

## Les Déterminants De L'efficience Technique Des Riziculteurs De L'office Du Niger Au Mali The Office Niger Rice Farmers' Technical Efficiency Determinants in Mali

Adama Coulibaly<sup>1</sup>, Kimseyinga Savadogo<sup>2</sup>, Lamissa Diakité<sup>3</sup>

### Abstract

The purpose of this study was to determine the level of technical efficiency score and to analyze its determinants in the Office Niger area in Mali. The data used are a cross section of producers collected in April 2014. The final sample is made of 130 observations. A Cobb-Douglas model is used to fit the data using frontier 4.1 and Stata 14 software. Our investigations found out that the rice cultivation at the Office Niger evolves in a non-variable returns to scale framework. The average technical efficiency score is 0.66, implying that the level of technical efficiency can be improved by 0.34 at no additional cost. In addition, experience, equipment, being member of a farmer's organization and land rental are identified as statistically significant determinants of technical efficiency of rice farmers in the Office du Niger area. Policies to improve the level of technical efficiency and boost rice production in Mali should be based on these variables.

**Keywords:** Technical efficiency, stochastic frontier, rice, Office Niger, Mali.

### 1. Introduction

Dans la sous-région Ouest africaine, le secteur rizicole connaît des difficultés liées à la faible productivité. L'analyse internationale des rendements moyens du riz met en évidence la faiblesse des résultats, mais également en termes de progression au Mali. Le rendement moyen du riz est de 3,16 t/ha au Mali (USDA<sup>4</sup>, 2014) tandis qu'il est de 3,86 t/ha au Bénin, de 4,14 t/ha au Sénégal et de 5 t/ha au Niger (ORYZA, 2014). Au vu de ces résultats, des efforts doivent être consentis pour relever le défi au Mali. Le riz génère 8,3% du chiffre d'affaire agricole (environ 5% du PIB du pays). Sa part dans la valeur ajoutée nationale augmente rapidement avec l'application des flux commerciaux vers les zones urbaines. Malgré l'augmentation croissante de la production évaluée à 2,3 millions de tonnes (FAO<sup>5</sup>, 2016), le Mali a recours à des importations pour couvrir ses besoins en riz. Ainsi, 45 % du riz commercialisé sur le marché national proviennent des importations<sup>6</sup>.

L'importation annuelle moyenne de riz se chiffrait à 200.000 tonnes dues à la faiblesse de la production nationale face à la demande. Cette importation de masse impacte négativement la balance des paiements par l'accroissement du déficit en devise. De 2012 à 2013, le taux de l'autosuffisance (production plus importation) en riz était de 93% avec un coût d'importation exprimé à 24 milliards de franc CFA par an (DNCC<sup>7</sup>, 2014). En plus, les importations constituent un danger pour les petits producteurs locaux.

<sup>1</sup> Economiste-Agricole, Bamako-Mali, [adama\\_cly@yahoo.fr](mailto:adama_cly@yahoo.fr)

<sup>2</sup> Professeur, Université Ouaga 2, Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>3</sup> Agro-économiste, Maître de Recherche à l'Institut d'Economie Rurale (IER) au Programme de Recherche en Economie des Filières (ECOFIL).

<sup>4</sup> United State Department of Agriculture

<sup>5</sup> Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

<sup>6</sup> En 2007, celles-ci se chiffraient à 148.243 tonnes et provenaient essentiellement d'Asie : notamment l'Inde, la Thaïlande, le Vietnam, le Pakistan et la Chine. (DNA, 2009).

<sup>7</sup> Direction Nationale du Commerce et de la Concurrence

Les quantités importées de riz viennent concurrencer le stock national entraînant le prix à la baisse. Il a été souvent constaté que ce riz importé est d'une qualité inférieure à celui produit au niveau local. Au Mali, les unités alimentaires à faible revenu remplacent le riz local, notamment le riz étuvé, par un riz importé de basse qualité, relativement moins cher (Reardon et al., 1998). Cela a des effets néfastes sur la situation sanitaire des populations consommatrices. La consommation du riz représente environ 30% de la consommation totale des céréales au Mali. Le niveau de consommation du produit qui était de 34 kg/tête/an en 1989 pour l'ensemble du Mali est passé à 53 kg/tête/an en 2001 soit une progression d'environ 19% sur la période (DNSI<sup>8</sup>, 2004). Cette consommation a connu une croissance rapide cette dernière décennie. Elle est passée de 69.7 kg à la fin des années 2010 à 81.61 kg/tête/an en 2013 (EAC<sup>9</sup>, 2013). Le Mali enregistre un fort taux de croissance démographique et d'urbanisation respectivement de 3,6 % par an (CSCR<sup>10</sup>, 2015) et 35,7% (INSTAT<sup>11</sup>, 2015). Ces deux phénomènes ont contribué de manière significative à l'accroissement de la consommation du riz en tant qu'aliment de base des ménages urbains.

