

Analyse de l'efficience technique des riziculteurs de l'OPIB (Mali) sous régime de subvention.

Analysis of the technical efficiency of rice farmers in the Baguineda Irrigation Perimeter Office (OPIB) in Mali under a subsidy scheme.

Auteur 1 : DIAKITE Salim,

Auteur 2 : Dr Djigui CAMARA,

DIAKITE Salim : Doctorant à l'École Doctorale Droit- Économique-Sciences Sociales -Lettres et Arts (ED-DESSLA-Mali)

Dr Djigui CAMARA : Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR / IFRA) de Katibougou, Mali.

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : DIAKITE .S & CAMARA .D (2026) « Analyse de l'efficience technique des riziculteurs de l'OPIB (Mali) sous régime de subvention », African Scientific Journal « Volume 03, Num 37 » pp: 001 – 027.



DOI : 10.5281/zenodo.22336834
Copyright © 2026 – ASJ



Abstract

The objective of this research is to evaluate the impact of the subsidy and the technical efficiency of rice farmers in the *Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda* (OPIB). The study focused on a sample of 134 rice-farming operations benefiting from the subsidy scheme. The analyzed inputs and outputs were selected based on farm size. A stochastic production frontier estimated by the maximum likelihood method was applied. The initial microeconomic approach involved two steps: estimating the stochastic production frontier, followed by a regression of efficiency scores on a set of explanatory factors to identify potential determinants. However, this second step was omitted, as the average technical efficiency obtained was remarkably high and close to 1. Data processing and statistical analysis were performed using STATA 17, SPSS 21, CSPRO, and Excel 2012 software. The average farm size is 1.59 ha, with a minimum recorded area of 0.20 ha. In irrigated rice farming, the yield reaches 3,873 kg/ha with the subsidy, compared to 3,122 kg/ha without the subsidy. The estimations indicate that a 1% increase in labor cost leads to a -3.377% decrease in rice productivity. This coefficient is statistically significant at the 10% level, revealing that labor constitutes the most sensitive input and has a negative impact on the farmers' productivity.

Keywords: Technical efficiency, stochastic production frontier, productivity, input subsidy, Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda.

Introduction

Dans les économies en développement, le secteur agricole constitue le pilier historique de la dynamique de croissance et du développement structurel (Schultz, 1964 ; Johnston & Mellor, 1961). Néanmoins, cette activité demeure structurellement pénalisée par des niveaux de productivité globale particulièrement faibles (Gollin, Parente, & Rogerson, 2002). (Banque mondiale, 2008)¹. Le riz est l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale. Il polarise les activités de près d'un milliard de personnes dans les zones rurales des pays en développement. L'essentiel de la production mondiale du riz, soit plus de 90%, provient d'Asie. Le marché du riz est très étroit. Seul 6% de la production totale est commercialisée. La quasi-totalité est consommée sur place.

L'Afrique, qui couvre à peine plus de 10% de ses besoins, absorbe le tiers des importations mondiales.

Dans l'espace CEDEAO, le riz est une denrée stratégique pour la sécurité alimentaire et dont la demande continuera de croître au cours des prochaines années. Cette situation a fait de l'Afrique de l'Ouest un acteur important dans les marchés mondiaux du riz précisément à cause de sa part importante sans cesse croissante dans les importations mondiales de riz, qui représente 20 % du riz commercialisé sur le marché mondial. En effet, la demande, alimentée par la croissance démographique, l'urbanisation rapide, l'augmentation des revenus et les préférences des consommateurs, est supérieure à l'offre locale, ce qui crée un grand déficit.

Par conséquent, la région dépend des importations substantielles pour satisfaire 36% de sa demande de riz (Tendances rizicoles en Afrique, 2012).

Ainsi, pour accroître la production rizicole nationale et réduire les importations de riz, les gouvernements africains ont affecté d'énormes ressources à travers les subventions et les exonérations (intrants, équipements...) au cours de ces dernières années. Il apparaît donc nécessaire pour l'Afrique de l'Ouest de développer des approches innovatrices qui vont booster considérablement la production rizicole et promouvoir le commerce transfrontalier du riz local. En ce qui concerne le Mali, le Gouvernement a élaboré et mis en œuvre une Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture (SNDR) afin de résoudre le problème lié à la satisfaction des besoins en riz du pays. Toutefois pour satisfaire les besoins croissants de la population malienne, la Gouvernement compte renforcer la SNDR qui s'appuiera sur l'ensemble des systèmes de riziculture à travers des actions d'intensification qui concerneront :

¹ Banque mondiale. (2008). *Rapport sur le développement : L'agriculture au service du développement*

L'extension raisonnée des surfaces cultivées et l'utilisation des technologies adaptées (variétés améliorées, techniques culturales, contrôle des nuisibles, fertilisation, etc.) ; la réalisation de nouveaux aménagements hydro-agricoles ; le développement de la riziculture pluviale à travers la diffusion à grande échelle des variétés de riz climato intelligentes (les variétés ARICA, NERICA et SAHEL) ; l'élaboration d'un plan opérationnel d'approvisionnement en intrants agricoles et sa mise en application, consistera à mettre en relation l'ensemble des acteurs impliqués dans le schéma d'approvisionnement (Services technique, institutions financières, fabricants, importateurs, distributeurs, agro-dealer, associations et sociétés coopératives, ONG, etc.) ; la poursuite et le renforcement de la mise en œuvre du Programme National d'Equipements Agricoles ; la poursuite de la quête d'un riz de qualité compétitif.

La Politique de Développement Agricole (PDA) donne au riz un rôle moteur de croissance de l'économie. En effet le CSCRP porte le taux de croissance pour la filière riz à 7,0% en 2017. Le riz est consommé partout dans le pays. Selon les données de 2015, de la CPS/SDR, au Mali, chaque habitant consomme en moyenne 73,85 kg de riz/an. La consommation de riz qui augmente en moyenne de 7,5 % par an depuis 1995. C'est ainsi que durant la campagne 2024, l'Office du Périmètre de Baguineda a enregistré une production annuelle totale de 15 364,10 tonnes de riz paddy, alors que les besoins en riz sur le plan national sont estimés à 2,6 millions de tonnes de paddy à l'horizon 2025. Et, à cet effet, la SNDR s'est fixé comme objectif, la production de Cinq millions cinq cent mille (5 500 000) *tonnes de riz paddy par an* à l'horizon 2025,

Cette production devra d'une part, permettre de satisfaire la consommation intérieure et d'autre part, faire du Mali un pays exportateur de riz. Cette vision s'appuie sur la volonté politique du gouvernement d'aménager 200 000 ha de terres, ce qui portera à environ 632 000 ha les superficies totales aménagées pour la riziculture².

Touré et Diallo (2021). Soulignent que si les subventions favorisent une augmentation globale des volumes de production, leur impact redistributif demeure questionné. Pour éviter l'inefficience technique des riziculteurs, à majorité des petits producteurs, il est essentiel que les gouvernements interviennent principalement par le biais de subvention aux intrants pour

²Ministère de l'Agriculture du Mali. (2016). *Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture du Mali (SNDR II 2016-2025)*. Bamako : Secrétariat Général, Ministère de l'Agriculture, République du Mali, Novembre 2016.).

améliorer le secteur agricole (Ghins et al., 2017)³. L'efficacité de la riziculture est également bridée par des lacunes systémiques : la dégradation des réseaux d'irrigation et les pénuries d'eau corrélées à un sous-financement de la maintenance des ouvrages, le manque de main-d'œuvre qualifiée ainsi que l'absence d'organisations paysannes bien structurées. L'écosystème de Baguinéda fait ainsi face à une pression multidimensionnelle qui fragilise durablement les bases de la production (OPIB, 2024)⁴

La combinaison d'une frontière de production stochastique (*Stochastic Frontier Analysis*) et d'un modèle d'analyse des déterminants de l'efficacité technique permet d'identifier les leviers susceptibles de porter les exploitations vers leur frontière de production potentielle.

