

EFFICACITE TECHNIQUE DES PRODUCTEURS DE MAIS PARTICIPANT AU WARRANTAGE DANS LE NORD-EST DU BENIN

R. MOUSTAFA*¹, S. KPENAVOUN CHOGO¹, P. G. M. AGANDAN¹, A. AOUDJI¹, A. ZANNOU¹, B. HONFOGA¹

¹Laboratoire d'Agroéconomie et d'Agrobusiness (LAGEC-B), Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

(*) Auteur correspondant : rassidamoustara@yahoo.fr; tel : +229 97210455

RESUME

Face au bradage massif des productions agroalimentaires en période de récolte, le warrantage a été promu pour faciliter l'accès des producteurs au crédit agricole, aux marchés des facteurs de production et de produits agricoles afin d'améliorer leur efficacité technique et leurs revenus agricoles. La présente étude vise à mesurer le niveau d'efficacité technique des producteurs de maïs participants et non participants au warrantage dans une région du Bénin et à déterminer les facteurs qui influencent cette efficacité. L'approche d'estimation en une seule étape de la frontière stochastique de production et du modèle qui détermine les facteurs d'inefficacité technique a été appliquée à un échantillon aléatoire stratifié de 314 producteurs de maïs dont 157 producteurs participants au warrantage. Les résultats ont montré que les producteurs n'opèrent pas tous sur la frontière de production. Le niveau moyen d'efficacité technique a été de 74 % avec 78 % pour les bénéficiaires et 70 % pour les non bénéficiaires. Le niveau actuel moyen de leur production annuelle qui est de 16 014 kg pourrait être encore amélioré de 33 % avec les mêmes ressources productives. L'accès au warrantage, le sexe, l'utilisation de la semence améliorée de maïs, l'appartenance à un groupement de producteurs hors warrantage et la possession d'un moyen d'information sont les facteurs qui influencent positivement l'efficacité technique des producteurs. Ainsi, il est important que l'évaluation de l'impact du warrantage soit réalisée afin d'améliorer sa promotion.

Mots clés : maïs, efficacité technique, warrantage, frontière de production stochastique, Bénin

ABSTRACT

TECHNICAL EFFICIENCY OF MAIZE PRODUCERS PARTICIPATING IN WARRANTAGE IN THE NORTHEASTERN OF BENIN

Faced with the massive sell-off of agri-food production during the harvest period, warrantage was promoted to facilitate producers' access to agricultural credit, production factors and agricultural products markets in order to improve their technical efficiency and farm income. This study aims to measure the level of technical efficiency of maize producers participating and not participating in warrantage in a region of Benin and to determine the factors that influence this efficiency. A one stage stochastic frontier production which incorporates a model for the technical inefficiency effects was applied to a stratified random sample of 314 maize producers, including 157 producers participating in warrantage. The results showed that the producers do not operate on the production frontier. The average level of technical efficiency is 74% with 78% for beneficiaries and 70% for non-beneficiaries. The current average level of their annual production, which is 16,014 kg, could be further improved by 33% with the same productive resources. Access to warrantage, gender, use of improved maize seed, membership in a non-warrantage producers' group and possession of a means of information are the factors that positively influence the technical efficiency of producers. Thus, it is important that the impact of warrantage be evaluated in order to improve its promotion.

Keywords: maize, technical efficiency, warrantage, stochastic production frontier, Benin

INTRODUCTION

Le potentiel de croissance économique des pays en voie de développement comme le Bénin dépend largement du secteur agricole. En effet au Bénin, ce secteur occupe environ 70 % de la population et contribue à 32,7 % à la formation du PIB et à 75% des recettes d'exportation (MAEP, 2017). Il représente un poids stratégique dans le tissu social et économique du pays, en termes de contribution à la sécurité alimentaire, à l'emploi, à la formation des revenus et à la création des biens et services (FAO BENIN, 2012). De ce fait, il est au cœur des stratégies de l'Etat pour la croissance économique du pays. La diversification des filières agricoles fait partie des priorités de ces stratégies qui visent également à répondre au besoin croissant de sécurité alimentaire des populations. Le Plan National d'Investissement Agricole et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (PNIASAN) met l'accent sur la diversification agricole à travers dix filières prioritaires devant bénéficier d'investissements massifs à l'horizon 2025. La filière maïs est l'une de ces filières prioritaires. En effet, le maïs constitue la principale céréale cultivée au Bénin. Il est produit dans toutes les régions du pays, dans des conditions diverses. Sa culture représente 78,3 % de toute la production céréalière et 52,6 % du total des emblavures en 2015 (MAEP, 2017). Première base alimentaire des Béninois, plus de 70 % des populations du Sud et du Centre-Bénin se nourrissent quotidiennement du maïs et est intégré à plus de 60 % dans les provendes de volailles en aviculture intensive (MAEP, 2017). Ainsi, la filière maïs est la 1ère filière jouant un rôle très capital dans la sécurité alimentaire et la 2ème filière qui apporte plus de revenus aux ménages ruraux (Yabi *et al.*, 2016).

Cependant, malgré cette importance dans le développement socioéconomique du pays, la filière maïs est confrontée à d'énormes difficultés dont la résolution s'avère indispensable afin de lui permettre de jouer pleinement et durablement son rôle. En effet, la production du maïs a certes connu un accroissement, passant de 1 286 060 tonnes en 2015 à 1 580 750 tonnes en 2020, soit un taux de croissance annuel moyen de 4,21 % ces cinq dernières années. Mais cet accroissement est dû plus à l'augmentation des superficies qu'à celle des rendements. Les emblavures de maïs sont passées de 1 003 715 ha à 1 470 250 ha au cours de la même période, soit un taux de croissance annuel moyen de

7,93 %, pendant que le rendement a chuté en passant de 1 281 kg/ha en 2015 à 1075 kg/ha en 2020, soit un taux de croissance annuel moyen de -3,45 % (MAEP, 2021). Dans le département du Borgou en particulier, les mêmes tendances sont observées au cours de la même période avec un accroissement de la production (de 202 712 tonnes à 231 950 tonnes) et de la superficie (de 137 501 ha à 179 231 ha) mais une chute du rendement passant de 1 474 kg/ha en 2015 à 1 294 kg en 2020. Il existe donc un réel problème de productivité car le rendement potentiel du maïs est estimé à plus de 3 t/ha pour les variétés de maïs améliorées promues au Bénin (MAEP, 2017). L'amélioration de la production ne réside pas obligatoirement dans l'augmentation des facteurs de production notamment la superficie. Une meilleure gestion des ressources productives disponibles doit être privilégiée. Il est donc important d'explorer les possibilités d'améliorer le niveau d'efficacité technique des producteurs du maïs au Bénin.

Les faibles rendements obtenus par les producteurs s'expliquent par le fait que la plupart des exploitants agricoles ont très peu recours aux intrants améliorés et s'adonnent à des pratiques d'exploitation minière qui accentuent la dégradation des ressources naturelles (MAEP, 2017 ; Sikirou *et al.*, 2019). Selon Sohinto et Akoha (2011), cette situation tient du fait que très peu de filières céréalières sont organisées et bénéficient de mécanismes appropriés d'approvisionnement en intrants. Outre les difficultés d'accès aux intrants et leur conséquence de faible productivité, la filière maïs est caractérisée par une faible organisation des acteurs, les difficultés d'accès aux crédits et aux marchés d'écoulement. Les producteurs pour des besoins financiers bradent leur produit à la récolte car n'ayant pas la possibilité de recourir aux services bancaires classiques (Tassou et Gandonou, 2019). Les institutions formelles de crédit sont réticentes à financer les filières agricoles, à cause de l'incertitude de l'environnement agricole (risques climatiques, catastrophes naturelles) et de l'absence de dispositions en matière d'assurance agricole (MAEP, 2011). Dans un tel contexte, l'accès au financement adapté, aux intrants de qualité et l'organisation de la commercialisation apparaissent ainsi comme des leviers importants de développement de la filière maïs au Bénin en général et dans le département du Borgou en particulier.

