

Utilisation des Variétés de Semences Améliorées et Efficacité Technique des Riziculteurs au Sénégal

Improved Seed Varieties and Technical Efficiency of Rice Farmers in Senegal

DIENG Fallou

Enseignant chercheur

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Sénégal
Laboratoire d'Économie Publique

DIALLO Mouhamadou Foula

Doctorant

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Sénégal
Laboratoire d'Économie Publique

LO Adama Maty

Doctorant

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Sénégal
Laboratoire d'Économie Publique

AIDARA Mouhamadou Moustapha

Enseignant chercheur

Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
Université Cheikh Anta Diop de Dakar - Sénégal
Laboratoire d'Économie Publique

Date de soumission : 06/04/2025

Date d'acceptation : 10/05/2025

Pour citer cet article :

Dieng. F. & AL. (2025) « Utilisation des Variétés de Semences Améliorées et Efficacité Technique des Riziculteurs au Sénégal », Revue Française d'Économie et de Gestion « Volume 6 : Numéro 5 » pp : 194- 218.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons

Attribution License 4.0 International License



Résumé

Au Sénégal, la performance du secteur agricole reste un défi majeur en raison des perturbations climatiques et de l'augmentation du niveau d'insécurité alimentaire. Cette problématique pose en premier la question de l'efficacité technique des producteurs agricoles. Ainsi, l'objectif de cet article est d'analyser l'effet de l'utilisation des variétés de semences améliorées sur la productivité rizicole au Sénégal en appliquant l'approche « Data Envelopment Analysis » (DEA) et un modèle Tobit aux données de l'enquête agricole annuelle de 2022. Les résultats montrent que le score d'efficacité technique moyen des producteurs rizicoles est de 29,6%. Il apparaît que les producteurs spécialisés dans la riziculture irriguée sont plus efficaces que ceux qui pratiquent la riziculture pluviale. Toutefois, l'efficacité technique peut être améliorée de 5% par l'utilisation des nouvelles variétés de semences (Nerica et Sahel). Il s'y ajoute que, l'accès au crédit permet d'améliorer la productivité des riziculteurs sénégalais de 9%. Ces résultats suggèrent l'accompagnement des producteurs rizicoles pour davantage utiliser les variétés de semences améliorées, pour l'accessibilité au crédit et aux terres arables. Il faut également renforcer les aménagements hydroagricoles pour améliorer la performance productive des exploitants rizicoles.

Mots clés : Semences améliorées ; Efficacité technique ; Riz ; Méthode DEA ; Modèle Tobit.

Abstract

In Senegal, the performance of the agricultural sector remains a major challenge due to climate disruptions and the increasing level of food insecurity. This issue first raises the question of the technical efficiency of agricultural producers. Thus, the objective of this article is to analyze the effect of the use of improved seed varieties on rice productivity in Senegal by applying the "Data Envelopment Analysis" (DEA) approach and a Tobit model to data from the 2022 annual agricultural survey. The results show that the average technical efficiency score of rice producers is 29.6%. It appears that producers specialized in irrigated rice cultivation are more efficient than those who practice rainfed rice cultivation. However, technical efficiency can be improved by 5% through the use of new seed varieties (Nerica and Sahel). In addition, access to credit can improve the productivity of Senegalese rice farmers by 9%. These results suggest that rice producers should be supported to increase their use of improved seed varieties, and to improve access to credit and arable land. Hydro-agricultural developments should also be strengthened to improve the productive performance of rice farmers.

Keywords : Improved seeds; Technical efficiency; Rice; DEA method; Tobit model.

Introduction

Au Sénégal, comme dans la plupart des pays en développement, la performance du secteur agricole reste un défi majeur en raison des perturbations climatiques et de l'augmentation du niveau d'insécurité alimentaire amplifié par la guerre Russo-ukrainienne. En 2023, le secteur agricole a contribué à hauteur de 15 % au Produit Intérieur Brut (PIB) et emploie environ 22 % de la population active (Agence EcoFin, 2024). Dans le cadre du Plan Sénégal Emergent (PSE), le gouvernement s'est engagé à faire de l'agriculture le principal moteur de croissance. Ainsi, les Plans d'Action Prioritaire (PAP1 (2014-2018) et PAP2 (2019-2023)) déclinent comme entre autres objectifs sectoriels le développement de l'agriculture et l'agro-alimentaire.

Pour accompagner le secteur agricole, le gouvernement du Sénégal compte renforcer la production rizicole. En effet, le riz occupe une bonne place dans la consommation des sénégalais devant le mil et le maïs. La consommation moyenne annuelle en riz en 2022 est d'environ 116 kg/habitant et l'approvisionnement local couvre uniquement 35 % des besoins de consommation (USAID, 2023). Face à une telle situation, l'Etat du Sénégal a adopté un ensemble de stratégie telle que la Stratégie Nationale de Reconstitution du Capital Semencier (SNRCS). Cette dernière a permis à AfricaRice en collaboration étroite avec l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) de développer de nouvelles variétés de semences améliorées à haut rendement, principalement le Nerica (New Rice for Africa) et le Sahel, pouvant atteindre en moyenne les 9 tonnes à l'hectare. Par ailleurs, les rendements rizicoles au Sénégal sont faibles (FAO, 2022). En 2023, le rendement rizicole est estimé à 5,5 t/ha en irrigué et 3,4 t/ha en pluvial (DAPSA, 2024). Cette faiblesse des rendements est fortement liée aux problèmes d'efficacité technique ou encore de la productivité des exploitants rizicoles.

L'efficacité technique est définie comme étant l'écart entre le niveau de production observé et la frontière de production (Aigner et al., 1977; Meeusen & van Den Broeck, 1977). Les travaux empiriques sur la question montrent que l'efficacité technique des producteurs rizicoles serait liée au crédit, au capital humain et aux innovations etc. (Abdallah, 2016; Diamouténé, 2019; Ndour, 2017; Theophile, 2010). Toutefois, les travaux récents sur l'efficacité technique des exploitants agricoles mettent l'accent sur la qualité des semences utilisées (Diouf et al., 2018; Halidou et al., 2021; Sidibe et al., 2022; Thiao & Larbi, 2022).

D'un point de vue théorique les variétés de semence améliorées (Nerica et Sahel) sont considérées comme des innovations (nouvelles sources de matière première selon Schumpeter 1939) susceptibles de renforcer les rendements par l'amélioration de l'efficacité technique des producteurs rizicoles. En effet, la semence est un déterminant essentiel des rendements auxquels

elle contribue à près de 30% (ISRA, 2005). Par exemple, la variété Nerica pousse plus rapidement, arrivant à maturité entre 70 et 90 jours, contre 120 jours pour les variétés de bas fond disponibles localement. Ce qui permet aux riziculteurs de faire deux récoltes par an (la double culture). Le sahel est une autre variété à haut rendement adapté aux zones pluviales de plaine avec un rendement estimé à 13 tonne/ha. Alors, compte tenu du problème d'efficacité technique des producteurs rizicoles et de l'adoption croissante des variétés de semences améliorées, il se pose la question à savoir : l'adoption des variétés de semences améliorées renforce-t-elle l'efficacité technique des producteurs rizicoles au Sénégal ?

