

Analyse comparative de l'efficacité technique selon les systèmes de production des nouvelles variétés de maïs (*Zea mays* L.) dans le Borgou au Bénin

Comparative analysis of technical efficiency according to the production systems of new maize (*Zea mays* L.) varieties in Borgou, Benin.

Auteur 1 : BOUKARI YAHOU Aboubakari,

Auteur 2 : AWODE Ogoubi Richard,

Auteur 3 : KODJEGBE Fiacre,

Auteur 4 : YABI Afouda Jacob,

BOUKARI YAHOU Aboubakari, (Doctorant)

1 Laboratoire d'analyse et de recherches sur les dynamiques Economiques et sociales, Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, République du Bénin

AWODE Ogoubi Richard, (<https://orcid.org/0009-0009-2196-8209>), Docteur)

2 Laboratoire d'analyse et de recherches sur les dynamiques Economiques et sociales, Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, République du Bénin

KODJEGBE Fiacre, (BSc)

3 Laboratoire d'analyse et de recherches sur les dynamiques Economiques et sociales, Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, République du Bénin

YABI Afouda Jacob, (Professeur Titulaire)

4 Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Faculté d'Agronomie (FA), Bénin, Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, République du Bénin

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

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

Pour citer cet article : BOUKARI YAHOU .A, AWODE .O R, KODJEGBE .F & YABI .A J (2026) « Analyse comparative de l'efficacité technique selon les systèmes de production des nouvelles variétés de maïs (*Zea mays* L.) dans le Borgou au Bénin», African Scientific Journal « Volume 03, Num 36 » pp: 1055 – 1085.



DOI : 10.5281/zenodo.20590289

Copyright © 2026 – ASJ



Résumé

Le maïs (*Zea mays* L.) représente une culture essentielle pour la sécurité alimentaire et les revenus des ménages agricoles au Bénin. Ces dernières décennies, l'introduction de variétés améliorées, notamment les composites, les hybrides précoces ainsi que les systèmes de production intensifs modernes, a été promue afin d'augmenter la productivité agricole et de renforcer la résilience des systèmes de production face aux contraintes agroclimatiques. Dans ce contexte, la présente étude évalue l'efficacité technique des producteurs de maïs selon les différents systèmes de production basés sur ces nouvelles variétés, en vue de comparer leurs niveaux de performance et d'identifier les marges d'amélioration de la productivité. L'étude a été conduite dans les communes de Tchaourou, Parakou et N'Dali au Bénin. Un échantillon de 300 producteurs a été constitué sur la base d'un échantillonnage combinant approche raisonnée et tirage aléatoire simple. L'analyse des données a été réalisée à l'aide de la méthode de frontière stochastique de production de type Cobb-Douglas, estimée sous les logiciels Frontier 4.1 et STATA 17. Les résultats montrent que le système de production amélioré basé sur les variétés composites et hybrides précoces enregistre le niveau d'efficacité technique le plus élevé, avec une moyenne de 86,62 %, suivi du système intensif moderne à base de Synée 2000 (80,03 %), tandis que le système traditionnel utilisant la variété TZPBSRW présente la performance la plus faible (76,64 %). Par ailleurs, les déterminants de l'efficacité technique incluent l'âge du producteur, le niveau d'instruction, la fréquence des visites des agents de vulgarisation, l'accès au crédit, ainsi que l'adoption des systèmes de production améliorés et intensifs modernes. Ces résultats mettent en évidence la nécessité de renforcer l'accès au crédit, les services de vulgarisation agricole et la diffusion des systèmes de production améliorés afin d'améliorer durablement la performance technique des producteurs de maïs dans le Borgou.

Mots clés : Efficacité technique, frontière stochastique, Borgou, Bénin

Abstract

Maize (*Zea mays* L.) is an essential crop for food security and household income in Benin. Over recent decades, the introduction of improved varieties, including composites, early-maturing hybrids, and modern intensive production systems, has been promoted to increase agricultural productivity and strengthen the resilience of farming systems to agro-climatic constraints. In this context, the present study evaluates the technical efficiency of maize producers according to the different production systems based on these new varieties, with the aim of comparing their performance levels and identifying opportunities for productivity improvement. The study was conducted in the municipalities of Tchaourou, Parakou, and N'Dali in Benin. A sample of 300 producers was selected using a combined sampling approach involving purposive sampling and simple random sampling. Data analysis was carried out using the stochastic production frontier method based on the Cobb-Douglas functional form, estimated with Frontier 4.1 and STATA 17 software. The results reveal that the improved production system based on composite and early hybrid varieties recorded the highest level of technical efficiency, with an average of 86.62%, followed by the modern intensive system based on Synée 2000 (80.03%), whereas the traditional system using the TZPBSRW variety showed the lowest performance (76.64%). Furthermore, the determinants of technical efficiency include the producer's age, level of education, frequency of extension agents' visits, access to credit, and the adoption of improved and modern intensive production systems. These findings highlight the need to strengthen access to credit, agricultural extension services, and the dissemination of improved production systems in order to sustainably enhance the technical performance of maize producers in Borgou.

Keywords : Technical efficiency, stochastic frontier, Borgou, Benin.