Au Mali, les potentialités rizicoles sont importantes. Les superficies aptes à l'irrigation sont évaluées à près de 2.200.000 ha. Cependant, ce potentiel n'est valorisé qu'à hauteur de 20 %. A cela s'ajoutent les actions d'accompagnement des partenaires techniques et financiers. Ainsi, l'Union Européenne a investi 15.8 milliards de francs CFA<sup>12</sup> en 2013 dans le cadre du programme de la coopération Mali-UE. Ce programme visait à améliorer les rendements rizicoles. En effet, une étude sur l'efficacité technique dans les pays en développement permet de mettre en exergue l'accroissement possible de la productivité sans facteurs additionnels. La faiblesse de la productivité dans la plupart des pays en développement est due à l'inefficacité technique (Thirtle et al., 1995). Pour résoudre la question d'intensification rizicole au Mali en général et dans l'Office du Niger en particulier, une investigation s'avère nécessaire pour déterminer le score d'efficacité technique des riziculteurs. Une analyse des déterminants de l'efficacité permet en outre

de fournir d'amples informations tant pour les exploitants que pour les décideurs publics. Par ailleurs, une meilleure maîtrise de ces déterminants contribuera à augmenter la productivité de façon durable. En outre, l'expérience indique que les producteurs ou les productrices en général ne se situent jamais du moins dans leur majorité sur les frontières de production et de coût (Nuama, 2006). Il est aussi reconnu que la plupart des agriculteurs issus des pays à faible revenu opèrent en deçà de leur capacité de production potentielle (Keane et al., 2009). Cela nous amène aux questions centrales suivantes : Quel est le niveau du score d'efficacité technique des riziculteurs de l'Office du Niger ? D'autre part, quels sont les déterminants de l'efficacité technique dans la zone l'Office du Niger au Mali ? L'objectif global de cette étude est de mesurer la performance productive des riziculteurs de l'Office du Niger.

De manière spécifique, il sera question de :

- Déterminer le niveau d'efficacité technique des producteurs ;
- Identifier et analyser les principaux déterminants de ce niveau d'efficacité technique.

Les hypothèses de recherche sont articulées autour des deux hypothèses centrales suivantes :

Hypothèse 1 : les exploitants de l'Office du Niger sont techniquement inefficaces en riziculture.

Hypothèse 2 : l'appartenance à une organisation paysanne a un effet positif sur l'efficacité technique.

Le reste du papier est organisé en cinq parties, la deuxième partie expose la zone Office et son potentiel, la troisième partie présente la Revue des études sur l'efficacité technique et modèle retenu et la quatrième partie porte sur l'Estimation du modèle et l'analyse des résultats. Ensuite, les Résultats et discussions feront l'objet de la cinquième partie. La sixième partie tire la Conclusion et les implications politiques.

## 2. Office du Niger

Le choix de l'Office du Niger dans le cadre de la présente étude se justifie par son énorme potentialité estimée à 960 000 ha irrigables; moins de 100 000 ha ont été aménagés, ce qui représente environ 10% des prévisions (FAO, 2010). Nous notons également la disponibilité des données sur la zone en tant que zone d'intervention stratégique des pouvoirs publics dans la lutte contre l'insécurité alimentaire au Mali. Malgré ce potentiel, l'offre régionale en riz ne couvre la demande locale de plus en plus croissante qu'à 66% (Diakité, 2009).

<sup>8</sup>Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique

<sup>9</sup>Enquête Agricole de Conjoncture

<sup>10</sup>Cadre Stratégique pour la Croissance et de la Réduction de la Pauvreté

<sup>11</sup>Institut National de la Statistique

<sup>12</sup>Communauté Financière d'Afrique

Les politiques d'accroissement de la production de la zone sont souvent beaucoup plus orientées vers l'extension des superficies (aménagement de 50 000 ha par an selon Diakité et Bagayoko, 2014) que d'intensification.

Considérant sa place dans les stratégies de restauration de la souveraineté alimentaire au Mali, l'Office du Niger a bénéficié de plusieurs projets et programmes de la part des autorités. Il s'agit entre autres de la maîtrise totale de l'eau, du Système de Riziculture Intensive en 2007 et l'Initiative riz (2007/2008). Ces différents projets-programmes ont contribué de manière significative à l'augmentation de la production et de la productivité. La moyenne de la production annuelle est de 771 845 tonnes de riz paddy avec un rendement moyen de 6,14 tonnes à l'hectare (bilan de campagne 2014-2015/ON<sup>13</sup>).

La zone est constituée de six centres de production. Il s'agit de : (i) ké-Macina ; (ii) Niono ; (iii) Molodo ; (iv) N'débougou ; (v) Kouroumari ; (vi) M'bèwani. L'Office du Niger comprend huit systèmes hydrauliques correspondant aux zones dominées par le barrage de Markala et donc potentiellement irrigables par gravité ou pompage (environ 1million d'hectares) ainsi que leur zone d'influence. La surface totale cartographiée dans le cadre de l'étude du schéma directeur est un peu plus de 2,8 millions d'hectares, dont près de 68 % couverts par les huit systèmes. Environ 67 005 exploitations familiales s'y trouvent. (Bilan de campagne 2014/2015/ON).