Toutefois, selon la Loi d'Orientation Agricole (LOA), l'Etat veille à l'approvisionnement des exploitants Agricoles et de leurs organisations en intrants de qualité et à des coûts accessibles. Et, la volonté politique exprimée est d'approvisionner correctement les producteurs en intrants agricoles de qualité et à des coûts accessibles à travers leur subvention (engrais, semences hybrides)⁵. Ce qui nous amène à poser la question suivante :

Quels sont les indicateurs qui montrent l'efficacité technique des riziculteurs en régime de subvention dans l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB) ? Et, spécifiquement :

✓ Quel est le niveau des scores de l'efficacité technique des riziculteurs de l'OPIB

Quel est le degré d'inefficacité technique des riziculteurs de l'OPIB ?

Hypothèses :

- ✓ Les riziculteurs de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB) sont techniquement efficaces.
- ✓ Certains facteurs ont des effets négatifs sur l'efficacité technique.

³ Waibena, D. T., & Yovo, K. (2023). Effet des dépenses de subvention des intrants agricoles sur les performances des exploitations rizicoles au Togo. *Agronomie Africaine*, 35(1), pp. 1-14.

⁴ TOURÉ, A. et DIALLO, B. (2021). Analyse des politiques de subvention aux intrants agricoles et équité redistributive chez les riziculteurs au Mali.

OPIB. (2024). Rapport annuel de performance 2023, présenté à la 17^e session du Conseil d'Administration (février 2024), Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda, Mali.

⁵ Ministère de l'Agriculture du Mali. (2016). *Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture du Mali (SNDR II 2016-2025)*. Bamako : Secrétariat Général, Ministère de l'Agriculture, République du Mali, Novembre 2016.).

Ministère de l'Agriculture du Mali. (2016). *Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture du Mali (SNDR II 2016-2025)*. Bamako : Secrétariat Général, Ministère de l'Agriculture, République du Mali, Novembre 2016.).

L'objectif de cette étude est d'analyser l'efficacité technique en riziculture irriguée au niveau de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB) au Mali, sous un régime d'intrants subventionnés ;

Identifier le niveau des scores d'efficacité technique des riziculteurs de l'office de périmètre irrigué de Baguinéda (OPIB).

Evaluer l'efficacité technique des ressources subventionnées des riziculteurs l'office de périmètre irrigué de Baguinéda (OPIB) ;

Comparer l'efficacité technique des ressources subventionnées et non subventionnées des riziculteurs de l'office du périmètre irrigué de Baguinéda (OPIB);

Cet article est structuré d'une revue de la littérature que nous avons définis certains concepts et parlé du cadre théorique et empirique. Nous avons également parlé de la méthodologie tout en présentant la zone d'étude, les sources de données et la méthode d'estimation des frontières de production d'une part. D'autre part, nous avons obtenu des résultats qui ont été discutés et interprétés et enfin la conclusion.

1 Revue de la littérature

Cette partie, est composée d'un cadre théorique et conceptuel et d'études empiriques sur l'efficacité technique.

1.1 Cadre Théorique et Conceptuel

1.1.1 Définition des concepts

1.1.1.1 La notion d'efficacité :

- ✓ L'**efficacité** est la capacité d'un individu, d'un ensemble d'individus, d'une machine ou d'une technique à obtenir le **maximum de résultats** avec le **minimum de moyens**, de coûts, d'effort ou d'énergie (Toupié, 2026)
- ✓ EFFICIENCE : capacité à obtenir un résultat en utilisant le moins de ressources possibles (optimal dans
- ✓ Capacité à obtenir un résultat en utilisant le moins de ressources possible (optimal dans l'utilisation des ressources, faire les choses de manière rationnelle). Capacité de rendement de performance en tenant compte des moyens⁶

1.1.1.2 Efficacité technique :

L'efficacité technique est définie comme étant « le niveau maximum d'output (produit) réalisable moyennant un niveau déterminé d'inputs (facteurs de production), étant donné

⁶ <https://www.studocu.com/fr/document/universite-daix-marseille/economie/definitions-des-concepts-economiques-efficacite-efficience>

l'éventail de technologies alternatives offertes à l'agriculteur » (Ellis 1988 ; cité par Azzam et al., 1994). On suppose donc à travers cette définition que l'ensemble des producteurs a accès à la même technologie et que seuls ceux qui produisent le maximum sont considérés efficaces techniquement. L'utilisation de la notion d'efficacité technique permet de mesurer l'écart existant entre le niveau des intrants observé pour chaque entreprise agricole, et un niveau considéré comme optimal déterminé en tenant compte des exploitations les plus performantes. Le concept a été affiné à travers deux grandes étapes historiques :

Les frontières déterministes : Approfondies par Aigner et Chu (1968), elles considèrent que tout écart à la frontière est exclusivement dû à l'inefficacité technique de l'unité productive.

Les frontières stochastiques : Introduites par Aigner, Lovell et Schmidt (1977), elles marquent une rupture majeure en intégrant l'aléa. Cette approche permet de distinguer : L'inefficacité intrinsèque à l'unité de production (gestion, organisation). Les chocs exogènes non contrôlables (aléas climatiques, erreurs de mesure, bruits statistiques).

1.1.2 Cadre théorique : Les premiers travaux sur le concept d'efficacité sont attribués à Koopmans (1951) et Debreu (1951). Koopmans fut le premier à proposer une mesure du concept d'efficacité et Debreu le premier à le mesurer empiriquement. Debreu proposa le coefficient d'utilisation des ressources qui portait essentiellement sur des mesures de ratio extrant-intrant. Farrell (1957) fut le premier à définir clairement le concept d'efficacité économique et à distinguer les concepts d'efficacité technique et d'efficacité allocative. Le travail pertinent de Farrell (1957) a servi comme base pour plusieurs travaux réalisés concernant les différents concepts de l'efficacité. La question soulevée par ce dernier était de savoir si une entreprise peut augmenter sa production simplement en améliorant son efficacité et a proposé une approche pour l'estimation de frontières d'efficacité.

La subvention se définit comme une aide financière non remboursable octroyée par l'État ou des organismes privés afin de promouvoir une activité d'intérêt général. Pour Buchanan et Tullock (1962), elle représente un transfert courant sans contrepartie des administrations publiques vers les producteurs, conçu pour influencer les prix, la rémunération des facteurs ou les niveaux de production. Dans le secteur agricole, l'octroi de subventions aux engrais répond à une double nécessité : réduire les coûts élevés qui découragent l'utilisation des intrants et soutenir le revenu des petits agriculteurs. Toutefois, Morris et al. (2007) soulignent la complexité de ces dispositifs, les qualifiant de « paniers de crabe » en raison de leur forte politisation, de leur sensibilité sociale et des difficultés liées à leur mise en œuvre.

L'on peut à cet effet rappeler que l'efficacité technique des producteurs s'évalue selon deux approches : la méthode paramétrique et non paramétrique. La première est l'approche économétrique qui utilise les frontières stochastiques de production (SFA). Elle a été introduite dans la même année par (Aigner, Lovell, & Schmidt, 1977) et (Meeusen & Broeck, 1977). Elle est paramétrique et permet de calculer les scores de l'efficacité technique par rapport à une frontière de production définie par une technologie (fonction de production). La spécification de cette méthode permet d'estimer en une étape les scores de l'efficacité technique de chaque firme, mais aussi les paramètres de l'inefficacité. La seconde approche qui est non paramétrique est la programmation mathématique appelée analyse par enveloppement des données ou encore data envelopment analysis (DEA). C'est une méthode à deux étapes qui permet d'estimer l'efficacité technique de chaque firme par rapport à la firme la plus efficace (Hekmatnia et al. 2019)⁷.

