre que la production pourrait être nettement améliorée avec les mêmes quantités de ressources productives utilisées actuellement. Aussi les résultats révèlent que les producteurs les plus efficaces (29 % de l'échantillon) ont obtenu un score d'efficacité technique compris entre 0,80 et 0,92 avec un rendement moyen de 1410 kg/ha. L'étude conclut que l'utilisation de semences de soja de bonne qualité, l'application

d'insecticides chimiques pour réduire la pression parasitaire et le sexe ont été les facteurs qui influencent positivement l'efficacité technique des producteurs.

Une autre étude qui a porté sur le mil est celle de SEOGO et SAWADOGO (2020). Ils ont évalué l'efficacité technique et ses déterminants chez les producteurs issus des ménages ruraux de la région sahélienne du Burkina Faso. Les auteurs ont utilisé une approche de frontière stochastique pour analyser les données collectées sur 106 ménages sélectionnés de façon aléatoire en 2017. Les résultats montrent que l'efficacité technique moyenne se situe à 71,2 %. Ainsi, la production de mil pourrait être améliorée de 28,8 % avec les mêmes ressources utilisées par les agriculteurs. En outre les auteurs trouvent 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.

Alors la seule étude récente qui a appliqué à la fois les deux méthodes (SFA et DEA) pour comparer les estimations de l'efficacité de la production de riz au Pakistan demeure celle de Wagan *et al.* (2019). Ces derniers ont utilisé des données d'enquête collectées auprès de 350 riziculteurs répartis comme suit : 175 à Kamar Shahdaktot et 175 à Badin. Les résultats indiquent que l'efficacité technique moyenne de la production rizicole dérivée des méthodes SFA et DEA à Kamar Shadaktot (0,988 et 0,965, respectivement) était supérieure à l'efficacité technique moyenne obtenue par les méthodes SFA et DEA à Badin (0,960 et 0,958, respectivement). Selon les auteurs, les agriculteurs de Kamar Shahdaktot ont une grande efficacité technique car ils utilisent plus de technologie et de machines que les riziculteurs de Badin.

Pour le cas spécifique du Sénégal, les rares études trouvées datent de 2017 et 2020 (Okuyama *et al.*, 2017 ; Diallo *et al.*, 2020). Les premiers ont mesuré l'efficacité technique (DEA) et ses déterminants (régression linéaire généralisée) pour cinq cultures céréalières (riz de plateau, riz de bas-fond, arachide, maïs et mil). Les données utilisées dans cette recherche concernent 66 agriculteurs de la région de Kaolack en 2012. Les résultats ont montré que les producteurs de maïs et de mil sont techniquement plus efficaces avec des coefficients respectifs de 0,94 et 0,90 comparativement aux producteurs de riz pluvial

(0,76), de riz de plaine (0,88) et d'arachide (0,89). En outre, les facteurs identifiés par les auteurs comme étant les déterminants de l'efficacité technique sont, d'une part, l'expérience dans la culture, la quantité d'engrais azoté appliquée et la participation à une association d'agriculteurs et d'autre part le désherbage, le taux de semis, la taille de la zone cultivée et les retards dans le temps de semis. A noter que les facteurs qui affectent significativement l'efficacité technique varient d'une culture à l'autre. Quant au second, en occurrence Diallo *et al.* (2020), ils ont travaillé sur l'impact de l'accès au crédit agricole sur la productivité du riz et sur l'efficacité technique des exploitants. Ils ont considéré un échantillon de 260 riziculteurs choisi de façon aléatoire dans le bassin de l'Anambé au Sénégal. A partir du modèle SFA, l'étude révèle que l'efficacité moyenne est de 81 %. Ces auteurs concluent que l'inefficacité proviendrait des facteurs tels que l'accès au crédit agricole, le genre, l'éducation, l'ethnicité, l'utilisation de semences améliorées et le système foncier. Concernant l'accès au crédit agricole, les auteurs trouvent que les riziculteurs sans crédit agricole obtiendraient une inefficacité de production plus élevée de 3,8 % tandis que les agriculteurs ayant accès au crédit agricole enregistrent un supplément de 37,3 % de production par rapport à leurs homologues qui n'ont pas accès au crédit pour la culture du riz.

Dans la littérature il apparaît que la problématique liée à l'efficacité des producteurs agricoles a été abordée par plusieurs auteurs et dans plusieurs pays notamment ceux de l'Afrique de l'Ouest. Leurs travaux ont porté sur diverses cultures ou spéculations. Nous avons ainsi identifié trois catégories d'articles selon la méthodologie adoptée. D'abord, ceux qui ont utilisé uniquement le modèle DEA pour mesurer l'efficacité (Mukhtar *et al.*, 2018 ; Abdulai *et al.*, 2018 ; Mitra et Yunus, 2018 ; Okuyama *et al.*, 2017). De plus, seules les études de Mukhtar *et al.* (2018) et Okuyama *et al.* (2017) ont porté sur le mil. La seconde catégorie fait référence aux auteurs dont les papiers ont utilisé exclusivement le modèle SFA pour mesurer l'efficacité technique (Chogou *et al.*, 2018 ; SEOGO et SAWADOGO, 2020 ; Diallo *et al.*, 2020). Seuls les travaux de SEOGO et SAWADOGO (2020) ont porté sur le mil, avec un échantillon relativement faible. La troisième et dernière catégorie classe les travaux qui ont utilisé à la fois les modèles DEA et SFA pour mesurer l'efficacité technique. La seule étude

répertoriée dans ce bloc est celle produite par Wagan *et al.* (2019). Cependant, le papier a porté sur le riz et les déterminants de l'efficacité technique n'ont pas été abordés.