L'objectif principal de cet article est ainsi d'analyser l'effet de l'utilisation des variétés Nerica et Sahel sur la productivité rizicole au Sénégal. De façons spécifiques, il s'agira, d'une part, d'estimer le score d'efficacité technique moyen des riziculteurs au Sénégal et, d'autre part, de déterminer la contribution des semences améliorées à l'efficacité technique rizicole au Sénégal. L'article est organisé en deux sections. Après l'introduction, la première section présente la revue de la littérature, la méthodologie et les données. Puis avant de conclure, la deuxième section consacre l'analyse et l'interprétation des résultats.

1. Revue de la littérature, méthodologie et données

Les variétés de semence améliorées sont considérées comme des innovations susceptibles de renforcer les rendements par l'amélioration de l'efficacité technique des producteurs rizicoles. Par conséquent, elles trouvent leur ancrage théorique dans la théorie des innovations technologiques développées par Schumpeter en 1939 car étant de nouvelles sources de matière première. Les innovations agissent sur la productivité à travers plusieurs canaux dont l'effet multiplicateur, l'effet qualité et l'effet « productivité globale des facteurs » (Dieng, 2021). Alors que, le modèle DEA développé dans la seconde moitié des années 1970 par les travaux de Charnes et al. (1978, 1978) est utilisé pour évaluer l'efficacité des producteurs rizicoles. Dans cette section, nous présentons d'abord la littérature développée sur l'utilisation des variétés de semences puis la méthodologie d'analyse.

1.1. Utilisation de semences améliorées et productivité agricole dans la littérature

L'utilisation des semences améliorées sur la productivité des riziculteurs a longtemps été débattue dans la littérature économique comme moyen d'innovation. Dans les pays en développement, les producteurs de riz peinent à supporter les coûts liés à la production en raison du prix élevé des variétés améliorées de semences ou innovations (Demont & Rutsaert, 2017; Sidibe et al., 2022). L'importance de l'adoption de nouvelles technologies fait référence à la décision de mettre en œuvre des propositions techniques nouvelles dans les systèmes de

production existants pour accroître les rendements (Sané, 2018). Du point de vue économique, une innovation ne sera adoptée que lorsque les individus concernés sont convaincus compte tenu des informations dont ils disposent, de l'intérêt ou des gains qu'ils peuvent en tirer. En outre, il est largement admis que la diversité variétale utilisée par les agriculteurs est partie intégrante de l'agro biodiversité et contribue à la durabilité des systèmes de production agricole, en particulier dans les agricultures de subsistance (Altieri & Nicholls, 2014; Jarvis et al., 2012; Mkandawire et al., 2022; Sané, 2018).

En s'appuyant sur la littérature existante, l'adoption de variétés de semences améliorées peut stimuler la croissance de la productivité agricole. En outre, cela peut diminuer les risques de mauvaises récoltes, entraîner une augmentation de la production pour la consommation alimentaire des ménages, améliorer les revenus et la sécurité alimentaire des agriculteurs dans les pays d'Afrique Subsaharienne (Boubacar et al., 2016). En Asie, l'adoption généralisée de variétés certifiées de blé et de riz a entraîné une augmentation des rendements et de la sécurité alimentaire (Evenson & Gollin, 2003). Quelques années plus tard, l'adoption des variétés de riz améliorées a énormément contribué à accroître la production de riz, à hauteur de 14 à 23 % de la valeur totale de la production en Inde et en Chine (Anang et al., 2016). Les travaux de Minten & Barrett (2008) menés à Madagascar, ont révélé que les communautés agricoles ayant des taux d'adoption de technologies rizicoles améliorées plus élevés avaient de meilleurs rendements et de faibles niveaux d'insécurité alimentaire.

De même, l'application d'une méta-analyse des impacts des nouvelles technologies (engrais, nouvelles cultures et cultures plus nutritives) sur la sécurité alimentaire des agriculteurs a montré que les interventions des nouvelles technologies rizicoles avaient le potentiel d'améliorer directement la situation des ménages agricoles (Cornell et al., 2016). D'autres travaux fournissent également des preuves de la manière dont les nouvelles variétés de riz peuvent accroître la productivité des riziculteurs en influençant directement les niveaux de production, la disponibilité alimentaire et les revenus des ménages agricoles et indirectement en augmentant l'emploi et les taux de salaire des travailleurs (Elphick & Oring, 1998; Hossain et al., 1994; Islam et al., 2018; Sadoulet & De Janvry, 1992). Toutefois, en dépit des effets positifs, les innovations agricoles présentent des effets néfastes. En effet, les innovations agricoles pourraient jouer contre les pauvres, dans la mesure où les technologies sont mieux adaptées aux grandes exploitations (Hazell, 2010).

En Afrique, des variétés de semences adaptées aux conditions climatiques ont été développées dans le temps mais l'introduction de ces technologies a rencontré de faibles succès à cause des

faibles taux d'adoption enregistrés dans ces pays (Faye et Mané, 2017). Parmi les principaux obstacles à l'adoption figurent le faible accès au crédit, l'accès limité à l'information, l'aversion au risque, la perception des producteurs, la taille de l'exploitation ou encore le capital humain du chef d'exploitation et de son appartenance à des réseaux paysans (Feder, 1980; Mulubrhan Balehegn et al., 2012). Toutefois, des problèmes d'accès, des prix élevés et la faible qualité des semences utilisées par les producteurs constituent des barrières à une croissance agricole en Afrique (Keyser, 2013).

L'analyse de l'effet de l'adoption des variétés améliorées de semences sur la productivité rizicole dans la région nord du Ghana, révélée que l'utilisation des variétés de semences améliorées affecte positivement et significativement le rendement rizicole des ménages ruraux (Lamptey et al., 2022). Elle montre ainsi que la main d'œuvre familiale, l'appartenance à une organisation paysanne, la perception des producteurs sur la pluviométrie, la possession d'un téléphone portable, la politique de sensibilisation du gouvernement et l'accès au marché des intrants sont les facteurs déterminants de l'adoption des variétés de semences améliorées. Cependant, l'âge du paysan, et la mécanisation agricole affectent négativement l'adoption des semences améliorées. Au Nigéria, Adisa et al., (2019) montre que l'adoption de nouvelles technologies de production augmente le niveau le rendement des petits producteurs entre 91,6% et 98,5%. De même, Bruce et al. (2014) indique que l'utilisation des variétés améliorées de semences a un impact positif sur la productivité rizicole au Ghana.