C'est ainsi que le warrantage du maïs a été développé avec l'appui de divers projets dont au départ le projet d'Appui au Développement des Communes et aux Initiatives locales (ADECOI) puis par la suite le Projet d'Appui à la Décentralisation, à la Déconcentration et au Développement économique (PA3D), le Projet Intrants Non-Coton (PINC), le Programme d'Appui au Secteur du Développement Rural (PASDeR) à travers l'Union Départementale des Producteurs (UDP) du Borgou et des Systèmes Financiers Décentralisés (SFD) dont SIA N'SON Microfinance et les Caisses Locales de Crédit Agricole et Mutuel (CLCAM). Le warrantage est une approche de financement où les paysans, à travers leurs organisations de producteurs (OP), offrent en garantie leurs produits stockés dans un magasin sécurisé jusqu'à la soudure, pour obtenir des prêts auprès des institutions de micro finance (IMF), afin de mener des activités génératrices de revenu (AGR), d'acheter les intrants ou de faire face à leurs obligations sociales et financières (Sossou et Codjo, 2020). Le prêt peut être en espèce ou en nature à travers la mise en place des intrants agricoles (Egah *et al.*, 2016). Le warrantage, en permettant aux producteurs d'avoir un accès plus facile au crédit, aux innovations agricoles et aux intrants spécifiques pourrait leur permettre d'améliorer leur productivité. On s'attend donc à une amélioration du niveau d'efficacité technique des producteurs du maïs qui participent au warrantage dans le Borgou. Malheureusement, peu d'informations existe sur l'efficacité technique des producteurs du maïs qui participent au warrantage au Bénin. Cette étude vient combler ce gap et contribue à la littérature sur le warrantage. Elle a donc pour objectif de faire une analyse comparative du niveau d'efficacité technique des producteurs du maïs participants et non participants au warrantage et de déterminer les facteurs qui influencent cette efficacité.

MATERIELS ET METHODES

ECHANTILLONNAGE ET COLLECTE DES DONNEES

Les données utilisées dans cette étude étaient issues d'une enquête menée en 2021 auprès des producteurs du maïs dans le département du Borgou au Nord-est du Bénin. Ce

département est situé entre 8°90' et 10°20' latitudes Nord et entre 1°80' et 3°70' longitudes Est. Il couvre une superficie de 25 856 km² (23 % du territoire national) dont 13 962 km² de terres cultivables (54 % de la superficie totale du Département). Il comprend huit (8) communes : Kalalè, N'dali, Pèrèrè, Nikki, Sinendé, Bembèrèkè, Parakou et Tchaourou.

L'échantillon de cette étude était composé de deux groupes de producteurs. Il s'agit du groupe des producteurs participant au warrantage appelé groupe des bénéficiaires et du groupe des producteurs ne participant pas au warrantage appelé ou groupe des non bénéficiaires. Trois communes d'étude ont été sélectionnées grâce à la technique d'échantillonnage par probabilité proportionnelle à la taille mesurée par le nombre de producteurs ayant participé au warrantage de maïs au moins au cours des deux dernières campagnes (2019-2020 et 2020-2021) dans chaque commune. Le choix de ces deux campagnes se justifiait par le souci d'avoir des données récentes sur l'activité de warrantage auprès des bénéficiaires encore actifs. Les trois communes sélectionnées étaient les communes de Kalalé, Sinendé et Nikki. Au sein des trois communes, 13 villages bénéficiaires du warrantage ont été recensés et ont été systématiquement pris en compte du fait que la population des bénéficiaires au niveau de chaque village était faible. Ainsi, la taille de l'échantillon était de 314 producteurs dont 157 bénéficiaires et 157 non bénéficiaires. Les bénéficiaires étaient ceux recensés dans les 13 villages et systématiquement enquêtés. Au niveau des non bénéficiaires, la méthode d'échantillonnage aléatoire simple a été utilisée pour sélectionner, par village, le nombre de producteurs non bénéficiaires à enquêter. Avec la technique d'échantillonnage utilisée, l'échantillon n'était pas auto-pondéré. Le poids d'une unité (producteur) sélectionnée était alors l'inverse de la probabilité de cette unité d'appartenir à l'échantillon. La moyenne des variables d'intérêt était une moyenne arithmétique pondérée et non une moyenne arithmétique simple.

Les données collectées grâce à un questionnaire structuré conçu sur le logiciel Kobocollect, concernaient les caractéristiques socio-économiques et démographiques du producteur, le système de production du maïs, la participation du producteur au warrantage, les facteurs de production et leur prix, le produit obtenu et sa commercialisation.

METHODES D'ESTIMATION DE L'EFFICACITE TECHNIQUE

Selon Farrell (1957), l'efficacité technique est réalisée lorsque, pour un niveau donné de production, il est impossible d'obtenir une quantité produite plus importante avec les mêmes quantités d'intrants. Autrement dit, c'est la capacité de l'entreprise à se situer sur la frontière des possibilités de production. Dans le cas contraire, l'entreprise opère sous sa frontière de production. Dans ces conditions, elle est techniquement inefficace. La littérature renseigne sur plusieurs méthodes d'évaluation de l'efficacité de production. Elle débute généralement par l'estimation d'une frontière de production. Farrell (1957) suggère d'utiliser deux types de frontière de production. Ce qui a conduit au développement de deux approches : l'approche paramétrique et celle non-paramétrique.

L'approche non-paramétrique

Cette approche ne spécifie pas d'une manière analytique particulière la frontière, mais plutôt les propriétés formelles que l'ensemble de la production est supposé satisfaire. Elle présente la particularité de n'imposer aucune forme fonctionnelle à la fonction de production, la fonction de coût ou de profit. L'une des méthodes non paramétriques les plus utilisées est la méthode d'Analyse par Enveloppement Des données (en anglais « Data Envelopment Analysis », DEA). Cette méthode est bien adaptée à la mesure de l'efficacité relative des firmes quand plusieurs inputs sont utilisés pour produire plusieurs outputs et mieux, elle la rend possible quand la technique de production est incertaine ou inconnue (Savi, 2009). Elle est par ailleurs très sensible aux observations extrêmes, qui sont en grande partie responsable de la détermination de cette fonction (Coelli *et al.*, 2005). Cette approche ne prend pas en compte les variations aléatoires qui pourraient influencer l'efficacité ou l'inefficacité des exploitations (Kpenavoun *et al.*, 2017) ; elle n'est donc pas convenable au secteur agricole où les effets aléatoires sont parfois légiens.