Au Sénégal plus particulièrement, Okuyama *et al.* (2017) et Diallo *et al.* (2020) ont été les seuls auteurs qui ont travaillé sur le thème. Seulement, la particularité de leur travail réside sur le fait qu'aucun d'entre eux n'a utilisé à la fois les deux méthodes (DEA et SFA) pour mesurer l'efficacité technique des producteurs de mil. Mieux, au Sénégal, à notre niveau de connaissance, aucune étude combinant les deux méthodes concernant le mil n'a été enregistrée jusque-là dans l'étendue du Bassin arachidier, alors que le Programme Sénégal Emergent (PSE) présente un axe stratégique qui vise à réduire de 50 % les importations de blé au Sénégal pour valoriser les céréales locales. D'ailleurs, la deuxième phase du Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture au Sénégal (Pracas), met aujourd'hui le focus sur les céréales sèches, dont le mil. Malgré toutes ces performances attendues de la filière mil, les rendements demeurent faibles. De plus, les prévisions font état de 30 % de baisse de rendement d'ici l'horizon 2050 sous l'effet des changements climatiques (WAAPP-PPAAO, 2018). A cela, s'ajoute le fait que le Bassin arachidier, centre du mil au Sénégal, est la zone la plus sensible face à la variabilité du climat bien que concentrant les deux tiers de la production nationale de mil. C'est la raison pour laquelle, l'objectif principal de cette étude est centré sur l'analyse des performances productives des exploitations familiales agricoles cultivant le mil. Plus spécifiquement, il s'agira de mesurer l'efficacité technique des exploitations de mil dans le Bassin arachidier. En effet, il est possible d'augmenter leur production en améliorant simplement leur niveau d'efficacité technique. Cette étude permettra aussi d'identifier les facteurs qui déterminent l'efficacité technique des exploitations familiales de mil dans le Bassin arachidier au Sénégal. Dans cet exercice, c'est la base des données de l'enquête Agricole du Sénégal (EAS) de 2013-2014 qui sera utilisée.

Alors la principale question à laquelle ce travail de recherche souhaite apporter une réponse est la suivante : Au Sénégal, les exploitations agricoles familiales dédiées à la culture du mil sont-elles efficaces ?

Plus spécifiquement il s'agira d'aborder les

questions suivantes :

- Quel est le degré d'efficacité technique des exploitations familiales de mil du Bassin Arachidier au Sénégal selon les méthodes paramétriques et non paramétriques ?
- Quels sont les déterminants de l'efficacité technique des exploitations familiales de mil dans le Bassin arachidier du Sénégal ?

### **Intérêt de cette recherche**

Cette recherche présente un intérêt multiple. Sur le plan scientifique, elle fait partir des rares études sur l'efficacité technique qui s'intéresse aux exploitations familiales productrices de mil au Sénégal et qui intègre les approches paramétriques et non paramétriques ainsi que les déterminants. Une autre particularité réside sur la dimension de l'échantillon considérée (2115 exploitations familiales).

Sur le plan social, il apparaît que dans le cadre du PSE l'agriculture occupe une place très importante aussi bien dans la première phase d'exécution que dans la seconde. C'est donc dire que les autorités publiques souhaitent faire de ce secteur un puissant moteur de croissance et de développement. Un moyen de promotion de l'emploi, de réduction du chômage et de la pauvreté en milieu rural. C'est pourquoi, une révolution au niveau de la productivité des petites exploitations agricoles est une condition sine qua non pour que l'agriculture dans ce pays puisse jouer pleinement ces rôles (World Bank, 2008). Ensuite, parce qu'une utilisation plus ciblée des ressources par les exploitations agricoles familiales permettrait à ces dernières d'accroître leurs revenus en réduisant leur coût de production et par ce biais de lutter efficacement contre la pauvreté.

Pour mener à bien cette recherche, nous allons d'abord présenter les données utilisées et la méthodologie d'estimation. Ensuite une analyse des résultats sera faite. Et enfin, la conclusion et les enseignements de politiques économiques seront exposés.

## **MATERIELS ET METHODES**

### **PRESENTATION DES DONNEES**

Les données utilisées dans cette étude proviennent de l'Enquête Agricole du Sénégal

(EAS) de 2013-2014, mise en œuvre par la Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA). Cette collecte de données s'est faite sur la base d'un sondage aléatoire à deux degrés avec comme unité primaire les DR (District de Recensement) et comme unité secondaire les ménages agricoles. Cette méthodologie est commune à l'ensemble des pays du Comité permanent Inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS). Au premier degré, 900 DR sont choisis suivant un tirage aléatoire à probabilité inégale et avec remise. La probabilité de tirage d'un DR est proportionnelle à la taille du DR définie en termes d'effectifs de ménages agricoles. Dans chaque DR, sept (7) ménages agricoles sont choisis. Les DR sont répartis dans 42 départements ; les départements de Dakar, Guédiawaye et Pikine étant exclus du fait de l'inexistence de l'agriculture pluviale. Au total 2115 unités réparties sur 21 départements ont été enquêtés.

## METHODOLOGIE D'ESTIMATION DES MODELES

### Approche théorique

Il apparaît dans la littérature que Farrell (1957) s'est inspiré des travaux de Debreu (1951) et de Korpman (1951) pour parvenir à scinder l'efficacité en deux : l'efficacité technique et l'efficacité allocative. C'est par la suite que d'autres auteurs ont commencé à s'intéresser, de plus en plus, aux techniques de mesure de l'efficacité technique. C'est ainsi que Aigner et Chu (1968) ont poursuivi les investigations et sont parvenus à établir une fonction paramétrique de production. Une des particularités de cette fonction réside dans le fait qu'elle est, le plus souvent, destinée à des domaines spécifiques tels que l'agriculture et la manufacture ou les fonctions de production sont connues d'avance.

Les approches paramétriques spécifient une forme fonctionnelle particulière à la frontière estimée. Ces fonctions peuvent être de type Cobb-Douglas, CES, Translog, etc. Elles peuvent être déterministes ou stochastiques.