Introduction

L'agriculture constitue le socle des économies des pays en développement, en particulier en Afrique subsaharienne où elle emploie plus de 60 % de la population active et contribue de manière substantielle à la formation du produit intérieur brut (FAO, 2016). Dans ce contexte, les céréales, et plus particulièrement le maïs (*Zea mays* L.), occupent une position stratégique au cœur des systèmes alimentaires et des dynamiques rurales. Première céréale produite et consommée sur le continent africain, le maïs est à la fois une culture vivrière fondamentale pour la subsistance des ménages agricoles et une culture de rente dont la commercialisation contribue à la génération de revenus en milieu rural (Semassa et al., 2016). Au Bénin, cette culture représente environ 60 % de la production céréalière nationale et s'impose comme l'aliment de base de la majorité de la population (Degla, 2020). Sa place centrale dans le paysage agro-alimentaire national en fait un levier incontournable de toute politique visant l'amélioration de la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté rurale.

La nécessité d'accroître la productivité agricole dans un contexte de croissance démographique soutenue, d'urbanisation accélérée et de dégradation progressive des ressources naturelles a conduit la communauté scientifique internationale à investir massivement dans l'amélioration génétique des cultures vivrières. Dans le cas du maïs, des institutions telles que le Centre International pour l'Amélioration du Maïs et du Blé (CIMMYT), en collaboration avec des structures nationales de recherche agronomique dont l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), ont développé et vulgarisé des variétés améliorées présentant des caractéristiques agronomiques supérieures : rendement élevé, tolérance à la sécheresse, résistance aux maladies et aux ravageurs, et meilleure adaptation aux conditions pédoclimatiques (Baco et al., 2011). Ces avancées scientifiques s'inscrivent dans le cadre global des stratégies d'intensification agricole durable, reconnues comme essentielles pour atteindre les objectifs de développement durable, en particulier relatif à l'élimination de la faim et à la promotion d'une agriculture résiliente. Dans ce sillage, l'analyse de l'efficacité technique définie comme la capacité des producteurs à maximiser leur production à partir d'un ensemble donné de ressources disponibles (Farrell, 1957), s'impose comme un outil d'évaluation scientifique central pour mesurer dans quelle mesure les innovations variétales se traduisent effectivement en gains de productivité au niveau des exploitations agricoles.

Si l'introduction de nouvelles variétés de maïs constitue une avancée scientifique incontestable, son impact réel sur la productivité agricole demeure tributaire des systèmes de production dans lesquels ces variétés sont adoptées. En effet, les agriculteurs au Bénin évoluent dans des systèmes de production profondément hétérogènes, allant des systèmes traditionnels extensifs caractérisés par l'utilisation de semences locales non améliorées, un faible recours aux intrants chimiques et une mécanisation quasi

absente à des systèmes semi-intensifiés mobilisant des semences certifiées, des engrais minéraux, des herbicides et des équipements agricoles plus modernes (GAYE, 2021). Cette diversité de systèmes de production implique nécessairement des niveaux d'efficacité technique différenciés, dont l'analyse comparative s'avère cruciale pour comprendre les mécanismes par lesquels l'innovation variétale se convertit ou non en performance agricole effective.

Les travaux récents conduits en Afrique subsaharienne sur l'efficacité technique dans la production maïsicole révèlent des résultats globalement convergents quant à l'existence de marges d'amélioration substantielles. (Danso-Abbeam et Baiyegunhi, 2017) ont estimé, au Ghana, des niveaux moyens d'efficacité technique compris entre 65 % et 78 % selon les systèmes de production, suggérant qu'environ 22 à 35 % de la production potentielle demeure inexploitée en raison d'inefficiences techniques. Des études similaires menées en Côte d'Ivoire (Bekanty et Dominique, 2019) et au Sénégal (Mendy, 2019) indiquent que l'adoption de variétés améliorées, bien que positivement corrélée à l'efficacité technique, n'est pas suffisante en elle-même pour combler les écarts de productivité, en l'absence d'un environnement institutionnel et socioéconomique favorable. Au Bénin spécifiquement, les études disponibles (Mamam et al., 2016) ; (Paul et Silvère, 2023) font état d'un niveau moyen d'efficacité technique des producteurs de maïs inférieur à 70 %, avec des disparités marquées selon les zones agro-écologiques et les pratiques culturelles adoptées. Ces résultats soulignent l'importance d'une analyse désagrégée par système de production, capable de mettre en lumière les facteurs spécifiques qui contraignent ou favorisent l'efficacité des producteurs ayant adopté les nouvelles variétés.

Malgré la richesse de la littérature sur l'efficacité technique en agriculture, plusieurs limites persistent et justifient pleinement la présente étude. D'une part, les travaux existants sur la filière maïs au Bénin se sont le plus souvent focalisés sur les zones agro-écologiques du centre et du sud du pays, délaissant les dynamiques agricoles spécifiques du Borgou, pourtant important bassin de production céréalière du nord béninois. D'autre part, la majorité des études disponibles n'opèrent pas de distinction systématique entre les systèmes de production, ce qui limite la portée analytique de leurs conclusions.

C'est au regard de l'ensemble de ces constats que s'inscrit la problématique de la présente étude. Si les nouvelles variétés de maïs introduites dans le département du Borgou présentent un potentiel agronomique avéré, leur adoption se réalise dans des systèmes de production aux logiques et aux performances différenciées. Dès lors, une question fondamentale se pose : dans quelle mesure les systèmes de production conditionnent-ils l'efficacité technique des producteurs de nouvelles variétés de maïs dans le département du Borgou, et quels sont les facteurs qui expliquent les écarts d'efficacité observés entre ces systèmes ?