1.1.3 Cadre empirique

Les auteurs sont divergents sur ces résultats, plusieurs études approfondissent cette distinction par type d'aide ou par secteur : Pechrová (2015), en étudiant la région de Liberecký, souligne un contraste frappant : si les paiements directs et agro-environnementaux tendent à accroître l'inefficacité, les subventions destinées aux zones défavorisées impactent, au contraire, positivement l'efficacité technique. Náglová et Pechrová (2019) étendent cette analyse au secteur de la transformation alimentaire via le modèle SFA (*Stochastic Frontier Analysis*). Elles révèlent que les entreprises non subventionnées présentent une efficacité technique supérieure à celles bénéficiant d'aides, tout en notant des disparités significatives selon les régions et les périodes temporelles. Staniszewski et Borychowski (2020) démontrent, à travers le modèle SFA appliqué à la Politique Agricole Commune (PAC), que les subventions favorisent l'efficacité technique des grandes exploitations, alors qu'elles restent sans effet sur les petites structures. Ce constat est corroboré par Kostlivý et Fuksová (2019), qui réaffirment que l'impact varie non seulement selon le type de subvention, mais aussi selon la taille de l'unité de production. Hasnain et al. (2015), ont mesuré l'efficacité technique de la production du riz au Bangladesh en utilisant l'approche de la frontière stochastique. Avec la spécification translog appliquée sur un échantillon de 115 producteurs, le score moyen d'efficacité technique était de 0,89. Les

⁷ Mahaman Laouan ABOUBE, Mahaman Yaou Abdoul BASSIDOU(2020) : Une méthode comparative pour l'analyse de l'efficacité technique de la production de l'oignon au Niger ; Département d'Economie - Faculté des Sciences Economiques et de Gestion Université Abdou Moumouni Niger. Email : aboubé6@yahoo.fr, University of the Gambia. Email : mabdoulbassidou@yahoo.fr ; Revue d'Economie Théorique et Appliquée Volume 10 – Numéro 2 – Décembre 2020. pp. 129-146 <https://doi.org/10.62519/reta.v10n2a3> ISSN : 1840-7277, eISSN : 1840-751X

principaux déterminants de l'efficacité identifiés étaient la main d'œuvre, les engrais, les pesticides, les semences et irrigation. Ngom et al. (2017) ont étudié l'efficacité technique des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal localisés dans les départements de Dagana et de Podor. Il a utilisé le modèle de la frontière de production stochastique avec la méthode du maximum de vraisemblance. Les résultats ont donné un score moyen d'efficacité technique de 0,70. Les déterminants qui se sont révélés significatifs comprenaient le genre, le niveau d'instruction, le crédit, l'ethnie, la taille du ménage, la distance entre la maison et la parcelle, le lieu de résidence et le nombre de parcelles cultivées. En Afrique, les résultats semblent plus consensuels vers un effet positif. Imoru (2015) au Ghana utilise le modèle SFA pour établir que l'usage d'engrais subventionnés accroît l'efficacité technique des exploitants⁸.

Baki et Yacouba (2018) confirment qu'au Niger, en comparant 51 bénéficiaires à 149 non-bénéficiaires lors de la campagne 2015/2016, ils estiment que l'accès aux engrais subventionnés génère un gain net de rendement de 28,098 kg/ha.

L'étude de Ricker-Gilbert (2012), au Malawi apporte une perspective originale en utilisant des données de panel pour analyser l'impact sur le marché du travail, notamment le travail dit *ganyu*. L'apport de 100 kg d'engrais subventionnés réduit de trois jours l'offre de travail manuel des ménages, leur permettant de se consacrer davantage à leurs propres parcelles. L'étude met aussi en évidence un effet indirect crucial : une augmentation de la disponibilité d'engrais dans une communauté entraîne une hausse du taux de salaire agricole (effet médian de 1,4 %), améliorant ainsi la rémunération globale de la main-d'œuvre rurale. Toutes les études ne concluent pas à une réussite systématique, soulignant l'importance du contexte. Azumah et Zakaria (2019) ont examiné 543 petits producteurs de riz au Ghana⁹.

2. Méthodologie de la recherche

La démarche méthodologique de cette étude repose sur une approche mixte, combinant des techniques de recherche qualitatives et quantitatives articulées autour des axes suivants :

Les travaux intègrent une brève présentation de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB). Les données primaires : Elles ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire d'enquête

⁸ L'Enquête Agricole Annuelle, 2020-2021 : Campagne agricole (AGRIS Survey) de la Direction de l'Analyse et de Prévisions des Statistiques Agricoles (DAPSA) P-12

⁹ Mohamed E. Chaffai, 1997 : *Estimation de frontières d'efficacité : un survol des développements récents de la littérature* » Revue d'économie du développement Éditeur : PUF (Presses Universitaires de France. Efficacité technique et développement pp. 33-67

auprès d'un échantillon de 134 riziculteurs suivis durant les campagnes agricoles 2021–2024. Ces données portent sur la productivité rizicole (notamment les ressources subventionnées, les quantités et les prix) ainsi que sur la consommation.

Les données secondaires : Les données qualitatives et quantitatives complémentaires proviennent des rapports annuels de performance du conseil d'administration de l'OPIB.

Le traitement, la saisie et l'analyse des données statistiques ont été exécutés à l'aide d'une suite logicielle précise : CSPRO et Excel 2012 (pour la gestion et le traitement initial), SPSS 21 et STATA 17 (pour l'analyse statistique et économétrique). L'étude a appliqué la méthode de la frontière de production stochastique estimée par la méthode du maximum de vraisemblance. Initialement, une approche microéconomique en deux étapes était prévue : la première dédiée à l'estimation de la frontière de production stochastique et la seconde consistant en une régression des scores d'efficacité sur des facteurs explicatifs pour en identifier les déterminants. Cependant, cette seconde étape a été écartée, l'efficacité technique moyenne obtenue étant particulièrement proche de 1.

2.1 Présentation de la zone d'étude

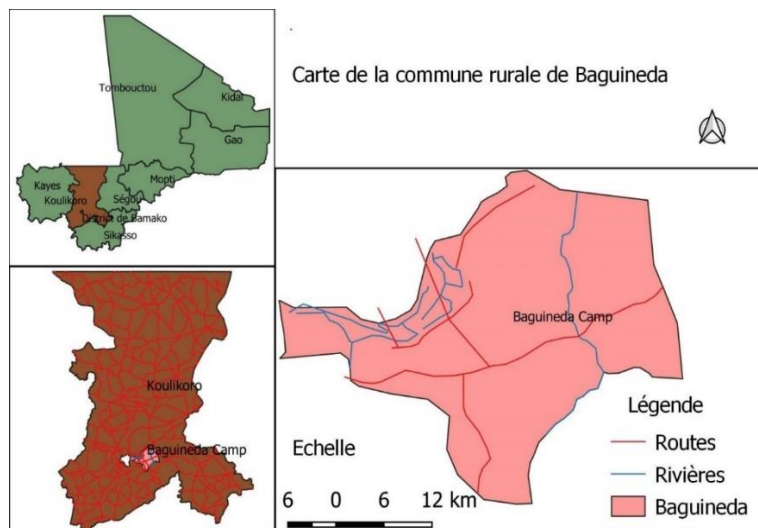
L'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB), situé à 30 km de Bamako, gère depuis 1998 une zone stratégique de 22 villages. Son domaine de 19 708 ha se divise en 4 500 ha irrigables (maîtrise totale via un canal de 44 km lié au barrage de Sotuba) et 15 208 ha de zone exondée pour l'habitat et les cultures sèches. Sous la pression urbaine, la surface rizicole exploitée est passée à 2 528 ha en 2023. Le climat soudanien offre une pluviométrie de 700 à 1 200 mm, avec des températures oscillantes entre 19°C et 42°C sur des sols sablo-argileux.