### 3. Revue des études sur l'efficacité technique et modèle retenu

Dans cette sous-partie nous développons le cadre théorique ainsi que les études empiriques sur l'efficacité technique.

#### ➔ Fondement théorique

La notion d'efficacité tire ses fondements de la théorie d'optimisation microéconomique. Nous faisons ici une différence claire entre les concepts d'efficacité et d'efficacités (voir figure 1). L'efficacité est la relation qui lie les résultats obtenus aux objectifs tandis que l'efficacités fait référence au lien entre les moyens mis en œuvres pour atteindre les résultats. C'est ce dernier concept que nous utilisons dans ce papier.

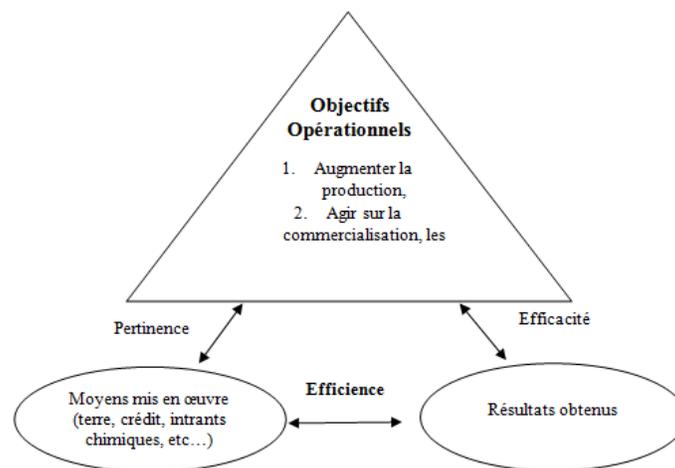


Figure 1 : Liens entre efficacité et efficacités dans le cadre de l'étude.

Source : Auteur, inspiré de Baumstark et al. (2005, page 64)

Le producteur agricole maximise sa production (output) sous la contrainte des intrants (inputs) disponibles, caractérisant la frontière du côté de la production. Un producteur est dit techniquement efficace s'il arrive à atteindre le maximum d'output avec la quantité minimale d'inputs. Il peut également minimiser ses coûts de production sous contrainte de la technologie et le prix des intrants (inputs) sur le marché. Cette dernière caractérise la frontière de coûts. Debreu (1951) et Koopmans (1951) ont été les premiers à explorer ce champ. Ensuite, Farrell (1957) suite aux travaux des auteurs susmentionnés va proposer une mesure de l'efficacité technique. Deux approches prédominent l'analyse de l'efficacité technique à noter : approche non paramétrique et paramétrique. La première fut développée

<sup>13</sup>Office du Niger

par Banker et al. (1984) à travers la méthode DEA<sup>14</sup> et Deprins et al. (1984) sous l'hypothèse de la libre disposition des productions et des intrants avec la méthode FDH<sup>15</sup>. La seconde présente une fonction comportant des paramètres explicites. Contrairement à la précédente approche, elle impose l'utilisation d'une forme fonctionnelle de type soit Cobb-Douglas ou Translogarithmique. Les précurseurs des frontières de production paramétriques furent Aigner et Chu (1968), notamment l'approche déterministe. Selon cette dernière, l'écart entre la production frontière et la production observée est dû à l'inefficacité de l'exploitant. Plus tard, Aigner et al. (1977) et Meeusen et Van Den Broeck (1977) vont développer la frontière de production stochastique à erreur d'inefficacité composées.

### ➤ Choix de l'approche de la production stochastique

Nous utilisons dans le cadre de la présente étude, l'approche de la frontière de production stochastique. Ce choix découle de certaines réalités du domaine agricole en général et de la riziculture en particulier. En effet, Selon Coelli et al. (1998), les frontières de type stochastique semblent être plus appropriées que la méthode non paramétrique dans le domaine agricole, en particulier pour les PED (pays en développement), où les données sont fortement influencées par des variations aléatoires (comme le climat, les invasions acridiennes etc...). Le modèle de la frontière stochastique a été initialement introduit de façon simultanée par Aigner et al. (1977) et Meeusen et Van Den Broeck (1977). La culture du riz à l'Office du Niger se fait par irrigation avec maîtrise totale de l'eau. Mais cela n'empêche l'influence d'autres facteurs exogènes tels que les invasions acridiennes sur les riziculteurs. Ceci motive l'utilisation de la version du modèle proposé par Battese et Coelli (1995) comme véhicule d'investigation dans la présente étude.

La fonction de production se présente de la suivante :

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

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

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

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

### ➤ Etudes empiriques

En se référant à la théorie microéconomique traditionnelle, les études d'efficacité technique ne sont pas pertinentes, car le producteur est censé être rationnel et maximise son profit. Partant de cette affirmation, chaque producteur se trouverait toujours sur la frontière de production. Cependant, la réalité prouve le contraire à travers les études. De même, l'expérience indique que les producteurs ou productrices en général se situent pour la plupart en dessous de la frontière de production. Nous passons en revue un groupe d'études récentes dans le domaine. Sokvibol et al. (2016), ont étudié l'efficacité technique et ses déterminants dans la production du riz au Cambodge. Ils ont appliqué la méthode de la frontière de production stochastique sur les données en panel de quatre ans, allant de 2012 à 2015. Avec la spécification translog, les résultats ont indiqué un score moyen d'efficacité technique de 0,78. Les déterminants de l'efficacité technique comprenaient l'irrigation, les techniques de production et le personnel d'appui agricole.

