

Impact de la politique d'utilisation des semences améliorées sur la productivité rizicole au Sénégal.

Résumé :

Cet article évalue l'impact de la politique d'utilisation des semences améliorées sur la productivité rizicole au Sénégal. À partir de données transversales issues d'une enquête DAPSA/ISRA/AfricaRice de 2022 portant sur 617 exploitations rizicoles, avec un taux d'adoption des semences améliorées de 25,9 % et un rendement moyen de 2 480 kg/ha, l'étude mobilise une approche économétrique combinant l'Analyse de Frontière Stochastique (SFA, Battese & Coelli, 1995) pour estimer l'efficacité technique des producteurs et l'Appariement par Score de Propension (PSM) pour corriger le biais de sélection lié à l'adoption non aléatoire des semences améliorées. Les résultats montrent que l'adoption des semences améliorées a un effet positif et significatif sur la productivité et l'efficacité technique des exploitations : l'Effet Moyen du Traitement sur les Adoptants (ATT) atteint 1 331 kg/ha (significatif à 1 %), mais l'Effet Moyen du Traitement dans la population (ATE, 816 kg/ha) n'est pas statistiquement significatif, révélant une hétérogénéité de l'effet selon les caractéristiques des exploitations. Sur cette base, l'étude recommande le renforcement de l'accès aux semences certifiées, l'amélioration de l'encadrement technique des producteurs et le développement de mécanismes de financement adaptés afin de soutenir une intensification durable de la riziculture sénégalaise.

Mots clés : Semences améliorées, productivité, riz, efficacité technique, Sénégal

Codes JEL : O13, Q12, Q16

Abstract

This article evaluates the impact of the improved seed adoption policy on rice productivity in Senegal. Using cross-sectional data from a 2022 DAPSA/ISRA/AfricaRice survey covering 617 rice farms, with an improved seed adoption rate of 25.9% and an average yield of 2,480 kg/ha, the study employs an econometric approach combining Stochastic Frontier Analysis (SFA,

Battese & Coelli, 1995) to estimate producers' technical efficiency and Propensity Score Matching (PSM) to correct for selection bias arising from the non-random adoption of improved seeds. The results show that adoption has a positive and significant effect on productivity and technical efficiency: the Average Treatment effect on the Treated (ATT) reaches 1,331 kg/ha (significant at 1%), while the Average Treatment Effect in the population (ATE, 816 kg/ha) is not statistically significant, revealing heterogeneity in the treatment effect across farm characteristics. Based on these findings, the study recommends strengthening access to certified seeds, improving technical support for farmers, and developing adapted financing mechanisms to support sustainable intensification of rice farming in Senegal.

Keywords: Improved seeds, productivity, rice, technical efficiency, Senegal

JEL codes: O13, Q12, Q16

Introduction

Le riz occupe une place de premier rang dans les systèmes alimentaires d'Afrique subsaharienne. En Afrique, il représente 20 % de la consommation céréalière totale et constitue la quatrième culture la plus importante en termes de production mondiale après le sorgho, le maïs et le mil (Kebbeh & Miezán, 2003 ; FAOSTAT, 2016 ; Économie Rurale, 2019). Au Sénégal, cette position est encore plus marquée : le riz est la première céréale consommée par les ménages, quelle que soit la région, avec une consommation annuelle estimée à plus de 1,5 million de tonnes. L'État sénégalais a massivement investi depuis l'indépendance dans la filière rizicole à travers la vallée du fleuve Sénégal, le bassin de l'Anambé, la Casamance et les zones pluviales du bassin arachidier pour réduire sa dépendance alimentaire et renforcer sa souveraineté sur la production rizicole nationale.

Malgré ces investissements continus, le Sénégal reste structurellement dépendant des importations de riz, qui représentent en moyenne plus de 800 000 tonnes par an, faisant du riz le premier poste d'importation alimentaire du pays (DAPSA, 2024). Plusieurs contraintes persistent et limitent la performance de la filière sur l'ensemble du territoire national : mauvaise qualité des semences distribuées, retards dans la fourniture des intrants, faible niveau d'utilisation des engrais minéraux, difficultés d'accès au crédit et problèmes fonciers (PAPA, 2018). Ce paradoxe entre

potentiel reconnu et résultats insuffisants alimente un débat académique et politique de longue date. En Afrique subsaharienne, bien que la production rizicole ait presque doublé entre 2008 et 2018, la consommation a progressé plus rapidement, dégradant le taux d'autosuffisance de 63 % à 59 % dans les 23 pays membres de la Coalition pour le développement de la riziculture en Afrique (CARD) ; de surcroît, cette hausse de production a été obtenue principalement par extension des superficies plutôt que par amélioration des rendements (AfricaRice, 2019). Le Sénégal illustre parfaitement cette dynamique régionale.

Face à cette situation, la diffusion de semences améliorées est progressivement devenue l'un des leviers centraux de la politique rizicole nationale. Des recherches menées dans plusieurs zones agroécologiques du Sénégal — zones irriguées, zones pluviales et bas-fonds — montrent une influence positive significative de la quantité de semences améliorées sur le rendement (Diagne, 2024). Les variétés de la gamme Sahel, développées par l'ISRA en collaboration avec AfricaRice, ont connu une diffusion progressive dans les zones irriguées, tandis que le Nerica (New Rice for Africa) a été davantage promu dans les systèmes pluviaux et de bas-fonds. Des estimations issues d'une enquête conjointe DAPS/ISRA/AfricaRice/JICA (2009) montrent que l'adoption des variétés Sahel a conduit à un gain de rendement de +1 632 kg/ha dans les zones irriguées, un effet significativement plus élevé que dans les bas-fonds (Basse, 2016).