Cependant, dans le souci d'étendre la technique sur d'autres domaines ou secteur, Carnes *et al.* (1978) ont proposé la méthode non paramétrique. Elle se base sur la programmation mathématique pour construire la frontière d'efficacité. Son approche consiste à définir un ratio d'efficacité technique à l'aide d'une

approche dite de DEA. Elle prend en considération une multitude de produits et suppose la présence de rendement d'échelle constant.

Dans la littérature, il apparaît que les principales méthodes d'estimations de l'efficacité technique, utilisées jusque-là, sont la méthode d'enveloppement des données (DEA) pour l'approche non paramétrique et la méthode de la frontière stochastique (SFA) pour l'approche paramétrique.

Ces deux approches ont des caractéristiques conceptuelles qui présentent des avantages et des limites pour l'une comme pour l'autre (Amara et Romain, 2000 ; Zaibet et Dharmapala, 1999). Selon Chemak et Dhehibl (2010), la prise en compte des facteurs aléatoires constitue un avantage majeur de l'approche paramétrique (SFA) qui estime une frontière de production stochastique pour séparer l'impact des phénomènes aléatoires sur le processus de production de ceux qui représentent l'inefficacité technique proprement dite. Le SFA permet aussi de procéder à des analyses et des tests statistiques grâce aux propriétés statistiques de la fonction de production adoptée. La seule préoccupation qui plane sur cette fonction de production est qu'elle fixe, en amont, des hypothèses et des restrictions, en particulier sur la nature de la distribution des variables et des paramètres qui peuvent ne pas coïncider avec la réalité de mise en œuvre du processus technologique (Chemak et Dhehibl, 2010).

En revanche, l'approche non paramétrique (DEA) considère que toute déviation de la frontière de production est une source d'inefficacité. Elle ne permet de mesurer l'efficacité que sur une seule période et par rapport aux niveaux afférents des inputs et des outputs. En agriculture, cette dernière limite constitue un inconvénient majeur étant donné que les inputs contribuent aux outputs sur plusieurs années plutôt que sur une seule campagne agricole (Chemak et Dhehibl, 2010). Ainsi, la méthode DEA permet d'analyser les inefficacités d'échelle en estimant un modèle en rendements d'échelle constants (Charnes *et al.*, 1978) et un modèle en rendements d'échelle variables (Banker *et al.*, 1984).

Les travaux sur les mesures de l'efficacité technique se multiplient mais les résultats dépendent de la méthode d'analyse. Plusieurs travaux ont adopté une approche comparative

pour permettre une meilleure appréciation des résultats (Sharma *et al.*, 1999 ; Reinhard *et al.* 2000 ; Latruffe *et al.*, 2002 ; Murillo-Zamorano et Vega-Cervera, 2001 ; Johansson et Helena, 2005 ; Chemak et Dhehibl, 2010).

Cet article contribue, ainsi, à la littérature existante en termes d'analyse comparative entre les modèles SFA et DEA et concernant les produits céréaliers. D'ailleurs, l'efficacité technique des producteurs est généralement estimée à l'aide de la SFA et de la DEA, comme l'indique Wagan *et al.* (2019).

### Analyse de l'enveloppement des données (DEA)

Dans ce travail de recherche, l'efficacité technique sera mesurée d'une part par le modèle DEA en mode rendements d'échelle variables (VRS). Cette méthode développée par Charnes *et al.* (1978) est une approche non paramétrique basée sur la programmation linéaire. Pour mettre en œuvre le modèle DEA il est nécessaire de sélectionner l'orientation de type « input-output » ou « output-input ». Puisque les exploitants agricoles ont plus de contrôle sur les intrants que sur la production, il est préférable d'utiliser un modèle de DEA de type « input-output » (Abdulai *et al.*, 2018). Par ailleurs, le recours à l'approche non paramétrique rend le modèle DEA très flexible car il n'exige pas d'hypothèse a priori sur la relation fonctionnelle des intrants et des extrants. Les hypothèses sous-jacentes de ce modèle sont que toute exploitation familiale produit une quantité de mil en utilisant une combinaison d'intrants ; et une frontière de production axée sur les entrées des rendements d'échelle variable (VRS).

De manière formelle, en adoptant les mêmes notations que Ndiaye (2018), le modèle DEA est construit de la façon suivante :

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n 1\mu_n y_{n,i}}{\sum_{i=1}^p 1\nu_n x_{p,i}} \quad (1)$$

$$TE(x_i, y_i) = \min \phi(\phi_j, x_i, y_i) \quad (2)$$

Avec les contraintes suivantes :

$$\sum_{j=1}^J \beta_j y_{j,n} \geq y_{j,0} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J \beta_j x_p \geq \phi \cdot x_{p,0} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^J \beta_j = 1 \quad (5)$$

$$\beta_j \geq 0 \quad (6)$$

$\phi$  étant l'estimation de l'efficacité technique à calculer pour chaque exploitation familiale;

$x$  les inputs (entrées) utilisées et  $\mu$  la quantité des entrées

$y$  les outputs (sorties) obtenues et  $\nu$  la quantité des sorties ;

$\beta$  le vecteur d'intensité déterminant l'efficacité technique pour chaque exploitation ;

$n$  est le nombre d'output ( $n = 1, 2, \dots, N$ );

$p$  est le nombre d'inputs ( $p = 1, 2, \dots, P$ );

$j$  représente le  $j^{\text{ème}}$  DMU (unité de prise de décision, i.e., une exploitation familiale).