<sup>14</sup>Data Envelopment Analysis. Cette méthode consiste à construire, par des méthodes de la programmation linéaire, la frontière à partir des observations disponibles. La frontière est définie à partir des producteurs les plus efficaces.

<sup>15</sup>Free Disposal Hull: elle stipule la libre disposition des produits et des facteurs, c'est-à-dire la possibilité de se débarrasser de tout surplus de produits ou d'intrants sans coût additionnel.

Hasnain et al. (2015), ont mesuré l'efficacité technique de la production du riz Boro dans le district du Meherpur au Bangladesh en utilisant l'approche de la frontière stochastique. Avec la spécification translog appliquée sur un échantillon de 115 producteurs, le score moyen d'efficacité technique était de 0,89. Main d'œuvre, engrais, pesticides, semences, et irrigation ont été identifiées comme principaux déterminants de l'efficacité. Kané et Hamadoun (2013), ont étudié les déterminants de l'efficacité technique des riziculteurs maliens. Ils ont utilisé un modèle paramétrique stochastique avec la méthode du maximum de vraisemblance. Leur résultat a donné un score moyen d'efficacité technique de 0,65.

Audibert (1997), a mené une étude d'efficacité sur la riziculture au Mali. Les résultats montrent que l'âge était non significatif dans le modèle d'inefficacité technique, que les activités vivrières traditionnelles et le mauvais état de santé avaient un effet négatif sur l'efficacité technique. Par contre l'aménagement moderne des parcelles, la taille du ménage et la bonne cohésion sociale avaient un effet positif sur l'efficacité technique. Au regard de notre revue de la littérature, nous faisons le constat que peu d'études se sont intéressées à l'aspect efficacité technique au Mali. Il s'avère ainsi intéressant d'analyser la performance des riziculteurs de la zone Office du Niger sous cet angle.

### 3.1 Méthode d'estimation

La littérature préconise deux méthodes d'estimation de la frontière et des déterminants de l'inefficacité, la méthode en 2 étapes et l'estimation simultanée. La méthode en 2 étapes consiste à déterminer d'abord les indices d'efficacité à partir de l'estimation de la frontière, et ensuite à les régresser par rapport aux différents facteurs soupçonnés comme déterminants de l'efficacité. Elle a été largement critiquée par Kumbakhar et al. (1991) ; Battese et Coelli. (1995) car pour eux, elle viole l'une des hypothèses de base qui stipule que les effets d'inefficacité sont indépendamment distribués dans la frontière de production stochastique. La seconde méthode est la méthode d'estimation simultanée proposée par Battese et Coelli (1995), et consistant estimer simultanément deux équations, l'une représentant la frontière et l'autre la relation entre l'inefficacité et les facteurs explicatifs. Dans le cadre de la présente étude, nous utilisons la méthode simultanée. Les paramètres seront estimés par la méthode du maximum de vraisemblance à l'aide du programme Frontière 4.1 développé par Coelli (1996).

### 3.2 Spécification du modèle de production stochastique

Dans la littérature, les deux formes fonctionnelles les plus utilisées dans les études sur l'efficacité sont la forme translog et la forme Cobb-Douglas. La forme translog est plus flexible et permet de calculer des élasticités de substitution, alors que celles-ci sont unitaires dans une fonction Cobb-Douglas (Christensen et al. 1971). Nous effectuerons un test de validation entre les deux formes et retiendrons celle non rejetée au vu de l'évidence empirique.

La forme générique de la fonction translog est :

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j \ln X_{ij} + 0.5 \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \beta_{jk} \ln X_{ij} \ln X_{ik} + (v_i - u_i) \quad (3)$$

Où  $i$  est le riziculteur  $i$  ;  $Y_i$  : représente la production de riz paddy (kg) par exploitation;  $X_{ij}$  est la quantité d'input  $j$  utilisée par le riziculteur  $i$ . Les  $\beta$  sont des paramètres inconnus et  $(v_i - u_i)$  représente le terme d'erreur composé. La forme Cobb-Douglas résulte de l'exclusion des termes quadratiques et d'interaction entre inputs  $X$ :

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j \ln X_{ij} + (v_i - u_i) \quad (4)$$

Dans l'application empirique, les inputs utilisés dans la régression comprennent la superficie exploitée (ha), la quantité de semence utilisée, la quantité totale d'engrais (urée et NPK) utilisée (kg), et la main d'œuvre exprimée en hommes/jours. La production de riz paddy  $Y$  est mesurée en kg par exploitation.

### ➤ Spécification du modèle d'inefficacité technique

Le modèle d'inefficacité technique se présente comme ci-dessous :

$$u_i = \delta_0 + \sum_{l=1}^r \delta_l Z_l + \eta_i \quad (5)$$

$Z_i$  représentent les caractéristiques démographiques, socioéconomiques et institutionnelles qui expliquent l'inefficience technique des riziculteurs;  $\delta$  est un ensemble de paramètres, et  $\eta$  est une erreur aléatoire.