Cependant, l'efficacité de cette politique ne fait pas l'unanimité. Une étude sur 317 riziculteurs de la région de Fatick révèle un taux d'adoption réel des variétés améliorées de seulement 29 %, contre un taux potentiel estimé à 72 %, soulignant un déficit de ciblage important dans les programmes de diffusion (Diagne et al., 2019). Les facteurs déterminants de l'adoption sont l'appartenance à une organisation de producteurs, le type d'environnement de production et le niveau d'éducation du producteur. Par ailleurs, selon Kinkingninhoun-Médagbé et al. (2013), le contact avec les services de vulgarisation constitue une étape décisive pour l'adoption des semences améliorées, et le système semencier informel demeure la principale source d'approvisionnement pour la majorité des riziculteurs africains (IRD, 2020).

Ce travail s'inscrit dans le cadre analytique de la productivité agricole. D'un point de vue théorique, les variétés de semences améliorées, notamment le Nerica et les variétés de la gamme Sahel, sont considérées comme des innovations au sens de Schumpeter (1939), en tant que nouvelles sources de matière première susceptibles de renforcer les rendements agricoles (Dieng

et al., 2025). La semence constitue en effet un déterminant essentiel de la productivité, auquel elle contribue à hauteur de près de 30 % (ISRA, 2005). La variété Nerica atteint la maturité en 70 à 90 jours contre 120 jours pour les variétés locales de bas-fond, permettant ainsi la double culture et jusqu'à 9 tonnes par hectare, tandis que le Sahel est adapté aux zones irriguées avec un potentiel de rendement estimé à 13 tonnes par hectare (SNRCS, Dieng et al., 2025). Ces innovations agissent sur la productivité à travers plusieurs canaux : l'effet multiplicateur, l'effet qualité et l'amélioration de la productivité globale des facteurs (Dieng, 2021).

La littérature sur l'impact des semences améliorées sur la productivité rizicole est abondante. En Asie, l'adoption généralisée de variétés certifiées de riz a entraîné une hausse significative des rendements (Evenson & Gollin, 2003), et en Inde et en Chine, les variétés améliorées ont contribué à accroître la production rizicole de 14 à 23 % de la valeur totale produite (Anang et al., 2016). À Madagascar, Minten & Barrett (2008) ont montré que des taux d'adoption plus élevés de technologies rizicoles améliorées se traduisent par de meilleurs rendements et une moindre insécurité alimentaire. Au Ghana, l'utilisation du Nerica influence positivement la production et les rendements des ménages ruraux (Asante et al., 2014), et Lamptey et al. (2022) confirment que les semences améliorées affectent positivement et significativement le rendement rizicole dans le nord du pays. Au Bénin, l'adoption de semences certifiées a permis d'augmenter le rendement de 1 924 kg/ha chez les adoptants potentiels (Arouna & Diagne, 2013), et au Nigéria, l'adoption de nouvelles technologies de production augmente le rendement des petits producteurs de 91,6 à 98,5 % (Adisa et al., 2019). En Afrique subsaharienne, les principaux obstacles à l'adoption demeurent le faible accès au crédit, l'information limitée, l'aversion au risque et la taille de l'exploitation (Feder, 1980). Au Sénégal, une étude portant sur 654 producteurs rizicoles révèle un score d'efficacité technique moyen de seulement 29,6 %, confirmant d'importantes marges d'amélioration (Dieng et al., 2025). Cette même étude montre que l'utilisation de semences améliorées améliore l'efficacité technique de 5 % et que l'accès au crédit permet un gain de productivité de 9 % (Dieng et al., 2025). Par ailleurs, les producteurs de la riziculture irriguée s'avèrent significativement plus efficaces que ceux pratiquant la riziculture pluviale (Dieng et al., 2025 ; Colen et al., 2013 ; Hounigue & Nonvide, 2020). Diagne & Demont (2007) ont proposé une approche méthodologique de référence intégrant le biais de non-exposition pour l'évaluation des politiques d'adoption technologique, appliquée ensuite dans de nombreuses études sur le bien-être des ménages agricoles (Mendola, 2007 ; Kijima et al., 2008).

Cependant, un gap analytique demeure : peu de travaux procèdent à une évaluation d'impact rigoureuse et quantitative de l'effet de l'utilisation des semences améliorées (Nerica et Sahel) sur la productivité rizicole à l'échelle nationale, en couvrant les différents systèmes de production (irrigué, pluvial, bas-fonds) et les grandes zones agro-écologiques du Sénégal, zones où les rendements demeurent en deçà du potentiel agronomique disponible (DAPSA, 2024). Ce hiatus justifie la présente recherche. Et c'est ce qui nous pousse à poser la question de suivante:

La politique d'utilisation des semences améliorées (Nerica et Sahel) améliore-t-elle la productivité rizicole au Sénégal ?

L'objectif général de cet article est d'analyser l'impact de l'utilisation des variétés de semences améliorées sur la productivité rizicole au Sénégal. De manière spécifique, il s'agit de:

OSI: Estimer le score d'efficacité technique moyen des riziculteurs sénégalais à l'échelle nationale.

OS2: Déterminer la contribution des semences améliorées (Nerica et Sahel) à la productivité rizicole dans les différentes zones agro-écologiques du pays.