Ainsi, une exploitation familiale sera qualifiée d'efficace si son score  $\phi_j = 1$ , tandis qu'elle sera techniquement inefficace lorsque

$$\phi_j < 1.$$

### Analyse stochastique des frontières (SFA)

Farrell (1957) a fait valoir que l'hypothèse néoclassique traditionnelle selon laquelle toutes les entreprises sont supposées être pleinement efficaces n'est pas réaliste car, en réalité, certaines entreprises sont plus efficaces que d'autres. L'efficacité signifie que la production maximale est atteinte avec le minimum d'intrants. Ainsi, une unité de production est considérée comme relativement inefficace si une autre utilise une quantité inférieure ou égale d'intrants pour produire un niveau de production identique ou supérieur. La frontière stochastique introduite par Aigner *et al.* (1977) suppose que toute déviation de la frontière est expliquée par deux composantes : le terme d'erreur et la composante d'inefficacité. La frontière de production est exprimée comme suit :

$$y_i = f(x_{ij}, \beta) \exp(\phi_i - n_i) \quad (7)$$

$$\phi_i - n_i = \mu_i ; i = 1, \dots, N ; j = 1, \dots, J$$

$y$  désigne la quantité de production ;  $x_{ij}$  le vecteur des inputs ;  $\beta$  le vecteur des paramètres à estimer ;  $N$  le nombre d'exploitations familiales

et  $J$  le nombre d'inputs utilisés.

En considérant une fonction Cobb-Douglas de type  $Y = AX^\beta$  et en passant à l'écriture logarithmique, on obtient la spécification suivante :

$$\ln(y_i) = \beta_0 + \sum_k \beta_k \ln(x_{ik}) + \phi_i - n_i \quad (8)$$

Après modélisation de la fonction de production de la frontière stochastique (FS), l'efficacité technique (ET) d'un producteur est alors définie comme le rapport entre la production observée

( $y_i$ ) et la production à la frontière ( $y_i^*$ ) pour une quantité donnée de facteurs de production utilisés :

$$ET_i = \frac{y_i}{y_i^*} = \frac{f(x_{ij}, \beta) \exp(\phi_i - n_i)}{f(x_{ij}, \beta) \exp(\phi_i)} = \exp(-n_i) \quad (9)$$

Compte tenu du nombre relativement élevé de DMU, nous avons recouru aux packages "dear" du logiciel R et de "sfcross" dans STATA.

$\beta$  est un vecteur de paramètres inconnus et  $\varepsilon_i$  est un terme d'erreur iid(0,  $\sigma^2$ ).

### Modèle de Tobit

La méthodologie largement utilisée pour estimer les déterminants des écarts d'efficacité entre les exploitations familiales est le modèle Tobit (Abdulai *et al.*, 2018 ; Ndiaye, 2018). Le recours au modèle Tobit se justifie par le fait que la variable dépendante (le score d'efficacité technique) estimée est connue mais non observable en dehors de l'intervalle [0,1] ; les scores d'efficacité ont 1 comme limite supérieure et 0 comme limite inférieure. Dès lors, le modèle Tobit est préférable comparativement à d'autres modèles tels que ceux de la régression linéaire (Maddala, 1999 ; Chebil *et al.*, 2013). Formellement le modèle Tobit est présenté comme suit :

$$y_i^* = x_i \beta^* + \varepsilon_i \quad (10)$$

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{si } 0 < y_i^* < 1 \\ 0 & \text{si } y_i^* \leq 0 \\ 1 & \text{si } y_i^* \geq 1 \end{cases} \quad (11)$$

Où  $y_i$  représente la  $i^{\text{ème}}$  observation de la variable dépendante ;

$y_i^*$  est une variable dépendante non observée (latente) ;

$x_i$  est un vecteur de variables explicatives ;

### Variables de l'étude

Dans cette étude nous avons retenu un output (production) et cinq inputs (taille du ménage, superficie cultivée, quantité de semences, quantité d'engrais, nombre de jours de travail effectué pour la culture) pour l'estimation de la fonction de production (Tableau 2). Concernant le modèle Tobit, les variables explicatives du score d'efficacité sont liées aux caractéristiques sociodémographiques des chefs de ménage (sexe, niveau d'instruction) et celles relatives à l'exploitation familiale (le régime foncier, le relief, la réception de fumure organique, la durée de vie des matériaux, l'utilisation de produits phytosanitaires et la survenance de choc) (Tableau 1).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS FAMILIALES

Le tableau 1 présente les résultats des statistiques descriptives des variables des modèles empiriques. Il regroupe 2115 exploitations agricoles familiales dont l'activité principale est la culture du mil qui est pratiquée essentiellement au niveau des plaines et plateaux (95 %). Au total, huit variables ont été ciblées. Il s'agit de l'âge, du sexe, du niveau d'instruction, du régime foncier, de la réception



de fumure organique, du relief, de la durée de vie des matériaux, de l'utilisation de produits phytosanitaires et de la survenance des chocs. Nous constatons que l'âge moyen des exploitants de notre échantillon est de 51 ans. Ce qui veut dire que les adultes sont beaucoup plus représentés dans la production de mil largement dominée par les hommes (98,8 %). L'analyse de l'échantillon montre également que 84,4 % des producteurs n'ont reçu aucune éducation formelle. Par ailleurs, il faut noter que la majorité (97,2 %) des exploitants, de

l'échantillon considéré est propriétaire de terres. Plus de sept exploitations familiales sur 10 (72,5 %) ont révélé avoir reçu de la fumure organique et la majorité des exploitations agricoles familiales (70 %) utilisent des matériaux agricoles caducs et obsolètes dont la durée de vie dépasse les 10 ans. A cela s'ajoute, le faible usage des produits phytosanitaires (5 %) et leur vulnérabilité face aux chocs. D'ailleurs, près de sept exploitations familiales sur 10 (69,1 %) affirment avoir subi un choc au cours de l'année précédant l'enquête.

