

**JOURNAL OF APPLIED ECONOMICS AND
MANAGEMENT OF ORGANIZATIONS
(JAEMO)**

***REVUE D'ECONOMIE APPLIQUÉE ET DE
GESTION DES ORGANISATIONS
(REAGO)***



ISSN 1987-1694

Vol. 1 – N° 2 – Jun / Juin 2025

Email : jaemoeditor@gmail.com

Online : www.lread.ml



<http://esjindex.org/search.php?id=7919>



<https://www.ascidatabase.com/masterjournalist.php?v=17501>

EDITORIAL LINE

Journal of Applied Economics and Management of Organizations (JAEMO) publishes scientific manuscripts in the field of economics and management sciences as well as in very close fields. Nowadays, economics and management sciences have progressed a lot to the point that they have made alliances with neighboring sciences. This journal aims to promote very specialized, original and innovative scientific research.

Currently, the journal publishes in two languages: French and English. The JAEMO journal is biannual (one issue in June and the second in December). The articles to be published by the journal must deal with a very clear problem in the fields as defined above, present the conceptual framework, the well-provided methodology, the quality data with rigorous treatment and the results that can contribute to scientific research and applied policies.

Theoretical articles are also welcome as long as they indicate the modeled stylized facts and the intuitions on advanced theories. These types of manuscripts must demonstrate advanced conceptualization and use rigorous methodological tools to pave the way for future empirical verifications. In any case, the journal remains very demanding on scientific rigor.

PUBLICATION AND FORMAT

The journal is published in electronic and paper versions under the ISSN 1987-1694 twice a year. The online version is available in PDF format in the form of the complete volume or offprints. The edited version is in A4 format.

LIGNE EDITORIALE DE LA REVUE

Journal of Applied Economics and Management of Organizations (JAEMO) publie les manuscrits scientifiques dans le domaine des sciences économiques et de gestion ainsi que dans les domaines très proches. De nos jours, les sciences économiques et de gestion ont beaucoup progressé au point qu'elles ont fait des alliances avec les sciences voisines. Cette revue se veut faire la promotion de la recherche scientifique très pointue, originale et innovante.

Actuellement, la revue publie dans deux langues qui sont le français et l'anglais. La revue JAEMO est semestrielle (un numéro le mois de juin et le second en décembre). Les articles à publier par la revue doivent porter sur une problématique très claire dans les domaines tels que définis ci-dessus, présenter le cadre conceptuel, la méthodologie bien fournie, les données de qualité avec un traitement rigoureux et les résultats pouvant contribuer à la recherche scientifique et aux politiques appliquées.

Les articles théoriques sont aussi les bienvenus pour autant qu'ils indiquent les faits stylisés modélisés et les intuitions sur des théories avancées. Ces types de manuscrits doivent faire preuve d'une conceptualisation avancée et user d'outils méthodologiques rigoureux pour ouvrir la voie à des vérifications empiriques futures. En tout état de cause, la revue reste très exigeante sur la rigueur scientifique.

PARUTION ET FORMAT

La revue paraît en version électronique et en version papier sous l'ISSN 1987-1694 deux fois par an. La version en ligne est disponible en format PDF sous forme du volume complet ou des tirés à part. La version éditée est en format A4.

SCIENTIFIC COUNCIL ECONOMIC SCIENCES

CONSEIL SCIENTIFIQUE SCIENCES ECONOMIQUES

Pr Ahmadou Aly MBAYE, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Birahim Bouna NIANG, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Maman Nafiou MALAM MAMAN, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Jean-Jacques EKOMIE, Université Omar Bongo ; Pr Adama DIAW, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Gilbert Marie Aké N'GBO Université Félix Houphouët Boigny ; Pr Kimséyinga SAVADOGO, Université Thomas SANKARA ; Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA ; Pr Noel THIOMBIANO, Université Thomas SANKARA ; Pr Omer COMBARY, Université Thomas SANKARA ; Pr Youssoufou HAMADOU DAOUDA, Université Djibo HAMANI ; Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi ; Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi ; Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé ; Pr AKLESSO Egbendewe-Mondzozo, Université de Lomé ; Pr Akilou AMADOU, Université de Lomé ; Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Ousmane Papa KANTE, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako.

ECONOMIC SCIENCES READING COMMITTEE

COMITE DE LECTURE SCIENCES ECONOMIQUES

Pr Birahim Bouna NIANG, Université Cheikh Anta Diop ; Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA ; Pr Noel THIOMBIANO, Université Thomas SANKARA ; Pr Omer COMBARY, Université Thomas SANKARA ; Pr Maman Nafiou MALAM MAMAN, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Youssoufou HAMADOU DAOUDA, Université Djibo HAMANI de Tahoua ; Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi ; Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi ; Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé ; Pr AKLESSO Egbendewe-Mondzozo, Université de Lomé ; Pr Akilou AMADOU, Université de Lomé ; Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop ; Pr PILO Mikémina, Togo, Université de KARA ; Pr Ndiack FALL, Université Cheikh Anta Diop ; Pr MOHAMED BELLO Ibrahim, Université Djibo HAMANI ; Pr LOKONON Kounagbè Odilon Boris, Université de Parakou ; Pr ZOUNGRANA Tibi Didier, Université Thomas SANKARA.

SCIENTIFIC COUNCIL MANAGEMENT SCIENCES

CONSEIL SCIENTIFIQUE SCIENCES DE GESTION

Pr Tidjani Bassirou, Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; Pr Augustin Anassé Adja Anassé, Université de Bouaké ; Pr Nadédjo Bigou-Lare, Université de Lomé ; Pr El Bachir Wade, Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; Pr Serge Francis Simen Nana, Université Cheik Anta Diop de Dakar ; Pr Zakari Yaou KAKA, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako ; Pr Bertrand Sogbossi Bocco, Université de Parakou ; Pr Jean Paul Mamboudou, Université Omar Bongo de Libreville ; Pr Emmanuel Hounkou, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Judith B. Glidja, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Rosaline Worou H., Université d'Abomey-Calavi ; Pr Karima Sylla Doucouré, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Yao Messah Kounetsron, Université de Lomé ; Pr Mamadou Toe, Université Thomas Sankara de Ouagadougou ; Pr Jean-Max Kono Abe, Université de Yaoundé II ; Pr Adama Tahirou Younoussi Meda, Université Djibo Hamani de Tahoua ; Pr Birahim Gueye, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Seydou Sané, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Balibié Serge Auguste Bayala, Université Ouaga II ; Pr Boubacar Baïdari, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Désirée Altante Biboum, Université de Douala ; Pr Raphaël Nkakleu, ESSEC de Douala ; Pr Fatou Diop Sall, Université Gaston Berger de Saint Louis.

MANAGEMENT SCIENCES READING COMMITTEE

COMITE DE LECTURE SCIENCES DE GESTION

Pr Serge Francis Simen Nana, Université Cheik Anta Diop de Dakar ; Pr Yaou Zakari Kaka, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako ; Pr Boubacar Baidari, Université Abdou Moumouni de Niamey ; Pr Balibié Serge Auguste Bayala, Université Ouaga II ; Pr Désirée Altante Biboum, Université de Douala ; Pr Judith Glidja, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Karima Sylla Doucouré, Université d'Abomey-Calavi ; Pr Birahim Gueye, Université Gaston Berger Saint Louis ; Pr Yao Messah Kounetsron, Université de Lomé ; Pr Raphaël Nkakleu, ESSEC de Douala – Tsotso Kouévi, Université de Lomé ; Pr Djaoudath Alidou, Université de Parakou ; Pr Tanko A. Tankpé, Université de Kara ; Pr Fatou Diop Sall, Université Gaston Berger de Saint Louis ; Pr Augustin Anassé Adja Anassé, Université de Bouaké ; Pr Nadédjo Bigou-Lare, Université de Lomé ; Pr El Bachir Wade, Université Cheikh Anta Diop de Dakar ; Pr Houdou Attikou Diallo, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako ; Pr Amara Nimaga, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako

PUBLICATION DIRECTOR / DIRECTEUR DE PUBLICATION

Issoufou SOUMAILA MOULEYE, Maître de Conférences Agrégé

EDITORIAL TEAM / EQUIPE DE REDACTION

Dr Amadou BAMBA, Dr Boubacar KAMISSOKO, Dr Abdoulaye MAÏGA, Dr Abdoulaye Soumaïla MOULAYE, Dr Yaya SIDIBE, Dr Souaïbou Samba Lamine TRAORE, Dr Abdoulaye N'Tigui KONARE, Dr Aminata S. Coulibaly, Dr Khalid DEMBELE, Dr Kadia CISSE, Dr Bakary BERTHE, Dr Bakary KONE, Dr Sidiki KOUMA.