Cette étude intitulée « Analyse comparative de l'efficacité technique selon les systèmes de production des nouvelles variétés de maïs (*Zea mays* L.) dans le Borgou au Bénin » vise à analyser les performances techniques des différents systèmes de production de ces variétés. Elle cherche à mettre en évidence les facteurs et dynamiques qui influencent l'efficacité des producteurs dans le processus de production du maïs. Pour atteindre cet objectif, une méthodologie rigoureuse a été adoptée. Elle présente d'abord les outils de collecte de données mobilisés, les sources d'information exploitées ainsi que les méthodes d'analyse utilisées. Ensuite, les résultats issus de cette démarche sont présentés et analysés de manière approfondie. Enfin, une discussion est conduite en confrontant ces résultats à ceux de travaux antérieurs pertinents, afin d'en dégager des enseignements et conclusions significatifs.

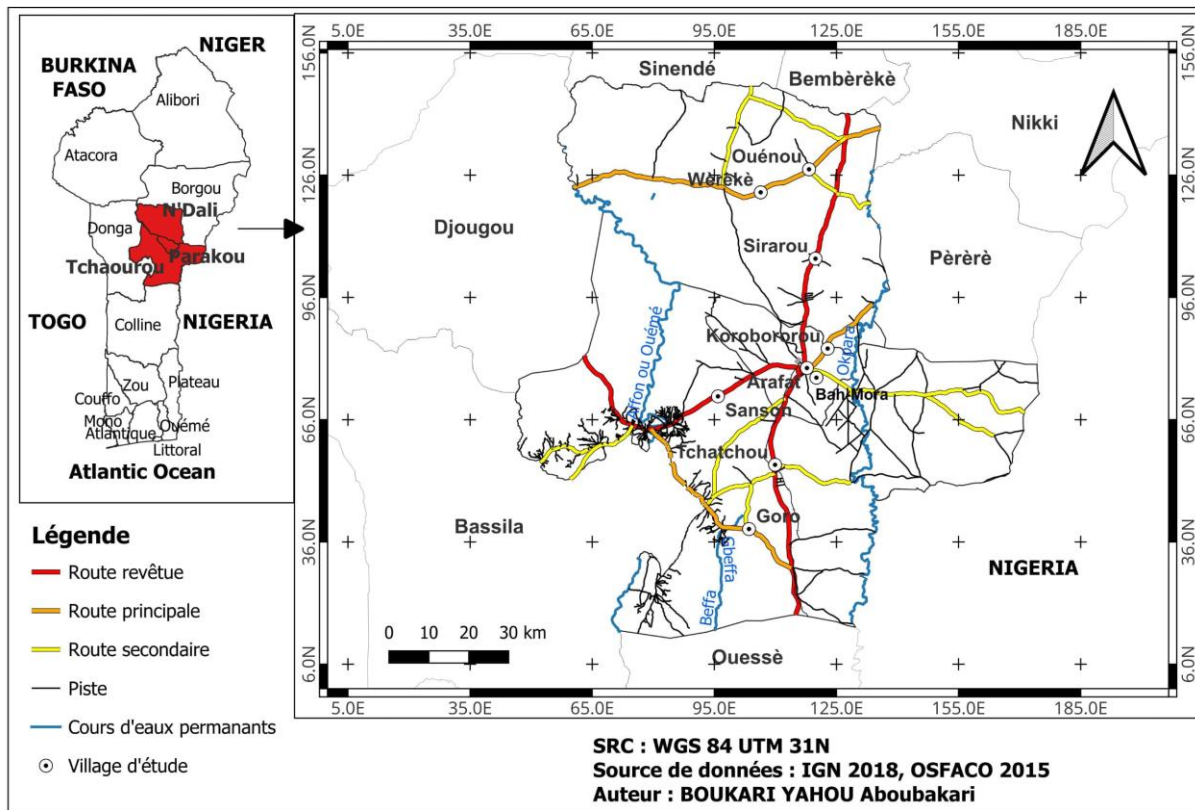
1. Matériel et méthodes

1.1. Le choix de la zone d'étude

Cette étude a été réalisée dans le département du Borgou, situé au nord du Bénin. Le choix de cette zone d'étude s'explique non seulement par son importance stratégique dans la production céréalière nationale (Agossadou et *al.*, 2023), mais également par sa forte représentativité des systèmes de production agricole caractéristiques des zones soudaniennes du Bénin, en particulier pour les cultures pluviales telles que le maïs. Le Borgou se distingue par des conditions agroécologiques favorables à la production céréalière, notamment un climat soudanien marqué par une alternance saisonnière bien définie et une pluviométrie annuelle variant entre 900 et 1300 mm. Ces conditions climatiques, combinées à une diversité pédologique composée principalement de sols ferrugineux tropicaux, ferralitiques et sablo-argileux, favorisent l'existence d'une grande variabilité des pratiques culturelles et des modes d'exploitation agricole.