La population, en forte croissance, atteint 79 516 habitants en 2022 (dont 40 518 hommes), attirée par les opportunités agricoles. L'agriculture occupe plus de 90 % des actifs, centrée sur la riziculture irriguée. En contre-saison, le maraîchage (tomate, oignon, gombo) génère d'importants revenus, complétant les cultures pluviales (mil, maïs, arachide) et fruitières. Performant, le rendement du riz a grimpé de 4 t/ha en 2014 à 5 t/ha en 2022, permettant un excédent céréalier de 1 203 tonnes pour les 3 335 riziculteurs recensés en 2024. Le total de production riz : 15364,10T, superficie totale de riz 2528ha (OPIB, 2023)¹⁰ pour la zone aménagée rizicole, Pôle rizicole stratégique du Mali aux forts enjeux fonciers et

¹⁰OPIB, 2024 : Rapport annuel de performance. OPIB produit en février 2024 présenté à la 17^e session du CA, Page 16 de 15 364,10 tonnes et de superficie de 2 528 ha)

agroécologiques, l'OPIB subit des contraintes structurelles majeures. Cette étude analyse l'impact des subventions d'intrants sur la performance de ses exploitations face à ces défis.

Figure1: La carte de la commune rurale de Baguineda



Cartographie de la Décentralisation au Mali, réalisée par Dr Yacouba Sangaré, Enseignant-chercheur l'Université de Ségou, le 10/01/2024

Source : Auteur, inspiré (Sangaré Yacouba, 2024)

2.2 Les données et sources des données Cette recherche s'appuie sur une enquête menée auprès de 151 riziculteurs (réduits à 134 après nettoyage) sélectionnés aléatoirement parmi 3 335 producteurs de l'OPIB, couvrant 19 villages (86 %) des 22 villages, dans 4 secteurs. Les données, collectées via questionnaires et entretiens, portent sur les caractéristiques des exploitations et les quantités des intrants (avec ou sans subvention) pour les campagnes 2021 à 2023. Le choix des localités a intégré des critères d'accessibilité et des contraintes logistiques. Enfin, le traitement statistique et l'analyse ont été réalisés à l'aide des logiciels STATA17, SPSS21, CSPRO et Excel 2012.

2.2.1 Méthode d'estimation des frontières de production

L'estimation de la frontière de production constitue une phase importante analyse d'efficacité technique et différentes méthodologies ont été développées dans ce sens (Fried et al., 1993). L'approche à noter dans l'analyse de l'efficacité technique est paramétrique.

2.2.1.1 L'approche paramétrique

L'approche paramétrique se divise en deux catégories (déterministe ou stochastique) selon la méthode d'estimation utilisée (MCO ou Maximum de vraisemblance). La frontière est déterministe si tout écart est imputé à l'inefficacité technique, ce qui risque de surestimer celle-ci (Amara & Romain, 2000). À l'inverse, la frontière stochastique isole l'inefficacité technique

d'un second terme aléatoire regroupant erreurs de mesure, mauvaises spécifications ou chocs exogènes (politique, prix, etc.). Cette distinction théorique permet une mesure plus précise de la performance réelle de l'entreprise. En somme, l'approche stochastique évite d'attribuer injustement des facteurs incontrôlables à une défaillance de gestion, (Amara, N. & Romain, R.,2000)

Appliquée généralement à un seul produit, l'approche paramétrique distingue les frontières déterministes des stochastiques en intégrant des facteurs aléatoires et des hypothèses statistiques (linéarité, normalité) permettant des tests de significativité (Coelli et al., 2005). Sa puissance d'estimation repose sur une base théorique solide, bien que l'imposition de formes rigides comme Cobb-Douglas ou Translog puisse limiter la modélisation de relations complexes. Cependant, toute violation d'hypothèse ou mauvaise spécification induit des biais, rendant les résultats trompeurs (Greene, 2012). Enfin, sa fiabilité décroît sur de petits échantillons ou lorsque les données s'écartent des distributions classiques (Wooldridge., 2013).

2.2.1.2 Choix de l'approche paramétrique stochastique

Les méthodes stochastiques intègrent une composante aléatoire dans l'estimation, ce qui permet de prendre en compte les erreurs de mesure ainsi que les variations aléatoires dans la production. La frontière stochastique distingue donc l'inefficience des erreurs dues à des facteurs exogènes (Kumbhakar, Subal C., & Lovell, C.A. Knox.,2000)¹¹. Dans le cadre de la présente recherche, nous avons opté pour l'approche de la frontière de production stochastique.

Bien que la culture du riz à l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB) s'effectue sous irrigation contrôlée, d'autres facteurs exogènes, tels que les invasions acridiennes, peuvent affecter négativement la productivité. C'est pourquoi nous nous orientons vers l'utilisation du modèle proposé par Battese et Coelli (1995), dérivé du cadre initial établi par Aigner et al. (1977) ainsi que (Meeusen et Van Den Broeck.,1977).

L'approche stochastique, initialement formulée par Aigner, Lovell et Schmidt (1977) et Meeusen et Van Den Broeck (1977). A été par la suite perfectionnée par Jondrow et al. (1982). Cette amélioration a permis l'estimation d'indices d'efficience technique propres à chaque exploitation agricole. Elle repose sur l'idée que le terme d'erreur est constitué de deux composantes indépendantes.

¹¹ Nodjitidjé, DJIMASRA, 2009 : Efficacité, Productivité et Compétitivité des Principaux Pays Producteurs de Coton. Ecole Doctorale Sciences de l'Homme et de la Société, Université D'Orléans, 409P, p245_275

Le modèle se présente comme suit : $Y_i = f(x_i, \beta)$ Où x est un vecteur d'intrants (1)

Une première approche (Schmidt, 1976) tente d'introduire une perturbation aléatoire dans ce modèle, $Y_i = f(x_i, \beta) + \varepsilon_i$, $\varepsilon_i \leq 0$ (2)

Mais en imposant que $\varepsilon_i \leq 0$, le modèle ne respecte plus les hypothèses de régularité du modèle linéaire, notamment celle selon laquelle le domaine de variation de la variable expliquée doit être indépendant des paramètres à estimer. Une tentative intermédiaire, proposée par Aigner et al. (1976), a consisté à construire une forme moins arbitraire du terme d'erreur. $\varepsilon_i = V_i + U_i$ (3)

Où V représente l'erreur purement aléatoire, de moyenne nulle, et U un terme toujours négatif ou nul, reflétant l'inefficience technique. Les deux termes sont supposés distribués indépendamment.

Un tel modèle est qualifié de « frontière stochastique », ce qui signifie que la frontière elle-même ($x_i\beta + U_i$) ne peut être estimée qu'à un terme aléatoire près (V). Autrement dit, elle varie de manière stochastique autour d'une fonction déterministe. Selon Zellner et al. (1966). Cette approche repose sur l'idée que le processus de production est soumis à des perturbations aléatoires, qui présentent des caractéristiques distinctes. Le terme de perturbation non positive U traduit le fait que la production de chaque unité ne peut excéder la frontière de production $f(x_i, \beta) + V_i$; tout écart par rapport à cette frontière reflète alors une inefficience attribuable à des facteurs internes et contrôlables par l'unité de production.

La frontière elle-même peut également varier aléatoirement d'une unité de production à une autre, ou au cours du temps pour une même unité¹². Dans cette analyse, le terme V_i , qui peut être positif ou négatif, capte les effets aléatoires dus à des événements extérieurs favorables ou défavorables, tels que la chance, les conditions climatiques, la performance des équipements ou encore les erreurs de mesure de la production. Cette étude propose une estimation des paramètres du modèle par la méthode du maximum de vraisemblance

2.2.1.3 Spécification du modèle de frontière stochastique

Spécification de la fonction de production Translog

Dans cette étude, la fonction de production Translog est retenue en raison de sa grande flexibilité et de l'absence de restrictions a priori sur la technologie de production (Christensen, Jorgenson & Lau., 1973).