L'approche paramétrique

Quant à cette approche, elle suppose que l'on sache spécifier correctement la fonction de production ou de coût, qui peut être de type Cobb-Douglas ou Translog. Deux types de frontières sont distingués : la frontière

déterministe et la frontière stochastique. Dans l'approche paramétrique, la nature des écarts entre la production observée et la production maximale différencie les frontières stochastiques des frontières déterministes (Albouchi *et al.*, 2005). Le choix entre la frontière stochastique et la frontière déterministe est purement optionnel. Il dépend du chercheur. Selon Albouchi *et al.* (2005), la différence serait basée sur les hypothèses concernant les résidus. Certains chercheurs supposent que tout écart observé est uniquement dû à l'inefficacité du producteur, et ils qualifient la frontière de nature déterministe. Si en revanche, les chercheurs estiment que les écarts sont expliqués à la fois par l'inefficacité du producteur et par des éléments aléatoires qui échappent au contrôle de l'exploitant, on dit que la frontière de production ou de coût est de nature stochastique. C'est pour cette raison que la frontière de production stochastique est abondamment utilisée en économie agricole (Kpenavoun *et al.*, 2017). Le type de frontière choisi dans cette étude a été la frontière de production stochastique. Selon Kumbhakar *et al.* (2015), un modèle de frontière de production stochastique pour la mesure de l'inefficacité technique axée sur les niveaux de production peut être spécifié comme suit :

$$\ln y_i = \ln y_i^* - u_i, \quad u_i \geq 0 \quad (1)$$

$$\ln y_i^* = f(x_i; \beta) + v_i, \quad (2)$$

Où i désigne une exploitation agricole, représente la production de l'exploitation i , y_i^* la production frontière (production maximale possible), x_i est un vecteur de J inputs (facteurs de production), β est un vecteur de J coefficients associés à x_i , v_i est le terme d'erreur aléatoire associé aux facteurs de production qui ne sont pas sous le contrôle de l'exploitation agricole comme l'environnement économique, les variations climatiques, les inondations, l'invasion d'oiseaux dévastateurs, etc., aux erreurs de mesure et toute erreur statistique, et $u_i \geq 0$ représente l'erreur aléatoire traduisant l'inefficacité technique, en termes de production de l'exploitation i . peut être positive ou négative. L'équation (2) définit la fonction frontière de production stochastique. Pour chaque niveau de x , la frontière donne le niveau maximal possible de production, et cette frontière est stochastique en raison de v_i . Etant donné que $u_i \geq 0$, les niveaux de production observés (y_i) sont au-dessous de la fonction frontière (y_i^*). Il est parfois plus pratique d'écrire le modèle sous la forme suivante :

$$\ln y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon_i, \quad (3)$$

$$\varepsilon_i = v_i - u_i \quad (4)$$

Où est le terme d'erreur encore appelé terme d'erreur composé. Le terme spécifié au niveau de l'équation (1) est la différence logarithmique entre la production maximale et la production réelle ou observée c'est-à-dire

($u_i = \ln y_i^* - \ln y_i$), donc $u_i \times 100\%$ est le pourcentage par lequel la production observée peut être augmentée en utilisant les mêmes niveaux de ressources productives si l'exploitation agricole était entièrement efficace. En d'autres termes, $u_i \times 100\%$ est le pourcentage de la production qui est perdue en raison de l'inefficacité technique de l'exploitation agricole i . La valeur estimée de u_i est la mesure de l'inefficacité technique axée sur les niveaux de production; une valeur de u_i proche de 0 signifie que l'exploitation i est presque entièrement efficace. En réorganisant l'équation (1), on a :

$$\exp(-u_i) = \frac{y_i}{y_i^*} \quad (5)$$

Par conséquent $\exp(-u_i)$ est le rapport de la production observée sur la production maximale possible. Ce rapport mesure le niveau d'efficacité technique de l'exploitation i . Comme $u_i \geq 0$, le rapport est compris entre 0 et 1, une valeur égale à 1 implique que l'exploitation est pleinement efficace sur le plan technique. La valeur de $\exp(-u_i) \times 100\%$ est le pourcentage de la production maximale qui est produite par l'exploitation agricole i .

$$\ln(\text{PRODi}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{SUPi}) + \beta_2 \ln(\text{SEMi}) + \beta_3 \ln(\text{ENGi}) + \beta_4 \ln(\text{PESTi}) + \beta_5 \ln(\text{TRAVi}) + \beta_6 \ln(\text{COUT}) + V_i - U_i \quad (8)$$

avec :

- β_0 : constante à estimer ;
- PRODi : quantité totale de maïs récoltée par le producteur i au cours de la campagne agricole 2020-2021, elle est exprimée en kilogrammes (kg) ;
- SUPi : superficie emblavée pour le maïs par le producteur i au cours de la campagne agricole 2020-2021, elle est exprimée en hectares (ha) ;
- SEMi : quantité de semence utilisée par le producteur i pour la production du maïs au cours de la campagne agricole 2020-2021, elle

La procédure en une étape a été préférée pour étudier les influences exogènes sur l'efficacité comme tenu des propriétés statistiques indésirables de l'approche en deux étapes. Cette procédure estime, par la méthode du maximum de vraisemblance, les paramètres de la relation entre l'inefficacité technique et les variables explicatives socio-économiques z_i conjointement avec tous les autres paramètres du modèle de mesure de l'inefficacité technique axée sur les niveaux de production.

La procédure en une seule étape tient compte des influences exogènes sur l'inefficacité en paramétrant la fonction de distribution de u_i comme une fonction de variables exogènes (z_i) qui sont susceptibles d'affecter l'inefficacité. Le modèle à estimer est le suivant :

$$\ln y_i = f(x_i; \beta) + v_i - u_i, \quad (6)$$

$$\text{Avec } u_i = \delta_i z_i + w_i \quad (7)$$

Le vecteur z regroupe l'ensemble des variables qui sont supposées déterminer l'efficacité technique; δ est le vecteur de paramètres inconnus à estimer; w_i est un terme aléatoire suivant $N(0, \sigma^2)$.

SPECIFICATION EMPIRIQUE DU MODELE

Puisque l'approche de frontière stochastique a nécessité une forme fonctionnelle particulière, les résultats d'estimation ont montré que le modèle de type Cobb-Douglas était plus adapté aux données disponibles. La fonction de production de type Cobb-Douglas se présente comme suit :

est exprimée en kg ;

- ENGi : quantité d'engrais minéraux (NPK et urée) utilisée par le producteur i pour la production du maïs au cours de la campagne agricole 2020-2021, elle est exprimée en kg ;
- PESTi : quantité de pesticide (herbicides et insecticide) utilisée par le producteur i pour la production du maïs au cours de la campagne agricole 2020-2021, elle est exprimée en litre ;
- TRAVi : quantité de travail utilisée par le producteur i pour la production du maïs au cours de la campagne agricole 2020-2021, elle est exprimée en hommes-jours et représente la somme de la main-d'œuvre utilisée pour exécuter

toutes les opérations culturales, elle prend en compte la main-d'œuvre salariée permanente, la main-d'œuvre salariée occasionnelle, la main-d'œuvre familiale et l'entraide ;

- $COUT_i$: Ensemble des coûts fixes (amortissement et location d'équipements) supportés par le producteur i pour la production du maïs au cours de la campagne agricole 2020-2021, exprimés en FCFA ;

- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ et β_6 sont les paramètres à estimer ;

- $i = 1, 2, \dots, n$ (n étant la taille de l'échantillon) ;

- V_i est le terme d'erreur aléatoire et ;

- U_i est le terme d'erreur qui traduit l'inefficacité technique du producteur i .

est donné par :

$$U_i = \delta_0 + \delta_1 WARRANTAGE_i + \delta_2 SEXE_i + \delta_3 AGE_i + \delta_4 EDUCATION_i + \delta_5 CONSEIL_i + \delta_6 SEMENCE_i + \delta_7 GROUPEMENT_i + \delta_8 TAILLE_i + \delta_9 TAILLE_2_i + \delta_{10} CREDIT_i + \delta_{11} FERTILITE_i + \delta_{12} BOO_i + \delta_{13} BARIBA_i + \delta_{14} INFORMATION_i + W_i \quad (9)$$

avec $i = 1, 2, \dots, n$ (n étant la taille de l'échantillon) et W_i le terme d'erreur habituel.