Par ailleurs, la coexistence de différents systèmes de production dans cette région offre un cadre analytique pertinent pour l'étude des typologies d'exploitations agricoles et des stratégies productives adoptées par les producteurs. Le choix du Borgou se justifie également par la disponibilité des données agricoles ainsi que par la présence de dispositifs institutionnels d'appui au développement rural, notamment les Agences Territoriales de Développement Agricole (ATDA), qui ont facilité l'accès aux informations et la conduite des enquêtes de terrain. L'étude a porté spécifiquement sur les communes de N'Dali, Parakou et Tchaourou, où l'agriculture constitue la principale activité socioéconomique des populations locales (Labiya et *al.*, 2018). La sélection des villages enquêtés a été effectuée à l'issue d'une phase exploratoire menée en collaboration avec les agents des ATDA, afin d'assurer la représentativité des sites d'étude au regard de la diversité des systèmes de production et des réalités agricoles locales. La figure ci-dessous présente la carte de la zone d'étude.

Figure N°1 : Carte de la zone d'étude



Source : réalisée par les auteurs,2026

1.2. Echantillonnage

L'unité statistique d'analyse est le producteur agricole, considéré comme principal décideur au niveau de l'exploitation. Ce choix se justifie par le rôle central du producteur dans les décisions de production, d'allocation des ressources et d'adoption des pratiques agricoles. L'échantillonnage a été conduit en deux étapes complémentaires : un choix raisonné des communes et des villages, et un tirage aléatoire simple des producteurs au sein des villages retenus. Le choix raisonné repose sur la représentativité agroécologique et socioéconomique des communes sélectionnées, ainsi que sur leur importance dans la production céréalière du Borgou. À l'issue d'une phase exploratoire avec les services techniques des ATDA, une base de sondage des producteurs a été constituée dans les villages ciblés. La taille minimale de l'échantillon a été déterminée à partir de la formule de Cochran (1977), adaptée aux populations finies :

$$n_0 = \frac{Z^2 p(1-p)}{e^2}$$

où :

- n_0 = taille de l'échantillon pour population infinie ;
- Z = valeur critique de la loi normale (1,96 pour un niveau de confiance de 95 %) ;

- p = proportion estimée de la population présentant la caractéristique étudiée ;
- e = marge d'erreur (fixée à 5 %).

En l'absence d'information préalable sur la proportion réelle, la valeur $p = 0,5$ a été retenue afin de maximiser la variance et garantir une taille d'échantillon conservatrice. Ainsi :

$$n_0 = \frac{1.96^2 \times 0.5 \times (1 - 0.5)}{0.05^2} \approx 384$$

Étant donné que la population totale des producteurs dans les zones d'étude est finie ($N = 1200$ producteurs), la correction de population finie a été appliquée :

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0 - 1}{N}}$$

Ainsi :

$$n = \frac{384}{1 + \frac{383}{1200}} \approx 292$$

Afin d'assurer une meilleure puissance statistique et de limiter les pertes éventuelles liées aux non-réponses, la taille finale de l'échantillon a été arrondie à 300 producteurs agricoles. Au sein de chaque commune, les producteurs ont été sélectionnés par un échantillonnage aléatoire simple à partir des listes disponibles auprès des structures locales de développement agricole. Chaque producteur a ainsi eu une probabilité égale et connue d'être sélectionné, ce qui réduit les biais de sélection et améliore la validité externe des résultats. Le tableau ci-dessous présente le nombre de producteurs enquêtés par villages.

Tableau N°1 : Nombre de producteurs enquêtés par villages

Communes	Villages	Nombres enquêtés
Tchaourou	Tchatchou	53
	Sanson	40
	Goro	30
Parakou	Arafat	20
	Bah-Mora	23
	Korobororou	27
N'dali	Sirarou	45
	Ouénou	32
	Wèrèkè	30
Total	300	

Source : réalisé par les auteurs, 2026

1.3. Données collectées

Les données à collecter dans le cadre de cette étude portent principalement sur des informations détaillées sur les caractéristiques socioéconomiques des producteurs (âge, sexe, niveau d'éducation, expérience agricole, taille du ménage), les caractéristiques structurelles des exploitations (superficie cultivée, statut foncier, accès au crédit, accès aux intrants et aux services de vulgarisation), ainsi que sur les pratiques culturales liées à la production de maïs (variété utilisée, utilisation d'engrais organiques et minéraux, densité de semis, type de labour, calendrier cultural et gestion des adventices). Par ailleurs, des données quantitatives de production sont collectées, notamment les quantités d'intrants utilisés (semences, engrais, main-d'œuvre), la production obtenue (rendement par hectare) et les coûts associés aux différentes opérations culturales. Ces données ont été recueillies à partir d'un questionnaire numérique, déployé sur l'application KoBoCollect, un guide d'entretien qui avait été préalablement rédigé et amélioré après une phase exploratoire.

2. Théorie de la fonction de production

La théorie de la fonction de production néoclassique constitue un cadre fondamental de l'analyse économique de la production, largement mobilisé en économie agricole pour expliquer la relation entre les facteurs de production et le niveau d'output. Elle s'inscrit dans la continuité des travaux de la théorie marginaliste et de la firme, développés notamment par Marshall, (1890), qui introduit l'idée selon laquelle la production résulte de la combinaison de facteurs productifs soumis à des rendements marginaux décroissants. Dans cette perspective, chaque facteur de production (travail, capital, terre, intrants) contribue à la production totale selon sa productivité marginale. Par la suite, les travaux de Cobb et Douglas, (1928) ont formalisé cette relation sous une forme fonctionnelle estimable économétriquement, connue sous le nom de fonction de production Cobb-Douglas. Cette spécification a permis de quantifier empiriquement l'impact des facteurs de production sur la production globale, ouvrant ainsi la voie à de nombreuses applications en économie agricole et en analyse de la productivité. La fonction s'écrit généralement :