Elle s'écrit comme suit : $\ln Y = \beta_0 + \sum_k \beta_k \ln X_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \beta_{kl} \ln X_k \ln X_l + v - u$ (3.1)

¹² ZELLNER, Arnold, KMENTA, Jan, et DRÈZE, Jacques, 1966) : « Specification and estimation of Cobb-Douglas production function models ». *Econometrica*, vol. 34, n° 4, p. 784-795. 12 p.

Où : Y : production agricole ; X_k : facteur de production k ; $\beta_0, \beta_k, \beta_{kl}$: paramètres à estimer.

Lorsque les termes d'interaction (β_{kl}) sont nuls, la fonction Translog se réduit à une fonction de type Cobb-Douglas. Y_i : représente la production de riz (en kilogramme) du producteur i ; X_{jk} est la quantité d'input j utilisée par le riziculteur i ; les β sont des paramètres inconnus à estimer. V_i et U_i représentent les termes aléatoires, décomposées respectivement en chocs exogènes et d'inefficience due aux riziculteurs. Dans l'application empirique, les inputs utilisés dans la régression comprennent la superficie exploitée (ha), la quantité totale de semences utilisées (kg), la quantité totale d'engrais utilisée (kg), la main d'œuvre totale utilisée en personne / activité, la quantité d'herbicide utilisée (litre), La production de riz Y est mesurée en kg par exploitation. L'inefficience technique est représentée par la formule suivante : $U = \delta + \sum \delta Z + W$ (5) Z_i : représente l'ensemble des variables qui sont supposées déterminer l'efficience Technique (les variables socio-économiques) qui expliquent l'inefficience technique des riziculteurs) ; δ : est un ensemble de paramètres inconnus à estimer et W : est une erreur aléatoire.

Spécification empirique du modèle

Les équations estimées dans cette étude sont les suivantes : Fonction de production :

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K + \frac{1}{2} \beta_3 (\ln L)^2 + \frac{1}{2} \beta_4 (\ln K)^2 + \beta_5 (\ln L)(\ln K) + v - u \quad 13$$

2.2.1.4 Démarche empirique. La démarche compare les fonctions de vraisemblance des modèles Cobb-Douglas et Translog via la statistique $\lambda = -2 \times \{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\}$ Si

λ est inférieure à la valeur critique, H_0 est acceptée, validant ainsi la forme fonctionnelle pour l'étude. Quatre tests vérifient la pertinence du modèle retenu. Ce paramètre Suit une distribution de χ^2 , et sa valeur est comparée au seuil de 5% selon la table de (Kodde et Palm., 1986).

Les variables utilisées dans le modèle (1) d'estimation de la frontière de production

¹³ BATTESE, George E., et COELLI, Tim J, 1995 : « A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data ». Empirical Economics, vol. 20, n° 2, p. 325-332. (8 pages).

Tableau1 : Des description des variables

Variabiles	Notations
Lprod	Logarithme de la production avec subvention
LNsai	Logarithme du salaire
LQangsub	Logarithme de la quantité Engrais Subventionné
LQintrasssub	Logarithme de la quantité des intrants sans subvention
LNsalc (carré)	Logarithme du salaire au carré
LQansubc (carré)	Logarithme de la quantité d'engrais subventionné au carré
LQintrassubc(carré)	Logarithme de la quantité intrants sans subvention au carré
LNsai*LQangsub(inter-action)	Logarithme du sal combiné au logarithme de la quantité engrais subventionné)
LNsai*LQintrassub(inter-action)	Logarithme du sal combiné au logarithme de la quantité intrant sans subvention)
LQintrassub*LQansub(inter-action)	Logarithme de la quantité intrant sans subvention combiné au logarithme de la quantité d'engrais subventionnés)

Source : auteurs à partir des données 2024

La frontière de production stochastique translog est représentée par la formule suivante :

La fonction translog

$$LProdSub_i = \beta_0 + \beta_1 LNSal_i + \beta_2 LQAnSub_i + \beta_3 LQIntSSub_i + \beta_4 (LNSal_i)^2 + \beta_5 (LQAnSub_i)^2 + \beta_6 (LQIntSSub_i)^2 + \beta_7 (LNSal_i) \times (LQAnSub_i) + \beta_8 (LNSal_i \times LQIntSSub_i) + \beta_9 (LQAnSub_i) \times (LQIntSSub_i) + \varepsilon_i \quad (3.5)$$

Le modèle de Cobb-Douglas

$$lproduit_sub_i = \beta_0 + \beta_1 lSal_i + \beta_2 lQIntraSSub_i + \beta_3 lQangSub_i + \varepsilon_i \quad (3.6)$$

Dans l'estimation du modèle translog, les quantités ont été minimisés (Salaire, intrants) pour optimiser la productivité. Compte nu de l'efficacité moyenne proche de 1, l'hypothèse quatre n'a plus eu sa raison d'étude

La quatrième partie représente les résultats et discussions

3. Résultats et discussion :

Cette partie présentera les résultats par la méthode de maximum de vraisemblance.

3.1 Résultats de l'estimation des paramètres de la frontière stochastique par la méthode de maximum de vraisemblance

Test de vraisemblance Ce test vise à vérifier, quelle est la fonction la plus adéquate pour l'étude, il repose sur la statistique du rapport de vraisemblance $\lambda = -2(\ln L_0 - \ln L_1)$
Où : L_0 : log-vraisemblance sous l'hypothèse nulle (Cobb-Douglas) L_1 : log-vraisemblance sous l'hypothèse alternative (Translog)

Calcul de la statistique λ

$$\lambda = -2[-108,1554 - (-98,7972)]$$

$$\lambda = -2(-9,3582) = 18,7104$$

La valeur critique du Khi-deux au seuil de 5 % avec 6 degrés de liberté est : $\chi^2_{(5\%;6)} = 12,592$

Décision Si $\lambda < \chi^2 \rightarrow H_0$ (Cobb-Douglas) est acceptée, Si $\lambda > \chi^2 \rightarrow H_0$ est rejetée, H_1 (Translog) est acceptée : $18,7104 > 12,592$

On conclut que : L'hypothèse H_0 est rejetée, Le modèle Translog s'ajuste mieux aux données.

Tableau2 : Translog et Cobb-Douglas

Paramètre / Variable	Translog	Cobb-Douglas
LN sal	-3,377** (-2,74)	-0,110 (1,04)
LQangsub	1,648(1,59)	0.368*** (4,45)
LQtinrasssub	-0.64 5(-1,04)	0.0906(1,63)
LNsalc (carré)	0.807*** (2,50)	
LQansubc (carré)	-0.208 (-1,0,3)	
Lintrassubc (carré)	0.222*** (2,57)	
LNsalc_Qangsub (interaction)	0.896*** (2,57)	
LNsalc_Qintrassub (interaction)	-0.118 (-0,51)	
LQtinrasssub · LQansub (interaction)	-0.324 (-1,49)	
_cons (Frontier)	9,039** (2,30)	5,815*** (10,09)
Mu (_cons)	-0.993(-0,00)	-0,961 (-0,01)
Usigma (_cons)	-5.94 1(-0,02)	-5,612 (-0,05)
Vsigma (_cons)	-1.363***(-11,12)	-1,223*** (-10,00)
sigma_u	0.0512 (0,01)	0.060 (0,02)
sigma_v	0.505*** (16,32)	0.542*** (16,35)
Lambda	0.101 (0,01)	0,101 (0,03)
L(vraisemblance)	-98,7972	-108,1554

Source : auteurs à partir des données 2024

(* Seuil de significativité de 10%)

(** Seuil de significativité de 5%)

(*** Seuil de significativité 1%)

Nb : LNsal : Isalaire

Résumé des résultats du modèle de frontière stochastique (spécification Translog)

Le présent tableau expose les résultats issus de l'estimation d'un modèle de frontière de production stochastique (SFA) utilisant une forme fonctionnelle Translog, reconnue pour sa flexibilité par rapport à la fonction de type Cobb-Douglas. Après traitement et nettoyage des données, l'analyse repose sur un échantillon de 134 riziculteurs de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB), couvrant les campagnes agricoles 2021 à 2024.