**Tableau 1** : Statistiques descriptives des variables des modèles empiriques.

*Descriptive statistics for variables in the empirical models.*

	Variables	Observation	Pourcentage (%)
Age (moyen)		1079	51
Sexe	Homme	2090	98,8
	Femme	25	1,2
Niveau d'instruction	Aucune éducation formelle	1784	84,4
	Au moins primaire	331	15,7
Régime foncier	Propriétaire	2056	97,2
	Autre régime	59	2,8
Réception de fumure organique	Oui	1533	72,5
	Non	582	27,5
Relief	Plaine/plateau	2009	95,0
	Autre	106	5,0
Durée de vie des matériaux	Moins de 10 ans	632	29,9
	10-20 ans	421	19,9
	Plus de 20 ans	1062	50,2
Utilisation de produits phytosanitaires	Oui	112	5,3
	Non	2003	94,7
Survenance de choc	Oui	1461	69,1
	Non	654	30,9

## EFFICACITE TECHNIQUE SELON LES METHODES SFA ET DEA

### Analyse des variables utilisées dans l'estimation des modèles SFA et DEA

Le tableau 2 présente les variables utilisées dans l'estimation des modèles SFA et DEA. Les résultats montrent que la production agricole moyenne est de 2123,1 kg pour une superficie moyenne cultivée de 3,1 hectares. La taille moyenne des ménages de l'échantillon d'étude

est estimée à 12 personnes. Elle est supérieure à la moyenne nationale rurale qui est estimée à 10 personnes (ANSD, 2013). Cette différence se justifie au regard des caractéristiques des ménages dans la zone d'étude. En effet, le Bassin arachidier abrite des ménages de tailles plus importantes (13,1) à l'image des ménages sérères du Sine et du Saloum. Le nombre de jours de travail effectué en moyenne pour la culture du mil est de 119,2 jours. Quant aux quantités d'engrais et de semences utilisées, elles se situent en moyenne à 14,5 kg et 67 kg respectivement sur les trois hectares de terre.

**Tableau 2** : Variables utilisées dans l'estimation des modèles SFA et DEA.*Variables used in the estimation of the SFA and DEA models.*

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Production agricole (kg)	2115	2123,1	2216,3	12	45457
Taille du ménage	2115	12,2	4,9	1	61
Superficie cultivée (ha)	2115	3,1	2,9	1	60
Quantité de semences (kg)	2115	14,5	21,6	1	505
Quantité d'engrais (kg)	2115	67,0	140,6	0	900
Nombre de jours effectués	2115	119,2	16,6	30	141

### Analyse des scores d'efficacité des exploitations agricoles familiales de mil

Le tableau 3 présente les résultats de l'estimation des scores d'efficacité des exploitations agricoles de mil dans le Bassin arachidier. Pour le modèle SFA, nous relevons que les producteurs sont parvenus, en moyenne, à réaliser 69 % de la production potentielle relative à une combinaison donnée d'intrants. Cela implique qu'environ 31 % de la production n'a pas été accessible à cause d'une inefficacité technique. En d'autres termes, les producteurs ne sont pas parvenus à trouver les meilleures combinaisons de facteurs pour accéder à un meilleur niveau de production. Etant donné que le score d'efficacité varie entre 0,03 et 0,94, nous pouvons dire que pour le modèle SFA, les producteurs ont la possibilité de relever leur niveau d'efficacité même s'ils leur seront impossible de récupérer la totalité des 31 % de marge d'efficacité restant.

Pour le modèle DEA, le niveau de production réalisé se stabilise à 60 % de la production potentielle consécutive à une combinaison donnée d'inputs. Ce qui voudrait dire que les producteurs de mil du Bassin arachidier sont passés à côté de 40 % de production potentielle

en raison d'un manque d'efficacité technique. Ces agriculteurs ont la capacité et le potentiel pour atteindre ce niveau de production car les résultats des estimations indiquent que les scores varient entre 0,19 et 1.

En se basant sur la valeur moyenne des scores d'efficacité technique, nous constatons que plus de la moitié (56 %) des exploitations familiales de mil sont efficaces pour le modèle SFA. En revanche, selon le modèle DEA, seules 43 % des exploitations familiales sont techniquement efficaces.

Un certain nombre d'études ont comparé les estimations de l'efficacité technique obtenues à partir des modèles SFA et DEA. Nos résultats montrent que le score moyen d'efficacité technique issu du modèle SFA (0,69) est supérieur à celui fourni par la méthode DEA (0,60). D'ailleurs ce résultat confirme les études de Hossain *et al.* (2012) et de Wagan *et al.* (2019) qui ont noté une plus grande efficacité technique dérivée de la méthode SFA que du modèle DEA pour le riz bangladais et pakistanais, respectivement. Toutefois, Wadud et White (2000) ont indiqué que l'efficacité technique dérivée de la DEA était meilleure que l'efficacité technique dérivée de la SFA.

**Tableau 3** : Efficacité technique des exploitations familiales selon les modèles DEA et SFA.*Technical efficiency of family farms according to the DEA and SFA models.*

	SFA	DEA
<0,5	16,7	34,1
0,5-0,59	13,0	22,8
0,6-0,69	13,8	14,3
0,7-0,79	18,7	13,2
0,8-0,89	30,6	8,7
0,9-1	7,2	6,8
Min	0,03	0,19
Max	0,94	1,00
Moyenne	0,69	0,60
Ecart-type	0,19	0,18

## DETERMINANTS DE L'EFFICACITE TECHNIQUE DES EXPLOITATIONS FAMILIALES

Après la détermination de l'efficacité technique des exploitations de mil par le biais des méthodes DEA et SFA, nous identifions les déterminants de cette efficacité en utilisant le modèle Tobit dont les résultats sont consignés dans le tableau 4.