La méthode du maximum de vraisemblance a été utilisée, à l'aide du logiciel STATA15, pour obtenir les paramètres des frontières de production (σ, γ et les β), les scores d'efficacité technique et les coefficients des déterminants.

La définition et les statistiques des variables introduites dans le modèle d'analyse des déterminants de l'inefficacité technique sont présentées dans les tableaux 1a et 1b.

L'analyse de ce tableau a montré que la moitié des producteurs avait accès au warrantage (50 %) et la seconde moitié n'avait pas accès au warrantage (50 %). L'activité de production de maïs était dominée à 92 % par les hommes. La taille moyenne des ménages était de 10 personnes pour les deux groupes. Agés en moyenne de 41 ans soit 38 ans chez les

bénéficiaires et 43 ans chez les non bénéficiaires, les producteurs du maïs avaient en majorité un niveau d'instruction faible. En effet, seulement 37 % des producteurs avaient reçu une éducation formelle. 47 % des producteurs avaient reçu de conseil sur les itinéraires techniques de production de maïs au cours des deux dernières campagnes agricoles (2019-2020 et 2020-2021). Parmi les bénéficiaires, 23 % avaient reçu de crédit en dehors du warrantage contre 31 % parmi les non bénéficiaires. En moyenne, les producteurs avaient utilisé 86 % de semences améliorées et avaient 31 % de leurs terrains de maïs fertiles. En ce qui concerne l'appartenance à un groupement, 55 % des producteurs appartenaient à un groupement de producteurs de produits agroalimentaires en dehors du warrantage. Deux ethnies dominaient dans la zone d'étude : le Boo et apparentés (22 %) et le Bariba et apparentés (69 %). La majorité des producteurs disposait d'un moyen d'information.

Tableau 1a : Statistiques descriptives des variables qualitatives du modèle d'inefficacité technique.
Descriptive statistics of categorical variables in the technical inefficiency model.

Variables	Description	Type de variable	Signe attendu	Groupes de producteurs		Test t Pr (T > t)
				Bénéficiaires	Non bénéficiaires	
WARRANTAGE	Participation au warrantage	Dichotomique : 1 si le producteur a participé au warrantage et 0 sinon	(-)	50	50	100
SEXE	Sexe du producteur	Dichotomique : 1 si le producteur est de sexe masculin et 0 sinon	(-)	85,39	97,73	91,56 0,003***
EDUCATION	Education formelle	Dichotomique : 1 si le producteur a reçu une éducation formelle et 0 sinon	(-)	40,52	33,05	36,78 0,378
CONSEIL	Conseil sur les Itinéraires Techniques de Productions (ITK)	Dichotomique ; 1 si le producteur a reçu de conseil sur ITK au cours des campagnes agricoles (2019-2020 et 2020-2021) et 0 sinon.	(-)	44,84	48,17	46,51 0,705
GROUPEMENT	Appartenance à un groupement de producteurs hors du warrantage	Dichotomique : 1 si le producteur est membre d'un groupement de producteurs hors warrantage et 0 sinon	(-)	60,54	49,49	55,02 0,221
CREDIT	Accès au crédit hors warrantage	Dichotomique : 1 si le producteur a obtenu un crédit hors warrantage et 0 sinon.	(-)	22,67	30,96	26,82 0,265

Tableau 1a : Suite

Variables	Description	Type de variable	Signe attendu	Groupes de producteurs		Test t Pr (T > t)
				Bénéficiaires	Non bénéficiaires Ensemble	
BOO	Groupe socioculturel Boo et apparentés	Dichotomique : 1 si le producteur est du groupe socioculturel et Boo et apparentés et 0 sinon.	(-)	29,19	14,56	21,87
						0,012**
BARIBA	Groupe socioculturel Bariba et apparentés	Dichotomique : 1 si le producteur est du groupe socioculturel Bariba et apparentés et 0 sinon.	(-)	62,60	75,64	69,13
						0,068*
AUTREETHNIE*	Groupe socioculturel du producteur ; autre	Dichotomique : 1 si le producteur est d'un autre groupe socioculturel autre que Boo et apparentés et Bariba et apparentés et 0 sinon.	(-)	8,21	9,80	9,00
						0,731
INFORMATION	Possession d'un moyen d'information	Dichotomique ; 1 si le producteur possède au moins un moyen d'information et 0 sinon.	(-)	96,49	98,88	97,69
						0,058*

* Variables prises comme références, elles ne sont pas prises en compte dans l'estimation du modèle mais sont utilisées dans l'interprétation des résultats.

* significatif à 10 % ; ** significatif à 5 % ; *** significatif à 1 %

Source : Auteurs (Enquête 2021)

Tableau 1b : Statistiques descriptives des variables quantitatives du modèle d'analyse des déterminants de l'inefficacité technique.*Descriptive statistics of quantitative variables in the in the technical inefficiency model.*

Variables	Description	Type de variable	Signe attendu	Groupes de producteurs			Test t Pr (T > t)
				Bénéficiaires	Non bénéficiaires	Ensemble	
AGE	Age du producteur	Quantitative continue	(-)	38,44 (0,94)	43,86 (1,74)	41,15(1,05)	0,007***
SEMENCE	Pourcentage de semence améliorée utilisée	Quantitative continue	(-)	0,84 (0,03)	0,87 (0,03)	0,86 (0,02)	0,385
TAILLE	Taille du ménage	Quantitative continue	(-)	11,10 (0,70)	10,61 (0,66)	10,86 (0,48)	0,611
FERTILITE	Pourcentage de superficie de terrain de maïs fertile	Quantitative continue	(-)	0,39 (0,05)	0,22 (0,05)	0,31 (0,04)	0,018**

() : Ecart-type ; ** significatif à 5 % ; *** significatif à 1 %

Source : Auteurs (Enquête 2021)

RESULTATS

NIVEAU D'EFFICACITE TECHNIQUE DES PRODUCTEURS DU MAÏS

Le tableau 2 présente les statistiques descriptives des variables du modèle de la fonction frontière de production. L'analyse de ce tableau montre qu'en moyenne, les producteurs ont emblavé une superficie de 6,61 ha, soit 9,39 ha pour les bénéficiaires et 3,84 ha pour les non bénéficiaires. En moyenne, les producteurs ont utilisé 166,38 kg de semences, soit 232,74 kg pour les bénéficiaires et 100,02 kg pour les non

bénéficiaires. Les bénéficiaires ont utilisé en moyenne 1966,04 kg d'engrais minéraux contre 813,94 kg pour les non bénéficiaires. La quantité moyenne de pesticides utilisée par les producteurs s'élève à 23,61 litres, soit 32,58 litres pour les bénéficiaires et 14,63 litres pour les non bénéficiaires. En moyenne, les bénéficiaires ont utilisé 177,69 homme-jour contre 117,45 homme-jour pour les non bénéficiaires. Pour cultiver le maïs, les producteurs dépensent en moyenne 281481 FCFA pour supporter les coûts fixes. La production moyenne de maïs obtenue par producteur est de 16014,2 kg. Dans l'ensemble, les deux groupes se différenciaient au seuil de 1 % par ces sept paramètres.