Qualité globale du modèle

Le modèle a été estimé à partir de 134 observations, une taille d'échantillon jugée modeste mais acceptable pour ce type d'analyse empirique.

La statistique du test de Wald ($\text{Wald } \chi^2(9) = 59,49$; $\text{Prob} > \chi^2 = 0,0000$) est hautement significative au seuil de 5 %. Ce test examine l'hypothèse nulle selon laquelle l'ensemble des coefficients des variables explicatives est simultanément nul. Le rejet de cette hypothèse indique que le modèle est globalement pertinent et que les variables explicatives influencent significativement la production (LNsal).

Par ailleurs, la log-vraisemblance du modèle Translog (-98,79) est supérieure à celle du modèle Cobb-Douglas (-108,15), ce qui confirme une meilleure qualité d'ajustement du modèle Translog aux données observées.

3.1.1 Structure de la technologie de production

La significativité des coefficients associés aux termes quadratiques, notamment LNsal² et Lintrassub², met en évidence une non-linéarité dans la fonction de production. Cela implique que les productivités marginales des facteurs ne sont pas constantes. En d'autres termes, une augmentation proportionnelle des intrants n'entraîne pas nécessairement une augmentation proportionnelle de la production, traduisant ainsi la présence possible de rendements d'échelle variables (croissants ou décroissants).

3.1.2 Effet du coût de la main-d'œuvre

Les résultats indiquent qu'une augmentation de 1 % du prix de la main-d'œuvre entraîne une diminution de la productivité de -3,377 %, toutes choses égales par ailleurs. Ce coefficient est statistiquement significatif au seuil de 5 %, suggérant que le coût du travail constitue un facteur limitant important de la performance productive. Cette relation négative reflète probablement

des contraintes de coûts qui réduisent l'intensité d'utilisation du travail ou affectent l'efficacité des exploitations.

3.1.3 Interactions entre facteurs de production

L'analyse des termes d'interaction met en évidence des relations importantes entre les intrants :

- **Complémentarité entre le travail et les engrais subventionnés** :
Le coefficient associé à l'interaction entre le travail et les engrais subventionnés ($LNsall \times Qangsub$) est positif et significatif (0,896). Cela indique une complémentarité entre ces deux facteurs. En effet, l'utilisation accrue d'engrais subventionnés améliore la productivité marginale du travail, rendant chaque unité de travail plus efficace.
- **Relation de substituabilité entre intrants** :
Le coefficient de l'interaction entre certains intrants ($LQintrassub \times LQansub$) est négatif (-0,324), bien que non statistiquement significatif. Si ce coefficient était significatif, cela indiquerait une relation de substituabilité, suggérant que ces intrants peuvent partiellement se remplacer dans le processus de production plutôt que de se compléter.

3.1.4 Test d'existence d'inefficience

Les paramètres du modèle de frontière stochastique de production sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. Cette estimation permet d'obtenir les paramètres de variance de la fonction de vraisemblance définis comme : $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$; $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$.

Selon Battese et Corra. (1977). σ^2 représente la somme de la variance du terme d'inefficience et de celle du terme aléatoire, tandis que γ indique la proportion de la variance totale attribuable à l'inefficience.

Le paramètre γ est déterminant pour savoir si la frontière de production est stochastique ou déterministe. Le test de l'hypothèse $H_0 : \gamma = 0$ permet de vérifier cette existence. Le rejet de cette hypothèse implique qu'il existe bien une inefficience et donc que la frontière de production est stochastique. Les valeurs estimées de γ sont généralement testées par la statistique de Student pour en vérifier la significativité.

Tableau3 : Détermination de la valeur de gamma γ

Facteurs aléatoires	Valeur des estimateurs
sigma_u	0,0512
sigma_v	0,5057
Gamma γ	0,0100

Source : auteurs à partir des données 2024

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 = (0,0512)^2 + (0,5057)^2 = 0,0026 + 0,2557 = 0,2583$$

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} = \frac{0,0026}{0,2583} = 0,0100$$

H_0 : les producteurs sont efficaces si γ est proche de zéro

H_1 : les producteurs sont inefficaces si γ est proche de un

γ étant proche de zéro, on ne rejette pas H_0 par conséquent les riziculteurs à l'OPIB sont efficaces Techniquement

Les résultats obtenus à partir du tableau N°4.2 montrent une valeur de l'estimateur de gamma γ égale à 0,0100. Cette valeur n'est pas significative au seuil de 5% ($P=0,99>0,05$).

L'inefficacité des exploitations rizicoles est à 0,0100%. Donc 99,99% de cette variabilité sont alors liés à des effets aléatoires. On peut donc dire que le modèle estimé est globalement bon.

En conclusion la variance de l'inefficacité technique est négligeable par rapport à celle de l'erreur aléatoire.

3.1.5 Moyenne des scores d'efficacité technique

Tableau 4 : Des moyennes des scores d'efficacité technique

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
bct	134	.9973717	.0000136	.9973389	.9974133

Source : auteurs à partir des données 2024

Analyse des scores d'efficacité technique

Ces chiffres disent d'emblée une chose simple et forte : tous les producteurs enquêtés se situent quasiment sur la frontière de production estimée. Leurs scores d'efficacité technique sont très proches de l'efficacité maximale (1).

De fait que les producteurs sont tous efficaces technique ment avec un score moyen de 0,997, donc aucun facteur (Expérience, niveau d'instruction, taille et crédit) n'explique l'efficacité technique des producteurs. Le modèle logistique prévu pour l'explication de ces facteurs n'a plus sa raison d'être. L'écart résiduel à 1 est minime : l'inefficacité technique moyenne est de l'ordre de 0,3 % seulement, les producteurs sont quasi-optimaux. Les résultats montrent un modèle de frontière stochastique globalement significatif. Le modèle Translog est le plus pertinent pour expliquer la performance rizicole à l'OPIB, car il capture mieux la complexité des relations entre intrants.

3.2 Discussion :

Cette section présente l'analyse et la discussion des résultats empiriques. Elle vise à confirmer ou infirmer les hypothèses initiales en évaluant l'impact des intrants sur la productivité rizicole des producteurs de l'OPIB.

3.2.1 Choix du modèle dans ce cas

La log-vraisemblance du modèle Translog (-98,79) est supérieure à celle du modèle Cobb-Douglas (-108,15), ce qui confirme une meilleure qualité d'ajustement du modèle Translog aux données observées. Indique qu'au moins une des variables explicatives influence significativement la productivité (LNsal).

La structure d'inefficience (faible γ) observée dans le modèle Translog est économiquement réaliste et cohérente avec les conditions de production à l'OPIB. Ces résultats corroborent ceux de Nuama (2010) en Côte d'Ivoire, qui souligne la capacité du modèle Translog à révéler la complémentarité entre le travail et les engrais. À l'inverse, Abedullah et al. (2007). Au Pakistan ont estimé que la fonction Cobb-Douglas suffisait à décrire la production rizicole. Ainsi, le choix du modèle Translog est confirmé empiriquement et conceptuellement, assurant la validité de l'analyse subséquente.