Pour la variable sexe, nous constatons qu'elle n'est pas significative pour le modèle SFA mais analysée avec le modèle DEA elle devient significative à 1 %. Lorsque l'exploitation de mil est dirigée par les hommes, le niveau d'efficacité technique diminue de 9,5 % par rapport à leurs homologues femmes. Autrement dit, les agriculteurs de sexe féminin sont plus efficaces sur le plan technique comparés aux hommes. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Ndiaye (2018) dans le contexte Mauricien. Il pourrait être expliqué, dans le cas du Sénégal, par le fait que les femmes dans le bassin arachidier très réceptives des innovations car adhèrent massivement à des organisations paysannes et à des mouvement et groupement locaux qui participent fortement à leur sensibilisation par rapport aux pratiques agricoles et aux opportunités que présente la chaîne de valeur mil. A cela pourrait s'ajouter le fait qu'elle ne cultive pas des surfaces de terre qui soient au-delà de leur capacité de production.

Une analyse suivant l'âge du producteur révèle qu'il est négatif et significatif (1 % pour SFA et 5 % pour DEA) pour les deux modèles. Ainsi ce résultat prouve que le niveau d'efficacité technique diminue avec l'âge. Autrement dit, un producteur qui vieillit d'une année verra son niveau d'efficacité baisser de 0,1 %. Ce résultat pourrait être expliqué par le fait les plus âgés sont plutôt conservateurs par rapport au nouvelles technologies existantes. Autrement dit, les plus anciens ont tendance à conserver leur pratique agricole ancienne et donc à ne pas adopter les technologies de production nouvelles.

Le niveau d'instruction des chefs d'exploitation familiales a un effet négatif et significatif au seuil de 1 % pour seulement le modèle SFA. Il ressort que l'efficacité technique baisse avec le niveau d'instruction du producteur. Ce qui veut dire qu'un producteur qui atteint au moins le niveau primaire voit son niveau d'efficacité technique diminuer de 10 % par rapport à ceux qui n'ont aucun niveau d'éducation. D'ailleurs, le score moyen pour ceux qui ont fait une étude formelle (0,58)

est statistiquement inférieur à celui des exploitations familiales dont le chef n'a pas reçu d'éducation formelle (0,68) ( $Pvalue < 5\%$ ). Ce résultat contre-intuitif pourrait s'expliquer par le fait que les producteurs d'exploitations familiales éduquées cherchent à diversifier leurs sources de revenus et se détournent de l'activité agricole en y concentrant moins de travail et en produisant moins. Ce résultat est corroboré par l'étude de Abdulai *et al.* (2018) qui ont trouvé que les agriculteurs de maïs au Nord du Ghana qui n'ont pas reçu d'éducation formelle étaient plus efficaces que ceux ayant reçu une éducation formelle. Ils justifient ce résultat par le fait que ceux qui n'avaient pas suivi d'enseignement formel disposaient de suffisamment de temps pour s'occuper de leur exploitation, alors que ceux qui étaient scolarisés ou qui avaient un emploi formel après avoir terminé leurs études ne pouvaient consacrer que le samedi ou le dimanche aux activités agricoles. En revanche, d'autres études ont montré que les ménages dirigés par des agriculteurs ayant reçu une éducation formelle utilisent les ressources de manière plus efficace, car ces agriculteurs sont ouverts aux meilleures pratiques agricoles et gèrent rationnellement leurs exploitations (Agboola, 2016 ; SEOGO et SAWADOGO ; 2020).

En outre, les résultats de l'estimation prennent en considération le régime foncier. Cette variable est significative uniquement pour le modèle DEA au seuil de 5 %. Elle influence positivement le niveau d'efficacité technique. Les exploitations familiales propriétaires ont un niveau d'efficacité technique de 6,2 % de plus que les producteurs qui détiennent d'autres formes de régime foncier. Si Ndiaye (2018) n'a pas décelé d'effet significatif de la nature du régime foncier, nous avons établi un lien positif et significatif de l'accès au foncier et le niveau d'efficacité technique des exploitations familiales. Par ailleurs, le relief joue un rôle important dans la production du mil. Il reste positif et significatif à 1 % pour le modèle SFA uniquement. Le fait que la production soit pratiquée dans les plaines ou les plateaux contribue à accroître l'efficacité technique des exploitants.

L'usage de la fumure organique a été mis à l'épreuve dans ce modèle de régression. Cette variable est positive et significative au seuil de 1 % pour les deux modèles. La fumure organique permet aux producteurs de mil d'être plus efficace comparés à ceux qui n'en utilisent pas. Ainsi, le niveau d'efficacité technique des

producteurs qui utilisent la fumure organique de 4 % de plus que les producteurs ne recourant pas à la fumure organique. Ce résultat corrobore ceux trouvés par BABAH-DAOUDA et YABI (2021) qui ont montré que l'adoption de la fumure organique influence positivement et significativement l'efficacité économique des producteurs de tomate et de piment au Nord-Ouest du Bénin.

On note également que la durée de vie des matériaux influence négativement et

significativement sur l'efficacité technique des exploitations agricoles de mil. Plus les matériaux sont vétustes et caducs, plus l'efficacité technique des exploitations familiales est faible. Enfin, l'utilisation des produits phytosanitaires est aussi un facteur qui influence positivement et significativement au seuil de 5 % le niveau d'efficacité technique selon le modèle SFA. Ainsi, recourir aux produits phytosanitaires augmenterait le niveau d'efficacité des exploitants de 3,8 % comparés à ceux qui ne l'utilisent pas dans leurs champs.