L'effet de l'utilisation du Nerica sur le rendement rizicole a été étudié par Asante et al. (2014). Les résultats de l'estimation du modèle d'analyse des frontières stochastiques révèlent que l'utilisation du NERICA influence positivement la production et le rendement des ménages ruraux au Ghana. Utilisant le modèle de régression Tobit, Yisa et al., (2022) trouvent que l'âge du riziculteur, son revenu, la taille de la parcelle et la disponibilité des variétés améliorées de semences influencent positivement l'adoption de nouvelles variétés de semences au Nigéria. Alors qu'au Bénin, Arouna & Diagne (2013) montrent que l'adoption de semences certifiées de riz a permis d'augmenter le rendement rizicole de 1924 kg/ha au niveau des adoptants potentiels.

En définitive, les résultats des travaux sur la question, nous amènent à formuler les hypothèses suivantes :

H1 : Le score d'efficacité moyen des producteurs rizicoles au Sénégal est faible

H2 : L'utilisation des variétés de semences (NERICA et SAHEL) améliore l'efficacité technique des producteurs rizicoles

1.2. Méthodologie et données

L'estimation de l'efficacité technique des producteurs de riz est faite par la méthode DEA. Cette approche a été développée par Charnes et al. (1978, 1978) pour évaluer l'efficacité d'un programme fédéral américain d'allocation de ressources aux écoles « Programme Follow Through ». Le modèle DEA a longtemps été utilisé pour estimer l'efficacité des unités de décision (DMU). Il consiste à déterminer des unités de production de référence et à les situer par rapport à l'ensemble des unités. La recherche du meilleur producteur virtuel pour chaque producteur est au centre de l'analyse DEA. Si le producteur virtuel est meilleur que le producteur observé, soit parce que le producteur original produit plus d'outputs en utilisant les mêmes inputs que celui virtuel, soit parce qu'il produit autant d'outputs avec moins d'inputs, alors le producteur observé est inefficent (Beye, 2021; Borodak, 2007).

Nous supposons dans cette partie qu'il y ait n DMU dans un échantillon produisant des outputs (Y), en utilisant m inputs (X). Le problème d'optimisation peut être énoncé comme suit :

$$ETk = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}}$$

Avec :

- ETk : L'efficacité technique de l'exploitant k utilisant m inputs pour produire des outputs ;
- Y_{rk} : La quantité de l'output r produite par l'exploitant k;
- X_{ik} : La quantité de l'input i consommée par le producteur k ;
- U_r et V_i : Les poids respectifs de l'output r et de l'input i ;
- k : Le nombre de producteur à évaluer ;
- s et m : Les nombres respectifs d'output et d'input.

L'efficacité technique de l'exploitant k sera maximisée sous deux contraintes :

- Les scores d'efficacité ne peuvent être supérieurs à 1.
- Les poids appliqués aux outputs et aux inputs sont strictement supérieurs à 1.

La programmation linéaire de maximisation est la suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_Y \frac{\sum_{r=1}^s U_i Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \\ SC: \frac{\sum_{r=1}^s U_i Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \leq 1 \text{ et } U_r, V_i > 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

$j=1, \dots, n$, $r=1, \dots, s$, et $i=1, \dots, m$

Dans cet article, nous travaillons avec un modèle à orientation outputs. Dans ce dernier, on maximise les outputs pour un niveau donné d'input. Autrement dit il indique de combien un

producteur peut augmenter ses outputs avec le même niveau d'inputs. Le modèle DEA à orientation output est le suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_Y \sum_{r=1}^s U_r Y_r k \\ SC: \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s U_r Y_r j \geq 0; \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} = 1 \text{ et } U_r, V_i > 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

$j=1, \dots, n, r=1, \dots, s, \text{ et } i=1, \dots, m$

Les variables qui entrent dans le calcul du score d'efficacité sont la quantité de riz produite en kg, la superficieensemencée, la quantité de semences utilisées dans la parcelle en kg, la quantité de NPK et d'urée utilisée dans la parcelle en Kg et le nombre d'heures effectuées dans la parcelle (voir annexe 1).

L'utilisation de l'approche DEA se justifie par le fait qu'elle fournit de meilleurs résultats comparativement à l'approche de la frontière stochastique (SFA) (Chemak et al., 2010).

En ce qui concerne l'identification des facteurs d'inefficacité technique un modèle Tobit est utilisé. Alors, le modèle général à double censure est spécifié comme suit :

$$y_i^* = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i \ln(Z_i) + \varepsilon_i$$

$$y_i = \begin{cases} C_{1i} \text{ si } y_i^* \leq C_{1i} \\ y_i^* \text{ si } C_{1i} < y_i^* \leq C_{2i} \\ C_{2i} \text{ si } y_i^* > C_{2i} \end{cases} \quad (2)$$

Avec :

- y_i^* : Indice d'efficacité du ième producteur
- α_0 : Constante
- α_i : Elasticité de l'indice d'efficacité par rapport à chaque variable
- ε_i : Terme d'erreur aléatoire
- C_{1i} et C_{2i} : Limites inférieure et supérieure
- Z_i : Variables dépendantes (voir annexe 2)

Selon Ngabirano & Birungi (2022), les principaux facteurs¹ qui influent sur l'efficacité technique se répartissent en deux grandes catégories le capital humain (l'âge, le sexe, l'éducation et l'expérience dans l'agriculture) et les facteurs socio-économique (la disponibilité du crédit, les services de vulgarisation, le statut de locataire, le type de main-d'œuvre, la taille de la

¹ Voir annexe 2

parcelle, entre autres). La technique d'estimation pour déterminer les facteurs d'inefficience technique consiste à faire une régression économétrique des indices d'efficacité en utilisant les données de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) de la DAPSA de la campagne 2021-2022. Pour cela, un modèle de régression Tobit sera utilisé compte tenu du caractère tronqué des indices d'efficacité qui sont compris entre 0 et 1 (Choukou et al., 2017; Ray, 1988).

L'analyse des statistiques descriptives montrent que sur un échantillon de 654 producteurs rizicoles plus de la moitié sont dans la zone agroécologique de la Casamance (Le tableau 1). En effet, la répartition géographique des exploitants rizicoles est d'environ 70 % en Casamance, 24 % dans la vallée du fleuve Sénégal, 1 % au niveau du Bassin arachider et enfin 4 % dans le Sénégal Oriental.

Tableau N°1 : Répartition des ménages par zone agroécologique

Zones agroécologiques	Fréquence	Pourcentage	Cumul
Casamance	458	70,03	70,03
Vallée	158	24,16	94,19
Bassin arachidier	7	1,07	95,26
Sénégal oriental	31	4,74	100
Total	654	100	

Source : Auteurs à partir des données de l'enquête agricole annuelle, 2021-2022

Le tableau 2 présente les statistiques descriptives des variables entrant dans le calcul du score d'efficacité. Ainsi, nous pouvons voir que la quantité moyenne de récolte est d'environ 1357 kg par exploitant rizicole avec une superficie moyenne de 0,63 hectare. Parallèlement, les quantités moyennes d'intrants utilisés par exploitant rizicole sont d'environ 67 kg en semence, 28 kg en engrais, 60 kg en urée et enfin 1 375 heures.