Tableau 2 : Statistiques descriptives des variables du modèle de la fonction frontière de production.
Descriptive statistics of the variables of the production frontier function model.

Caractéristiques	Modalités	Groupes de producteurs			Test t Pr (T > t)
		Bénéficiaires	Non bénéficiaires	Ensemble	
PRODUCTION (kg)	Moyenne (Ecart-type)	24075,6 (2959,2)	7952,8 (896,44)	16014,2 (1783,48)	0,000***
SUPERFICIE (ha)	Moyenne (Ecart-type)	9,39 (1,21)	3,84 (0,48)	6,61 (0,72)	0,000***
SEMENCE (kg)	Moyenne (Ecart-type)	232,74 (30,12)	100,02 (14,94)	166,38 (18,39)	0,000***
ENGRAIS (kg)	Moyenne (Ecart-type)	1966,04 (271,73)	813,94 (140,87)	1391,17 (167,74)	0,000***
PESTICIDES (litre)	Moyenne (Ecart-type)	32,58 (4,26)	14,63 (1,99)	23,61 (2,54)	0,000***
TRAVAIL (homme- jour)	Moyenne (Ecart-type)	177,69 (10,44)	117,45 (12,52)	147,57 (8,51)	0,000***
COUT FIXE (FCFA)	Moyenne (Ecart-type)	371741 (47726,02)	191222,8 (23735,26)	281481,9 (28444,07)	0,001***
COUT FIXE (FCFA)	Moyenne (Ecart-type)	371741 (47726,02)	191222,8 (23735,26)	281481,9 (28444,07)	0,001***

: Ecart-type ; ***: Significatif au seuil de 1 %

Source : Auteurs (Enquête 2021)

Les résultats de l'estimation de la fonction de production frontière stochastique par la Méthode du Maximum de Vraisemblance (MMV) ont été résumés dans le tableau 3. La probabilité qui a été estimée par le test de chi-2 pour le modèle était significative au seuil de 1 % ($p = 0,0000$). Les coefficients des facteurs de production étaient tous positifs comme attendus. Les coefficients de la superficie emblavée, des engrais et du travail étaient significatifs au seuil de 1 %. Le coefficient associé à la quantité de semences était significatif au seuil de 10 %. La valeur de ces coefficients indiquait la production marginale induite par une augmentation de 1 % des intrants. En effet, si la superficie emblavée,

les quantités de semences, d'engrais et de travail utilisées augmentaient chacune de 1 %, la production totale augmenterait respectivement de 0,80 %, 0,11 %, 0,07 % et 0,12 %. La valeur du paramètre gamma obtenu (qui mesure la contribution de l'erreur due à l'inefficacité technique dans la variation de la production totale) a été de 0,81 et très proche de 1. Ainsi, seuls 19 % des écarts entre la production observée et la production potentielle des producteurs sont liés à des effets aléatoires y compris des erreurs de mesures, ce qui peut provenir de la nature des données. En conséquence, les producteurs de maïs sont principalement responsables de l'inefficacité technique observée.

Tableau 3 : Détails du modèle estimé de la fonction de production.

Details of the estimated production function model.

Facteurs	Coefficients	Erreurs-types	Valeurs de Z	Pr (> z)
La fonction de production				
Ln (Superficie)	0,804***	0,074	10,84	0,000
Ln (Semence)	0,109*	0,065	1,66	0,097
Ln (Engrais)	0,066***	0,01	6,67	0,000
Ln (Pesticides)	0,001	0,03	0,03	0,973
Ln (Travail)	0,117***	0,024	4,94	0,000
Ln (Coût-fixe)	0,01	0,009	1,02	0,309
Constante	6,732***	0,254	26,47	0,000
Sigma u	0,439	0,038		
Sigma v	0,210	0,021		
Sigma carré	0,237	0,029		
Lambda	2,088	0,054		
Gamma	0,81	0,05		
Log fonction maximum de vraisemblances	-98,254			
Prob > chi2				0,0000***

* Significatif à 10 % ; *** significatif à 1 % ;

Source : Auteurs (Enquête 2021)

La distribution des scores d'efficacité technique a été présentée dans le tableau 4. Les résultats ont montré que le score moyen d'efficacité des producteurs était 0,74 avec un score minimum de 0,22 et un score maximum de 0,95. Globalement, les producteurs de maïs du Borgou ne sont pleinement efficaces sur le plan technique. Ce qui signifie qu'ils n'opèrent pas sur la frontière de production. Ainsi, le niveau actuel de leur production annuelle qui est de 16 014 kg en moyenne pourrait être encore amélioré de 33 % avec les mêmes ressources productives. Dans l'ensemble, 233 producteurs soit 74 % des producteurs enquêtés avaient un score d'efficacité technique supérieur ou égal à la moyenne de l'échantillon. Le producteur le moins efficace gaspille énormément de ressources. Il pouvait économiser 69 % ($1 - 0,22/0,70$) ou 77 % ($1 - 0,22/0,95$) de ses ressources s'il parvenait à atteindre respectivement le niveau d'efficacité technique du producteur moyen ou celui du producteur le plus efficace de l'échantillon étudié. Quant au producteur moyen, il pouvait économiser 26 % des ressources productives s'il arrivait à atteindre le niveau d'efficacité du producteur le plus efficace de

l'échantillon.

Par ailleurs, le score moyen d'efficacité technique des bénéficiaires a été plus élevé (0,78) que celui des non bénéficiaires (0,70). La différence des scores moyens d'efficacité technique des deux groupes de bénéficiaires était significative au seuil de 1 %. Parmi les producteurs qui avaient un score d'efficacité technique supérieur ou égal à la moyenne de l'échantillon (0,74), 39 % étaient des bénéficiaires et 35 % étaient des non bénéficiaires. L'analyse des résultats a également montré que 82 % des bénéficiaires ont eu un score d'efficacité supérieur 0,70 contre 75 % des non bénéficiaires. Parmi les bénéficiaires, 33 % ont eu un score supérieur à 0,90 alors qu'au niveau des non bénéficiaires, seulement 16 % l'ont obtenu. Toutefois, en considérant les valeurs minimales et maximales des scores d'efficacité technique, le minimum le plus bas était enregistré par les bénéficiaires à savoir 0,22 contre 0,25 pour les non bénéficiaires. Les deux groupes avaient enregistré la même valeur maximale du score moyen d'efficacité technique (0,95).

Tableau 4 : Distribution des scores d'efficacité technique.

Distribution of technical efficiency scores.

Score d'efficacité technique	Nombre de producteurs		
	Bénéficiaires	Non bénéficiaires	Ensemble
≤ 0,4	2	5	7
]0,4-0,5]	4	2	6
]0,5-0,6]	8	10	18
]0,6-0,7]	14	23	37
]0,7-0,8]	28	26	54
]0,8-0,9]	49	66	115
]0,9-0,96]	52	25	77
Total	157	157	314
Moyenne (écart-type)	0,78 (0,01)	0,70 (0,02)	0,74 (0,01)
Test t Pr (T > t)		0,003***	
Minimum	0,22	0,25	0,22
Maximum	0,95	0,95	0,95

() : Ecart-type ; ***: Significatif au seuil de 1 %

Source : Auteurs (Enquête 2021)

La typologie des producteurs permet de mieux cibler les conseils agricoles à donner à chaque groupe de producteurs. Selon Chambart de Lauwe *et al.* (1963), il est souhaitable de catégoriser les producteurs en 3 groupes : groupe de tête, groupe moyen et groupe de queue. Ainsi, étant donné que tous les producteurs opèrent dans un même environnement climatique et socio-économique, le conseil agricole va exploiter les bonnes pratiques des producteurs du groupe de tête pour mieux conseiller les autres groupes notamment ceux du groupe de queue.