**Tableau 4** : Résultat de la régression du modèle Tobit.

*Tobit model regression results.*

	SFA		DEA	
	Coefficient	SE	Coefficient	SE
Sexe (Réf. Femme)				
Homme	0,009	0,037	-0,095**	0,038
Age	-0,001***	0,000	-0,001**	0,000
Niveau d'instruction (Réf. Aucune)				
Au moins primaire	-0,101***	0,011	0,001	0,011
Régime foncier (Réf. Autre régime)				
Propriétaire	0,013	0,025	0,062**	0,025
Usage de fumure organique (Réf. Non)				
Oui	0,040***	0,009	0,042***	0,009
Relief (Réf. Autre)				
Plaine/plateau	0,056***	0,019	-0,006	0,019
Durée de vie des matériaux (Réf. Moins de 10 ans)				
10-20 ans	-0,012	0,012	-0,031***	0,012
Plus de 20 ans	-0,024**	0,009	0,003	0,009
Utilisation de produits phytosanitaires (Réf. Non)				
Oui	0,038**	0,018	-0,007	0,018
Survenance de choc (Réf. Non)				
Oui	-0,003	0,009	0,003	0,009
Constante	0,681***	0,049	0,637***	0,050
Variance de l'efficacité technique	0,034***	0,001	0,034***	0,001
Observations	2115		2115	
SE : Standard errors				
*** p<0,01 ; ** p<0,05 ; * p<0,1				

## CONCLUSION

L'objectif de ce travail de recherche est de mesurer l'efficacité technique des exploitations agricoles familiales de mil dans le Bassin arachidier du Sénégal et d'identifier les facteurs déterminants de cette efficacité. Il était question de faire la comparaison en termes d'efficacité technique entre l'approche paramétrique (méthode SFA) et l'approche non paramétrique (la méthode DEA) et d'identifier les déterminants liés aux scores d'efficacité (modèle Tobit). Les résultats font ressortir l'existence d'une inefficacité technique des exploitations familiales de mil. L'efficacité technique moyenne

est estimée à 69 % (SFA) et 60 % (DEA). Ce qui implique que les exploitations agricoles familiales peuvent réduire l'utilisation d'intrants de 31 % (SFA) et 40 % (DEA) et produire encore plus que le niveau actuel de production.

Les résultats de la régression Tobit ont montré que pour le modèle SFA les variables à retenir en tant que déterminants de l'efficacité technique des exploitants de mil dans le Bassin arachidier sont : l'âge, le niveau d'instruction, la réception de fumure organique, le relief, la durée de vie des matériaux et l'utilisation de produits phytosanitaires. Quant au modèle DEA, nous avons relevé le sexe, l'âge, le régime foncier, la réception de fumure organique et la durée de vie

des matériaux.

Les interventions publiques devraient permettre aux exploitations familiales de disposer de terre en qualité de propriétaire et de bénéficier d'appui en matérielles agricoles et en produits phytosanitaires. De plus, des campagnes de sensibilisation devraient inciter les exploitations familiales à recourir à la fumure organique en vue de contribuer à améliorer leur efficacité. Ces politiques devront cibler davantage les femmes et les jeunes qui semblent plus efficaces.

Cependant, cette étude présente quelques limites notamment sur les données utilisées et la non prise en compte de certaines variables jugées pertinentes dans la littérature. Même si les données datent de 2013-2014, il n'existe quasiment pas de données couvrant un échantillon aussi large d'exploitations agricoles familiales au Sénégal en général et dans le bassin arachidier en particulier. De plus, la disponibilité de certaines variables comme l'accès au crédit, le revenu non agricole, l'appartenance à un groupe de producteurs, etc. pourrait améliorer l'explication du niveau d'efficacité technique de ces exploitations agricoles familiales de mil.

## REFERENCES

- Abdulai, S., Nkegbe, P. K., & Donkoh, S. A. 2018. Assessing the technical efficiency of maize production in northern Ghana: The data envelopment analysis approach. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1512390.
- Agboola, W. L. 2016. Land management practices and technical efficiency of food crop farmers in North Central Nigeria: a data envelopment analysis (DEA) approach. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 1-10.
- Aigner D.-J., Chu S.-F. 1968. On estimating the industry production function. *American Economic Review*, vol. 58, p. 826-839.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.
- Amara N., R. Romain. 2000. Mesures de l'efficacité technique : revue de la littérature. Centre de Recherche en Economie Agroalimentaire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Série Recherche SR.00.07, pp 1-34.
- BABAH-DAOUDA, M., & YABI, A. J. 2021. Efficacité Economique Des Producteurs Du Piment Et De La Tomate Adoptants Les Stratégies D'Adaptation Face Aux Variabilités Climatiques Dans Les Communes De Djougou Et De Tanguiéta Au Nord-Ouest Du Benin. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 28(1), 303-320.
- Banker, Charnes et Cooper. 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078 -1092.
- Binam, J. N., Sylla, K., Diarra, I., & Nyambi, G. 2003. Factors affecting technical efficiency among coffee farmers in Cote d'Ivoire: Evidence from the centre west region. *African Development Review*, 15(1), 66-76.
- Broutin C. 2011. Une demande céréalière en forte croissance, sous l'influence des marchés urbains. *Grain de sel* n° 54-56, 2011. Clemente, F., Lirio, V. S., et Gomes, M. M., 2015 'Technical efficiency in Brazilian citrus production' *Bio-based and Applied Economics*, 4(2), 165-178.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). A Data Envelopment Analysis Approach to Evaluation of the Program Follow through Experiment in US Public School Education. Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Management Sciences Research Group.
- Chebil, A., Bahri, W., et Frija, A. 2013. Mesure et déterminants de l'efficacité d'usage de l'eau d'irrigation dans la production du blé dur: cas de Chabika (Tunisie). *NEW MEDIT N. 1*, pp. 49-55
- Chemak et Dhehibl .2010. Efficacité technique des exploitations en irrigué. Une approche paramétrique Versus non paramétrique. *NEWMEDITN.2/2010*
- Chogou, S. K., Okry, F., Santos, F., & Hounhouigan, D. J. 2018. Efficacité technique des producteurs de soja du Bénin. *Annales des sciences agronomiques*, 22(1), 93-110.
- Consortium pour la Recherche Economique et Sociale [CRES]. 2016. Adoption et impacts de l'utilisation de semences de qualité et de paquets technologiques améliorés de mil diffuses dans le Bassin arachidier, le Sénégal oriental et la haute Casamance. Rapport final-CRES, Mai 2016.
- Debreu G. 1951. The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, Vol. 19, No. 3, July, pp.273-292.
- Diallo, M. F., Zhou, J., Elham, H., & Zhou, D. 2020. Effect of Agricultural Credit Access on Rice