Dans l'application empirique, les variables sociodémographiques suivantes sont utilisées: l'âge de l'exploitant (année), son genre (une variable binaire prenant la valeur 1 pour l'homme), l'expérience dans la riziculture (année), l'accès au crédit (1 si accès), le niveau d'équipement de l'exploitant (1 si équipé), l'appartenance à une organisation paysanne (1 si appartenance), le statut de propriété de la parcelle (1 si loué), et l'appui dont bénéficie l'exploitant (1 si présence d'appui).

### ☛ Tests d'hypothèse du Modèle

Avant l'estimation, il est primordial de tester les trois hypothèses ci-dessous afin de voir si le modèle retenu est approprié et savoir également la pertinence de l'analyse. Il s'agit : de la discrimination entre les modèles translog et Cobb-Douglas, absence d'inefficience technique dans le modèle et la nature non stochastique des erreurs. Ces vérifications sont opérées en posant respectivement les hypothèses suivantes:

**H<sub>01</sub>**: la fonction stochastique est de type Cobb-Douglas ( $\beta_{ij} = 0$ ).

**H<sub>02</sub>**: le modèle ne comporte pas d'effets d'inefficience ( $\gamma = \delta_1 = \dots = \delta_9 = 0$ ).

**H<sub>03</sub>**: les erreurs sont non stochastiques ( $\gamma = 0$ ). (6)

### 4. Estimation du modèle et analyse des résultats

Des tests de spécification préliminaires ont été effectués avant d'aboutir au modèle retenu pour discussion.

- 1) Discrimination entre le modèle Cobb-Douglas et le modèle translog: L'hypothèse nulle  $\beta_{ij} = 0$  stipule que la forme Cobb-Douglas est valide.
- 2) Absence d'effets sociodémographiques sur l'inefficience, avec comme hypothèse nulle  $\delta_1 = \dots = \delta_9 = 0$
- 3) Absence d'inefficience technique: l'erreur composée est non stochastique, avec comme hypothèse nulle  $\gamma = 0$ . Si  $H_0$  est validée, la variance de l'erreur composée se résume à celle de l'erreur stochastique  $v$ .

Ces différentes hypothèses sont testées en utilisant la statistique générale du rapport de vraisemblance:

$$\lambda = -2(\ln L_0 - \ln L_1) \quad (7)$$

$\ln L_0$  étant la valeur de la log-vraisemblance sous l'hypothèse nulle et  $\ln L_1$  cette même valeur sous l'hypothèse alternative. L'hypothèse nulle est rejetée pour les grandes valeurs de la statistique. Le tableau 1 résume les résultats de ces tests préliminaires. Les données suggèrent que la forme Cobb-Douglas est préférée à la forme translog. L'hypothèse nulle d'absence d'inefficience est rejetée, de même que celle stipulant l'absence d'inefficience et celle stipulant l'absence d'effet des variables sociodémographiques sur l'inefficience.

Le tableau 1 présente les résultats des tests d'hypothèse de base du modèle.

**Tableau 1: Résultats des tests d'hypothèse**

Hypothèses	$\lambda$	Décision
Cobb-Douglas vs. Translog	21.7***	Non-rejet de $H_0$ à 1%
Absence d'inefficience	32.7***	Rejet de $H_0$ à 1%
Absence d'effets sociodémographiques sur l'inefficience	48.2***	Rejet de $H_0$ à 1%

**Source:** Auteurs, à partir de l'estimation des données d'enquête (avril 2014).

A la suite de ces tests préliminaires, la spécification Cobb-Douglas retenue a donné les résultats consignés au tableau 2, en ce qui concerne la fonction de production. Les coefficients ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  et  $\beta_4$ ) respectivement des facteurs de productions (Travail, Engrais, Semences et Superficies) sont significatifs à 1%, l'exception faite du Travail (significatif à 5%). Cela stipule que si l'on augmente les quantités des facteurs Travail et Engrais de 1%, la production du riz augmentera respectivement de 0,08% et 0,09%. Concernant les facteurs Semences et Superficies, une augmentation de 1% de ces facteurs fait accroître la production du riz respectivement de 0,40% et 0,51%. En somme, nous constatons que la variable superficie a un apport plus élevé dans l'accroissement de la production avec un coefficient de 0,51.

De plus, gamma ( $\gamma$ ) est significatif à 1% et sa valeur est comprise entre 0 et 1, indiquant la nature stochastique de la frontière de production. Cela implique que la déviation de la frontière est due d'une part à l'inefficience, mais également influencée par les chocs exogènes aléatoires indépendants des producteurs du riz.