Trois sous-groupes de producteurs ont été constitués au sein de chaque catégorie de producteurs participants et non participants. Le sous-groupe 1 est l'ensemble des producteurs qui ont obtenu des indices d'efficacité technique strictement inférieurs au score moyen. Ils ont été qualifiés de producteurs faiblement efficaces ou producteurs de queue. Le sous-groupe 2 est l'ensemble des producteurs qui ont obtenu des indices d'efficacité technique compris entre la moyenne et 0,90 exclus. Ils ont été qualifiés de producteurs moyennement efficaces. Le sous-groupe 3 est l'ensemble des producteurs qui ont obtenu des indices d'efficacité technique supérieurs ou égaux à 0,90. Ils ont été qualifiés de producteurs hautement efficaces ou producteurs de tête.

Les résultats présentés dans les tableaux 5a et 5b ont montré, comme on pouvait s'y attendre, que plus le niveau d'efficacité technique était élevé, plus le rendement obtenu était important quel que soit le groupe de producteurs. Dans le groupe des bénéficiaires, les résultats du tableau 5a ont montré que 86 % des producteurs de tête appartenaient à un groupement de producteurs de produits agroalimentaires en dehors du warrantage alors que seulement la moitié des producteurs des deux autres sous-groupes appartenaient à ce genre de groupement. La même tendance a été observée avec le niveau d'éducation formelle. Plus de la moitié des producteurs de tête avaient un niveau d'éducation formelle alors que dans les deux autres sous-groupes à peine un tiers des producteurs avaient ce niveau d'éducation. Les producteurs de queue avaient utilisé en moyenne 229,66 kg d'engrais par ha alors que les producteurs de tête avaient utilisé 187,52 kg par ha en moyenne, soit une différence de près de 42 kg par ha. Ce résultat pouvait se comprendre car les producteurs de tête disposaient plus de terrains de maïs fertiles (56,17 %) que les producteurs de queue (29,19 %). Ainsi, les services de vulgarisation agricole pourraient conseiller aux producteurs de queue et ceux moyennement efficaces d'adhérer massivement aux groupements de producteurs des produits

agroalimentaires en dehors du warrantage pour bénéficier des innovations diffusées au sein de ces groupes et des conseils de leurs pairs. Ils pourraient également leur concevoir des programmes spécifiques de conseil agricole adapté à leur niveau d'éducation pour mieux faire passer le message et leur permettre d'améliorer leur capacité technique.

Au niveau des non bénéficiaires, les résultats du tableau 5b ont montré que les producteurs de queue et dans une moindre mesure ceux

moyennement efficaces ont utilisé plus de semences et plus d'engrais par ha et la majorité parmi eux n'avaient pas accès aux conseils sur les itinéraires techniques de production au cours des deux dernières campagnes comparativement aux producteurs de tête. Cela suppose que les services de vulgarisation de la zone d'étude devront désormais toucher un plus grand nombre de producteurs non bénéficiaires pour les conseiller sur les itinéraires techniques de production afin de les aider à mieux gérer les ressources productives disponibles.

Tableau 5a : Typologie des producteurs participants au warrantage en fonction de leur niveau d'efficacité technique.

Typology of producers participating in warrantage according to their level of technical efficiency.

Paramètres	Sous-groupe 1 [21 %, 78 %]	Sous-groupe 2 [78 %, 90 %]	Sous-groupe 3 [90 %, 96 %]	Prob > F
Pourcentage (effectif)	29,94 (47)	36,94 (58)	33,12 (52)	-
Efficacité technique moyenne (%)	65,18	83,20	92,30	0,000***
Rendement moyen (kg/ha)	2031,51 (70,01)	2756,52 (56,66)	3342,63 (80,32)	0,000***
Groupement (%)	57,97	50,46	85,69	0,085*
Quantité moyenne de semence (kg/ha)	24,83 (4,11)	24,58 (2,89)	25,28 (3,97)	0,791
Quantité moyenne d'engrais (kg/ha)	229,66 (50,47)	194,71 (48,67)	187,52 (41,37)	0,000***
Fertilité (%)	29,19	40,14	56,17	0,034**
Education formelle (%)	29,96	34,03	53,37	0,000***
Conseil sur les ITK (%)	48,76	29,54	68,61	0,309

() : Ecart-type ; * Significatif à 10 % ; ** : Significatif au seuil de 5 % ; *** significatif à 1%

Source : Auteurs (Enquête 2021)

Tableau 5b : Typologie des producteurs non participants au warrantage en fonction de leur niveau d'efficacité technique.

Typology of producers not participating in warrantage according to their level of technical efficiency.

Paramètres	Sous-groupe 1 [24 %, 70 %]	Sous-groupe 2 [70 %, 90 %]	Sous-groupe 3 [90 %, 96 %]	Prob > F
Pourcentage (effectif)	25,48 (40)	58,60 (92)	15,92 (25)	-
Efficacité technique moyenne (%)	53,85	79,61	91,53	0,000***
Rendement moyen (kg/ha)	1427,12 (94,85)	2542,30 (41,73)	3653,34 (233,94)	0,000***
Groupement (%)	48,24	49,20	70,20	0,744
Quantité moyenne de semence (kg/ha)	27,99 (7,51)	24,42 (2,79)	24,86 (3,99)	0,000***
Quantité moyenne d'engrais (kg/ha)	221,57 (95,08)	200,75 (57,24)	165,16 (59,61)	0,034**
Fertilité (%)	22,64	20,16	40,09	0,931
Education formelle (%)	42,29	26,67	35,57	0,280
Conseil sur les ITK (%)	33,30	56,92	71,55	0,036**

() : Ecart-type ; * Significatif à 10 % ; ** : Significatif au seuil de 5 % ; *** significatif à 1%

Source : Auteurs (Enquête 2021).

DETERMINANTS DE L'INEFFICACITE TECHNIQUE DES PRODUCTEURS

Le tableau 6 présente les résultats de l'estimation des facteurs déterminant l'inefficacité technique des producteurs du maïs du Borgou. Les résultats ont montré que le coefficient associé à l'accès au warrantage, au pourcentage de semence améliorée utilisée, à l'appartenance à un groupement de producteurs de produits agroalimentaires en dehors du warrantage, à la possession d'un moyen d'information (radio, téléphone portable ou télévision) et au sexe du producteur étaient significatifs soit au seuil de 10 %, 5 % ou 1 %. Ces facteurs avaient des relations positives et négatives avec l'inefficacité technique des producteurs du maïs. Ainsi, ces cinq variables étaient des déterminants de l'inefficacité technique des producteurs.