TECHNICAL TEAM AND SECRETARIAT

EQUIPE TECHNIQUE ET SECRETARIAT

Djimé Silamakan DIAWARA

Sékouba KONARE

Fousseyni BAGAYOGO

Souleymane KONATE

Ibrahim Ahmadou TOURE

© *Journal of Applied Economics and Management of Organizations*

SUMMARY / SOMMAIRE

Titres et Auteurs / Titles and Authors	Pages
<p>Analysis of Gender Inequalities in Financial Inclusion in Mali <i>Analyse des Inégalités de Genre en Matière d'Inclusion Financière au Mali</i> Falingué KEITA - Madou CISSE - Diakalidia KOUYATE</p>	1-12
<p>Analyse des facteurs de motivation à l'adhésion à la mutuelle de santé au Burkina Faso <i>Analysis of the motivating factors for membership in the health mutual in Burkina Faso</i> Issa SARAMBE et Moïse KABORE</p>	13-32
<p>La relation causale entre croissance économique, croissance démographique et dette publique au Niger <i>The causal relationship between economic growth, population growth and public debt in Niger</i> Dr ISSOUFOU Oumarou et Dr SOULEYMANE Boubacar</p>	33-44
<p>Efficacité technique des producteurs céréaliers au Mali <i>Technical efficiency of cereal producers in Mali</i> Kadia CISSE - Youssoufou HAMADOU DAOUDA – Issoufou SOUMAILA MOULEYE - Omer COMBARY</p>	45-63
<p>La fiscalité foncière locale, un potentiel de ressources pour réussir la décentralisation au Mali <i>Local property taxation, a potential resource for successful decentralization in Mali</i> Dr. SORY IBRAHIMA DIT SERIBA SAMAKE - Dr. Youba NIMAGA – M. Amadou ANNE</p>	64-82



Efficacité technique des producteurs céréaliers au Mali

Technical efficiency of cereal producers in Mali

1. Kadia CISSE, *Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako*, dkadiacisse@yahoo.fr
2. Youssoufou HAMADOU DAOUDA, *Université de Tahoua (Niger)*
3. Issoufou SOUMAILA MOULEYE, *Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako*
4. Omer COMBARY, *Université Thomas Sankara, Burkina Faso.*

Soumis le 20 / 02 / 2025

Accepté le 11 / 06 / 2025

Publié le 25 / 07 / 2025

Résumé

Cet article analyse les déterminants de l'efficacité technique des exploitants céréaliers au Mali. Il mobilise l'approche de la frontière stochastique, en spécifiant une fonction de production Translog, à partir de données secondaires en coupe transversale issues de l'Enquête Agricole de Conjoncture Intégrée de 2017 (EAC-I-2017). L'échantillon étudié comprend 17 474 producteurs répartis sur l'ensemble des régions du pays, à l'exception de Kidal et des nouveaux découpages administratifs. Les résultats révèlent un score moyen d'efficacité technique de 97 %, indiquant que les producteurs mobilisent en moyenne 97 % de leur potentiel productif dans la culture céréalière. Par ailleurs, l'analyse des facteurs explicatifs met en évidence que le statut matrimonial, le niveau d'éducation et les précipitations annuelles moyennes contribuent significativement à la réduction de l'inefficacité technique. En revanche, l'âge, le sexe et les transferts de fonds issus de la migration n'ont pas d'effet significatif sur l'efficacité des producteurs.

Mots clés : *Efficacité technique, production céréalière, Mali.*

JEL : *Q1, O1, O13*

Abstract

This paper investigates the determinants of technical efficiency among cereal farmers in Mali. A stochastic frontier approach is employed, specifying a Translog production function using cross-sectional secondary data from the 2017 Integrated Agricultural Survey (EAC-I-2017). The dataset includes 17,474 producers from various regions of Mali, excluding Kidal and the newly created administrative divisions. The results show an average technical efficiency score of 97%, indicating that, on average, farmers utilize 97% of their production potential in cereal cultivation. Furthermore, the analysis identifies marital status, education level, and average annual rainfall as significant factors contributing to the reduction of technical inefficiency. Conversely, age, gender, and remittances from migrants are found to have no significant impact on farmers' efficiency.

Key words: *Technical efficiency, cereal production, Mali.*

JEL : *Q1, O1, O13*

Introduction

Toute activité économique nécessite la combinaison optimale d'input pour la réalisation efficiente des résultats escomptés d'output. Dans la théorie micro-économie, l'efficience technique est réalisée si, pour une production donnée, il est impossible d'obtenir une quantité d'output plus importante avec les quantités d'input utilisées. Le concept d'efficience trouve son origine dans l'œuvre de Koopmans (1951) et modélisé pour la première fois par Farrell (1957) à travers son étude sur la mesure de l'efficacité productive. Dans le contexte agricole, les inputs représentent la terre, la main d'œuvre, divers intrants et semences, la technologie, le climat ainsi que des équipements agricoles. Ainsi, l'efficacité est définie dans le contexte rural, comme étant la capacité d'un ménage agricole à maximiser sa production à partir d'un ensemble d'intrants donnés (Atkinson et Cornwell, 1994).

Bien que le secteur agricole joue un rôle économique important, sa modernisation et sa diversification restent limitées en raison de divers facteurs tels que le climat, le niveau d'éducation des ménages, etc. Du point de vue climatique, la non maîtrise et la dégradation du sol, la forte variabilité du climat contribuent à la réduction du rendement. A ce facteur, s'ajoute celui de l'éducation. L'agriculture malienne est caractérisée par un faible niveau d'éducation des chefs de ménage agricole avec seulement environ 12% qui ont fréquenté l'école formelle (CPS/SDR, 2019), tandis qu'en moyenne, les chefs de ménages non agricoles qui sont allés à l'école formelle ont un actif de 10 ; 15 années d'études. Cette situation est révélatrice de la dichotomie créée entre le succès scolaire et la pratique de l'agriculture (CPS/SDR, 2019). Ainsi, ce handicap, devient une véritable entrave à la modernisation et à la diversification de l'agriculture. La théorie économique du capital humain indique que les talents acquis par le biais de l'éducation agissent sur la productivité agricole de deux (02) manières : (i) Ils réduisent les inefficacités techniques et allocutives en termes de production ; (ii) Les personnes éduquées sont les réceptives aux nouvelles technologies ou techniques culturelles. Des études montrent qu'il existe une corrélation entre le taux d'éducation et la production agricole (Savadogo, et al., 2016; Onphanhdala, 2009; Zonon, 2008). A cette caractéristique, s'ajoute un certain nombre de contraintes telles que, le climat, la non maîtrise de l'eau avec des sols fortement dégradés¹ suivi du faible rendement de certaines zones, la qualité médiocre de la production chez certains producteurs, la non disponibilité à temps des intrants, l'insuffisance de matériels de post récolte et enfin le manque d'infrastructures de stockage et de conservation.

Par ailleurs, l'appui aux exploitations pour les intrants agricoles reste limité surtout en ce qui concerne les équipements agricoles. En effet, seulement 1,2 % des exploitations ont bénéficié de ces équipements selon l'EAC-2017. La même source indique que l'accès aux semences améliorées est limité (29,98%) ; ce qui est une cause importante de la faiblesse des rendements. Tenaye (2020) montre que les intrants et les semences ont une influence positive sur la production des petits exploitants en Ethiopie.

Les problèmes cités ci-dessus font que la production et l'efficacité restent des défis majeurs aussi bien au niveau des ménages qu'au niveau national. En ce qui concerne les ménages, ils ne dégagent pas assez de surplus pour le marché et restent confiner à une agriculture de subsistance pour la grande majorité d'entre eux qui ne dégagent que des revenus agricoles modestes ; ce qui crée un cercle vicieux potentiel de pauvreté. C'est dans ce cadre, que s'insère cette étude

¹ La superficie moyenne des exploitations agricoles qui reposent sur des sols sableux est de 48.20 % des terres cultivées sur une superficie cultivée moyenne totale d'environ 7 ha pour l'ensemble du pays. 0, 65% superficies de terres exploitées dans le pays sont en jachère et le caractère sableux des terres maliennes la rende plutôt vulnérable au phénomène de l'érosion (EAC-2019).

qui cherche à analyser les déterminants de l'efficacité technique des producteurs des cultures céréalières notamment, le riz, le mil, maïs et le sorgho.