3.2.2 Impact négatif du coût de la main-d'œuvre sur la productivité

Les résultats de l'estimation indiquent qu'une augmentation de 1 % du coût de la main-d'œuvre entraîne une diminution de la productivité rizicole de -3,377 %, toutes choses égales par ailleurs. Ce coefficient est statistiquement significatif au seuil de 5 %, confirmant l'hypothèse d'un impact défavorable des coûts salariaux élevés sur la performance de la production à l'OPIB. Ce résultat s'explique par une contrainte structurelle forte sur le marché du travail local à Baguineda. La zone de l'OPIB fait face à une rareté critique de la main-d'œuvre, provoquée par la concurrence d'autres activités extractives plus rémunératrices, telles que l'orpaillage et l'extraction du gravier. Cette fuite de la force de travail vers les mines et les carrières tire les salaires agricoles vers le haut et pénalise directement la productivité des exploitations rizicoles. Ce constat met en évidence deux dynamiques opposées au sein de la littérature économique : La baisse des soins cultureux (Convergence) : Notre résultat est parfaitement cohérent avec les travaux de N'Goran (2017), qui souligne que la main-d'œuvre représente l'intrant le plus sensible pour les petits exploitants. Face à des coûts salariaux prohibitifs, les producteurs sont contraints de réduire les travaux d'entretien essentiels des parcelles (comme le désherbage ou le repiquage), ce qui dégrade immédiatement le rendement final. La main-d'œuvre s'affirme ainsi comme le facteur de production le plus contraignant pour l'efficacité des riziculteurs.

L'incitation à l'innovation (Divergence) : À l'inverse, nos conclusions s'écartent de celles de Badiane et Ulimwengu (2013). Dans leur étude sur la croissance agricole et la pauvreté, ces auteurs observent qu'une hausse des coûts des facteurs peut, dans certains contextes, être corrélée à une augmentation de la productivité globale. Selon eux, la cherté du travail peut agir comme un signal-prix positif, incitant les producteurs à adopter des technologies plus efficaces (mécanisation, intrants modernes) ou à mieux rationaliser l'usage de leurs ressources pour éviter tout gaspillage. Dans le contexte spécifique de l'OPIB, l'effet de rationnement et de dégradation des soins culturels l'emporte largement sur l'effet d'incitation technologique, faisant du coût du travail un frein sévère à la performance rizicole.

3.2.3 Complémentarité entre le travail et les engrais subventionnés

Les résultats de l'estimation révèlent que le coefficient associé à l'interaction entre le travail et les engrais subventionnés ($LNsall \times Qangsub$) est positif et statistiquement significatif (0,896). Cette valeur positive atteste d'une nette relation de complémentarité entre ces deux facteurs de production. Concrètement, l'intensification de l'usage des engrais subventionnés accroît la productivité marginale du travail, rendant ainsi chaque unité de main-d'œuvre mobilisée plus efficace sur l'exploitation. Ce résultat rejoint les observations de Hasnain et al. (2015). En évaluant l'efficacité technique de la riziculture au Bangladesh via une approche de frontière stochastique sous une spécification Translog, ces auteurs avaient également identifié la main-d'œuvre et les engrais comme les principaux déterminants de la performance productive. Ce mécanisme de complémentarité doit cependant être appréhendé avec la réserve soulevée par (Diakité, 2004). Ce dernier nuance cette interprétation en rappelant qu'une main-d'œuvre non qualifiée ou souffrant d'un manque d'encadrement technique peut altérer cette dynamique. Dans un tel contexte, la complémentarité risque de dériver vers une relation de substitution, ce qui briderait les gains de rendement potentiels. La synergie positive observée entre le travail et les engrais subventionnés reste donc conditionnée à la qualité et à la technicité de la main-d'œuvre qui applique ces intrants sur les parcelles.

3.2.4 Relation de substituabilité entre intrants :

Le coefficient associé à l'interaction entre les intrants subventionnés et non subventionnés affiche une valeur négative de -0,324, bien qu'il ne soit pas statistiquement significatif.

Sur le plan économique, la négativité de ce terme d'interaction suggère une dynamique de substituabilité plutôt que de complémentarité. Si cette tendance venait à se confirmer statistiquement, elle indiquerait que les producteurs tendent à remplacer une partie des intrants commerciaux par des intrants subventionnés. Ce comportement conduit les agriculteurs à

restreindre leurs achats d'engrais non subventionnés, pourtant souvent de meilleure qualité ou plus spécifiquement adaptés aux besoins des sols, ce qui finit par pénaliser la productivité globale des exploitations.

Ce mécanisme de substitution et ses effets pervers sont largement documentés dans la littérature empirique : Les conclusions d'*Azumah et Zakaria (2019)* corroborent ce phénomène en montrant que les producteurs bénéficiant de programmes de subvention se révèlent parfois moins productifs que ceux qui n'en reçoivent pas. Dans la même lignée, *Paudel et al. (2017)* soulignent que les impacts positifs théoriques des subventions sont fréquemment bridés par des défaillances opérationnelles (retards de livraison, qualité médiocre des produits, ciblage inefficace des bénéficiaires). Nos observations tendent à confirmer que cette substitution constitue une fragilité structurelle majeure des politiques de soutien par les intrants. Ce constat de substituabilité vient directement contredire la thèse de l'additionnalité défendue par *Shaikh et al. (2016)*. Selon ces auteurs, les intrants subventionnés devraient idéalement s'ajouter aux intrants commerciaux afin de déplacer la frontière de production vers le haut. L'effet de substitution mis en évidence ici remet fondamentalement en cause cette hypothèse d'un effet cumulatif positif.

3.2.5 Moyenne des scores d'efficacité technique

Les résultats de cette étude confirment que les producteurs enquêtés opèrent quasiment sur la frontière de production estimée, affichant des scores d'efficacité technique extrêmement proches de l'optimum maximal de 1. Avec un score moyen d'efficacité technique s'élevant à 0,997, la quasi-totalité des producteurs s'avère techniquement efficace. L'inefficacité technique moyenne est infime, de l'ordre de 0,3 % seulement, ce qui atteste du caractère quasi-optimal des exploitations. En raison de cette homogénéité parfaite des scores, aucun facteur socioéconomique initialement retenu (expérience, niveau d'instruction, taille de l'exploitation ou accès au crédit) ne peut expliquer les variations de l'efficacité technique. Par conséquent, le modèle logistique initialement prévu pour analyser ces variables n'a plus sa raison d'être et a été écarté. Pour interpréter cette efficacité exceptionnelle, deux effets économiques liés aux politiques de subvention peuvent être avancés :

L'effet de découplage (*Minviel & Latruffe, 2017 ; Young & Westcott, 2000*) : Lorsque les subventions sont déconnectées des décisions directes de production, elles n'altèrent pas l'efficacité des exploitations, celle-ci demeurant exclusivement dictée par la combinaison des intrants et de la technologie disponible.

L'effet d'assurance (*Burfisher & Hopkins, 2003 ; Lopez, 2001 ; Hennessy, 1998*) : En atténuant le risque financier pesant sur les producteurs, les subventions favorisent l'adoption d'intrants de qualité supérieure et standardisent les comportements productifs au sein de la population étudiée.

Ces observations contrastent nettement avec les travaux de *Sokvibol et al. (2016)* au Cambodge, où l'efficacité technique moyenne ne dépassait pas 78,4 %. Cet écart de plus de 21 points s'explique par la mise en œuvre, dans notre zone d'étude, de politiques de subvention homogènes qui ont garanti une allocation optimale et quasi uniforme des intrants.

Ainsi, alors que le contexte cambodgien mettait en exergue l'influence déterminante des variables socioéconomiques (âge, accès à l'irrigation, main-d'œuvre familiale), nos résultats suggèrent que les subventions d'intrants à l'OPIB ont joué un rôle de premier plan dans le rehaussement global de l'efficacité technique.

Puisque l'efficacité frôle désormais les 100 %, les futures orientations politiques ne doivent plus se focaliser sur la rationalisation des intrants actuels, mais plutôt s'orienter vers des actions de formation et vers l'amélioration des infrastructures.

L'adoption d'intrants modernes se traduit par une restructuration profonde des coûts d'exploitation et une optimisation du temps de travail. Conformément aux théories de *Schultz (1964)* et *Becker (1964)*, l'usage des pesticides et des engrais subventionnés permet d'exécuter les opérations culturales clés plus rapidement et avec une meilleure efficacité globale. L'efficacité accrue des produits phytosanitaires allège considérablement la durée et l'intensité du travail nécessaire à la gestion des nuisibles (notamment pour le désherbage manuel et le traitement des maladies). Cela induit une baisse directe des coûts liés à la main-d'œuvre et contracte les charges d'exploitation totales. Le temps et la main-d'œuvre ainsi économisés offrent aux exploitations la flexibilité nécessaire pour s'investir dans d'autres activités productives ou pour accroître la fréquence de leurs cycles de culture, atteignant ainsi un niveau de productivité optimal à coût minimum.