Tableau N°2 : Statistiques descriptives des variables entrant dans le calcul de l'efficacité

Variable	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Min	Max
quant_recolte	1356,64	438,5	4847,57	0	83280
sup_ha	0,63	0,33	1,17	0,023	19,34
quant_semence	67,80	40	124,15	2	1900
Totnpk_utilise	27,67	0	95,95	2	1900
Toturee_utilise	60,41	0	262,25	0	6000
nb_heure_Riz	1374,93	700,82	3019,25	0,50	57075

Source : Auteurs à partir de données de l'enquête agricole annuelle, 2021-2022

Le tableau 3 présente les statistiques descriptives sur l'utilisation de semences améliorées par zone agro-écologique. Nous pouvons observer que c'est dans la Vallée du fleuve que la proportion de producteurs utilisant les semences améliorées est plus importante (63,92 %). Elle est suivie par le Sénégal oriental (48,39%), le bassin arachidier (14,29 %) et enfin la Casamance (10,48%). Par contre, nous observons le contraire en ce qui concerne l'utilisation de semences traditionnelles.

Tableau N°3 : Type de semences par zone agroécologique

Zones agroécologiques	Utilisation de type de semences		
	Améliorée	Traditionnelle	Total
Casamance	10,48	89,52	100
Vallée	63,92	36,08	100
Bassin arachidier	14,29	85,71	100
Sénégal oriental	48,39	51,61	100
Ensemble	25,23	74,77	100

Source : Auteurs à partir des données de l'enquête agricole annuelle, 2021-2022

L'analyse des statistiques descriptives relatives aux déterminants de l'efficacité technique des producteurs de riz en annexe 3 permet de tirer plusieurs enseignements. Nous pouvons voir que 39,9 % des producteurs ont adhéré à une organisation paysanne, 10,4 % ont accès à un crédit, 85 % de sexe masculin et 86 % sont des mariés. En ce concerne le niveau d'éducation, la recherche a révélé que 58 % des riziculteurs sont sans niveau, 26 % de niveau élémentaire et une faible proportion de niveaux moyen, secondaire et supérieur. De même, il ressort de ces statistiques que la taille moyenne des producteurs de riz est de 10 personnes avec un âge moyen du chef de l'exploitant de 54 ans. Enfin, nous observons que 91,7 % des producteurs rizicoles n'ont pas de formation et tous utilisent la main d'œuvre familiale.

2. Présentation et interprétation des résultats

Cette section présente les résultats sur l'efficacité technique des exploitants rizicoles puis l'estimation de l'effet des semences de variétés améliorées sur l'efficacité technique.

2.1. Estimation de l'efficacité des exploitants rizicoles au Sénégal

L'estimation de la fonction de production est faite par la méthode DEA. Les résultats du tableau 4 révèlent que le score d'efficacité moyen des producteurs rizicoles est de 0,296. Par ailleurs, le score d'efficacité varie entre 0,003 et 1, ce qui montre que les exploitants ont la capacité et le potentiel d'atteindre des niveaux de productions plus élevés. L'analyse du score d'efficacité moyen permet de ressortir deux groupes d'exploitants, ceux au-dessus du score moyen et ceux

en dessous. En effet, seuls les producteurs de la vallée du fleuve sont au-dessus du score d'efficacité moyen avec 0,459 alors ceux des zones du Bassin arachidier, du Sénégal oriental et de la Casamance sont en dessous du score d'efficacité moyen avec respectivement des scores de 0,107, 0,154 et 0,254. En ce qui concerne, la distribution du score d'efficacité par quartile, les résultats montrent que les exploitants rizicoles qui dépassent le score d'efficacité moyen sont localisés à partir du troisième quartile (75%). Ce résultat est aussi vérifié en ce qui concerne les différentes zones agroécologiques.

Il ressort toujours du tableau 4 que le score global d'efficacité moyen par type de culture est de 0,296. Ainsi, les producteurs agricoles ont la capacité et le potentiel d'atteindre des niveaux de productions plus élevés. Toutefois, le score d'efficacité moyen des exploitants rizicoles pratiquants la culture pluviale (0,245) est inférieur à la moyenne contrairement aux exploitants pratiquants la riziculture irriguée (0,459). De même, les exploitants rizicoles qui réalisent un score d'efficacité supérieur à la moyenne sont localisés à partir du troisième quartile (75%). En effet, ils réalisent un score de 0,451 pour la culture irriguée et de 0,324 pour la culture pluviale. En ce qui concerne la répartition des exploitants rizicoles par classe d'efficacité, nous pouvons voir qu'au total 37,44% sont efficaces contre 62,56%. La proportion d'exploitants efficaces selon la zone agroécologique est de 68,49% dans la vallée du fleuve, de 29,20% en Casamance et de 13,33% dans le Sénégal Oriental. Cependant, aucun exploitant rizicole n'est efficace dans le Bassin arachidier. Par ailleurs, les résultats montrent que 68,49% des exploitants rizicoles pratiquants la culture irriguée sont efficaces contre 27,81% des pratiquants de la riziculture pluviale.

Tableau 4 : Résultat du calcul de l'efficacité technique des ménages rizicoles

Score d'efficacité selon la zone agroécologique						
Zone_agro	Moyen	P25	P50	P75	Min	Max
Casamance	0,254	0,099	0,189	0,332	0,014	1
Vallée	0,459	0,259	0,451	0,589	0,003	1
Bassin arachidier	0,107	0,0364	0,113	0,166	0,007	0,209
Sénégal oriental	0,154	0,046	0,138	0,221	0,010	0,477
Total	0,296	0,112	0,225	0,401	0,003	1
Score d'efficacité par type de culture						
type_culture	Moyen	P25	P50	P75	Min	Max
Pluvial	0,245	0,0945	0,182	0,324	0,007	1

Irrigué	0,459	0,259	0,451	0,589	0,003	1
Total	0,296	0,112	0,225	0,401	0,003	1
Répartition des ménages par classe d'efficacité selon la zone agroécologique						
zone_agro	Non efficace		Efficace		Total	
Casamance	70,80		29,20		100	
Vallée	31,51		68,49		100	
bassin arachidier	100		00		100	
Sénégal oriental	86,67		13,33		100	
Total	62,56		37,44		100	
Répartition des ménages par classe d'efficacité selon le type de culture						
type_culture	Non efficace		Efficace		Total	
Pluvial	72,19		27,81		100	
Irrigué	31,51		68,49		100	
Total	62,56		37,44		100	

Source : Auteur à partir de données de l'EAA, 2021-2022

En somme, les résultats montrent que les exploitants rizicoles des zones du Bassin arachidier, du Sénégal oriental et de la Casamance ne sont pas efficaces alors que ceux de la vallée du fleuve sont efficaces. De même, les exploitants rizicoles pratiquants la culture irriguée sont efficaces contrairement à ceux pratiquants la culture pluviale. Nous pouvons voir aussi que les exploitants rizicoles efficaces sont localisés à partir du troisième quartile. Toutefois, la proportion d'exploitant rizicole non efficace est supérieure à celle efficace. En outre, la proportion d'exploitant rizicole efficace pratiquant la culture irriguée est plus importante que celle pratiquant la culture pluviale.