L'intérêt de cette étude sur les exploitations céréalières repose sur le fait que la production de ces céréales représente un poids économique non négligeable surtout dans les zones rurales. Plus de la moitié de la population productrice cultive des céréales et représentent 5 à 8% de l'emploi dans le pays (FAO, 2014). Ces céréales contribuent aussi à hauteur de 5% du PIB et représentent près de 15% des parts de la consommation au Mali (FAO, 2022). Aussi, l'apport majeur de cette étude est l'introduction des variables transferts de fonds des migrants et le climat dans les variables sociodémographiques des exploitants agricoles. En effet, le milieu rural est confronté à un véritable problème qui est celui de l'exode rurale causé le plus souvent soit par les questions économiques, sécuritaires et changement climatique. De ce fait, ces migrants espèrent que ces fonds peuvent avoir un comportement d'assurance pour leurs familles.

Le reste s'articule autour de quatre (04) sections. La première fait le point de la revue de littérature sur la relation entre l'efficacité technique et la production agricole, la deuxième section fait ressortir la méthodologie d'approche de la recherche, la troisième section présente les résultats et discussions de l'estimation des déterminants de l'efficacité technique, la quatrième tire les conclusions et les implications du présent travail en termes de politiques économiques.

1. Revue de littérature sur l'efficacité technique et la production agricole

La mesure du niveau d'efficacité technique d'une quelconque exploitation passe par l'estimation de la frontière de production ou du coût indiquant les points de la quantité maximale ou du coût minimum. Ainsi, la littérature indique une variété de méthodes d'estimation de la frontière de production. Ces méthodes peuvent être classées selon la forme prévue de la frontière, selon la nature et les propriétés supposées de l'écart entre la production observée et la production optimale (Albouchi, et al., 2007).

1.1. Revue théorique sur la notion d'efficacité technique

Le cadre théorique de l'efficacité est lié à plusieurs théories. Tout d'abord, nous avons la théorie économique, elle présente l'économie comme étant un régime de concurrence, du libre jeu des entrées et des sorties du marché portant en lui les mécanismes de rétablissement de la compétitivité des entreprises. Ensuite la théorie micro-économie associe l'efficacité technique à la théorie d'optimisation. Cette optimisation peut se faire selon deux possibilités. D'une part, le producteur agricole maximise sa production sous la contrainte des facteurs de productions disponibles, constituant la frontière du côté de la production (Debreu, 1951 ; Koopmans, 1951). D'autre part, il peut minimiser ses coûts de production sous la contrainte de la technologie et le prix des inputs sur le marché, caractérisant la frontière des coûts.

Leibenstein (1966), dans sa démarche de l'inefficacité-X a remis en cause cette théorie d'optimisation. Selon cette démarche les entreprises qui ne sont pas soumises à la concurrence, du fait qu'elles ne sont pas incitées à minimiser leur coût de production peuvent entraîner une baisse des profits par rapport aux profits théoriques en situation de concurrence. Aussi L'unité de production est incapable de collecter, stocker et traiter l'ensemble des informations dont elle peut disposer ; elle n'identifie pas la meilleure solution, mais s'arrête sur celle qui satisfait aux critères de sa propre rationalité (Combarry et Savadogo, 2014). Leibenstein n'était pas seul à remarquer cette problématique. Dans ses études sur les industries suédoises, le Professeur Eric Lundberg cite le cas de l'aciérie de Horndal, qui a été laissée en activité sans aucun nouvel investissement en capital ou changement technologique, et dont l'entretien et le remplacement

ont été réduits au minimum, alors que la production par heure-homme a augmenté de 2% par an (Leibenstein H. , 1966). Il affirme que d'après ses entretiens avec les industriels et des techniciens, le déséquilibre sous-optimal en ce qui concerne la technologie et l'utilisation de stock de capital est un aspect profondément important à tout moment ».

De nombreuses études empiriques ont été effectuées dans plusieurs domaines pour pouvoir quantifier le niveau exact de l'efficacité que les producteurs ou les exploitants sont capables d'atteindre. Dans notre cas, nous mentionnerons plus les écrits sur le secteur primaire que les autres.

1.2. Revue empirique sur la notion de l'efficacité et la production agricole

De nombreuses études se sont intéressées à l'efficacité technique en utilisant soit la méthode Analyse par Enveloppement des Données (DEA) (Padilla-Fernandez et Nuthall, 2009 ; Ndiaye, 2018) ou la méthode de Frontière Stochastique (Shehu, et al., 2007 ; Alam, et al., 2012 ; Combarry et Savadogo, 2014 ; Tenaye, 2020). Elles admettent les unes après les autres que les facteurs socio-économiques notamment, l'âge, le niveau d'éducation, la taille de la famille, la taille de l'exploitation, la qualité de la terre, utilisation du crédit, le sexe, déterminent l'efficacité technique des producteurs agricoles.

En 2015, Fosso Djoumessi a effectué une analyse sur les petits exploitants de légumes. Les scores totaux d'efficacité technique par la méthode DEA pour un échantillon de 100 exploitants suggèrent que 79% des exploitants peuvent améliorer les volumes produits sous la contrainte des ressources disponibles. Parmi les déterminants de l'efficacité, la taille du ménage, le niveau d'éducation et l'accès aux crédits contribuaient significativement à l'efficacité technique des exploitants pour les caractéristiques du producteur. Concernant les caractéristiques des exploitations, seule la variable service de vulgarisation influençait significativement l'efficacité technique des exploitants. Des résultats similaires ont été obtenus dans les provinces de Turkey sur les cultures maraîchères respectivement Bozoğlu et Ceyhan, (2007).

Nuama (2006) a évalué l'efficacité technique des agriculteurs des cultures vivrières. Il ressort de son analyse que les producteurs sont en moyenne techniquement efficaces dans les cultures vivrières considérées. Par conséquent, les indices moyens d'efficacité technique sont respectivement de 0,88 pour l'igname et 0,80 pour le manioc. Il a constaté que la taille du ménage, l'accès à la vulgarisation et au crédit sont des déterminants majeurs de l'amélioration de l'efficacité de ces agricultrices. Des études similaires ont été effectuées au Nigeria (Ohajanya et al., 2006). A la différence de Nuama (2006), le niveau moyen d'inefficacité technique était de 61,5% avec une large fourchette de 21,24 à 98,13 pour cent. Les principaux déterminants de l'inefficacité technique étaient l'éducation, la taille du ménage, la taille de l'exploitation, l'accès au crédit, les contacts avec les services de vulgarisation, l'expérience agricole et l'utilisation de la main-d'œuvre familiale.

Au Mali, Diamouténé, et al. (2018) ont analysé l'efficacité technique des producteurs du sorgho. Les données révèlent que le score moyen d'efficacité technique des producteurs de sorgho est de 0.67 (soit 67%) dans la zone d'analyse. L'efficacité est déterminée par l'éducation, l'âge du producteur et l'équipement motorisé. Dans la même perspective des études similaires ont obtenu les mêmes résultats avec les cultures du maïs et du riz (Dlamini et al., 2012 ; Gedara, et al., 2012 ; Oladimeji et Abdulsalam, 2013 ; Ataboh, et al., 2014 ; Ngom, et al., 2016 ; Regmi, et al., 2016). Une étude similaire et récente a été faite au Mali dans l'Office du Niger. Il ressort de cette étude que les facteurs de production à savoir le travail, les engrais, les semences et la superficie sont tous significatifs et positifs. Quant aux variables d'efficacité, l'expérience, l'équipement, l'appartenance à une organisation paysanne et la location sont identifiés

comme des déterminants de l'efficacité technique des riziculteurs et le niveau d'instruction, le genre et l'âge, ils n'ont aucun effet sur l'efficacité technique. Des résultats similaires ont été obtenus par Shehu, et al. (2007) au Nigéria et Tung (2013) au Vietnam. Dans le même registre de rizicole, une étude réalisée au Ghana constate que les effets d'inefficacité technique sont liés aux variables exogènes (Adinku, 2013).

2. Méthodologie de l'analyse de l'efficacité technique et ses déterminants

2.1. Analyse théorique de l'efficacité technique des producteurs

Le cadre théorique de la présente étude repose sur l'approche paramétrique des frontières de production stochastiques. Ce choix découle de certaines réalités associées au secteur agricole. Des études démontrent que les différents chocs aléatoires non contrôlables par les producteurs tels que les invasions, une négligence de manipulation et une sortie défectueuse ou endommagée, les frontières de types stochastiques semblent plus appropriés. La fonction de production de frontières stochastiques de façon générale fut d'abord proposée par Aigner et Chu (1968) ; Afriat (1972) et Richmond (1974) reprise par Aigner, et al. (1976) qui ont apporté une « structure plus d'erreur plus raisonnable » que celle « purement unilatérale » ensuite Aigner, et al., (1977) ; Meeusen et Broeck (1977) qui font l'objet de plusieurs études (Battese, 1992 ; Coelli, 1995 ; Lévêque et Roy, 2004 ; Hasnain, et al., 2015 ; Coulibaly, et al., 2017).