**Tableau 2: Résultat d'estimation de la fonction de production stochastique Cobb-Douglas**

Variabes	Paramètres	Coefficients estimés	Ecart-type
Constante	$\beta_0$	6,75***	0,24
Travail	$\beta_1$	0,08 **	0,05
Engrais	$\beta_2$	0,09 ***	0,04
Semences	$\beta_3$	0,40 ***	0,06
Superficie	$\beta_4$	0,51 ***	0,06
Sigma-Carré	$\sigma^2_u/\sigma^2$	1,24	1,03
Gamma	$\gamma$	0,98 ***	0,01
Log-Vraisemblance		-61,42***	

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

\*\* Significatif au seuil de 5%; \*\*\* Significatif au seuil de 1%.

Le modèle estimé des déterminants de l'inefficience est présenté au tableau 3. Parmi les variables explicatives potentielles, cinq sont significatives. Il ressort que les variables expérience, location, accès au crédit, appartenance à une organisation paysanne (toutes significatives à 5%) et équipement (significative à 10%) sont les déterminants de l'efficience technique dans zone Office du Niger au Mali. Nous constatons également que toutes ces variables répondent aux signes attendus, exception faite de l'accès au crédit qui contribue à augmenter l'inefficience.

**Tableau 3: Résultat d'estimation de la fonction d'inefficience technique**

Variabes	Paramètres	Coefficients estimés	Ecart-type
Constante	$\delta_0$	-3,838	4,182
Age	$\delta_1$	0,010	0,014
Genre	$\delta_2$	1,068	0,379
Expérience	$\delta_3$	-0,023**	0,010
Education	$\delta_4$	0,214	0,227
Crédit	$\delta_5$	0,360**	0,183
Equipement	$\delta_6$	-2,364*	1,135
OP	$\delta_7$	-0,397**	-0,181
Location	$\delta_8$	-1,026**	0,636
Appui	$\delta_9$	0,973	0,925

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

(\*) Significatif au seuil de 10% ; (\*\*) Significatif au seuil de 5%.

## 5. Discussions des résultats

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

### o Fonction de production

L'analyse de la fonction de production met en exergue que la riziculture au sein de l'Office du Niger au Mali évolue à rendements d'échelle non variables dans l'espace de production, la spécification Cobb-Douglas étant validée.

En plus, les coefficients de quatre facteurs de production (Travail, Engrais, Semences et Superficies, respectivement : 0.08 ; 0.09 ; 0.40 et 0.51) sont tous positifs et significatifs, indiquant leurs influences positives sur la production. Une augmentation de 1% de chacune de ces facteurs fait accroître la production respectivement de 0.08%, 0.09%, 0.40% et 0.51%. Contrairement à nos attentes, la superficie est identifiée comme celle ayant le plus grand coefficient d'inertie dans la production. Ce résultat est similaire à celui de Fontan (2008). Ce dernier corrobore également les politiques de viabilisation des superficies mise en œuvre dans la zone. Par ailleurs, la valeur de gamma (0.98 significative à 1%) proche de 1 nous permet d'affirmer que la majeure partie de la déviation de la frontière est due à l'inefficience technique des riziculteurs. Les chocs aléatoires exogènes ont peu d'influence sur les producteurs. Ceci cadre également avec la technique d'irrigation avec Maîtrise totale d'eau mise en place dans la zone Office du Niger. Cette dernière permet d'atténuer les effets des chocs sur les exploitants en combinaison à d'autres mesures d'accompagnements.

#### ○ **Fonction d'inefficience technique**

L'estimation de la fonction d'inefficience technique nous révèle que la variable accès au crédit (avec un coefficient d'inertie élasticité positif), contribue à augmenter l'inefficience technique des riziculteurs. Le résultat indique les producteurs ayant accès au crédit sont relativement plus inefficients que ceux n'ayant pas l'accès. Conformément aux résultats de Nyemeck et al. (2004) ; Helfand et Levine (2004), ce fait est dû en général à la non utilisation à bon escient du crédit par l'exploitant. Il s'est avéré que dans les pays en développement, les exploitants utilisent le crédit à d'autres fins au détriment des besoins agricoles, et ceci pourrait les conduire à négliger certains éléments de gestion de leurs parcelles de riz. Concernant les autres déterminants de l'efficience technique, l'expérience, l'appartenance à une organisation paysanne et le statut location de la parcelle ont des coefficients d'inertie négatifs et significatifs à 5% ; l'équipement a un coefficient négatif, mais significatif à seulement 10%. Ces variables contribuent ainsi à réduire l'inefficience technique des exploitants rizicoles dans l'Office du Niger au Mali. Le coefficient négatif de l'expérience indique les exploitants ayant plusieurs années d'expérience dans la riziculture sont relativement plus efficaces techniquement que ceux qui ont peu d'année d'expérience. Ce résultat est cohérent avec les attentes. Le producteur au fil des ans corrige ses erreurs du passé. Chaque année de production est une nouvelle expérience, selon un processus de learning by doing. Un tel producteur aurait plus de facilités à trouver des solutions idoines aux problèmes rencontrés au cours du processus de production grâce à ses expériences cumulées. Ce résultat est conforme aux travaux de Balcombe et al. (2008) et Battese et Coelli (1995).