Cependant, cette performance économique et technique à court terme doit être mise en perspective avec ses implications écologiques et sanitaires à long terme. Les travaux de *Bonicelli et Guichard (INRAE/Cemagref, 2006 ; 2012)* démontrent que les économies financières réalisées sur la main-d'œuvre peuvent être largement neutralisées par des coûts environnementaux et sanitaires majeurs. La stricte logique de minimisation des coûts directs tend à occulter des externalités négatives réelles pour la société, telles que la pollution des

ressources en eau, l'érosion de la biodiversité et les risques sanitaires encourus par les agriculteurs et les consommateurs finaux.

Dans cette approche élargie, dès lors que l'on comptabilise ces charges environnementales et sociales, les pesticides cessent d'être un simple levier de productivité pour devenir un facteur d'inefficience globale. En définitive, si la synergie entre la réduction des salaires et l'usage d'engrais ou de pesticides subventionnés consolide la rentabilité immédiate des exploitations rizicoles, elle interroge fondamentalement la soutenabilité écologique de ce modèle agricole à moyen et long terme.

Conclusion

L'objectif de ce papier est d'analyser l'efficacité technique en riziculture irriguée au niveau de l'Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB) au Mali, sous un régime d'intrants subventionnés. Afin d'atteindre cet objectif, une enquête a été menée à Baguinéda et obtenir un échantillon de 134 riziculteurs, enquêtés durant les campagnes agricoles 2021–2024. Une démarche microéconomique structurée en deux étapes successives a été mobilisée : Une première étape qui consiste à l'estimation d'une frontière de production stochastique. Et une seconde étape qui consiste à la régression des scores d'efficacité sur un ensemble de facteurs explicatifs (modèle logit initialement prévu) pour identifier les déterminants potentiels de l'inefficacité. Après l'analyse, les coefficients sont statistiquement significatifs et positifs. Cela montre que les riziculteurs de l'OPIB sont efficaces techniquement en régime de subvention. Les estimations indiquent qu'une augmentation de 1 % du coût de la main-d'œuvre entraîne une diminution de la productivité rizicole de -3,377 %. Ce coefficient est statistiquement significatif au seuil de 5 %. Face à des coûts salariaux prohibitifs, les producteurs sont contraints de réduire ou de négliger les travaux d'entretien essentiels des parcelles (tels que le désherbage ou le repiquage), ce qui dégrade immédiatement la productivité. Le score moyen d'efficacité technique est de 0,997, ce qui prouve que la quasi-totalité des producteurs est techniquement efficace. L'inefficacité technique moyenne est infime, et de l'ordre de 0,3 %, ce qui atteste du caractère quasi-optimal des exploitations de l'OPIB.

Bien que la subvention soit socialement nécessaire et économiquement utile pour les producteurs, elle ne peut agir seule. Elle doit impérativement être accompagnée de réformes structurelles et organisationnelles pour produire des effets durables sur la productivité rizicole à l'OPIB. En plus, le ministère chargé de l'agriculture en général et en particulier le département en charge de la riziculture doit mettre l'accent sur la formation d'un certain nombre de riziculteurs témoins pour l'utilisation des matériels, des engrais et d'autres produits chimiques utilisables en général. Cela permettra de faire le relais jusqu'au dernier riziculteur pour qu'ils soient encore plus efficaces afin d'accroître plus la productivité. Pour approfondir l'analyse, l'étude propose une piste de recherche sur l'analyse des déterminants de l'efficacité économique des exploitations rizicoles à l'OPIB.

Références Bibliographiques

1. Ati, A., & M'Hiri Elleuch, N, 2013 : Stratégies d'alliance et efficience économique des Petites et Moyennes Entreprises (PME) tunisiennes. *La Revue des Sciences de Gestion*, 259-260(1), 39-51.
2. 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(2), 325-332.
3. Centre National de Documentation et d'Information sur la Femme et l'Enfant (CNDIFE), 2015 : *Situation socio-économique des femmes et des enfants au Mali : Rapport national d'indicateurs* (p. 16). Ministère de la Promotion de la Femme, de l'Enfant et de la Famille.
4. Chaffai, M. E, 1997 : Estimation de frontières d'efficience : un survol des développements récents de la littérature. *Revue d'économie du développement*, 5(3), 33-67.
5. Diakité, L., & Dembélé, S, 2019 : RAAE intermediaries and asymmetric pricing. *Revue d'Économie Rurale et Développement*, 34(2), 45-67.
6. Diakité, L., et al, 2013 : *Analyse des effets et des impacts de la subvention des intrants agricoles au Mali*. Institut d'Économie Rurale (IER).
7. Diakité, S, 2016 : *Évaluation du potentiel foncier et des infrastructures d'irrigation pour le développement de la riziculture au Mali* (p. 12). Direction Nationale du Génie Rural / Ministère de l'Agriculture, République du Mali.
8. Diallo, D, 2020 : *Analyse des déterminants des coûts de production du riz paddy*. IPU Mali.
9. Direction de l'Analyse et de Prévisions des Statistiques Agricoles (DAPSA), 2021 : *L'Enquête Agricole Annuelle, 2020-2021 : Campagne agricole (AGRIS Survey)* (p. 12).
10. Elame, F., & Lionboui, H, 2014 : *Efficience technique, allocative et économique des exploitations agricoles de la zone de Souss-Massa*. Institut National de la Recherche Agronomique (Maroc). <https://www.researchgate.net/publication/2655509>
11. Hargrove, T. R., Thompson, T. P., Butler, C. E., & Thompson, T, 2006 : *Subvention des intrants et développement de l'agriculture : Questions et options pour les économies des pays en développement et en transition* (p. 5-25). IFDC.

12. Nodjitidjé, D, 2009 : *Efficacité, Productivité et Compétitivité des Principaux Pays Producteurs de Coton* (Thèse de doctorat, Ecole Doctorale Sciences de l'Homme et de la Société, Université d'Orléans, p. 245-275).
13. Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB), 2024a : *Rapport annuel de performance : Bilan d'exécution des activités de la campagne agricole et délibérations de la 18e session ordinaire du Conseil d'Administration* (p. 18). Ministère de l'Agriculture, République du Mali.
14. Office du Périmètre Irrigué de Baguinéda (OPIB), 2024b : *Rapport annuel de performance : présenté à la 17e session du CA* (p. 16). Ministère de l'Agriculture, République du Mali.
15. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2004 : *Le riz est la vie : Année internationale du riz 2004*. FAO. <https://www.fao.org/3/y5155f/y5155f00.htm>
16. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2016 : *Perspectives de récoltes et situation alimentaire : Rapport pays Mali* (p. 2). FAO. <https://www.fao.org/giews/reports/country-briefs/>
17. PopulationData.net,2020 : *Mali : Population, superficie, densité, croissance, PIB*. <https://www.populationdata.net/pays/mali/>
18. Primature de la République du Mali, 2008 : *Document de cadrage de l'Initiative Riz : Campagne agricole 2008-2009* (p. 7). Secrétariat Général du Gouvernement, République du Mali.
19. Tuyishime, C., Ghins, L., & Baborska, R, 2017 : *Analysis of public expenditures in support of food and agriculture in Rwanda, 2011/12-2015/16* (p. 24). FAO. <https://www.fao.org/3/i8126e/i8126e.pdf>
20. Zellner, A., Kmenta, J., & Drèze, J,1966 : Specification and estimation of Cobb-Douglas production function models. *Econometrica*, 34(4), 784-795.