L'article est organisé en trois sections. Après l'introduction, la première section présente la revue de la littérature, la deuxième présente la méthodologie et les données. Puis avant de conclure, la troisième section consacre l'analyse et l'interprétation des résultats.

1. Revue de littérature

1.1. Approches théoriques

L'analyse s'appuie sur trois cadres théoriques centraux. La théorie néoclassique de la production postule que le producteur cherche à maximiser sa production sous contrainte de ressources ; l'écart entre la production observée et la production potentielle sur la frontière technologique constitue l'inefficacité technique, mesurable par une fonction de frontière stochastique (Battese & Coelli, 1995). La théorie de la diffusion des innovations (Rogers, 1962) explique l'adoption progressive d'une technologie par un processus séquentiel où interviennent des facteurs individuels (éducation, expérience), sociaux (réseaux, organisations) et économiques (accès au crédit, aux intrants). Enfin, la conception schumpétérienne de l'innovation (Schumpeter, 1939)

situe l'adoption de semences améliorées comme une innovation de produit qui accroît la productivité globale des facteurs.

Ces cadres centraux sont complétés par des apports plus ciblés, chacun justifiant une variable retenue dans le modèle empirique : la théorie institutionnelle (North, 1990) et l'approche par l'accès aux ressources (Sen, 1981) éclairent le rôle de l'appartenance à une organisation paysanne et de l'accès au crédit ; la théorie du capital humain (Becker, 1964) fonde l'attention portée à l'éducation du chef de ménage ; la théorie du risque (von Neumann & Morgenstern, 1944 ; Just & Pope, 1978) et l'économie comportementale (Kahneman & Tversky, 1979) éclairent la prudence de certains producteurs face à l'incertitude pluviométrique et les biais cognitifs qui freinent l'adoption malgré un avantage productif avéré.

1.2 Revue empirique

La littérature internationale sur l'impact des semences améliorées est abondante. En Asie, Evenson & Gollin (2003) estiment que les variétés améliorées ont contribué à accroître la production rizicole de 14 à 23 % en Inde et en Chine. En Afrique subsaharienne, les résultats convergent dans le même sens, au Bénin, Arouna & Diagne (2013) évaluent un gain de +1 924 kg/ha chez les adoptants potentiels ; au Ghana, Asante et al. (2014) et Lamptey et al. (2022) confirment un effet positif et significatif du Nerica sur le rendement et les revenus ruraux.

Au Sénégal, plusieurs travaux mettent en évidence le rôle des semences améliorées dans la réduction de l'inefficacité technique. Dieng et al. (2023) montrent que l'utilisation de semences subventionnées est associée à une réduction de l'inefficacité technique de 10,5 % chez les riziculteurs sénégalais. Une étude récente de l'UCAD confirme que les semences certifiées augmentent les rendements jusqu'à 512 kg par hectare (APS, 2026). Ces résultats rejoignent les conclusions de Colen et al. (2013) et Houngue & Nonvide (2020), qui soulignent l'importance des structures collectives pour l'accès aux intrants et la diffusion des innovations, ainsi que celles de Diagne & Demont (2007) sur la nécessité de politiques ciblées pour lever les contraintes d'adoption technologique.

1.3. Revue méthodologique et synthèse

Sur le plan méthodologique, deux approches dominent l'évaluation de l'efficacité technique : les méthodes non paramétriques comme la Data Envelopment Analysis (DEA), et les méthodes paramétriques comme l'Analyse de Frontière Stochastique (SFA), introduite par Aigner et al. (1977) et étendue par Battese & Coelli (1995) pour intégrer un modèle en deux étapes expliquant l'inefficience par des déterminants observables. Cette seconde approche est retenue dans cet article car elle permet de séparer explicitement le bruit statistique de l'inefficience technique proprement dite, et d'identifier simultanément les déterminants de cette dernière. Pour traiter le biais de sélection lié à l'adoption non aléatoire des semences améliorées, l'Appariement par Score de Propension (PSM, Rosenbaum & Rubin, 1983) est mobilisé en complément, dans la lignée des travaux de Dieng et al. (2025) sur les disparités régionales d'efficacité au Sénégal.

En somme, la littérature s'accorde sur un effet globalement positif des semences améliorées sur la productivité rizicole, mais souligne que cet effet est conditionné par des facteurs institutionnels et structurels (accès au crédit, organisation paysanne, encadrement technique) davantage que par les seules caractéristiques individuelles des producteurs — un constat que la section 4 de cet article vient directement interroger.

Au regard de la littérature, nous formulons les hypothèses suivantes:

H1: L'efficacité moyenne des producteurs rizicoles au Sénégal est faible

H2: L'utilisation des variétés de semences (Nerica et Sahel) par les riziculteurs sénégalais améliore la productivité rizicole, et ce quel que soit le système de production considéré.

2. Méthodologie et données

2.1. Stratégie d'identification

L'analyse combine deux méthodes complémentaires. D'une part, un modèle de frontière stochastique de production (SFA) est estimé pour mesurer le score d'efficacité technique de chaque exploitation et en identifier les déterminants. D'autre part, un Appariement par Score de Propension (PSM) est mobilisé pour identifier l'effet causal de l'adoption des semences

améliorées sur la productivité, en corrigeant le biais de sélection lié à l'adoption non aléatoire de cette technologie. La combinaison des deux méthodes permet de vérifier la robustesse des résultats par deux approches économétriques indépendantes.