Le coefficient négatif de l'équipement suggère que l'inefficience de l'exploitant se réduit s'il a accès aux matériels agricoles. Ce résultat est analogue à celui d'Abedullah et al. (2007). Dans la pratique, l'accessibilité aux équipements agricoles fait accroître de manière significative la production. Cette réalité corrobore également le fait que l'Office du Niger fait de l'approvisionnement des matériels agricoles une priorité absolue. Pour assurer l'approvisionnement des exploitants en matériels à moindre coûts, l'Office a en outre mis en place une Coopérative Artisanale des Forgerons de l'Office du Niger (CAFON) dans le cadre de la pérennisation du projet « ARPON<sup>16</sup> » financé par les Pays-Bas.

L'appartenance à une organisation paysanne est significative et négative indiquant que l'exploitant membre d'une organisation paysanne est relativement plus efficace techniquement que celui n'appartenant pas à un groupe de paysans. Ce résultat satisfait aux attentes, car le fait d'être dans un groupe d'intérêt commun a des vertus comme le partage de connaissance, le capital social et l'effet de synergie. Cet élément de capital social facilite la mobilisation des fonds internes pour acquérir des équipements qui est un déterminant de l'efficience technique dans la zone Office du Niger au Mali. Ce résultat semble confirmer les réalités du terrain, car nous enregistrons 1549 organisations paysannes dans l'Office (BC<sup>17</sup>, 2014/2015). En définitive, ces éléments constituent un véritable levier pour accroître l'efficience individuelle en particulier et celle du groupe en général.

La location de la parcelle est significative et négative indiquant que les producteurs qui opèrent en location sont techniquement plus efficaces que ceux qui sont propriétaires de leurs parcelles. Cela peut s'expliquer par le fait que l'exploitant qui opère en location voit son coût de production élevé avec l'ajout des frais de la tenure foncière.

<sup>16</sup>Amélioration de la Riziculture Paysanne à l'Office du Niger

<sup>17</sup>Bilan de Campagne

Il est tenu à être plus efficace dans la gestion des ressources pour dégager une plus-value importante pour non seulement couvrir ses coûts de productions mais également s'acquitter de la rente qui le lie au propriétaire de la terre. Ce résultat est conforme à celui de Nuama (2010).

## 6. Conclusion

L'objet de la présente étude était d'analyser les déterminants du niveau d'efficacité technique des riziculteurs de l'Office du Niger. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé une base de données secondaire de 2014. Un échantillon de 130 observations est retenu. La fonction de production (en une étape) à erreurs d'inefficacité composées a été appliquée aux données. Au terme de l'analyse, les données révèlent que la forme traditionnelle Cobb-Douglas est mieux adaptée pour notre étude. Les coefficients d'inertie (élasticités) des quatre facteurs de production (Travail, Engrais, Semences et superficies) utilisés dans l'analyse sont tous significatifs et positifs. Cela indique ils contribuent tous à accroître la productivité du riz.

De plus, l'estimation de la frontière production affiche un score moyen d'efficacité technique de 0,66. Donc les riziculteurs de l'Office du Niger n'exploitent que 66% de leurs potentiels pour produire du riz. En déduction, le score d'inefficacité technique est de 0.34, concluant que le niveau de production des riziculteurs peut être augmenté de 34% sans coût supplémentaire. Par ailleurs, la variable augmentant le niveau d'inefficacité est l'accès au crédit. Par contre, expérience, équipement, appartenance à une organisation paysanne et location sont identifiées comme déterminants de l'efficacité technique des riziculteurs de l'Office du Niger. Partant de cela, toutes les politiques d'amélioration du niveau d'efficacité technique des riziculteurs doivent être axées sur ces variables. Ainsi, nous n'avons pas pu rejeter notre première hypothèse d'étude affirmant que les exploitants de l'Office du Niger sont techniquement inefficaces, car les données révèlent la présence d'inefficacité avec un score moyen de 0,34. Concernant la seconde hypothèse, nous n'avons pas pu la rejeter également du fait que le coefficient de la variable appartenance à une organisation paysanne s'est montré significatif et négatif. Cela implique qu'elle réduise le niveau d'inefficacité.

A la lumière de ces résultats, nous formulons certaines implications politiques en ce qui concerne les déterminants de l'efficacité technique. Les autorités en charge du développement de la riziculture doivent créer des espaces de communication entre les exploitants expérimentés et les non expérimentés afin de permettre un transfert de connaissance des plus expérimentés aux moins expérimentés. En plus, un accent particulier doit être mis sur l'approvisionnement des exploitants en matériels agricoles pour booster la production rizicole dans ladite zone. Il sera également souhaitable de mieux structurer la tenure foncière. Cela permettra aux exploitants locataires de se sentir en sécurité en tant que source de motivation pour produire de façon plus efficace ; et encourager les créations de groupes paysans. Les initiatives d'extension des superficies doivent être également encouragées, car contrairement à nos attentes la superficie contribue le plus à l'accroissement de la productivité. En outre, il convient de souligner certaines faiblesses de notre analyse telles que : l'absence de la variable herbicide au niveau des facteurs de production qui peut être pertinente dans la variation de la production du riz d'une part et d'autres part, la taille faible de l'échantillon et l'utilisation des données en coupe instantanée. Une analyse plus complexe peut être menée en utilisant les données de panel pour voir les effets temporels dans la variation de l'inefficacité technique.