$$Y = A \prod_{i=1}^n X_i^{\beta_i}$$

où Y représente la production, X_i les facteurs de production, A le niveau technologique et β_i les élasticités de production. Dans une perspective plus large, la théorie néoclassique a été approfondie par Solow, (1956) dans son modèle de croissance, qui introduit explicitement le rôle du progrès technique comme moteur essentiel de la croissance de la production. Dans ce cadre, le paramètre A , appelé productivité

totale des facteurs (PTF), capte l'effet du changement technologique, des innovations et des améliorations organisationnelles sur la production. Ainsi, les différences de performance entre exploitations agricoles peuvent être attribuées non seulement à l'intensité d'utilisation des intrants, mais également aux écarts technologiques. En économie de la production agricole, cette approche a été largement utilisée pour analyser l'efficacité et la productivité des exploitations. Heady et Dillon, (1961) ont notamment appliqué la fonction de production à l'agriculture en montrant que les décisions des producteurs peuvent être modélisées dans un cadre de maximisation du profit ou de la production sous contrainte de ressources limitées. Plus récemment, Battese et Coelli, (1995) ont intégré cette approche dans des modèles économétriques permettant d'expliquer les écarts de performance entre producteurs à travers des variables socioéconomiques et institutionnelles. Plusieurs approches méthodologiques sont mobilisées dans la littérature pour l'évaluation et l'estimation de l'efficacité de la production. De manière générale, on distingue deux grandes familles d'approches : l'approche non paramétrique et l'approche paramétrique. Selon Nuama, (2006), l'approche paramétrique se caractérise par l'existence d'une forme fonctionnelle explicite reliant la production aux facteurs de production, à travers des paramètres estimables. Elle inclut notamment les fonctions de type Cobb-Douglas, CES ou encore Translog, et demeure la plus couramment utilisée dans les analyses d'efficacité des exploitations agricoles. Cette approche repose essentiellement sur l'estimation d'une frontière de production permettant de comparer les performances relatives des unités de production.

Dans le cadre de l'estimation des frontières de production paramétriques, deux principales méthodes sont généralement distinguées : l'approche déterministe et l'approche stochastique. L'approche stochastique de la frontière de production est privilégiée dans cette étude. En effet, selon Battese et Coelli, (1995), elle introduit un terme d'erreur composé intégrant une composante aléatoire symétrique et une composante d'inefficacité non négative. Cette spécification permet de tenir compte des chocs exogènes indépendants du contrôle des producteurs, tels que les aléas climatiques, les erreurs de mesure ou d'autres facteurs non observés susceptibles d'affecter la production. Contrairement à l'approche déterministe, qui attribue tout écart à l'inefficacité, l'approche stochastique permet ainsi une séparation plus réaliste entre bruit statistique et inefficacité technique. De ce fait, l'approche stochastique de la frontière de production est aujourd'hui largement adoptée dans les travaux empiriques portant sur l'efficacité agricole (Abikou et al., 2023; Awode et Sodjinou, 2024; Gueye, 2025; Nzau et al., 2026; Ouedraogo, 2024), en raison de sa capacité à fournir des estimations plus robustes et économiquement interprétables des niveaux d'efficacité des exploitations agricoles. Dans le cadre de l'analyse des systèmes de production des nouvelles variétés de maïs, la théorie néoclassique permet de considérer ces variétés améliorées comme un progrès technique incorporé influençant le paramètre de productivité

globale A . Elle permet ainsi d'analyser comment les différences dans l'adoption des innovations agricoles, combinées aux variations dans l'utilisation des intrants, expliquent les écarts de rendement observés entre producteurs.

2.1. Estimation des indices d'efficacité technique

L'approche par la frontière stochastique de production de forme fonctionnelle Cobb-Douglas est retenue dans le cadre de cette étude, en raison de sa large utilisation dans la littérature empirique et de sa capacité à fournir des résultats interprétables et comparables entre exploitations agricoles. Cette spécification est particulièrement adaptée aux analyses d'efficacité technique en agriculture, notamment lorsque l'objectif est d'évaluer les écarts de performance entre producteurs soumis à des conditions de production similaires mais différenciés par leurs pratiques et niveaux d'adoption technologique. Néanmoins, afin de garantir la robustesse des résultats, la forme fonctionnelle retenue sera soumise à des tests de spécification permettant de vérifier sa validité par rapport à d'autres formes alternatives, telles que la fonction Translog, sur la base de critères statistiques (log-vraisemblance, test du ratio de vraisemblance). Ainsi, la forme fonctionnelle Cobb-Douglas de la frontière stochastique s'écrit comme suit :

$$\ln(\text{Rend}_i) = \ln(A) + \beta_1 \ln(\text{SEM}_i) + \beta_2 \ln(\text{ENGR}_i) + \beta_3 \ln(\text{HERB}_i) + \beta_4 \ln(\text{MOF}_i) + \beta_5 \ln(\text{MOS}_i) + V_i - U_i$$

où :