2.2. Spécification des modèles

Le modèle SFA s'écrit : $\ln(Y_i) = \beta_0 + \sum \beta_j \ln(X_{ij}) + v_i - u_i$, où

Y_i est la production par hectare,

X_{ij} les quantités de semences, d'engrais et de travail à l'hectare (variables qui entrent dans le calcul du score de frontière),

v_i un terme d'erreur aléatoire et $u_i \geq 0$ le terme d'inefficience technique.

En seconde étape, l'inefficience est expliquée par : $u_i = \delta_0 + \sum \delta_k Z_{ik} + w_i$, où

Z_{ik} regroupe les variables sources de l'inefficience (adoption de semences améliorées, accès au crédit, appartenance à une organisation paysanne, éducation, âge et sexe du chef de ménage, et zone agro-écologique).

Il convient de bien distinguer ces deux ensembles de variables : les X_{ij} déterminent directement le score d'efficacité technique via la frontière de production, tandis que les Z_{ik} n'entrent qu'en seconde étape pour expliquer l'écart à cette frontière.

Le PSM estime dans un premier temps la probabilité d'adoption des semences améliorées (score de propension) par un modèle Probit sur les mêmes déterminants institutionnels et socio-économiques, puis apparie chaque exploitation traitée à sa plus proche voisine non traitée (appariement par plus proche voisin, caliper = 0,05) pour calculer l'Effet Moyen du Traitement sur les Adoptants (ATT). L'appariement symétrique des non-traités vers les traités permet en complément de calculer l'Effet Moyen du Traitement sur les Contrôles (ATC), dont la moyenne pondérée avec l'ATT donne l'Effet Moyen du Traitement dans la population (ATE) ; une comparaison rarement effectuée dans la littérature sénégalaise sur ce sujet.

Les données proviennent d'une enquête transversale DAPSA/ISRA/AfricaRice menée en 2022 auprès de 617 exploitations rizicoles réparties dans les principales zones agro-écologiques du Sénégal (vallée du fleuve Sénégal, Haute et Moyenne Casamance, zones pluviales du bassin

arachidier). La variable dépendante est le rendement rizicole par hectare (production_ha). Les variables de la frontière de production (quantités de semences, d'engrais et de travail à l'hectare) et les déterminants de l'inefficience (semences améliorées, crédit, organisation paysanne, éducation, âge, sexe, zone agro-écologique) ont été présentés ci-dessus. Le taux d'adoption des semences améliorées dans l'échantillon est de 25,9 % (160 ménages sur 617), pour un rendement moyen de 2 480 kg/ha.

3. Résultats et discussions

3.1. Efficacité technique et déterminants (modèle SFA)

L'estimation de la fonction de production Cobb-Douglas (Tableau 1) montre que les semences (élasticité de 0,35), les engrais (0,22) et le travail (0,18) contribuent tous positivement et significativement au rendement rizicole ($p < 0,01$). La somme des élasticités (0,75) indique des rendements d'échelle décroissants, et le paramètre $\gamma = 0,78$ confirme que l'inefficience technique explique une part importante de la variance résiduelle, justifiant le recours au modèle SFA plutôt qu'à une simple régression MCO.

Tableau 1 : Coefficients estimés de la fonction de production (Cobb-Douglas)

Variable (intrants)	Coefficient	Erreur-type	z-stat	Signif.
ln(semences)	0,35	0,08	4,40	***
ln(engrais)	0,22	0,07	3,10	***
ln(travail)	0,18	0,05	3,60	***
Constante	0,90	0,12	7,50	***

Source: auteur

Note : *** significatif à 1 %. $N = 617$.

Les élasticités de production montrent que les semences (0,35), les engrais (0,22) et le travail (0,18) contribuent positivement et significativement au rendement rizicole ($p < 0,01$). La somme des élasticités (0,75) est inférieure à 1, ce qui indique des rendements d'échelle décroissants : au-delà d'un certain seuil, augmenter proportionnellement tous les intrants accroît la production moins que proportionnellement. Le paramètre gamma ($\gamma = 0,78$) confirme que l'inefficience

technique explique une part importante de la variance résiduelle du modèle, ce qui justifie le recours à une frontière stochastique (SFA) plutôt qu'à une simple régression par moindres carrés ordinaires (MCO), qui ne distinguerait pas le bruit statistique de l'inefficience réelle des producteurs.

Le score d'efficacité technique moyen de l'échantillon s'établit à 56,1 % (écart-type 18,1 %), confirmant l'hypothèse H1 d'une efficacité technique globalement faible : une exploitation moyenne ne produit que 56 % de ce qu'elle pourrait produire avec les mêmes ressources en suivant les meilleures pratiques observées. Ce score varie fortement selon la zone agro-écologique (Tableau 2), de 33,0 % dans la zone irriguée de la vallée du fleuve (n = 30) à 64,6 % en Haute Casamance (pluvial strict, n = 146) ; un résultat qui va à l'encontre de l'intuition selon laquelle l'irrigation garantirait mécaniquement une meilleure efficacité, et qui rejoint les écarts régionaux déjà documentés par Dieng et al. (2025).

Tableau 2 : Score d'efficacité technique par zone agro-écologique

Zone agro-écologique	N	Score moyen	% ménages efficaces
Zone 1	435	0,547	54,9 %
Zone 2 (Haute Casamance)	146	0,646	78,1 %
Zone 3 (Vallée irriguée)	30	0,330	0,0 %
Zone 4	6	0,399	26,7 %
Ensemble	617	0,561	58,5 %

Source: auteur

Note : un ménage est classé « efficace » si son score dépasse la moyenne de l'échantillon (0,561).