Le coefficient de la variable participation au

warrantage était négatif et montrait que les bénéficiaires du warrantage étaient plus efficaces que les non bénéficiaires. Le coefficient de la variable pourcentage de semence améliorée était négatif et montrait que l'utilisation de la semence améliorée influençait positivement l'efficacité technique des producteurs. Le coefficient de la variable appartenance à un groupement de producteurs de produits agroalimentaires en dehors du warrantage était négatif. Ce résultat indiquait que les producteurs qui appartenaient à un groupement de producteurs de produits agroalimentaires en dehors du warrantage étaient plus efficaces que les autres. Le coefficient de la variable possession d'un moyen d'information était négatif et montrait que les producteurs qui possédaient un moyen d'information étaient plus efficaces que ceux qui n'en possédaient pas. Le signe positif du coefficient de la variable sexe du producteur montrait que les femmes productrices étaient plus efficaces que les hommes.

Tableau 6 : Déterminants de l'inefficacité technique des producteurs du maïs du Borgou.

Determinants of technical inefficiency of maize producers of Borgou.

Facteurs	Coefficients	Erreurs-types	t-value	p-value
Warrantage	-0,362**	0,171	-2,12	0,034
Sexe du producteur (homme = 1 et femme = 0)	0,67*	0,379	1,77	0,077
Age du producteur	0,009	0,008	1,13	0,26
Education formelle	0,17	0,162	1,05	0,295
Conseil ITK	0,264	0,179	1,47	0,141
Pourcentage de semences améliorées	-0,473**	0,215	-2,20	0,028
Groupement	-0,971***	0,194	-5,02	0,000
Taille du ménage	0,034	0,036	0,95	0,34
Taille du ménage au carré	0,000	0,001	0,05	0,959
Accès au crédit hors warrantage	0,248	0,178	1,40	0,162
Pourcentage de terrains de maïs fertile	-0,096	0,169	-0,57	0,569
Groupe socioculturel :				
Boo et apparentés	-1,49***	0,334	-4,46	0,000
Bariba et apparentés	0,83***	0,258	3,22	0,001
Possession d'un moyen d'information	-1,315***	0,415	-3,17	0,002
Constante	-1,414**	0,681	-2,08	0,038
Nombre d'observations		314		
Prob > chi2		0,000		

* significatif à 10 % ; ** significatif à 5 % ; *** significatif à 1 %

Source : Auteurs (Enquête 2021)

DISCUSSION

L'objectif principal de cette étude était de déterminer le niveau actuel d'efficacité technique des producteurs du maïs participants et non participants au warrantage dans le département du Borgou. Les résultats montrent que le score d'efficacité technique moyen des producteurs participant au warrantage dans le Borgou est de 0,78 ; celui des non bénéficiaires est de 0,70. Ce résultat est supérieur à celui de Martey *et al.* (2019) dans leur étude sur l'impact du crédit sur l'efficacité technique des ménages producteurs de maïs au Nord du Ghana où les producteurs ayant accès au crédit (bénéficiaires) avaient un score d'efficacité technique moyen de 0,68 et ceux n'ayant pas accès (non bénéficiaires) avaient un score d'efficacité technique moyen de 0,62. Cependant, il convient d'être prudent dans l'interprétation de ces résultats car les études n'ont pas été réalisées dans le même pays et donc dans des contextes et conditions différentes. On remarque néanmoins qu'aussi bien dans l'étude de Martey *et al.* (2019) que dans celle-ci, les bénéficiaires ont un score d'efficacité technique moyen légèrement supérieur à celui des non bénéficiaires. Les résultats de cette étude montrent également que l'indice d'efficacité technique moyen des producteurs est de 0,74 avec un minimum de 0,22 et un maximum de 0,95. Les producteurs de maïs du Borgou ne sont donc pas pleinement efficaces sur le plan technique. Cela signifie qu'ils pourraient augmenter le niveau actuel de leur production en combinant les ressources productives disponibles selon les recommandations techniques.

Le niveau d'efficacité technique moyen des producteurs de maïs du Borgou est proche de celui observé par d'autres études conduites sur le maïs au Bénin. En effet, le niveau d'efficacité moyen obtenu par Toléba *et al.* (2016) dans le cadre de leur étude sur l'évaluation du niveau d'efficacité technique des systèmes de production à base du maïs est estimé à 0,80 avec un minimum de 0,37 et un maximum de 0,96. Cependant, le résultat obtenu par Aminou (2018) dans son étude sur l'efficacité technique des petits producteurs du maïs au Bénin est inférieur ; cet auteur est parvenu au résultat selon lequel les producteurs ont affiché un score d'efficacité technique moyen de 0,65 avec un minimum de 0,20 et un maximum de 0,93. Les

différences notées entre les résultats de ces deux travaux antérieurs et ceux de la présente étude pourraient s'expliquer par les différences dans la démarche méthodologique et les données utilisées dans ces études. En effet, ces auteurs ont utilisé le modèle de la frontière stochastique de production de type Cobb-Douglas mais avec la procédure en deux étapes alors que la présente étude a utilisé la procédure en une seule étape. Toléba *et al.* (2016) ont utilisé les données collectées dans 38 communes situées dans 11 départements constituant les principales zones de production de maïs au Bénin et ne prenant en compte que la commune de Tchaourou dans le département du Borgou. L'étude de Aminou (2018) a couvert six départements du centre et du Sud dont les Collines, le Couffo, le Mono, l'Ouémé, le Plateau et le Zou. Ainsi, la conduite de ces études dans les zones de production de maïs autres que celle de la présente étude pourrait expliquer les différences entre les résultats.

Cette étude visait également à déterminer les facteurs qui influencent l'efficacité technique des producteurs du maïs. Les résultats obtenus ont permis de constater que la participation au warrantage influence positivement le niveau d'efficacité technique des exploitations maïsicoles. Ce qui signifie que les producteurs participant au warrantage sont techniquement plus efficaces que les non participants, confirmant ainsi la différence significative constatée au niveau des scores d'efficacité technique moyens des deux groupes. En attendant l'utilisation d'une méthode rigoureuse d'évaluation d'impact pour confirmer cette relation, on pourrait dire que la participation au warrantage améliore l'efficacité technique des producteurs. Ainsi, cette étude montre que le warrantage est utile et mérite d'être renforcé. En dehors de la participation au warrantage, l'étude a permis d'identifier d'autres facteurs à effets variables qui déterminent l'efficacité technique des producteurs du maïs. Les résultats ont révélé que l'utilisation de la semence améliorée influence positivement l'efficacité technique des producteurs. Les producteurs qui utilisent les semences améliorées sont donc plus efficaces que les producteurs qui utilisent les semences locales. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les semences améliorées donnent de meilleurs rendements par rapport aux semences locales. Ces résultats sont conformes à ceux de Kpenavoun *et al.* (2018) et Aminou (2018). Les exploitants qui appartiennent

à un groupement de producteurs de produits agroalimentaires en dehors du warrantage sont plus efficaces que ceux qui ne le sont pas. Ce résultat est conforme à celui trouvé par Nuama (2006) où l'appartenance à un groupement économique améliore l'efficacité technique des productrices de manioc en Côte-d'Ivoire. Quant à la possession d'un moyen d'information, les résultats montrent que les producteurs qui disposent d'au moins un moyen d'information (radio, télévision ou téléphone portable) sont plus efficaces que ceux qui n'en disposent pas. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les producteurs qui disposent d'au moins un de ces moyens ont plus accès aux nouvelles. Cela influence sans doute leur accès aux informations sur les marchés des intrants et des produits agricoles ainsi qu'à des conseils agricoles plus variés. En conséquence, ils pourront mieux faire face aux contraintes liées à la production agricole. Cette étude a également permis de mettre en évidence que les femmes sont plus efficaces techniquement que les hommes. En effet, à travers le warrantage les femmes bénéficient également du crédit pouvant leur permettre d'accéder plus facilement aux facteurs de production. Ne disposant pas de grandes superficies, ces femmes pourraient mieux entretenir leur exploitation et améliorer leur efficacité technique par rapport aux hommes qui emblavent de grandes superficies dans la zone d'étude. Cependant, ce résultat n'est pas conforme à celui trouvé par Choukou *et al.* (2017) au Tchad et Aminou (2018) au Bénin où les hommes producteurs de maïs étaient techniquement plus efficaces que les femmes.