- i : représente le producteur i
- Rend_i : désigne le rendement de maïs du producteur i , exprimé en kilogrammes par hectare (kg/ha) ;
- A représente le niveau de technologie ou la productivité totale des facteurs ;
- SEM_i correspond à la quantité de semences utilisée, exprimée en kilogrammes par hectare (kg/ha) ;
- ENGR_i représente la quantité d'engrais appliquée, exprimée en kilogrammes par hectare (kg/ha) ;
- HERB_i désigne la quantité d'herbicide utilisée, exprimées en litre par hectare ;
- MOF_i correspond à la main-d'œuvre familiale utilisée, exprimée en homme-jours par hectare (HJ/ha) ;
- MOS_i représente la main-d'œuvre salariée utilisée, exprimée en homme-jours par hectare (HJ/ha) ;
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ sont les élasticités de production associées à chaque facteur de production ;
- V_i est le terme d'erreur aléatoire suivant une distribution normale $N(0, \sigma_v^2)$, capturant les chocs exogènes et les erreurs de mesure ;
- U_i est le terme d'inefficacité technique non négatif, représentant les écarts de performance des producteurs par rapport à la frontière de production.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques démographiques et socio-économiques des exploitations en fonction du type de système de production des nouvelles variétés

Le tableau 2 ci-dessous présente les résultats de l'analyse descriptive des variables démographiques et socio-économiques des exploitants enquêtés selon les trois systèmes de production des nouvelles variétés de maïs dans le Borgou au Bénin. Les résultats de son analyse révèlent que, les hommes représentent la grande majorité des producteurs, avec une proportion globale de 91 % de l'échantillon étudié. Cette prédominance masculine est observable dans l'ensemble des trois systèmes de production : 89,29 % dans le système traditionnel à base de TZPBSRW, 91,11 % dans le système amélioré à variétés composites et hybrides précoces, et 92,31 % dans le système intensif moderne à base de Synée 2000. Concernant le niveau d'instruction, plus de la moitié des producteurs enquêtés (53,33 %) ne disposent d'aucune instruction formelle, et seulement 22,67 % ont fréquenté l'école primaire. Ce faible niveau d'alphabétisation est particulièrement marqué dans le système traditionnel TZPBSRW, où 66,96 % des producteurs sont sans instruction, contre 52,45 % dans le système Synée 2000. C'est le système amélioré à variétés composites et hybrides précoces qui rassemble les producteurs les plus instruits, avec 35,56 % ayant atteint le premier cycle du collège et 6,67 % le niveau supérieur. Quant à la structure par âge, la grande majorité des producteurs, soit 82,61 %, appartient à la tranche d'âge inférieure ou égale à 50 ans, dont 78,26 % ont au plus 30 ans. Cette jeunesse de la population agricole est particulièrement observée dans le système amélioré (88,37 %). En ce qui concerne l'expérience agricole, les producteurs cumulent en moyenne 13,19 années d'expérience dans la conduite de la culture du maïs. Les producteurs du système intensif moderne Synée 2000 présentent l'expérience moyenne la plus élevée (14,48 ans \pm 7,87), devant ceux du système traditionnel TZPBSRW (12,56 ans \pm 9,52) et du système amélioré (10,64 ans \pm 5,72). Pour ce qui est de la composition des ménages et de la disponibilité en main-d'œuvre, le nombre moyen de personnes vivant dans le ménage est de 10,21 individus, et le nombre moyen d'actifs agricoles est de 8,12 personnes. Ces deux variables varient très significativement selon le système de production ($F = 18,07$ et $F = 22,88$ respectivement ; $p < 0,001$ dans les deux cas). Le système Synée 2000 se distingue nettement avec les ménages les plus grands (12,33 personnes en moyenne) et la main-d'œuvre agricole la plus importante (10,57 actifs), contre respectivement 6,98 et 5,37 pour le système amélioré. S'agissant des superficies cultivées, la répartition des exploitations par classes de superficie révèle des différences statistiquement significatives entre les systèmes ($\chi^2 = 14,25$; ddl = 4 ; $p = 0,007$). Le système Synée 2000 regroupe les exploitations les plus étendues : si 60,84 % de ses producteurs cultivent moins de 10 ha, ce système présente aussi les proportions les plus élevées dans les grandes classes de superficie, avec

25,87 % entre 10 et 20 ha et 13,29 % au-delà de 50 ha. À l'opposé, le système amélioré à variétés composites et hybrides précoces est majoritairement composé de petites exploitations, 86,67 % de ses producteurs cultivant moins de 10 ha. Enfin, concernant la fréquence de l'appui technique, 76 % de l'ensemble des producteurs reçoivent la visite des agents de vulgarisation une fois par mois, et 20,33 % deux fois par mois. Les différences entre systèmes sont très significatives ($\chi^2 = 30,69$; ddl = 4 ; $p < 0,001$). On retient de cette analyse que les producteurs les mieux encadrés sont ceux qui recourent aux systèmes les plus intensifs : les producteurs du système Synée 2000 bénéficient du suivi le plus fréquent et le plus régulier, avec 30,07 % recevant deux visites par mois et 6,99 % trois visites par mois, contre une quasi-exclusivité de visites mensuelles (95,56 %) pour le système amélioré.