## Travaux Cités

- Abedullah, S., & Kalid, M. (2007). Analysis of technical efficiency of rice production in Punjab (Pakistan): implication for future investment strategies. *Pakistan Economics and Social Review* 45 (N°2), 231-244.
- Aigner, D. J., & Chu, S. F. (1968). On estimating the industry production function. *The American Economic Review*, 58 (4), 826-839.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, &. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6 (1), 21-37.
- Audibert, M. (1997). Technical inefficiency effects of paddy farmers in office Niger in Mali, West Africa. Springer. *Journal of Productivity Analysis*, 8 (4), 379-394.
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and sale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30 (9), 1078 – 1092.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20 (2), 325-332.

- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. In *International Applications of Productivity and Efficiency Analysis* Springer. Netherlands, 149-165.
- Battese, G. E., & Corra, G. S. (1977). Estimation of a production frontier model with application to the pastoral zone of Eastern Australia. *Australian's Journal of Agricultural Economics*, 21, 169-179.
- Baumstark, L., Menard, C., Roy, W., & Yvrande-Billon, D. (2005). *Mode de gestion et efficience des opérateurs dans le secteur des transports urbains de personnes*. Lyon: LET, Paris: Centre Atom, 154.
- Christensen, L., Jorgenson, W., & Lau, L. (1971). Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function. Chicago, the University of Chicago, *Econometric Society, Econometrica*, 39, 255-256.
- Coelli, T. J. (1996). A guide to FRONTIER version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. *CEPA Working papers*, 7, 96.
- Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 273-292.
- Deprins, D., Simar, L., & Tulkens, H. (1984). Measuring labor efficiency in post offices. North Holland, Amsterdam: In Marchand M., Pestiau P., Tulkens H. (Eds). *The performance of public enterprises: Concepts and measurement*.
- Diakité, L. (2010). *Rapport sur la filière riz au Mali*. Bamako: Ministère de l'agriculture, Juillet 2010.
- FAOSTAT. (2016). FAOSTAT. Récupéré sur [www.faostat3.fao.org/download/Q/QC/E](http://www.faostat3.fao.org/download/Q/QC/E), [15 Janvier, 2016].
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120 (3), 253-290.
- Fontan, C. (2008). Production et efficience technique des riziculteurs de Guinée. *Économie rurale* (6), 19-35.
- Hasnain, N., Hossain, E., & Islam, K. (2015). Technical Efficiency of Boro Rice Production in Meherpur District of Bangladesh: A Stochastic Frontier Approach. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 3 (2), 31-37.
- Helfand, S. M., & Levine, E. S. (2004). Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, 31 (2-3), 241-249.
- Kane, A., & Hamadoun, A. (2013). Technical efficiency and its determinants in Mali's rice production. Bamako: Centre régional de recherche agricole (CRRA) de Sotuba, Institut d'économie rurale (IER).
- Keane, J., Page, S., Kergna, A., & Kennan, J. (2009). *Climate Change and Developing Country Agriculture: An Overview of Expected Impacts, Adaptation and Mitigation Challenges, and Funding Requirements*, ICTSD–IPC Platform on Climate Change, Agriculture and Trade. International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva, Switzerland and International Food & Agricultural Trade Policy Council, Washington DC, USA, Issue Brief (2), 1-49.
- Kodde, D. A., & Palm, F. C. (1986). Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. *Econometrica*, 54, 1243–1248.
- Koopmans, T. (1951). *Activity analysis of production and allocation*. New York: Wiley.
- Kumbhakar, S. C., Ghosh, S., & Mc Guckin, J. T. (1991). A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in US dairy farms. *Journal of Business & Economic Statistics*, 9 (3), 279-286.
- Nuama, E. (2010). L'efficacite technique des riziculteurs ivoiriens : la vulgarisation en question. *Economie rurale* (316), 36-47.
- Nuama, E. (2006). Mesure de l'Efficacite Technique des Agricultrices de cultures vivrieres en Côte-d'Ivoire. *Economie rurale* (296), 39-53.
- ORYZA. (2014). Rendement du riz paddy en Afrique subsaharienne. Récupéré sur [/www.oryza.com/op-ed/whos-topping-list-highest-rice-yields-sub-saharan-africa](http://www.oryza.com/op-ed/whos-topping-list-highest-rice-yields-sub-saharan-africa), [04 Février, 2016]
- Reardon, T., Diagana, B., Akindes, F., Savadogo, K., Staatz, J., & Camara, Y. (1998). Sécurité alimentaire et filières agricoles en Afrique de l'ouest : Enjeux et perspectives en quatre ans après la dévaluation du franc CFA. *Agriculture et Développement* (3).
- Thirtle, C., Hadley, D., & Townsend, R. (1995). Policy-induced innovation Sub-Saharan African agriculture: A multilateral Malmquist productivity index approach. *Development Policy Review*, 13, 323-342.
- USDA. (2014). Foreign agriculture service. Récupéré sur [www.apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx](http://www.apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx), [19 Janvier 2014]