Les résultats observés peuvent être expliqués par plusieurs facteurs. En effet, la riziculture irriguée est plus performante que celle pluviale dans la mesure où elle est généralement plus intensive. Au-delà de la production, l'usinage du riz se fait en général manuellement et les circuits de commercialisation n'ont pas fait l'objet d'un sérieux développement. Un résultat similaire est trouvé dans de nombreux travaux sur les déterminants de l'efficacité technique chez les producteurs de riz. Ils montrent que l'irrigation est un facteur qui affecte positivement l'efficacité (Colen et al., 2013; Hakim et al., 2021; Houngue & Nonvide, 2020; Khai & Yabe, 2011). De même, Anang et al. (2016) trouve que l'accès à l'irrigation facilite la double culture, ce qui permet d'améliorer la production de riz.

2.2. L'effet de l'utilisation de Nerica et Sahel sur l'efficacité technique des producteurs rizicoles au Sénégal

Le tableau 5 identifie les facteurs déterminants l'efficacité technique des exploitations de riz à l'aide d'un modèle Tobit. Les résultats de l'estimation montrent que le modèle est globalement significatif au seuil de 1%. Il apparaît que les producteurs de la vallée du fleuve qui sont spécialisés dans la riziculture irriguée sont plus efficaces que ceux de la Casamance qui pratiquent la riziculture pluviale. En effet, l'efficacité technique augmente de 17% pour les producteurs de la vallée, comparativement à ceux de la Casamance. Par contre, les producteurs du bassin arachidier et du Sénégal oriental sont moins performants que ceux de la Casamance avec des baisses respectives d'efficacité technique de 16 et 14%.

En ce qui concerne l'usage de variété de semence. Nous pouvons voir que l'utilisation des variétés de semences améliorées telles que le Nerica et le Sahel améliorent l'efficacité technique des producteurs de 5%. En effet, certains travaux ont établi que les semences améliorées ont des rendements à l'hectare beaucoup plus élevés que les semences traditionnelles (Thiao & Aziz, 2022). Les producteurs qui utilisent des semences améliorées sont de manière générale plus productifs que ceux utilisant les semences traditionnelles. Ce résultat a été confirmé par plusieurs auteurs dans la littérature (Amaza & Maurice, 2008; Ataboh et al., 2014; Taraka et al., 2012). En effet, selon Ataboh et al. (2014), la productivité des facteurs pourrait être améliorée en augmentant entre autres facteurs, la quantité et la qualité des semences. Ils suggèrent que les agriculteurs devraient être encouragés à utiliser des variétés de riz améliorées afin d'accroître leur efficacité technique. Dans une étude au Nigéria, Amaza & Maurice (2008) révèlent que l'efficacité de la production de riz pourrait être augmentée de 20% grâce à une meilleure utilisation des ressources disponibles notamment en favorisant un meilleur accès aux semences améliorées. Taraka et al. (2012) ont également conclu que les bonnes pratiques agricoles dont l'utilisation des semences améliorées contribuent positivement à l'efficacité technique des exploitations. Ils suggèrent que les agriculteurs devraient être informés des bonnes pratiques agricoles et les adopter dans leurs activités agricoles pour améliorer leur efficacité productive.

Tableau 5 : Estimation de l'effet de semences améliorées sur l'efficacité technique des producteurs rizières

Log likelihood = 64.50719		N = 616		
		LR chi2(13)= 137.43		
		Prob > chi2 = 0.0000		
		Pseudo R2 =16.338		
efficience	Coefficient	Std.err	[95%	conf.interval]
zone_agro				
Vallée	0.175***	0.03	0.12	0.23
Bassin arachidier	-0.158*	0.09	-0.34	0.02
Sénégal oriental	-0.143***	0.04	-0.23	-0.06
Semence_améliorée	0.0503**	0.02	0.00	0.10
taille_ménage	-0.002	0.00	-0.01	0.00
Sexe_CM	0.012	0.03	-0.04	0.06
Age_CM	-0.002**	0.00	0.00	0.00
alphabétisation_CM	-0.014	0.02	-0.05	0.02
formation_agri	-0.013	0.04	-0.08	0.06
accès_cred	0.092***	0.03	0.03	0.15
location_emprunt	-0.126***	0.03	-0.19	-0.06
type_externe	-0.045**	0.02	-0.08	-0.01
choc_production	-0.0071	0.02	-0.04	0.03
_cons	0.381***	0.05	0.28	0.48
var(e.efficience)	0.047	0.003	0.042	0.053

SE : Standard Errors *** p<0,01 ; ** p<0,05 ; * p<0,1

Les résultats montrent qu'en revanche, l'âge a un effet négatif sur l'efficacité technique ; les exploitations dirigées par des jeunes ont tendance à être plus performantes que celles dirigées par des personnes âgées. Autrement dit, lorsque l'âge du chef de ménage augmente d'une année, l'efficacité technique de l'exploitation diminue de 0,2%. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les jeunes sont généralement plus instruits et ont plus de chance d'avoir accès à des informations sur les nouvelles techniques de production plus performantes. Ce résultat corrobore les conclusions de Houngue & Nonvide (2020) qui révèlent que l'âge est la

principale source d'inefficacité des exploitants. Tipi et al. (2009) ont montré qu'en Turquie l'âge affecte négativement l'efficacité technique.

L'analyse des résultats montre aussi que les exploitants rizicoles qui ont accès au crédit pour financer leurs activités agricoles sont plus performants avec une efficacité technique augmentant de 9%. Lorsque les intrants utilisés sont financés par crédit, le producteur pourrait être plus motivé et plus efficace dans le but d'honorer ses engagements. Ce résultat est corroboré par certains travaux (Ayinde et al., 2009 ; Houngue & Nonvide, 2020). En effet, Houngue & Nonvide (2020) montrent que l'accès au crédit augmente l'efficacité technique des producteurs au Bénin. Alors que, Ayinde et al. (2009) vont plus loin en montrant que l'efficacité des producteurs au Nigéria est déterminée par le volume de crédit qu'ils ont reçu.