- Productivity: Evidence from the Irrigated Area of Anambe Basin, Senegal. *Journal of Agricultural Science*, 12(3), 78-87.
- Farrell M.-J. 1957. The Measurement of productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120, part 3, p. 253-290.
- Hossain, M. K., Kamil, A. A., Baten, M. A., & Mustafa, A. 2012. Stochastic frontier approach and data envelopment analysis to total factor productivity and efficiency measurement of Bangladeshi rice. *Plos One*. v. 7, n. 10, p. 46081
- Johansson H. 2005. Technical, allocative and economic efficiency in Swedish dairy farms: The Data Envelopment Analysis versus the Stochastic Frontier Approach. XI international congress of the EAAE, Copenhagen, Denmark, August 24-27, 2005; 17 pages.
- Kaboré D. P. 2007. Efficience technique de la production rizicole sur les périmètres aménagés du Burkina Faso. Série document de travail DT-CAPEP n°2007-35, Octobre, pp 1-30.
- Koopmans T.C., 1951 -An analysis of production as an efficient combination of activities- In Koopmans T.C. ed., *Activity analysis of production and allocation*, Cowles Commission for research in economics, Monograph n°13, New York, John Wiley and Sons, Inc.
- Kouadio, Y. and Pokou, K. 1991. Efficacité technique des petites et grandes exploitations agricoles dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Cah. Ivoiriens Rech. Econ. Sociale*, 1: 7-23.
- 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.
- Latruffe L., Balcombe K., Davidova S., Zawalinska K. 2002. Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: Does specialization matter? Working paper 02-06, October 2002, INRA, unité d'Economie et sociologie rurale de Rennes, 41 pages.
- Maddala G. 1999. *Limited dependent and qualitative variables in econometrics*. New York: Cambridge University Press.
- Minyono Metsama, E. A. 2009. Efficacité technique et ses déterminants dans les exploitations familiales agricoles à base de maïs dans les régions du centre et de l'ouest Cameroun.
- Mitra, S., & Yunus, M. 2018. Determinants of tomato farmers efficiency in Mymensingh district of Bangladesh: Data Envelopment Analysis approach. *J Bangladesh Agril Univ*, 16(1), 93-97.
- Mukhtar, U., Mohamed, Z., Shamsuddin, M. N., Sharifuddin, J. U. W. A. I. D. A. H., & Ilyasu, A. 2018. Application of data envelopment analysis for technical efficiency of smallholder pearl millet farmers in Kano state, Nigeria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(2), 213-222.
- Murillo-Zamorano, L. R., & Vega-Cervera, J.A. 2001. The use of parametric and non-parametric frontier methods to measure the productive efficiency in industrial sector: A comparative study. *International journal of production economics* 69, pp.265-275.
- Ndiaye, M. 2018. Analyse de l'efficacité technique des exploitations agricoles familiales à Maurice. *European Scientific Journal*, 14(9), 143-160.
- Nkamleu, G. B. 2004. Productivity growth, technical progress and efficiency change in African agriculture. *African Development Review*, 16(1), 203-222.
- Nuama, E. 1996. Analyse des performances productive et financière des exploitations de bananes en Côte d'Ivoire.
- Nyoré. 2009. Performances économiques des Exploitations Familiales Agricoles à base de bananier plantain dans le sud Cameroun. Mémoire de DEA-NPTCI, Université de Yaoundé II -Soa.
- Okuyama, Y., Maruyama, A., Takagaki, M., & Kikuchi, M. 2017. Technical efficiency and production potential of selected cereal crops in Senegal. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 118(2), 187-197.
- Reinhard, S., Lovell, K. & Thijssen, G. 2000. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables: estimated with SFA and DEA. *European Journal of Operational Research* 121, 287-303.
- SEOGO, W., & SAWADOGO, W. J. P. 2020. Technical Efficiency Analysis of Millet Production in the Sahel Region of Burkina Faso. *Journal of Social and Development Sciences*, 11(1 (S)), 10-18.
- Sharma K.R., Leung P.S., & Zaleski H.M. 1999. Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and non-parametric approaches. *Agricultural Economics* 20 (1999), pp. 23-35.
- WAAPP-PPAAO. 2018. La faible productivité du mil pose de nouveaux défis aux chercheurs. <http://www.waapp-ppaao.org/fr/actualities/>

- la-faible-productivite-du-mil-pose-de-nouveaux-defis-aux-chercheurs
- Wadud, A., & White, B. 2000. Farm household efficiency in Bangladesh: a comparison of stochastic frontier and DEA methods. *Applied economics*, 32(13), 1665-1673.
- Wagan, S. A., Memon, Q. U. A., Qian, L., & Jingdong, L. 2019. Measuring the efficiency of Pakistani rice production via stochastic frontier and data envelopment analyses. *Custos e Agronegocio*, 15(2), 63-86.
- World Bank. 2008. Development Report. Agriculture for Development' Washington, D.C
- Zaibet, L., & Dharmapala, P. S. 1999. Efficiency of government-supported horticulture: the case of Oman. *Agricultural systems*, 62(3), 159-168.
- Zonon A. 1998. Analyse comparée de l'efficacité de la production céréalière au BurkinaFaso : cas de quatre zones agro-alimentaires. Thèse de doctorat de 3e cycle en sciences économiques, FSEG, CIRES, Abidjan.