La fonction de production se présente comme suit :

$$y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

$$\text{avec } \varepsilon_i = v_i + u_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

Avec y_i le niveau de production possible pour l'entreprise de l'échantillon i , $f(x_i, \beta)$ est une fonction appropriée (Coob Douglas ou Translog) du vecteur x_i , d'entrées pour la i -ième entreprise et un vecteur, β représente les paramètres inconnus à estimer, ε_i est une variable aléatoire non négative associée aux facteurs spécifiques à l'entreprise qui contribue à ce que la i -ième entreprise n'atteigne pas le maximum efficacité de la production et le N représente le nombre d'entreprises participant à une enquête transversale sur le secteur.

u_i , est la variable aléatoire non négative qui représente le déficit stochastique des sorties de la production la plus efficace (Battese et Coelli, 1995). Par conséquent, elle détermine la nature de l'inefficacité technique de l'entreprise et implique que la variable aléatoire a des valeurs comprises entre zéro (0) et un (1). Autrement dit, elle est supposée être indépendamment et identiquement distribuée troncature de la distribution semi normale $N(0, \sigma_u^2)$ et également distribuée de v_i . v_i , représente l'erreur symétrique en faisant référence à des facteurs incontrôlables liés au processus de production. Il s'en suit donc, que la production possible y_i est limitée ci-dessus par la variable aléatoire non stochastique, autrement dit, déterministe. Par conséquent, le modèle est appelé comme une fonction de production déterministe (Battese & Coelli, 1995).

L'efficacité technique est donnée par la formule suivante :

$$TE_i = \frac{Y}{Y^*} = \frac{y_i \text{réalisé}}{y_i \text{max}} = \frac{f(X_i, \beta) \exp(v_i - u_i)}{f(X_i, \beta) \exp(v_i)} = \exp(-u_i) \quad (3)$$

$$\text{Et celui de l'inefficacité se présente comme suit : } u_i = \delta_0 + \sum_{r=1}^R \delta_r z_r + \omega_i \quad (4)$$

Où z_r correspond aux variables explicatives de l'inefficacité technique ; δ_r représente le vecteur de paramètres inconnus à estimer des déterminants de l'efficacité et ω_i le terme d'erreur aléatoire indépendant.

2.2. Description des variables et Sources des données

Les données proviennent de l'Enquête Agricole de Conjoncture Intégrée (EAC-I-2017) aux conditions de vie des ménages, de leurs caractéristiques tout en mettant l'accent sur les activités agricoles. Elle a été réalisée par la Cellule de Planification et de Statistique du Secteur de Développement Rural (CPS/SDR) du Mali, en collaboration avec l'Institut National de la Statistique (INSTAT) et avec l'appui de l'étude sur la Mesure des niveaux de vie (LSMS) de la Banque Mondiale dans le cadre du projet LSMS-ISA financé par l'USAID par le biais de son programme Feed the Future.

Tableau 1 : Les variables et leurs définitions

Variables	Définitions	Mesures	Type de variable
Output			
Y_i	Production céréalière	Kilogramme	Variable continue
Inputs (variables expliquant la production)			
X_1	Superficie de la terre cultivable	Hectares	Variable continue
X_2	Main d'œuvre familiale (Travail)	Homme/nombre de jour	Variable continue
X_3	Quantité de semence utilisée	Kilogramme	Variable continue
X_4	Quantité d'engrais « NPK » utilisée	Kilogramme	Variable continue
X_5	Quantité d'engrais « urée » utilisée	Kilogramme	Variable continue
X_6	Quantité de pesticides utilisée	Litre	Variable continue
X_7	Quantité de fongicide utilisée	litre	Variable continue
X_8	Quantité d'herbicides utilisée	litre	Variable continue
Variables explicatives de l'inefficacité			
Age	Chef d'exploitation agricole	Année révolue	Variable continue
Sexe	Sexe du chef d'exploitant		Variable binaire (1=homme et 0 si autrement)
Statmat	Statut matrimonial de l'exploitant	Etat civil	Variable binaire Codée « 1 » si l'exploitant est marié et « 0 » autrement
Niveduc	Niveau de scolarisation du chef d'exploitant		Variable binaire Codée « 1 » si l'exploitant a fréquenté l'école « 0 » si non
Equip	Accès du chef d'exploitant aux équipements agricoles		Variable binaire (1=Oui et 0=Non)
Tfr	Accès du chef d'exploitant aux types de transferts de fonds des migrants (Argent, bien alimentaires ou non)		Variable binaire (1=Argent et 0=Autres)
Climat	Précipitations annuelles moyenne	Millimètre	Variable continue

Source : Auteurs à partir des données des sources citées ci-dessus.

L'analyse de l'efficacité technique nécessite certains tests de spécification. Nous allons procéder à un test de spécification à l'aide du test de maximum de vraisemblance en une seule étape. Ensuite, nous estimerons la frontière de production stochastique de type translog. Les coefficients ainsi estimés des inputs construiront la forme de la fonction de production. Enfin, nous avons recours à l'estimation proprement dite des niveaux d'efficacité technique et la détermination des sources de l'inefficacité technique et inversement. Lorsqu'un signe négatif accompagne le coefficient d'une variable du modèle d'inefficacité technique, il est interprété comme étant un effet positif sur l'efficacité technique et vice versa.

Mais avant, il est primordial de vérifier si le modèle respecte les trois hypothèses suivantes :

- H_{01} : la fonction stochastique est de type Coob-Douglas ($\beta_{ij} = 0$) ;
- H_{02} : le modèle ne comporte pas d'effets inefficace ($\gamma = \delta_1 = 0 = \dots \delta_i = 0$) ;
- H_{03} : les erreurs sont non stochastiques ($\gamma = 0$).

Ces hypothèses sont ensuite testées en calculant la statistique du ratio de vraisemblance donné par la formule suivante : $\lambda = -2(\ln L_0 - \ln L_1)$ (5)

Sachant que $\ln L_0$ et $\ln L_1$ représentent respectivement les valeurs de la fonction de vraisemblance sous l'hypothèse nulle H_0 et sous l'hypothèse alternative H_1 .

Où, H_0 : pas d'inefficacité technique : $\gamma = \left(\frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}\right) = 0$ et $\sigma_u^2 = 0$, signifie que tous les termes u

sont nuls. Le paramètre λ est supposé suivre une distribution de Khi-Deux dont le nombre de degré de liberté est égal au nombre de restrictions imposées c'est-à-dire la différence du nombre de paramètres sous les deux hypothèses (le nombre des paramètres est égal à celui des paramètres supposés nuls dans l'hypothèse, pourvu que celle-ci soit vraie).

2.3. Spécification du modèle de production stochastique

Selon la littérature, les fonctions de productions stochastiques peuvent être estimées en utilisant la méthode en deux étapes et l'estimation simultanée. La méthode en deux étapes consiste à déterminer tout d'abord les indices d'efficacité à partir de l'estimation de la frontière, ensuite à les régresser par rapport aux différents facteurs soupçonnés comme déterminants de l'efficacité. En ce qui concerne l'estimation simultanée, elle consiste à estimer simultanément deux équations, l'une représentant la frontière et l'autre la relation entre les facteurs explicatifs et l'inefficience (Battese et Coelli, 1995). Dans le cadre de notre étude, nous utilisons la deuxième méthode qui est celle de la méthode simultanée.

En appliquant une fonction translog à celle de Aigner, et al. (1977) ; Battese et Corra (1977) Meeusen et Broeck (1977) et Coelli (1995), on obtient la fonction suivante :

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^j \beta_j \ln X_{ij} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^j \beta_{jk} \ln X_{ij} \ln X_{ik} + (v_i - u_i) \quad (6)$$

La forme Coob-Douglas se présente comme suit :

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j \ln X_{ij} + (v_i + u_i) \quad (7)$$

$$\text{avec } u_i = \delta_0 + \sum_{i=1}^r \delta_i Z_i + \eta_i \quad (8)$$

où \ln , logarithme-néperien ; y correspond à la production totale céréalière de l'exploitation i ; X_{ij} représente les quantités d'inputs j utilisées par la production céréalière i . Ces inputs comprennent : la terre représentée par la superficie exploitée, la semence, les engrais (urée, NPK, pesticides, fongicides et herbicides). Ces variables correspondent à l'utilisation des intrants agricoles utilisés sur des exploitations agricoles. La main d'œuvre familiale relative au temps de travail des femmes, des hommes et les enfants de plus de 15ans durant les différentes opérations culturales. Elle est évaluée en hommes/nombre de jours. Les paramètres inconnus sont représentés par les β , il représente les élasticités lorsque la fonction de production est de type Coob-Douglas. $v_i - u_i$ sont les termes d'erreurs composés avec v_i , le terme d'erreur aléatoire et u_i , le terme d'erreur qui traduit l'inefficacité technique de l'exploitant i .