Le régime foncier et le type de main d'œuvre utilisée pour leur part influent négativement sur l'efficacité des producteurs. En effet, l'utilisation de la main d'œuvre externe et l'exploitation des terres empruntées ou louées sont défavorables à la performance des producteurs de riz. Les producteurs non-proprétaires voient leur efficacité technique baisser de 13% comparés aux propriétaires. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la sécurité foncière offre une certaine garantie et permet au producteur de faire des investissements dans le moyen et long terme. Par exemple, la location ou l'emprunt ne permet pas à l'exploitant d'appliquer certaines pratiques visant à fertiliser le sol comme la jachère ou la rotation culturale ou d'installer des aménagements de gestion durable des terres (Boubacar et al., 2016; Hakim et al., 2021; Nuama, 2006). En effet, Boubacar et al. (2016) ont montré dans leur étude que la propriété foncière a un impact direct sur l'efficacité technique des producteurs. Hakim et al. (2021) ont mis en évidence l'effet de la taille de l'exploitation sur la performance des producteurs. Alors qu'en analysant l'efficacité des riziculteurs ivoiriens, Nuama (2006) a montré que les principaux facteurs qui influencent l'efficacité des riziculteurs sont l'accès au crédit, la location de terres, la propriété d'une exploitation de culture de rente et l'appartenance à une organisation d'agriculteurs.

En ce qui concerne la main œuvre externe, elle est souvent employée dans les exploitations de type familiale, lorsque les membres actifs du ménage ne peuvent pas à eux seuls assurer tout le travail. Elle est négativement liée à l'efficacité. En effet, elle est souvent occasionnelle ou saisonnière et nécessite des coûts supplémentaires liés à la rémunération.

Conclusion

Le riz occupe une bonne place dans la consommation des sénégalais devant le mil et le maïs. Par conséquent, l'Etat du Sénégal a adopté plusieurs mesures visant à booster la production

rizicole. Mais, le rendement rizicole reste toujours faible, cette situation est liée en partie aux problèmes d'efficacité technique des exploitants riziocoles. Dans ce contexte, l'objectif de l'article est d'analyser l'effet de l'utilisation des variétés améliorées de semences sur l'efficacité technique rizicole au Sénégal. Il applique la méthode DEA et un modèle Tobit sur les données de l'enquête agricole annuelle (EAA 2021/22) de la Direction de la Prévision et des Statistiques Agricoles (DAPSA).

L'analyse descriptive a montré que la riziculture pluviale est principalement pratiquée dans les zones agroécologiques de la Casamance, du Sénégal oriental et dans une moindre mesure dans le Bassin arachidier. La riziculture irriguée occupe 24,16% de l'activité et est essentiellement pratiquée dans la Vallée du Fleuve Sénégal. Elle montre également que la proportion de producteurs rizicole qui utilisent les semences améliorées est plus importante dans la Vallée du Fleuve Sénégal avec 64%. Par ailleurs, l'estimation du modèle DEA a révélé que le score d'efficacité technique moyen des riziculteurs au Sénégal est de 29,6% impliquant que ces derniers ont le potentiel d'améliorer considérablement leur niveau de production. De plus, les résultats ont montré que la riziculture irriguée est plus performante de celle pluviale.

L'estimation du modèle Tobit a confirmé que la riziculture irriguée est plus performante que celle pluviale. Cependant, les riziculteurs du Bassin arachidier et du Sénégal oriental sont moins performants que ceux de la Casamance. Les résultats ont également indiqué que l'utilisation des variétés améliorées de semences influence positivement et significativement l'efficacité technique rizicole. De même, l'accès au crédit entraîne également une amélioration de la performance productive des riziculteurs. En revanche, le régime foncier et l'exploitation des terres louées ou empruntées diminue l'efficacité technique. Il s'y ajoute que l'usage de la main d'œuvre externe réduit l'efficacité technique de l'exploitation. Cependant, il ressort de l'analyse que la taille du ménage, le sexe du chef de ménage, son niveau d'instruction, la formation agricole et un choc de production n'ont aucun effet sur le niveau d'efficacité technique des riziculteurs.

A la lumière des résultats, il ressort les implications de politiques économiques suivantes :

- Les riziculteurs doivent privilégier l'utilisation des variétés de semences améliorées dans la mesure où l'usage de cet intrant améliore considérablement la performance de l'exploitation.
- L'Etat et les institutions financières devraient rendre plus accessible le crédit aux producteurs étant données son rôle prépondérant dans l'amélioration de l'efficacité technique.

- Développement des aménagements hydroagricoles étant donné que la pratique de l'irrigation s'avère plus rentable que la riziculture pluviale.
- Renforcement des mesures d'accompagnement des exploitants pour l'accès au foncier étant donné le cout élevé de location des parcelles rizicoles.

Ce travail a permis d'améliorer les connaissances sur la contribution des variétés de semences améliorées sur l'efficacité technique des riziculteurs pour mieux renforcer la sécurité alimentaire au Sénégal. Toutefois, il souffre d'un certain nombre de limite car les données n'ont pas permis de distinguer les producteurs utilisateurs de Nerica et ceux utilisateurs de Sahel. Par conséquent, dans la continuité de ce travail, il pourrait être pertinent d'analyser l'efficacité technique des riziculteurs en les distinguant.

ANNEXES

Annexe 1 : Définition des variables entrant dans le calcul de l'efficacité technique

Variable	Définition
Prod	Quantité de riz produite en kg
superfi	Superficie ensemencée
Quant_ seme	Quantité de semences utilisées dans la parcelle en kg
Quant_ engrais	Quantité de NPK et d'urée utilisée dans la parcelle en Kg
Main_d'œuvre	Nombre d'heures effectuées dans la parcelle

Source : Auteur à partir de données EAA, 2024

Annexe 2 : Définition des variables entrant dans l'analyse des déterminants de l'efficacité technique

Variable	Définition
Type_ semence	Variable binaire : 0 si le producteur a utilisé des semences traditionnelles ; 1 s'il a utilisé des semences améliorées
Age	L'âge du répondant en nombre d'années
Sexe	Sexe du répondant : 0= Femme ; 1= Homme
Statut_ matrim	0 si célibataire ; 1 si marié ; 2 si veuve ; 3 si divorcé
Education	Niveau d'instruction du chef de ménage
Form_ agri	Variable binaire 1= le producteur a reçu une formation en agriculture, 0 sinon
Tail_ ménage	La taille du ménage : Nbre de personnes vivant dans la famille
Acces_ credit	Le producteur a accès au crédit 1 si oui et 0 sinon
Statut_ foncier	Le statut foncier de la parcelle : propriété, location, emprunt, etc.
Type_ main d'oeuvre	C'est le type de main d'œuvre utilisée par le producteur : 1 Familiale ; 2 externe rémunérée et 3 externe gratuit.
Appart_ organ	Variable binaire, 1= Si le producteur est membre d'une organisation paysanne ; 0= Sinon

Source : Auteur à partir de données EAA, 2022

Annexe 3 : Stats descriptives des variables entrant dans l'analyse des déterminants de l'efficacité