Le score moyen d'efficacité technique varie fortement d'une zone à l'autre : de 33,0 % dans la zone 3 (vallée du fleuve Sénégal, système irrigué, n = 30) à 64,6 % en zone 2 (Haute Casamance, pluvial strict, n = 146), soit un écart de plus de 30 points. Ce résultat va à l'encontre de l'intuition selon laquelle l'irrigation garantirait mécaniquement une meilleure efficacité technique : aucun ménage de la zone 3 n'atteint le seuil moyen d'efficacité de l'échantillon. L'effectif réduit de cette zone (30 exploitations sur 617) invite toutefois à la prudence dans l'interprétation. Cet écart,

cohérent avec celui rapporté par Dieng et al. (2025) entre systèmes pluvial et irrigué, suggère que la maîtrise de l'eau seule ne suffit pas à garantir l'efficacité technique en l'absence d'autres facteurs de production complémentaires (entretien des périmètres, encadrement technique, accès aux intrants).

La régression de seconde étape (Tableau 3) identifie les déterminants de l'inefficacité technique. L'appartenance à une organisation paysanne exerce l'effet le plus fort et le plus significatif ($p < 0,001$), confirmant le rôle des structures collectives dans la diffusion des bonnes pratiques (Colen et al., 2013 ; Houngue & Nonvide, 2020). L'adoption de semences améliorées et l'accès au crédit ont un effet positif, marginalement significatif ($p < 0,10$). En revanche, les caractéristiques individuelles du chef de ménage (âge, sexe, éducation) ne sont pas significatives, ce qui confirme, en le validant empiriquement, l'hypothèse H2 : l'effet des semences améliorées sur l'efficacité technique passe davantage par des canaux institutionnels que par des attributs individuels isolés.

Tableau 3 : Déterminants de l'inefficacité technique (régression de seconde étape)

Variable	Coefficient	Erreur-type	Signif.
Semences améliorées	0,0318	0,0181	*
Accès au crédit	0,0422	0,0242	*
Organisation paysanne	0,0711	0,0153	***
Éducation du CM	-0,0080	0,0077	n.s.
Âge du CM	-0,0001	0,0006	n.s.
Sexe du CM	0,0142	0,0205	n.s.
Zone agro-écologique	-0,0336	0,0106	***

Source: auteur

*Note : modèle global $F(7, 609) = 5,99$ ($p < 0,001$) ; $R^2 = 0,064$. * $p < 0,10$, *** $p < 0,01$. $N = 617$.*

L'appartenance à une organisation paysanne exerce l'effet le plus fort et le plus significatif sur l'inefficacité technique ($p < 0,001$), confirmant le rôle central des structures collectives dans la diffusion des bonnes pratiques agricoles et l'accès aux intrants (Colen et al., 2013 ; Houngue &

Nonvide, 2020). L'adoption de semences améliorées et l'accès au crédit ont également un effet positif, mais seulement marginalement significatif ($p < 0,10$). En revanche, les caractéristiques individuelles du chef de ménage (âge, sexe, niveau d'éducation) ne sont pas statistiquement significatives. Ce résultat confirme l'hypothèse H2 : l'amélioration de l'efficacité technique passe davantage par des leviers institutionnels (organisations paysannes, crédit) que par des caractéristiques individuelles isolées.

3.2. Effet causal de l'adoption (PSM) : ATT, ATC et ATE

Le modèle Probit (score de propension) confirme que la formation agricole ($p < 0,001$), l'appartenance à une organisation paysanne ($p < 0,001$), l'accès à une superficie plus importante ($p < 0,01$) et la zone agro-écologique ($p < 0,001$) sont les principaux déterminants de la probabilité d'adoption ($LR \chi^2(9) = 176,07$; $p < 0,001$; Pseudo $R^2 = 0,25$). Après appariement par plus proche voisin (caliper = 0,05), 613 des 617 observations se situent dans la zone de support commun.

Tableau 4 : Résultats de la régression Probit

semence_ameliore	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf.	Intervall]
Age_CM	-0,0045631	0,0048769	-0,94	0,349	-0,0141217	0,0049954
Sexe_CM	-0,5005666	0,1675572	-2,99	0,003	-0,8289726	-0,1721605
education_CM	0,0551429	0,0932595	0,59	0,554	-0,1276423	0,2379281
alphabetisation_CM	-0,3329896	0,1843978	-1,81	0,071	-0,6944025	0,0284234
sup_ha	0,2887956	0,0923989	3,13	0,002	0,1076970	0,4698942
apart_organisation	0,4517779	0,1281329	3,53	0,000	0,2006420	0,7029138
acces_cred	-0,0774565	0,1969740	-0,39	0,694	-0,4635184	0,3086054
formation_agri	1,2125280	0,2197019	5,52	0,000	0,7819203	1,6431360
zone_agro	0,5658683	0,0772252	7,33	0,000	0,4145097	0,7172269
_cons	-1,2833700	0,3575415	-3,59	0,000	-1,9841380	-0,5826015

Probit regression : $N = 617$; Log likelihood = -265.10314 ; $LR \chi^2(9) = 176,07$; Prob > $\chi^2 = 0,0000$. Variable dépendante = semence_ameliore (adoption de semences améliorées). $N = 617$ exploitations rizicoles.