Tableau N°2 : Différentes Caractéristiques démographiques et socio-économiques des exploitations en fonction du type de système de production des nouvelles variétés

Variables	Modalités	Système de production traditionnel à base de TZPBSRW (n=112)	Système de production amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces (n=45)	Système de production intensif moderne à base de Synée 2000 (n=143)	Ensemble (n=300)	Significativité
Sexe	Féminin	10,71	8,89	7,69	9	$x^2=0,7011$; ddl = 2 ; $p=0,704$
	Masculin	89,29	91,11	92,31	91	
Instruit	Aucun	66,96	22,22	52,45	53,33	$x^2=35,5487$; ddl = 8 ; $p=0,000$
	Niveau primaire	16,07	31,11	25,17	22,67	
	Niveau Collège cycle 1	10,71	35,56	16,08	17	
	Niveau Collège cycle 2	6,25	4,44	4,20	5	
	Niveau	0	6,67	2,10	2	

	supérieur					
Age	≤ 30 ans	72,45	88,37	78,26	78,26	$x^2 = 5,4171$; $ddl = 4$; $p = 0,247$
	Entre 31 et 50 ans	6,12	0	4,35	4,35	
	≥ 51 ans	21,43	11,63	17,39	17,39	
Expérience dans la production du maïs	En année	12,56 (9,52)	10,64 (5,72)	14,48 (7,87)	13,19 (8,87)	F= 4,20 ; P= 0,0159
Taille de ménage	Nombre de personnes dans le ménage	8,80 (5,90)	6,98 (3,02)	12,33 (6,86)	10,21 (6,41)	F= 18,07 ; P= 0,000
Actifs agricoles	Nombre de personnes actifs dans le ménage	6,09 (4,75)	5,37 (2,52)	10,57 (7,50)	8,12 (6,45)	F= 22,88 ; P= 0,000
Superficie maïs	≤ 10 ha	76,79	86,67	60,84	70,67	$x^2 = 14,2473$; $ddl = 4$; $p = 0,007$
	> 10 et ≤ 20 ha	15,18	8,89	25,87	19,33	
	≥ 50 ha	8,04	4,44	13,29	10	
Fréquence d'appui technique	1 fois par mois	84,82	95,56	62,94	76	$x^2 = 30,6898$; $ddl = 4$; $p = 0,000$
	2 fois par mois	15,18	2,22	30,07	20,33	
	3 fois par mois	0	2,22	6,99	3,67	

NB : Les valeurs entre parenthèse sont les erreurs types

Source : Travaux de terrain, 2026

3.2. Frontière de production stochastique

Le tableau 3 ci-dessous présentant les estimations de la frontière de production stochastique met en évidence les déterminants de la production de maïs selon trois systèmes de production : le système traditionnel à base de TZPBSRW, le système amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces, et le système intensif moderne à base de Synée. Concernant le système traditionnel à base de TZPBSRW (n = 112), les résultats indiquent que la quantité de semences utilisées exerce un effet positif et hautement significatif sur la production de maïs ($\beta = 0,03$; $p < 0,001$). Cela signifie qu'une augmentation de 1 % de la quantité de semences entraîne une hausse de 0,03 % de la production. De même, l'utilisation des engrais a un effet positif et significatif ($\beta = 0,11$; $p < 0,05$), traduisant l'importance de la fertilisation dans ce système de production. La superficie emblavée influence également positivement la production ($\beta = 0,07$; $p < 0,001$), ce qui montre que l'extension des superficies cultivées constitue une stratégie d'accroissement de la production chez les producteurs traditionnels. Par contre, le coefficient associé au matériel agricole est positif mais faible ($\beta = 0,02$), tandis que celui relatif à la mécanisation ou aux autres moyens de production (LnMOS) est négatif ($\beta = -0,24$; $p < 0,05$). Cela suggère que les équipements utilisés dans ce système restent peu performants ou inadaptés aux réalités de production.

Dans le système amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces (n = 45), les résultats révèlent que la quantité de semences utilisées exerce un effet négatif et significatif sur la production ($\beta = -1,65$; $p < 0,001$). Cette situation pourrait traduire une mauvaise maîtrise des densités de semis ou une utilisation excessive des semences, entraînant une baisse de rendement. En revanche, la quantité d'engrais utilisée influence positivement la production ($\beta = 0,23$; $p < 0,001$). La superficie cultivée présente également un effet positif mais modéré ($\beta = 0,05$; $p < 0,05$). L'utilisation de la main-d'œuvre familiale ou salariée a un impact fortement positif ($\beta = 3,10$; $p < 0,001$), ce qui montre que ce système nécessite une forte mobilisation de la main-d'œuvre pour optimiser les rendements. Le coefficient relatif à la mécanisation reste positif mais faible ($\beta = 0,02$).

Pour le système intensif moderne à base de Synée (n = 143), les résultats montrent que la quantité de semences utilisées influence positivement et significativement la production ($\beta = 0,64$; $p < 0,001$). L'utilisation d'engrais constitue également un facteur déterminant de la production ($\beta = 0,11$; $p < 0,001$). La superficie emblavée exerce un effet positif mais relativement faible ($\beta = 0,06$; $p < 0,05$). De même, la main-d'œuvre contribue positivement à la production ($\beta = 0,08$; $p < 0,001$). Cependant, le coefficient

relatif aux autres moyens de production ou à la mécanisation demeure faible ($\beta = 0,03$; $p < 0,05$), traduisant une contribution limitée des équipements dans l'amélioration de la productivité.