Variables		Proportion	
L'exploitation adhère-t-elle à une organisation	Oui	39.9%	
	Non	60.1%	
Accès au crédit	Oui	10.4%	
	Non	89.6%	
Sexe	Masculin	85.8%	
	Féminin	14.2%	
Statut matrimonial	Marié	86.5%	
	Célibataire	.8%	
	Divorcé	.8%	
	Veuf/Veuve	11.9%	
Niveau scolaire atteint	Sans niveau	58.7%	
	Elémentaire	26.9%	
	Moyen	8.1%	
	Secondaire	4.3%	
	Supérieur	2.0%	
A-t-il /elle suivi une formation spécialisée en agriculture ?	Oui	8.3%	
	Non	91.7%	
Emploi de la main d'œuvre externe (1=Oui, 0=Non)	0	51.8%	
	1	48.2%	
	Moyenne	Min	Max
Age_CM	54,38	23	90
taille_menage	10,64	1	48

Source : auteur à partir de données de l'enquête agricole annuelle, 2021-2022

BIBLIOGRAPHIE

- Abdallah, A.-H. (2016).** Agricultural credit and technical efficiency in Ghana : Is there a nexus? *Agricultural Finance Review*.
- Adisa, R. S., Ahmed, T. A., Ebenehi, O., & Oyibo, F. O. (2019).** Perceived Benefits of Adoption of Improved Rice Production Technologies Among Small-Scale Farmers in Kogi state, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 23(1), 138-148.
- Agence EcoFin. (2024).** *Sénégal : L'activité économique s'est accélérée en 2023 grâce au dynamisme du secteur agricole (Banque mondiale)*. <https://www.agenceecofin.com/agro/1406-119542-senegal-l-activite-economique-s-est-acceleree-en-2023-grace-au-dynamisme-du-secteur-agricole-banque-mondiale>
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977).** Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2014).** Diffuser l'agroécologie pour la souveraineté et la résilience alimentaires. *Agroécologie Enjeux et perspectives*, 35-64.
- Amaza, P. S., & Maurice, D. C. (2008).** *Identification of factors that influence technical efficiency in rice-based production systems in Nigeria*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113224351>
- Anang, B. T., Bäckman, S., & Sipiläinen, T. (2016).** Technical Efficiency and Its Determinants in Smallholder Rice Production in Northern Ghana. *The Journal of Developing Areas*, 50(2), 311-328.
- Arouna, A., & Diagne, A. (2013).** *Impact de la production de semence riz sur le rendement et le revenu des ménages agricoles : Une étude de cas du Bénin*. <https://ageconsearch.umn.edu/record/160547/>
- Asante, B. O., Wiredu, A. N., Martey, E., Sarpong, D. B., & Mensah-Bonsu, A. (2014).** *NERICA adoption and impacts on technical efficiency of rice producing households in Ghana : Implications for research and development*. https://www.academia.edu/download/32456717/Asante432013AJEA7250_1.pdf
- Ataboh, O. E., Umeh, J. C., & Tsue, P. T. (2014).** Determinants of technical efficiency among rice farmers in Kogi State, Nigeria. *Journal of Agriculture and Sustainability*, 6(1). <https://www.infinitypress.info/index.php/jas/article/view/839>
- Ayinde, O. E., Adewumi, M. O., & Ojehomon, V. E. (2009).** *Determinants of technical efficiency and varietal-gap of rice production in Nigeria : A meta-frontier model approach*. <https://ageconsearch.umn.edu/record/51563/>

- Beye, A. (2021).** Améliorer la productivité rizicole sous changement climatique au Sénégal : Quelles stratégies d'adaptation? *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires*, 377, 125-141.
- Borodak, D. (2007).** Les outils d'analyse des performances productives utilisés en économie et gestion : La mesure de l'efficacité technique et ses déterminants. *Cahier de recherche*, 5, 1-16.
- Boubacar, O., Hui-qi, Z., Rana, M. A., & Ghazanfar, S. (2016).** Analysis on Technical Efficiency of Rice Farms and Its Influencing Factors in South-western of Niger. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 23(4), 67-77. [https://doi.org/10.1016/S1006-8104\(17\)30009-0](https://doi.org/10.1016/S1006-8104(17)30009-0)
- Bruce, A. K. K., Donkoh, S. A., & Ayamga, M. (2014).** IMPROVED RICE VARIETY ADOPTION AND ITS EFFECTS ON FARMERS' OUTPUT IN GHANA. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=86067619ccde735e8a4a76d8bfe8cffbe499e8f9>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978).** Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Chemak, F., Boussemart, J., & Jacquet, F. (2010).** Farming system performance and water use efficiency in the Tunisian semi-arid region : Data envelopment analysis approach. *International Transactions in Operational Research*, 17(3), 381-396. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2009.00736.x>
- Choukou, M. M., Zannou, A., Biaou, G., & Ahohuendo, B. (2017).** Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du maïs au Kanem-Tchad. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(2). http://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/530
- Colen, L., Demont, M., & Swinnen, J. (2013).** Participation des petits exploitants aux chaînes de valeurs agricoles : Le cas de la production locale de riz au Sénégal. *Reconstruire le potentiel alimentaire de l'Afrique de l'Ouest: Politiques et incitations du marché pour la promotion des filières alimentaires intégrant les petits producteurs*, 423-451.
- Cornell, A., Weier, J., Stewart, N., Spurgeon, J., Etter, H., Thomas, R., Favretto, N., Chilombo, A., van Duivenbooden, N., & van Beek, C. (2016).** Initiative «Économie de la dégradation des terres»: Rapport pour le secteur privé. *Gestion durable des terres—une opportunité commerciale*. GIZ: Bonn, Germany. 60p. www.eld-initiative.org. https://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-Report_for_the__Private_Sector_FR_300dpi.pdf