L'estimation du modèle Probit, réalisée sur un échantillon de 617 ménages rizicoles, vise à identifier les facteurs influençant la probabilité d'adoption des semences améliorées. Le modèle est globalement significatif ($LR \chi^2(9) = 176,07$; $p < 0,001$) et présente un Pseudo $R^2 = 0,25$,

indiquant une bonne capacité explicative. Ces résultats confirment que les variables retenues contribuent de manière pertinente à la compréhension du comportement d'adoption.

Les coefficients estimés montrent que plusieurs variables institutionnelles et structurelles jouent un rôle déterminant :

— La formation agricole exerce un effet positif et hautement significatif ($p < 0,001$). Les producteurs ayant bénéficié d'une formation technique sont plus enclins à adopter les semences améliorées, ce qui souligne l'importance du renforcement des capacités dans la diffusion de l'innovation.

— L'appartenance à une organisation paysanne influence également positivement et significativement ($p < 0,001$) la probabilité d'adoption. Les structures collectives facilitent l'accès à l'information, aux intrants et à la vulgarisation, renforçant ainsi la dynamique d'innovation.

— La superficie cultivée a un effet positif et significatif ($p < 0,01$), indiquant que les exploitations de plus grande taille adoptent plus facilement les semences améliorées, probablement en raison de leur meilleure capacité d'investissement.

— La zone agro-écologique est également significative ($p < 0,001$), traduisant des disparités régionales dans les conditions de production et l'accès aux technologies agricoles.

À l'inverse, certaines variables individuelles n'ont pas d'effet significatif :

— L'âge et le niveau d'éducation du chef de ménage n'influencent pas directement la décision d'adopter, ce qui suggère que l'adoption dépend davantage des conditions institutionnelles que des caractéristiques personnelles.

— Le sexe du chef de ménage présente un effet négatif et significatif ($p < 0,01$) : les femmes sont moins susceptibles d'adopter les semences améliorées, probablement en raison de contraintes d'accès aux ressources productives et à la formation.

— L'alphabétisation a un effet négatif marginalement significatif ($p \approx 0,07$), ce qui peut refléter une corrélation avec d'autres variables socio-économiques.

La discussion des résultats du modèle Probit confirme que l'adoption des semences améliorées est largement conditionnée par des facteurs institutionnels et structurels. L'effet positif et significatif de la formation agricole rejoint les conclusions de Diagne & Demont (2007), qui montrent que le renforcement des capacités techniques est un levier essentiel pour surmonter les contraintes d'adoption. De même, l'impact de l'appartenance à une organisation paysanne est cohérent avec les travaux de Colen et al. (2013) et Houngue & Nonvide (2020), qui soulignent que les structures collectives facilitent l'accès aux intrants et à l'information. La superficie cultivée comme facteur d'adoption confirme les observations de Dieng et al. (2025), selon lesquelles les exploitations de plus grande taille disposent d'une meilleure capacité d'investissement. Enfin, l'effet négatif du sexe du chef de ménage illustre les inégalités de genre déjà mises en évidence par la FAO (2019), rappelant que les femmes rencontrent des contraintes spécifiques d'accès aux ressources productives. Ces résultats renforcent l'idée que les politiques publiques doivent cibler en priorité la formation, l'organisation paysanne et la réduction des disparités régionales pour favoriser une adoption plus large et équitable des innovations rizicoles.

Le Tableau 5 compare l'ATT, l'ATC et l'ATE. L'effet sur les traités (ATT = 1 331 kg/ha) est élevé et significatif au seuil de 1 % ($t = 3,77$), confirmant que les ménages ayant effectivement adopté les semences améliorées obtiennent un gain de productivité substantiel. En revanche, l'effet sur les contrôles (ATC = 641 kg/ha) n'est pas significatif ($t = 0,94$), et l'ATE qui en résulte (816 kg/ha) n'est significatif à aucun seuil usuel ($t = 1,48$; $p = 0,14$).

Tableau 5 : Comparaison de l'ATT, de l'ATC et de l'ATE

Effet	Estimation (kg/ha)	Erreur-type (bootstrap)	t-stat	N
ATT (effet sur les traités)	1 331	353	3,77	156
ATC (effet sur les contrôles)	641	685	0,94	457
ATE (effet dans la population)	816	550	1,48	613

Source: auteur

Note : erreurs-types estimées par bootstrap (500 réplifications). Source : enquête DAPSA/ISRA/AfricaRice (2022) ; calculs de l'auteure.

L'effet sur les traités (ATT = 1 331 kg/ha) est élevé et statistiquement significatif au seuil de 1 % ($t = 3,77$) : les ménages ayant effectivement adopté les semences améliorées obtiennent un gain de productivité substantiel. En revanche, l'effet sur les contrôles (ATC = 641 kg/ha) n'est pas significatif ($t = 0,94$), et l'ATE qui en résulte (816 kg/ha) n'est significatif à aucun seuil usuel ($t = 1,48$; $p = 0,14$). Cet écart entre ATT et ATE traduit une hétérogénéité de l'effet du traitement : le gain de productivité est concentré chez les ménages qui, au vu de leurs caractéristiques observables (formation agricole, appartenance à une organisation, superficie), ont une probabilité élevée d'adopter les semences améliorées. Les ménages non-adoptants aux profils les plus éloignés de ceux des adoptants types bénéficieraient d'un gain plus incertain si l'adoption leur était imposée, ce qui invite à la prudence quant à une généralisation univoque de l'ATT à l'ensemble de la population rizicole.

Ce résultat rejoint la littérature sur l'hétérogénéité des effets de traitement en évaluation d'impact agricole (Diagne & Demont, 2007).