Z , représente les caractéristiques socio-démographiques de l'exploitation i qui explique l'inefficacité technique des producteurs céréaliers ; δ est un vecteur paramètre inconnu à estimer. Il permet de mesurer l'impact des variables exogènes Z_i sur l'inefficacité. Le terme d'erreur aléatoire qui suit une distribution normale tronquée de moyenne nulle et de variance tronquée σ_w^2 est représenté par η_i .

3. Présentation et analyse des résultats obtenus

3.1. Analyse des statistiques descriptives

L'analyse des résultats présente tout d'abord les différents résultats des hypothèses testées, les résultats et leurs discussions. Le tableau 2 présente succinctement la moyenne et les écarts-types des variables utilisées dans l'estimation. Il indique que la production moyenne est de 98,67 kg/producteur avec un minimum de 1kg et un maximum de 1000kg. Cette production est inégalement répartie. En effet, 45,15% des producteurs ont obtenu moins d'une tonne par hectare. La superficie moyenne cultivée est de 1,72 hectares avec un minimum de 0,1088kg et un maximum 24,16 hectares. Le rendement moyen tabule autour de 57kg/ha. La moyenne utilisée/producteur pour ce qui concerne l'engrais NPK est de 2,52kg/ha soit un minimum 1kg et un maximum 400kg, celle de l'urée est de 14,03 avec un minimum de 1kg et un maximum de 400kg. En ce qui concerne les pesticides, chaque exploitant a utilisé en moyenne 1,42 litres de pesticide variant entre 1 et 64 litres. En fongicides et Herbicides, la moyenne utilisée par chaque exploitant est respectivement 3,32 litres variant entre 2 et 5 litres et 3,32 litres variant entre 1 et 40 litres. La main d'œuvre familiale utilisée est 2 par exploitation variant entre 1 et 17. L'âge moyen des exploitants moyen des chefs d'exploitation est de 22 ans variant entre 1 et 110 ans. Enfin, la quantité moyenne de semence utilisée dans le processus agricole est de 66Kg/ha avec un minimum de 1kg/ha et 23000kg/ha et celle climat, en moyenne est de 179,9mm avec un minimum de 78mm.

Tableau 2 : Statistiques descriptives des variables quantitatives

Variables	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Production (kg)	98,67	121,04	1	1000
Superficie (ha)	1,72	2,40	1	24,16
NPK (kg)	2,52	12,51	1	400
Urée (kg)	14,03	34,87	1	400
Pesticides (litre)	1,42	3,18	1	64
Fongicide (litre)	3,31	0,47	1	4
Herbicides (litre)	3,32	4,75	1	40
Age (années)	22,10	19,41	1	110
Travail (nombre)	2,483251	2,047269	1	17
Semence (kg)	66,81	792,82	1	23000
Climat	179,983	271, 2464	78	1299

Source : Auteurs, à partir des données EAC-17.

Il ressort du tableau 3, que 51% des ménages agricoles enquêtés représentent les hommes dont 36% mariés, 42% ont fréquenté l'école, 95% reçoivent de l'argent de leurs émigrés et seulement 1% dispose d'un équipement motorisé agricole.

Tableau 3 : Statistiques descriptives des variables qualitatives

Variables	Pourcentages (%)
Sexe : 1 si « homme »	51
Statut Matrimonial : 1 si « marié »	36
Education : 1 si « oui »	42
Transferts de fonds des migrants : 1 si « Argent »	95
Equipement : 1 si « oui »	2

Source : Auteurs, à partir des données EAC-17.

3.2. Résultats estimés de l'efficacité technique des producteurs agricoles

Les paramètres d'estimation de notre modèle ont été obtenus en utilisant la fonction Translog en première position, ensuite la méthode de Frontière Stochastique (tableau 14). Notre analyse débutera avec le gamma, ensuite le modèle de l'inefficacité et enfin les variables du modèle de la fonction de production.

Les résultats issus de l'estimation de gamma γ égale à 0,87% qui est significatif au seuil de 1% indiquent la présence d'inefficacité technique au niveau des agriculteurs au Mali. Cette valeur de gamma illustre que 87% de la déviation de la frontière de production sont expliqués par l'inefficacité des exploitants agricoles. Donc, les 12% restants sont liés, aux chocs exogènes aléatoires indépendamment aux exploitants agricoles.

Pour ce qui est de l'estimation du modèle d'inefficacité, il stipule que tout signe positif associé à un coefficient indique une diminution de l'efficacité et le signe négatif contribue à une diminution de l'inefficacité de l'unité de production. Ainsi, parmi les variables déterminantes du modèle de l'inefficacité, seul le statut matrimonial, l'éducation et le climat contribuent à réduire l'inefficacité technique des exploitants agricole.

Enfin, les résultats issus de la statistique de vraisemblance sont significatifs au seuil de 1%, ce qui confirme la significativité globale du modèle. Et de façon spécifique, les paramètres associés aux variables superficie, urée et herbicides seront avérées positives et significative ; indiquant que toute augmentation d'un pour cent de ces variables entraînent une augmentation de la production de exploitants. Les variables superficie, travail, le type d'engrais « urée », pesticides et herbicides se sont révélés significatives et positives au seuil de 1% également ; ce qui signifie que toute augmentation de 1% des facteurs travail, urée, pesticides et herbicides, la production augmentera de 0,44% ; 0,65% ; 0,62% et 0,31% respectivement. La variable semence a été estimée négative, par contre statistiquement significative au seuil de 1% ; ce qui stipule que toute augmentation de 1% de la variable semence, la production diminuera de 0,03%. En somme, nous constatons que la variable herbicide a un apport plus élevé dans l'accroissement de la production avec un coefficient de 0,57 suivi de la superficie de l'exploitation avec un coefficient de 0,44 et le facteur travail de 0,14.

Tableau 4 : Résultats de l'estimation des paramètres de la frontière stochastique avec les effets d'inefficacité

Variables	Paramètres	Ecart-type
Fonction de production stochastique		
Constante	5,02***	0,03
ln(superficie)	0,44***	0,01
ln(travail)	0,14***	0,04
ln(semence)	-0,03***	0,01
ln(urée)	0,65***	0,03
ln(npk)	-0,0008	0,07
ln(pesticides)	0,62***	0,10
ln(fongicide)	-0,45	0,45
ln(herbicides)	0,31***	0,07
ln (superficie) ²	0,083***	0,0053
ln(travail) ²	-0,17***	0,0343
ln(semence) ²	-0,15***	0,0032437
ln(urée) ²	0,029***	0,012
ln(npk) ²	-0,015**	0,034
ln(pesticides) ²	-0,16	0,075
ln(fongicide) ²	-0,20*	0,717
ln(herbicides) ²	1,18***	0,053
ln(superficie)ln(semence)	-0,0007	0,003
ln(superficie)ln(urée)	-0,033***	0,007
ln(superficie)ln(npk)	-0,092***	0,014
ln(superficie)ln(pesticides)	-0,12***	0,025
ln(superficie)ln(fongicide)	-0,08*	0,045
ln(superficie)lnherbicides	-0,06***	0,018
ln(superficie)ln(travail)	-0,004	0,009
ln(semence)ln(urée)	-0,056***	0,005
ln(semence)ln(npk)	0,11***	0,012
ln(semence)ln(pesticides)	0,088***	0,015
ln(semence)ln(fongicide)	0,05**	0,023
ln(semence)ln(herbicides)	-0,09***	0,0167
ln(semence)ln(travail)	0,02***	0,0078
ln(urée)ln(npk)	-0,05***	0,013
ln(urée)ln(pesticides)	0,004	0,022
ln(urée)ln(fongicide)	.053	0,10
ln(urée)ln(herbicides)	-0,002	0,017
ln(urée)ln(travail)	0,048***	0,014
ln(npk)ln(pesticides)	0,31***	0,043
ln(npk)ln(fongicide)	0,61***	0,123

Variables	Paramètres	Ecart-type
ln(npk)ln(herbicides)	-0.23***	0.028
ln(npk)ln(travail)	-0.13***	0.039
ln(pesticides)ln(fongicide)	-0.55***	0.06
ln(pesticides)ln(fongicide)	-0.55***	0.042
ln(pesticides)ln(travail)	-0.56***	0.049
ln(fongicide)ln(herbicides)	-0.13	0.07
ln(herbicides)ln(travail)	0.12***	0.035
Variations des paramètres		
Constante	0.94***	0,01
E(sigma_u) : σ_u	3,02***	0,03
sigma_v : σ_v	1,13***	0,008
Lambda : $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$	2,67	
Gamma : $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma$	0,87***	
Log-Vraisemblance	-3,311e+04***	
Nombre d'observation	17474	
Variables d'inefficacité		
Constante	0.1803512	0.5650136
Age	0.0013447	0.0035122
Sexe	0.1915751	0.1219673
Statut matrimonial	-0.1452336***	0.0364201
Education	-0.2444766*	0.1329507
Equipement	-0.3515908	0.2469557
Transferts de fonds des migrants	1.109366***	0.3217301
Climat	-0.0032555**	0.0016508
Variables	Moyenne	Maximum
Score d'efficacité	0,9777029	0,9962801

Source : Auteurs, à partir de l'estimation des données EAC-17 / ** (significativité au seuil de 5%) *** (significativité au seuil de 1%).