- DAPSA. (2024).** *Production du riz au Sénégal : Déterminants et Perspectives.* <https://www.dapsa.gouv.sn/sites/default/files/publications/NOTE%20POLITIQUE%20%20Production%20du%20riz%20au%20S%C3%A9n%C3%A9gal%20%20D%C3%A9terminants%20et%20Perspectives%20DAPSA.pdf>
- Demont, M., & Rutsaert, P. (2017).** Restructuring the Vietnamese rice sector : Towards increasing sustainability. *Sustainability*, 9(2), 325.
- Diamouténé, A. K. (2019).** Accès au crédit agricole et performance agricole dans la zone office du Niger : Cas de la culture du riz. *Annale des Sciences Economiques et de Gestion*, 18(2).
- Dieng, F. (2021).** TIC et productivité des entreprises au Sénégal. *Revue Internationale d'Economie Numérique*, 3(1). <https://revues.imist.ma/index.php/RIEN/article/view/33437>
- Diouf Sarr, N. S., Basse, B. W., & Fall, A. A. (2018).** Taux et déterminants de l'adoption de variétés améliorées de riz au Sénégal. *Économie rurale*, 51-68.
- Elphick, C. S., & Oring, L. W. (1998).** Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal of Applied Ecology*, 35(1), 95-108. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.00274.x>
- Evenson, R. E., & Gollin, D. (Éds.). (2003).** *Crop variety improvement and its effect on productivity : The impact of international agricultural research* (1^{re} éd.). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851995496.0000>
- FAO. (2022).** *FAO STATS* [Jeu de données].
- Faye-Mané, N. F. (2017).** *Les déterminants et l'impact de l'adoption des semences certifiées de mil et de sorgho dans le bassin arachidier du Sénégal* [PhD Thesis]. Thèse de doctorat]. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Feder, G. (1980).** Farm size, risk aversion and the adoption of new technology under uncertainty. *Oxford Economic Papers*, 32(2), 263-283.
- Hakim, R., Haryanto, T., & Sari, D. W. (2021).** Technical efficiency among agricultural households and determinants of food security in East Java, Indonesia. *Scientific Reports*, 11(1), 4141. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83670-7>
- Halidou, D. H., Mahamadou, H. A. K., Abdou, M. M., & Mayaki, Z. A. (2021).** Étude des facteurs influençant la productivité du riz au Niger : Cas du périmètre irrigué de Toula. *Afrique SCIENCE*, 18(1), 148-158.
- Hazell, P. B. (2010).** Asia's Green Revolution : Past achievements and future challenges. *Rice in the global economy: Strategic research and policy issues for food security.* <https://www.researchgate.net/profile/Gerald-Nelson->

3/publication/258883000_Rice_and_global_climate_change/links/569bc1c808aea14769544128/Rice-and-global-climate-change.pdf#page=69

Hossain, M., Quasem, M. A., Jabbar, M. A., & Akash, M. M. (1994). 8. Production Environments, Modern Variety Adoption, and Income Distribution in Bangladesh. In C. C. David & K. Otsuka (Éds.), *Modern Rice Technology and Income Distribution in Asia* (p. 221-280). Lynne Rienner Publishers. <https://doi.org/10.1515/9781685854768-011>

Houngue, V., & Nonvide, G. M. A. (2020). Estimation and determinants of efficiency among rice farmers in Benin. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1819004. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1819004>

Islam, T., Sah, M., Baral, S., & Choudhury, R. R. (2018). A faster technique on rice disease detection using image processing of affected area in agro-field. *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, 62-66. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8473322/>

Jarvis, D. I., Padoch, C., & Cooper, H. D. (2012). *Gestion de la biodiversité dans les écosystèmes agricoles*. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104591/Gestion_de_la_biodiversite%CC%81_dans_les_e%CC%81cosyste%CC%80mes_1699.pdf?sequence=3

Keyser, J. (2013). *Ouvrir les marchés au commerce des semences en Afrique*. Document de Travail sur Le Commerce Africain. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/185031468192527424/pdf/818340FRENCH0A00Box379865B00PUBLIC0.pdf>

Khai, H. V., & Yabe, M. (2011). *TECHNICAL EFFICIENCY ANALYSIS OF RICE PRODUCTION IN VIETNAM*. 17(1).

Lampety, C. Y., Sulemana, N., Donkoh, S. A., Zakaria, A., & Azumah, S. B. (2022). The effect of adoption of improved varieties on rice productivity in the northern region of Ghana. *Review of Agricultural and Applied Economics (RAAE)*, 25(1), 42-54.

Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 435-444.

Minten, B., & Barrett, C. B. (2008). Agricultural technology, productivity, and poverty in Madagascar. *World Development*, 36(5), 797-822.

Mkandawire, R., Nwafor, A., Muthini, D., Milanzi, T., & Jackson-Maleta, J. (2022). 2 Stimuler le leadership et la coordination en Afrique pour la transformation des systèmes alimentaires. *Accélérer la Transformation des Systèmes Alimentaires Africains*, 38.

- Mulubrhan Balehegn, M. B.,** Eniang, E. A., & Hassen, A. (2012). *Estimation of browse biomass of Ficus thonningii, an indigenous multipurpose fodder tree in northern Ethiopia.* <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123196311>
- Ndour, C. T.** (2017). Effects of human capital on agricultural productivity in Senegal. *World Scientific News*, 64, 34-43.
- Ngabirano, H.,** & Birungi, G. (2022). Pesticide residues in vegetables produced in rural southwestern Uganda. *Food Chemistry*, 370, 130972. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130972>
- Nuama, E.** (2006). Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire. *Économie rurale*, 296(6), 39-53. <https://doi.org/10.4000/economierurale.1892>
- Ray, S. C.** (1988). Data envelopment analysis, nondiscretionary inputs and efficiency : An alternative interpretation. *Socio-Economic Planning Sciences*, 22(4), 167-176.
- Sadoulet, E.,** & De Janvry, A. (1992). Agricultural Trade Liberalization and Low Income Countries : A General Equilibrium-Multimarket Approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 74(2), 268-280. <https://doi.org/10.2307/1242481>
- Sané, Y.** (2018). *Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz sahel sur le rendement des riziculteurs de la vallée du fleuve Sénégal.* <https://rivieresdusud.uasz.sn/handle/123456789/1118>
- Sidibe, A. K.,** Bouare, A., Kone, B., Berti, F., & Lebailly, P. (2022). Facteurs déterminants de la productivité du riz en zone office du Niger au Mali: *Agronomie Africaine*, 34(1), Article 1.
- Taraka, K.,** Latif, I. A., Shamsudin, M. N., & Sidique, S. bin A. (2012). Estimation of technical efficiency for rice farms in Central Thailand using stochastic frontier approach. *Asian Journal of Agriculture and Development*, 9(2), 1-11.
- Theophile, K.** (2010). *L'Impact Du Capital Humain Sur La Productivite Agricole Au Burkina Faso.*
- Thiao, M.,** & Aziz, L. (2022). Analyse de la situation de la riziculture pluviale au sud du Sénégal. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 10(1). https://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/1080
- Thiao, M.,** & Larbi, A. (2022). Analyse de la situation de la riziculture pluviale au sud du Sénégal. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 10(1).
- Tipi, T.,** Yildiz, N., Nargeleşkenler, M., & Çetin, B. (2009). Measuring the technical efficiency and determinants of efficiency of rice (*Oryza sativa*) farms in Marmara region,

Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37(2), 121-129.
<https://doi.org/10.1080/01140670909510257>

USAID. (2023). *Grain and Feed Annual*.
https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Grain%20and%20Feed%20Annual_Dakar_Senegal_SG2023-0005.pdf

Yisa, K. M., Lawal, M., Kolo, P. N., Arowolo, K. O., Pelemo, J. J., & Adeyemi, O. A. (2022). Analysis of Wellbeing Status of Contract Rice Farmers in Niger State of Nigeria. *Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(1), 179-190.