Cette étude a certes permis de mettre en évidence le niveau d'efficacité technique des producteurs de maïs, de comparer les résultats entre les groupes de producteurs participants et non participants au warrantage et de montrer que le warrantage est une bonne innovation mais elle ne permet pas d'apprécier l'impact réel du mécanisme de warrantage sur ce niveau d'efficacité technique obtenu par les producteurs de maïs bénéficiaires. Une autre étude complémentaire s'avère donc nécessaire pour mesurer la contribution du warrantage à l'efficacité technique des producteurs du maïs dans la zone d'étude. Par ailleurs, l'absence des données de panel sur les bénéficiaires du warrantage est une autre limite de cette étude.

CONCLUSION

La présente étude a permis de mesurer le niveau d'efficacité technique des producteurs du maïs du Borgou et d'identifier les déterminants de leur inefficacité technique. Au terme des investigations, il ressort que les producteurs du maïs de cette région du Bénin ont un score moyen d'efficacité technique de 0,74. Ces producteurs ne sont pas pleinement efficaces sur le plan technique. Le niveau actuel de leur production annuelle qui est de 16 014 kg en moyenne pourrait être encore amélioré de 33 % avec les mêmes ressources productives. Le niveau d'efficacité technique des producteurs participant au warrantage est de 0,78. Cela est supérieur à celui des producteurs qui ne participent pas au warrantage qui est de 0,70. Quant à l'analyse des déterminants de l'inefficacité technique des producteurs, elle montre que la participation au warrantage, l'utilisation de la semence améliorée de maïs, l'appartenance à un groupement de producteurs de produits agroalimentaires en dehors du warrantage et la possession d'un moyen d'information améliorent l'efficacité technique des producteurs dans la zone d'étude.

Ces résultats suggèrent que le warrantage a eu un impact positif sur le niveau d'efficacité technique des bénéficiaires mais seule une évaluation d'impact avec une méthode appropriée pourrait permettre de connaître l'ampleur des effets du warrantage sur les exploitations agricoles étudiées. Ils impliquent également que la politique d'organisation et de structuration des producteurs en coopératives conduite par les Agences Territoriales de Développement Agricole (ATDA) et autres acteurs de développement agricole doit être poursuivie et renforcée pour susciter l'adhésion d'un plus grand nombre de producteurs aux coopératives et/ou pour la création de nouvelles coopératives. Toutefois, ces coopératives loin d'être des associations de circonstance doivent être bien accompagnées et suivies pour éviter leur mauvaise gouvernance et leur disparition. Les coopératives doivent être encadrées afin qu'elles offrent des services économiques de qualité aux membres en l'occurrence la facilitation de l'accès aux semences améliorées car l'utilisation des semences améliorées

influent positivement l'efficacité technique des producteurs. Le renforcement de la communication sur les systèmes de production agricole à travers les moyens d'information (radio, téléphone portable ou télévision) peut être exploité.

REFERENCES

- Albouchi L., Bachta M. and F. Jacquet. 2005. Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes. Actes de séminaire Euro-méditerranéen, Sousse, Tunisie, 19 p.
- Aminou F.A.A. 2018. Efficacité technique des petits producteurs du maïs au Bénin. *Euro. Sci. J.* 14 (19): 1857 – 7431.
- Battese G.E. and T.J. Coelli. 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Emp. Eco.* 20 (1): 325-332.
- Choukou M.M., Zannou A., Biao G. and B. Ahohuendo. 2017. Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du maïs au Kanem-Tchad. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 5 (2): 200-209.
- Chombart de Lauwe, J., Poitevin J. and J.C. Tirel. 1963. *Nouvelle gestion des exploitations agricoles.* Paris, Dunod, 507 p.
- Coelli T.J, Rao D.S.P. and G.E. Battese. 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis.* USA, Springer, 341 p.
- Egah J., Baco M.N. and C.R. Tossou. 2016. Déterminants de l'adoption des formes de warrantage du maïs au Bénin. *Sci. Tech. Sci. Nat. Agro.* 71-85.
- FAO BENIN. 2012. *Cadre de Programme Pays (2012-2015).* Cotonou, Bénin, 18 p.
- Farrell M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. *J. Roy. Stat. Soci. Seri. A.* 120 (3): 253-290.
- Kpenavoun C.S., Gandonou E. and N. Fiogbe. 2017. Mesure de l'efficacité technique des petits producteurs d'ananas au Bénin. *Cah. Agric.* 26 (2) :1-6.
- Kpenavoun C.S., Okry F., Santos F. and D.J. Hounhouigan. 2018. Efficacité technique des producteurs de soja du Bénin. *Ann. Sci. Agron.* 22 (1): 93-110.
- Kumbhakar S., Wang H. J. and A. P. Horncastle. 2015. *A Practitioner's guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata:* Cambridge University Press.
- MAEP. 2011. *Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole.* République du Bénin. Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche. 115 p.
- MAEP. 2017. *Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) 2025 et PNIASAN 2017 – 2021,* Cotonou, Bénin, 132 p.
- MAEP. 2021. *Évolution de la production de maïs – statistiques de production végétale au Bénin de 1995 à 2020.* Direction de la statistique Agricole /Service Statistique et études de production végétale, Cotonou, Bénin.
- Martey E., Wiredu P.M. and J.K.M. Kuwornu. 2019. The impact of credit on the technical efficiency of maize-producing households in Northern Ghana. *Agric. Fin. Rev.* 79 (3): 304-322.
- Nuama E. 2006. Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte d'Ivoire. *Éco. Rur.* 39-53.
- Savi A.D. 2009. *Analyse de la rentabilité financière et de l'efficacité économique de la production du crinrin (Corchorus olitorius) dans la vallée du Mono.* Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies (DEA). FSA/UAC, Bénin Agron. 136 p.
- Sikirou R., Nakouzi S., Adanguidi J. and J. Bahama. 2020. *Manuel technique de protection du maïs en culture et en stockage au Bénin.* FAO/ INRAB. Cotonou, Bénin, 96 p.
- Sohinto D. and S. R. Akoha. 2011. *Améliorer l'accès des producteurs de maïs aux intrants agricoles de qualité à prix abordable.* Etude sur les options institutionnelles et pratiques, FUPRO Bénin, 80p.
- Sossou, C. H. and V. Codjo. 2020. Socio-economic Evaluation of the Warrantage Mechanism in North Benin (West Africa): Case of the Maize and Rice Producers. *J. Agric. Sci.* 12(5): 167– 179.
- Toléba S.M., Biao G., Zannou A. and A. Saïdou. 2016. Evaluation du niveau d'efficacité technique des systèmes de production à base de maïs au Bénin. *Euro. Sci. J.* 12 (27) : 1857 –7431.
- Yabi A. J., Bachabi F. X., Labiyi A. I., Odé A. C. and L. R. Ayéna. 2016. Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(2): 779-792.