3.4. Discussions des Résultats

Les résultats ci-dessus émanent de l'estimation de la frontière de productions stochastiques Translog et du modèle d'inefficacité technique.

3.4.1. Résultats des estimations de la fonction de production

L'analyse de la fonction de production indique que l'exploitation agricole évolue à rendement d'échelle constant avec l'application fonctionnelle translog. Les paramètres associés aux variables à la fonction de production sont toutes positifs et significatifs au seuil de 1% indiquant ainsi, leur contribution à l'augmentation de la production des exploitants agricoles. Autrement dit, les effets moyens associés aux intrants pesticides, herbicides, urée, superficie et travail sur la production est d'environ 62% ; 65% ; 31% ; 44% ; 14% respectivement. Ce résultat est proche de ceux obtenus par Aminou (2021) et Nuama (2006). Ainsi, nous pouvons affirmer que le rendement agricole est très sensible aux variations de la quantité des engrais. De plus au Mali, l'Etat a fourni des efforts visant à promouvoir l'utilisation des engrais particulièrement les engrais minéraux favorisant l'amélioration de la production et de la productivité agricoles à travers la subvention des engrais depuis 2008-2009 par le Ministère du Développement Rural. De ce fait, dans certaines régions comme Sikasso et Tombouctou, l'engrais minéral est appliqué plus fréquemment que l'engrais organique et surtout lorsque les parcelles sont gérées par les hommes (CPS/SDR, 2019). Ce qui corrobore également avec nos résultats, vu que 51% des exploitants sont des hommes.

Pour ce qui est de la variable semence, contrairement à nos attentes, elle s'est avérée significative et négative au seuil de 1% indiquant que toute augmentation de 1% des quantités de semences entrainera une diminution de la production de 0,03%. Cela pourrait être dû à une dépendance excessive des producteurs à l'égard des anciens stocks, une sous-exploitation ou une surexploitation ou encore un espacement incorrect pouvant conduire à un surpeuplement, un non-respect de l'itinéraire de la culture, et par conséquent, un faible rendement. Des résultats similaires ont été obtenus par Bachta et Chebil (2002) ; Shehu, et al. (2007) ; Tan, et al. (2010).

3.4.2. Facteurs expliquant l'inefficacité technique des producteurs

Les déterminants de l'inefficacité sont modélisés selon les caractéristiques des producteurs et les caractéristiques des exploitants qui sont susceptibles d'influencer l'activité économique de production. Selon, Battes et Coelli. (1995), les variables susceptibles de déterminer l'efficacité d'un agriculteur sont très généralement le nombre d'années d'expérience de l'exploitant, l'accès au crédit, le niveau de scolarisation, son âge, etc. Ainsi, la présente étude identifie sept (06) facteurs susceptibles d'influencer ou d'agir sur l'efficacité des agriculteurs, ce sont, l'âge, le sexe, le statut matrimonial, le niveau d'éducation, la possession d'un équipement et les transferts de fonds des migrants.

L'analyse de l'efficacité relève que les variables âge, et transferts de fonds toutes associées au signe positif (indique qu'elles ont une influence positive sur l'inefficacité technique) et significatives respectivement au seuil de 1 à 5%, sont les déterminants de l'inefficacité des exploitants agricoles du Mali. En effet, les caractéristiques socio-démographiques du producteur influencent généralement ses décisions et ses capacités de production. Le coefficient estimé pour l'âge des exploitants dans le modèle est positif ; ce qui indique que les jeunes exploitants sont plus efficaces techniquement dans la production agricole que les exploitants plus âgés. Autrement dit, plus l'agriculteur avance en termes d'âge, moins il est efficace. Cette hypothèse a été démontrée récemment en Ethiopie sur un projet agricole montrant que les effets des inefficacités des producteurs du projet sont supposés être fonction de l'âge (Tenaye, 2020). Plutôt, Battes et Coelli (1995) ; Seyoum, et al., (1998) ; Coelli-et Fleming (2004) ; Nuama (2006) avaient obtenu des résultats similaires. De plus, contrairement aux vieux, les jeunes disposent d'une forte capacité dans la gestion de l'exploitation grâce aux ressources financières ou physiques qu'ils peuvent générer. Ils pourraient aussi être aptes à recevoir et mettre en œuvre des formations visant l'utilisation des pratiques agricoles plus modernes et productives. Par contre, certains auteurs ont démontré que l'âge peut être un facteur d'efficacité si toutefois les plus âgés disposent d'une plus grande expérience (Wozniak, 1987; Padilla-Fernandez, et al., 2009; Kamiyama, et al., 2016).

Différemment de l'âge, le statut matrimonial contribue à réduire l'inefficacité des exploitants. En Côte d'Ivoire, Nuama (2006) a obtenu le même chez les producteurs de manioc. Par contre, Mendy (2019) note sur une étude qui portait sur l'impact de variétés améliorées de riz sur l'efficacité technique des riziculteurs au Sénégal, que les agriculteurs non mariés n'étant pas sous la pression des charges familiales, seront moins incités à fournir d'efforts supplémentaires contrairement aux mariés qui doivent subvenir aux besoins de leurs familles.

Le paramètre associé au niveau d'éducation s'est avéré négatif ; ce qui stipule que le niveau d'éducation contribue à réduire l'inefficacité technique des exploitants agricoles. En effet, du point de vue de la littérature, le niveau d'éducation joue un rôle essentiel dans la performance agricole. Ohajianya, et al. (2006) ; Ngom, et al. (2016) ; Kashiwagi (2017) ; Tenaye (2020), ont évoqué le rôle positif du niveau d'éducation dans la production agricole. De plus, un agriculteur instruit dispose d'une grande capacité réceptive en terme d'accumulation des connaissances le

conduisant à une assimilation rapide et efficace face à une éventuelle formation. Aussi, les agriculteurs les plus éduqués possèdent-ils plus d'opportunité à disposer les informations nécessaires sur l'offre, la demande et les prix (Farah, 2018) ; ce qui leur permettra d'optimiser leurs rendements et de minimiser les risques liés à l'incertitude de la future production. Par contre, Battes et Coelli (1995) et Coelli et Fleming (2004) affirment qu'avec des années de scolarités plus longues, les agriculteurs ont tendance à être moins inefficaces. Cependant, d'autres travaux ont montré l'inefficacité que peut induire le niveau d'éducation dans la production agricole. Par exemple, en 2004, en Indonésie, Hasnah, et al. ont montré l'effet négatif du niveau d'éducation sur l'efficacité technique des producteurs de palmiers à huile.

En ce qui concerne le signe positif des transferts de fonds des migrants, ceci n'est pas surprenant. En effet, les envois des fonds des migrants sont plus orientés dans la consommation domestique des ménages d'origine selon les prédictions de la littérature. Ce résultat confirme ainsi la théorie de Lucas (1987) selon laquelle, les envois de fonds réduisent la production agricole. De plus, plusieurs études ont montré l'influence négative que les transferts de fonds des migrants peuvent avoir sur la production agricole (Aminou, 2021 ; Tuladhar, et al., 2014 ; Dede-wanou et Tossou, 2021). Dans le même registre, Gubert (2000) a estimé l'effet de la migration et des transferts de fonds au Mali, les résultats indiquent que ces fonds contribuaient à l'inefficacité technique des ménages agricoles. Autrement dit, plus l'assurance est fournie par les migrants, moins leurs familles sont incitées à travailler. Par ailleurs, d'autres études indiquent l'influence positive que les envois de fonds peuvent exercer sur l'efficacité du producteur agricole. Au Nigéria, Odozi1 et al. (2020) ont montré que les ménages qui disposent des migrants avaient une efficacité technique globale plus élevée en termes de production agricole qu'aux ménages non migrants au seuil de 5% grâce aux transferts de fonds reçus. Des résultats similaires ont été obtenus par Tuladhar et al. (2014) ; Fall (2018) ; Nguyen, et al. (2019) ; Kapri et Ghimire (2020). Et enfin, le signe associé au climat est négatif ; ce qui signifie que le climat a une influence positive sur l'efficacité technique des exploitants. Une étude réalisée après des petits producteurs du maïs au Bénin indique l'influence positive que le climat pourrait avoir sur la production agricole (Aminou, 2021). Par ailleurs, ce résultat sur le Mali n'est pas surprenant dans la mesure où l'agriculture dépend fortement de la pluviométrie.