Les résultats des deux méthodes convergent : le modèle SFA identifie les organisations paysannes comme le principal facteur institutionnel réduisant l'inefficience, tandis que le PSM confirme un effet causal positif et robuste de l'adoption des semences améliorées sur la productivité des adoptants. Cette cohérence entre deux approches économétriques indépendantes renforce la validité interne des résultats. Elle rejoint également les travaux internationaux cités dans la revue, tout en apportant un éclairage original : la mise en évidence d'un ATE non significatif, peu documentée dans la littérature sénégalaise existante, souligne que l'extrapolation des gains observés chez les adoptants à l'ensemble des producteurs doit être maniée avec prudence, et plaide pour des politiques ciblées plutôt qu'une diffusion indifférenciée.

Conclusion

Cet article a évalué l'impact de la politique d'utilisation des semences améliorées sur la productivité rizicole au Sénégal, en combinant un modèle de frontière stochastique de production (SFA) et un appariement par score de propension (PSM) sur des données couvrant 617 exploitations rizicoles. Les résultats confirment que l'efficacité technique moyenne des riziculteurs sénégalais est faible (56,1 %) et que l'adoption des semences améliorées améliore

significativement la productivité des ménages adoptants (ATT = 1 331 kg/ha), sans que ce gain se généralise avec la même robustesse statistique à l'ensemble de la population (ATE non significatif).

Trois implications se dégagent. Premièrement, l'appartenance à une organisation paysanne étant le déterminant le plus robuste de l'efficacité technique, le renforcement des structures collectives de producteurs devrait être une priorité pour la diffusion des bonnes pratiques agricoles. Deuxièmement, l'accès au crédit et aux semences certifiées doit être facilité par des mécanismes de financement adaptés, en particulier pour les producteurs les plus éloignés du profil-type des adoptants actuels. Troisièmement, l'hétérogénéité de l'effet de traitement révélée par la comparaison ATT/ATE suggère qu'une politique de diffusion indifférenciée des semences améliorées serait moins efficace qu'un ciblage tenant compte des contraintes institutionnelles propres à chaque zone agro-écologique, en particulier la zone irriguée de la vallée du fleuve, où l'efficacité technique reste la plus faible malgré la disponibilité de l'eau.

Cet article présente certaines limites. Les données étant transversales, elles ne permettent pas de suivre l'évolution de l'efficacité technique dans le temps ; une extension en panel serait utile pour consolider la robustesse des résultats. Sur le plan de la spécification économétrique, les effets fixes de zone agro-écologique pourraient également être mesurés directement dans la frontière de production, en complément de leur traitement actuel comme déterminant de l'inefficience en seconde étape, à l'image de l'approche explorée par Dieng et al. (2025). Enfin, des recherches futures pourraient explorer plus finement les canaux expliquant la faible efficacité de la zone irriguée de la vallée du fleuve, afin d'affiner le ciblage des interventions publiques en faveur de la filière rizicole sénégalaise.

Références bibliographiques

- Adisa, R.S., Balogun, K.S., & Fabiyi, E.F. (2019). Analyse de l'efficacité technique des exploitations rizicoles utilisant des variétés améliorées au Nigeria : une approche par la frontière stochastique de production.
- AfricaRice (2008). Africa Rice Trends: Overview of Recent Developments in the Sub-Saharan Africa Rice Sector. Africa Rice Center, Cotonou, Bénin.

406 AfricaRice (2019). Rapport annuel : réalisations et perspectives de la recherche rizicole en
407 Afrique. Africa Rice Center, Abidjan, Côte d'Ivoire.

408 AfricaRice (2021). Rapport annuel : réalisations et perspectives de la recherche rizicole en
409 Afrique. Africa Rice Center, Abidjan, Côte d'Ivoire.

410 AfricaRice (2022). Rapport annuel : réalisations et perspectives de la recherche rizicole en
411 Afrique. Africa Rice Center, Abidjan, Côte d'Ivoire.

412 Agence de Presse Sénégalaise – APS (2026). Bilan de la campagne de contre-saison 2025 :
413 production de semences certifiées.

414 Agrisenegal (2022). Riz – Guide du producteur : ressources agronomiques sur les productions
415 végétales au Sénégal.

416 Aigner, D., Lovell, C.A.K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic
417 frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37.

418 Anang, B.T., Bäckman, S., & Sipiläinen, T. (2016). Adoption and income effects of agricultural
419 extension in northern Ghana's rice farming.

420 ANSD – Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2023). Situation économique
421 et sociale du Sénégal.

422 APRAO – FAO (2011). Amélioration de la production de riz en Afrique de l'Ouest, en réponse à
423 la flambée des prix : rapport de progrès, Sénégal. Organisation des Nations Unies pour
424 l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. <https://www.fao.org/ag/aprao/projet-aprao/fr/>

425 Asante, B.O., Wiredu, A.N., Martey, E., Sarpong, D.B., & Mensah-Bonsu, A. (2014). NERICA
426 adoption and impacts on technical efficiency of rice producing households in Ghana:
427 Implications for research and development. *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(3),
428 244–262.

429 Badji, M., & Ba, A. (2026). Chronique économique et financière du secteur agricole sénégalais.
430 Le Jecos / Financial Afrik.

431 Basse, A. (2016). Performances comparées des variétés de riz Sahel dans la Vallée du Fleuve
432 Sénégal (VFS) : rendements et double culture.

433 Battese, G.E., & Coelli, T.J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic
434 frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325–332.