4. Conclusion et implications de politiques économiques

La pratique de l'agriculture au Mali est plus tournée vers la production céréalière qui constitue une base dans la consommation alimentaire de sa population. Cependant, on assiste à une évolution en dents de scie de la production céréalière suite aux fréquentes fluctuations conduisant à l'insécurité alimentaire. Cette situation est résultante des pertes après récolte des marchés peu développés mais aussi à l'inefficacité technique des producteurs. A cet effet, la présente étude s'était fixée comme objectif fondamental d'identifier les déterminants de l'efficacité technique des exploitants dans la production des cultures céréalières. L'approche frontière stochastique a été utilisée en spécifiant une fonction de production Translog à partir des données transversales secondaires composées de 17474 producteurs repartis entre les régions du Mali à l'exception de Kidal et les nouveaux découpages. L'estimation des paramètres a fourni des résultats consistants. Au terme de nos investigations, les résultats révèlent que le score moyen d'efficacité technique des producteurs maliens est de 97%. Ce qui indique que les producteurs utilisent que 97% de leur potentiel dans la production céréalière. En revanche, l'estimation technique des 97% suggère que les producteurs ont une possibilité d'accroître leur niveau de 3% sans coûts supplémentaires. En outre, les inputs qui expliquent le niveau de la production des exploitations à 1% sont la superficie, le travail les engrais du type « NPK », les pesticides et les herbicides indiquant leur influence positive sur la production. Cependant, l'input semence contribue de façon négative à la production céréalière. Par ailleurs, les variables déterminantes de l'efficacité

technique notamment l'âge, le sexe, les transferts de fonds des migrants se sont avérés inefficaces contrairement aux variables éducation, statut matrimonial, équipement. Par conséquent, les politiques d'amélioration du score de performance doivent être basées sur le niveau d'éducation à travers des formations et subvention des équipements dans le but d'augmenter la production céréalière.

En termes d'implications de politiques économiques, nos résultats indiquent que les engrais aident les exploitants à augmenter leur production, ainsi nous suggérons un renforcement des subventions en les orientant notamment vers l'acquisition des technologies et intrants agricoles afin de renforcer la production des agriculteurs. En plus des subventions, les politiques doivent investir dans l'éducation et l'alphabétisation des producteurs. Les pratiques d'adaptations aux changements climatiques à travers la pratique de l'irrigation par exemple doivent être renforcées.

Enfin, il convient de noter qu'il existe certaines faiblesses dans notre analyse telles que l'absence des variables d'irrigation, les services de vulgarisation et l'accès à la terre, au niveau des facteurs d'inefficacité qui peuvent être pertinentes dans l'analyse des déterminants de l'efficacité technique des producteurs, les variables climatiques à travers le système d'adaptation. A cela, s'ajoute l'utilisation des données transversales d'une part et d'autre part, l'utilisation des données en panel peut être plus pertinente en termes d'effets temporels dans la variation de l'inefficacité technique. Des recherches futures peuvent désagréger la production des céréales par région pour mieux appréhender les effets des transferts de fonds des migrants.

Références

- Adinku, E. O. (2013). *Production risk and technical efficiency of irrigated rice farms in the greater Accra and Volta regions of Ghana*. University of Ghana: Department of Agricultural Economics and Agribusiness College of Agriculture and Consumer Sciences University of Ghana, Legon.
- Afriat, S. N. (1972). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review*, 13(3)568-598. <https://doi.org/10.2307/2525845>. <https://www.jstor.org/stable/252845>.
- Aigner, D. J., & Chu, S. F. (1968). On estimating the industry production function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839. <http://www.jstor.org/stable/1815535>.
- Aigner, D., Amemiya, T. J., & Poirier, D. J. (1976). On the estimation of production frontiers: maximum likelihood estimation of the parameters of a discontinuous density function. *International Economic Review*, 17(2), 377-396. <https://doi.org/10.2307/2525708>. <https://www.jstor.org/stable/2525708>.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5).
- Alam, M. F., Khan, M. A., & Huq, A. A. (2012). Technical efficiency in tilapia farming of Bangladesh: a stochastic frontier production approach. *Aquaculture International*, 20(4), 619-634. doi : 10.1007/s10499-011-9491-3.
- Albouchi, L., Bachta, M. S., & Jacquet, F. (2007). Efficacités productives comparées des zones irriguées au sein d'un bassin versant. *New Medit*, 6(3), 4-13. hal-01172856.

- Aminou, F. A. (2021). Efficacité technique des petits producteurs du maïs au Bénin. *African Economic Research Consortium* 14(19). [PB752fre.pdf](#) (227.7Ko) doi:10.19044/esj.2018.v14n19p109.<http://publication.aercafricalibrary.org/handle/123456789/2392>.
- Ataboh, O. E., Umeh, J. C., & Tsue, P. T. (2014). Determinants of technical efficiency among rice farmers in Kogi State, Nigeria. *Journal of Agriculture and Sustainability*, 6(1), 39-49.
- Atkinson, S. E., & Cornwell, C. (1994). Estimation of output and input technical efficiency using a flexible functional form and panel data. *International Economic Review*, 35(1) 245-255. <https://doi.org/10.2307/2527100>. <https://www.jstor.org/stable/2527100>.
- Bachta, M. S., & Chebil, A. (2002). Efficacité technique des exploitations céréalières de la plaine du Sers-Tunisie. *New Medit*, 3(2), 4-13.
- Battese, G. E. (1992). Frontier production functions and technical efficiency : a survey of empirical applications in agricultural economics. *Agricultural Economics*, 7(3-4), 185-208. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.1992.tb00213.x>.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics* 20, 325-332.
- Battese, G. E., & Corra, G. S. (1977). Estimation of a production frontier model: With application to the pastoral zone of Esatern Australia. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21(2), 169-179.
- Borodak, D. (2007). Les outils d'analyse des performances productives utilisés en économie et gestion : la mesure de l'efficacité technique et ses déterminants. *Cahier de Recherche*, 5, 1-16.
- Bozoğlu, M., & Ceyhan, V. (2007). Measuring the technical efficiency and exploring the inefficiency determinants of vegetable farms in Samsun province, Turkey. *Agricultural Systems*, 94(3), 649-656.
- Coelli, T. (1995). Recent development in frontier modelling and efficiency measurement. *Australian Journal of Agricultural Economics* 39(3), 219-245. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.1995.tb00552.x>.
- Coelli, T., & Fleming, E. (2004). Diversification economies and specialization efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Paqua New Guinea. *Agricultural Economics* 31(2-3), 229-239.
- Coelli, T., Rahman, S., & Thirtle, C. (2002). Technical, allocative, cost and scale efficiencies in bangladesh rice cultivation: a non parametric approach. *Journal of Agricultural Economics*, 53(3), 607-626. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2002.tb00040.x>.
- Coulibaly, A., Savadogo, K., & Diakité, L. (2017). Les déterminants de l'efficience techniques des rizculteurs de l'office du Niger au Mali. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 6(2), 88-97. doi:10.15640/jaes.v6n2a9.
- CPS/SDR. (2019). *Agriculture et sources de revenu au mali : état des lieux à partir des données de l'eac-i 2017. Mali: Un rapport par la Cellule de Planification et de Statistique du Secteur du Développement Rural (CPS/SDR) du Ministère de l'Agriculture du Mali, en*

collaboration avec l'Unité d'Etudes sur les CPS/SDR du Ministère de l'Agriculture du Mali, en collaboration.

- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 19(3), 273-292. <http://www.jstor.org/stable/1906814>.
- Dedewanou, F. A. (2021). Le Rôle des Transferts de Fonds pour la Production de Sorgh. African Economic Research Consortium, (746). PB746fre.pdf (135.9Ko). <http://publication.aercafricalibrary.org/handle/123456789/2386>.
- Diamoutene, A. K., Diakite, L., & COULIBALY, A. (2018). Seed Production and Technical Efficiency of Sorghum Farmers in Mali. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 7(1), 66-75. doi : 0.15640/jaes.v7n1a7. URL: <https://doi.org/10.15640/jaes.v7n1a7>.
- Djimasra, N. (2009). *Efficacité technique, productivité et compétitivité des principaux pays producteurs de coton* (Doctoral dissertation, Université d'Orléans).
- Dlamini, S. I., Masuku, M. B., & Rugambisa, J. (2012). Technical efficiency of maize production in Swaziland: A stochastic frontier approach. *African Journal of Agricultural Research*, 7(42), 5628-5636.
- FAO. (2014). Analyse des incitations par les prix pour le mil et le sorgho au Mali. Série de notes techniques, SAPAA, par Dembele, M., Gourichon, H., Mas Aparisi, A., Rome.
- FAO. (2022). World Food and Agriculture. Statistical Yearbook 2022. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2211en>
- Fall, K. (2018). *Transferts de fonds des migrants et dépenses de consommation des menanges de Matam*. Université Assane Seck de Ziguinchor.
- Farah, S. B. (2018). *Evaluation de l'efficacité technique des exploitations oléïles en Tunisie (cas de Chbika)* (Memoire, Université LAVAL).
- Fosso Djoumessi, Y. (2015). *Analyse de l'efficacité des petits exploitants de légumes en zone de forêt dans la région du Sud-Ouest du Cameroun*. Université de Yaoundé II-SOA: Faculté des Sciences Economiques et de Gestion.
- Gedara, K. M., Wilson, C., Pascoe, S., & Robinson, T. (2012). Factors affecting technical efficiency of rice farmers in village reservoir irrigation systems of Sri Lanka. *Journal of Agricultural Economics*, 63(3), 627-638. doi: 10.1111/j.1477-9552.2012.00343.x.
- Gubert, F. (2000). Migration, remittances and moral hazard. Evidence from the Kayes Area (Western Mali). *Centre d'Etudes et de Recherches sur le Développement International (CERDI), Etudes et Document E*.
- Haji, J. (2007). Production efficiency of smallholders' vegetable-dominated mixed farming system in eastern Ethiopia: A non-parametric approach. *Journal of African Economies*, 16(1), 1-27.
- Hasnah, & E. Fleming, Coelli, T. (2004). Assessing the performance of a nucleus estate and smallholder scheme for oil palm production in West Sumatra: a stochastic frontier analysis. *Agricultural Systems*, 79(1), 17-30. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00043-X](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00043-X).

- Hasnain, M. N., Hossain, M. E., & Islam, M. K. (2015). Technical efficiency of Boro rice production in Meherpur district of Bangladesh: A stochastic approach. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 3(2), 31-37.
- Hassan, R., & Hallam, A. (1990). Stochastic Technology in a programming framework: A generalised mean-variance farm model. *Journal of Agricultural Economics*, 41(2), 196-206.
- Kamiyama, H., Kashiwagi, K., & Mohamed, K. (2016). Technical efficiency among irrigated and non-irrigated olive orchards in Tunisia. *African Journal of Agricultural Research* 11(45), 4627-4638. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10835>.
- Kapri, K., & Ghimire, S. (2020). Migration, remittance, and agricultural productivity: Evidence from the Nepal Living Standard Survey. *World Development Perspectives*, 19, 100-198. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100198>.
- Kashiwagi, K. (2017). Technical Efficiency of Olive-growing Farms in the Northern West Bank of Palestine. *Sustainable Agriculture Research*, 6(2), (526-2676). doi:10.5539/sar.v6n2p125. pril 11, 2017 doi:10.5539/sar.v6n2p125 URL: <https://doi.org/10.5539/sar.v6n2p125>.
- Koopmans, T. C. (1951). Efficient allocation of resources. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 19(4) 455-465. <https://doi.org/10.2307/1907467>. <https://www.jstor.org/stable/1907467>.
- Leibenstein, H. (1966). Allocative efficiency vs. X-Efficiency. *American Economic Review*, 56(03), 392-415.
- Lévêque, J., & Roy, W. (2004). Quelles avancées permettent les techniques de frontière dans la mesure de l'efficacité des exploitants de transport urbain?. In *XIVèmes journées du SESAME: Séminaire d'Etudes et de Statistiques Appliquées à la Modélisation en Economie, 23, 24 et 25 septembre 2004*, UPPA: Université de Pau et des Pays de l'Adour, CATT: Centre d'analyse théorique et de traitement des données économiques. (pp. 19-p).
- Lucas, R. E. (1987). Emigration to South Africa's mines. *The American Economic Review*, 77(3), 313-330. <https://www.jstor.org/stable/1804097>.
- Mendy, V. (2019). *Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz sur l'efficacité technique des riziculteurs au Sénégal*. Centre de ressources virtuel des Rivières du Sud. Mémoire Vincent Mendy version finale.pdf (1.484Mo) <http://rivieresdusud.uasz.sn/xmlui/handle/123456789/1098>.
- Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 18(2), 435-444. <http://www.jstor.org/about/terms.html>.
- Ndiaye, M. (2018). Analyse de l'efficacité technique des exploitations agricoles familiales à Maurice. *European Scientific Journal*, 14(9), 143-160. doi: 10.19044/esj.2018.v14n9p143. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n9p143>.
- Ngom, C. A., Sarr, F., & Fall, A. A. (2016). Mesure de l'efficacité technique des riziculteurs du bassin du fleuve Sénégal. *Economie rurale* 5 (355), 91-105. <https://doi.org/10.4000/economierurale.5021>.

- Nguyen, D. L., Grote, U., & Nguyen, T. t. (2019). Migration, crop production and non farm labor diversification in rural Vietnam. *Economic Analysis and Policy* 63, 175-187. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.06.003>.
- Nuama, E. (2006). Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte d'Ivoire. *Economie Rurale* 6(256), 39-53. <https://doi.org/10.4000/economierurale.1892>.
- Odozi, J. C., Adeniyi, O., & Yusuf, S. A. (2020). Production efficiency in agriculture in Nigeria: Do migrant remittances matter?. *Економика пољопривреде*, 67(2), 315-327.
- Ohajianya, D., P.C.Obasi, & J.S.Orebiyi. (2006). Technical inefficiency and its determinants in food crops production in Imor State, Nigeria. *Journal of Agriculture and Social Research (JASR)*, 6(2). doi: 10.4314/jasr.v6i2.47011.
- Oladimeji, Y. U., & Abdulsalam, Z. (2013). Analysis of technical efficiency and its determinants among small scale rice farmers in Patigi local government area of Kwara state, Nigeria. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 3(3), 34-39.
- Onphanhdala, P. (2009). Farmer Education and Agricultura Efficiency: Evidence from Lao PDR. *Graduate School of International Cooperation Studies*, 20.
- Padilla-Fernandez, M. D., & Nuthall, P. L. (2009). Technical efficiency in the production of sugarcane in central Negros area, Philippines: an application of data envelopment analysis. *Journal of ISSAAS [International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences](Philippines)*, 15(1), 84 87-90.
- Regmi, M., Oladipo, O., & Jason, B. (2016). Efficiency evaluation of rice production in Bangladesh. *Research in Agricultural & Applied Economics* (1376). doi: 10.22004/ag.econ.229990.
- Richmond, J. (1974). Estimating the efficiency of production. *International Economic Review*, 15(2), 515-521. <https://doi.org/10.2307/2525875>. <https://www.jstor.org/stable/2525875>.
- Savadogo, K., Combary, O. S., & Akouwerabou, D. B. (2016). Impacts des services sociaux sur la productivité agricole au Burkina Faso: approche par la fonction distance output. *Mondes en Développement*, (2), 153-167.
- Seyoum, E., Battese, G., & Fleming, E. (1998). Technical efficiency and productivity of maize producers in eastern Ethiopia: a study of farmers within and outside the Sasa-kawa6Global 2000 Project. *Agricultural Economics* 19, 341-348.
- Shehu, J. F., Mshelia, S. I., & Tashikalma, A. K. (2007). Analysis of technical efficiency of small-scale rain-fed upland rice farmers in North-west agricultural zone of Adamawa state, Nigeria. *Journal of Agriculture and social sciences*, 3(4), 133-136. <http://www.fspublishers.org>.
- Tenaye, A. (2020). Technical efficiency of smallholder agriculture in developing countries: The case of Ethiopia. *Economies* 8(2), 34. <https://doi.org/10.3390/economies8020034>
- Tung, D. T. (2013). Changes in the technical and scale efficiency of rice production activities in the Mekong delta, Vietnam. *Agricultural and Food Economics*, 1(16), 1-11.
- Tuladhar, R., Sapkota, C., & Adhikari, N. (2014). Effects of migration and remittance income on Nepal's agriculture yield. *ADB South Asia Working Paper Series*, (27), 2313-5775.

- Wozniak, G. D. (1987). Human capital, information, and the early adoption of new technology. *The Journal of Human Resources*, 22(1), 101-112. <https://doi.org/10.2307/145869>. <https://www.jstor.org/stable/145869>.
- Zonon, A. (2008). The implications for Burkina Faso of the July 2008 draft agricultural modalities. *International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD)*.