435 Becker, G.S. (1964). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special*
436 *Reference to Education*. New York: Columbia University Press for the National Bureau of
437 Economic Research.

438 DAPSA – Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles (2024). *Enquête*
439 *Agricole Annuelle (EAA) : résultats définitifs de la campagne agricole*. Ministère de l'Agriculture
440 et de l'Équipement Rural, Dakar. <https://www.dapsa.gouv.sn/>

441 Dawe, D., & Slayton, T. (2010). The world rice market crisis of 2007–2008. In D. Dawe (Ed.),
442 *The Rice Crisis: Markets, Policies and Food Security* (pp. 15–28). London: Routledge / FAO.

443 Diagne, A. (2024). Déterminants et effets de l'adoption des semences améliorées dans les zones
444 agro-écologiques du Sénégal.

445 Diagne, A. et al. (2019). Adoption réelle et potentielle des variétés de riz améliorées dans la
446 région de Fatick, Sénégal : une analyse par la méthode IATE.

447 Diagne, A., & Demont, M. (2007). Taking a new look at empirical models of adoption: Average
448 treatment effect estimation of adoption rates and their determinants. *Agricultural Economics*,
449 37(2–3), 201–210.

450 Dieng, M. (2021). Semences améliorées et productivité globale des facteurs en riziculture
451 sénégalaise.

452 Dieng, M., Diallo, A., Lo, M., & Aidara, M.M. (2023). Politiques d'autosuffisance rizicole au
453 Sénégal : bilan et perspectives du PAP2A.

454 Dieng, M., Diallo, A., Lo, M., & Aidara, M.M. (2025). Adoption des semences améliorées et
455 efficacité technique des riziculteurs sénégalais : une analyse par la frontière stochastique de
456 production. *Revue Française d'Économie et de Gestion*, 6(5).

457 Evenson, R.E., & Gollin, D. (2003). Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000.
 458 Science, 300(5620), 758–762.

459 FAO – Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (2019). Note
 460 d'information sur la chaîne de valeur du riz au Sénégal. Rome.

461 FAO (2022). Perspectives de l'alimentation : marché mondial du riz. Rome.

462 FAO (2023). Statistical Yearbook: World Food and Agriculture. Rome.

463 FAOSTAT (2022). Base de données statistiques sur l'agriculture, la production et le commerce.
 464 Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome.

465 FAOSTAT (2023). Base de données statistiques sur l'agriculture, la production et le commerce.
 466 Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome.

467 Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical
 468 Society, Series A, 120(3), 253–290.

469 Feder, G., Just, R.E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing
 470 countries: A survey. Economic Development and Cultural Change, 33(2), 255–298.

471 GOANA – Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance (2008). Bilan de la
 472 campagne agricole 2008 et objectifs de production. Ministère de l'Agriculture, Dakar.

473 IRD – Institut de Recherche pour le Développement (2020). Le système semencier informel en
 474 riziculture ouest-africaine : état des lieux.

475 ISRA – Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (2005). Contribution de la semence à la
 476 productivité rizicole : résultats des stations de recherche.

477 JICA – Agence Japonaise de Coopération Internationale (2009). Enquête conjointe
 478 DAPS/ISRA/AfricaRice/JICA sur la diffusion des variétés de riz améliorées au Sénégal.

479 Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk.
 480 Econometrica, 47(2), 263–291.

481 Kebbeh, M., & Miezán, K.M. (2003). Ex-ante evaluation of integrated crop management options
 482 for irrigated rice production in the Senegal River valley. Cité dans Économie Rurale (2019).

483 Kijima, Y., Otsuka, K., & Sserunkuuma, D. (2008). Assessing the impact of NERICA on income
484 and poverty in central and western Uganda. *Agricultural Economics*, 38(3), 327–337.

485 Kinkingninhou-Médagbé, F.M., Diagne, A., Simtowe, F., Agboh-Noameshie, A.R., &
486 Adégbola, P.Y. (2013). Gender discrimination and its impact on income, productivity and
487 technical efficiency: Evidence from Benin. Communication présentée à la 4th International
488 Conference of the African Association of Agricultural Economists (AAAE), Hammamet, Tunisie.

489 Lamptey, C.Y., Azumah, S.B., Donkoh, S.A., & Zakaria, A. (2022). Effect of adoption of
490 improved rice varieties on rice productivity in the Northern Region of Ghana. *Review of*
491 *Agricultural and Applied Economics*, 25(1), 42–54.

492 MAER – Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural (2018). Programme d'Accélération
493 de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS), phase 2018–2022. Dakar.

494 Meeusen, W., & Van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas
495 production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435–444.

496 Mendola, M. (2007). Agricultural technology adoption and poverty reduction: A propensity-score
497 matching analysis for rural Bangladesh. *Food Policy*, 32(3), 372–393.

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

500 North, D.C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge:
501 Cambridge University Press.

502 PAPA – Projet d'Appui aux Politiques Agricoles (2018). Fiche d'information n°4 : appui du
503 PAPA dans la revue et l'élaboration des politiques agricoles. Dakar.

504 Rogers, E.M. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.

505 Rosenbaum, P.R., & Rubin, D.B. (1983). The central role of the propensity score in observational
506 studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41–55.

507 Schumpeter, J.A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of*
508 *the Capitalist Process*. New York: McGraw-Hill.

509 Sen, A. (1981). Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation. Oxford:
510 Clarendon Press.

511

UNDER PEER REVIEW IN IJAR