À l'échelle globale de l'ensemble des exploitations agricoles, les coefficients estimés montrent que la quantité de semences utilisées constitue l'un des facteurs les plus déterminants de la production de maïs ($\beta = 0,62$; $p < 0,001$). Une augmentation des semences améliore significativement le niveau de production. De même, la quantité d'engrais utilisée influence positivement la production ($\beta = 0,15$; $p < 0,001$), confirmant l'importance de la fertilisation dans l'amélioration des rendements agricoles. La superficie emblavée présente un effet positif mais relativement faible ($\beta = 0,01$; $p < 0,05$), ce qui indique que l'augmentation de la production dépend davantage de l'intensification agricole que de l'extension des superficies.

La main-d'œuvre utilisée contribue également positivement à la production ($\beta = 0,09$; $p < 0,001$). En revanche, le coefficient relatif à la mécanisation ou aux autres moyens de production reste modéré ($\beta = 0,32$; $p < 0,05$).

L'analyse des paramètres d'efficacité technique montre que les valeurs de sigma-carré (σ^2) sont positives et significatives dans tous les systèmes de production, indiquant la pertinence du modèle de frontière stochastique utilisé. Les valeurs du paramètre gamma (γ) sont très élevées et statistiquement significatives : 1,00 pour le système traditionnel, 1,00 pour le système amélioré et 0,74 pour le système moderne. Pour l'ensemble des exploitations, gamma est estimé à 0,90. Ces résultats signifient qu'une grande partie des variations observées dans la production est due à l'inefficacité technique des producteurs plutôt qu'aux aléas climatiques ou aux erreurs.

Tableau N°3 : Résultats de la fonction de production frontière de type Cobb-Douglas

Variables	Coefficients	Système de production traditionnel à base de TZPBSRW (n=112)	Système de production amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces (n=45)	Système de production intensif moderne à base de Synée 2000 (n=143)	Ensemble (n=300)
Frontière stochastique de production					
Constante	β_0	2,86	16,24***	4,22***	4,63***

		(1,63)	(1,23)	(0,22)	(0,11)
LnQSEM	β_1	0,03*** (0,01)	-1,65*** (0,34)	0,64*** (0,10)	0,62*** (0,08)
LnENGR	β_2	-0,36 (0,06)	0,25** (0,03)	0,12*** (0,02)	0,15*** (0,01)
LnHERB	β_3	0,07*** (0,01)	0,05* (0,02)	0,06 (0,03)	0,01 (0,03)
LnMOF	β_4	0,75*** (0,04)	3,44*** (0,22)	0,05** (0,01)	0,04** (0,01)
LnMOS	β_5	-0,24* (0,06)	0,02 (0,01)	0,03 (0,01)	0,32* (0,05)
Paramètres d'efficience					
Sigma-carré		0,04* (0,01)	0,06*** (0,01)	0,31* (0,05)	0,65*** (0,02)
Gamma		1,00*** (0,00)	1,00*** (0,00)	0,74*** (0,04)	0,90*** (0,03)
Log de vraisemblance		46,56	43,98	-10,42	20,10
Test du ratio de vraisemblance	LR	29,78	62,34	33,88	60,83

NB : les niveaux de signification sont : *** : $p < 0,001$; ** : $p < 0,01$; * : $p < 0,05$. Les valeurs entre parenthèse sont les erreurs types

Source : Travaux de terrain,2026

3.3. Mesures d'indices d'efficacité technique

Le tableau 4 ci-dessous est relatif au niveau d'efficacité technique selon les systèmes de production. Son analyse montre que, pour l'ensemble des producteurs enquêtés ($n = 300$), l'efficacité technique moyenne est de 80,35 %, ce qui signifie que les producteurs exploitent environ 80 % de leur potentiel productif, tandis qu'environ 20 % des ressources restent encore mal utilisées en raison des inefficacités techniques. L'analyse par système de production révèle que le système de production amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces présente la meilleure efficacité technique moyenne (86,62 %), avec des valeurs comprises entre 56,55 % et 93,75 %. Cette performance traduit une meilleure utilisation des facteurs de production grâce à l'adoption des innovations technologiques et des semences améliorées.

Le système de production intensif moderne à base de Synée 2000 affiche une efficacité moyenne de 80,03 %, avec un minimum de 44,10 % et un maximum de 95,69 %, indiquant des performances relativement satisfaisantes mais marquées par certaines disparités entre producteurs. En revanche, le système de production traditionnel à base de TZPBSRW enregistre la plus faible efficacité moyenne (76,64 %), avec des niveaux variants entre 35,87 % et 97,52 %, traduisant une faible maîtrise des techniques modernes de production et une utilisation moins optimale des ressources disponibles. L'ensemble de ces résultats montrent que l'adoption des variétés améliorées et des technologies modernes contribue significativement à l'amélioration de l'efficacité technique des producteurs.

Tableau N°4 : Niveau d'efficacité technique par système et pour l'ensemble des systèmes

Système de production				
Niveau d'efficacité	Système de production traditionnel à base de TZPBSRW (n=112)	Système de production amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces (n=45)	Système de production intensif moderne à base de Synée 2000 (n=143)	Ensemble (n=300)
Moyen (%)	76,64	86,62	80,03	80,35
Minimum (%)	35,87	56,55	44,10	39,97
Maximum (%)	97,52	93,75	95,69	97,76

Source : Travaux de terrain, 2026

3.4. Distribution de fréquences des indices d'efficacité technique

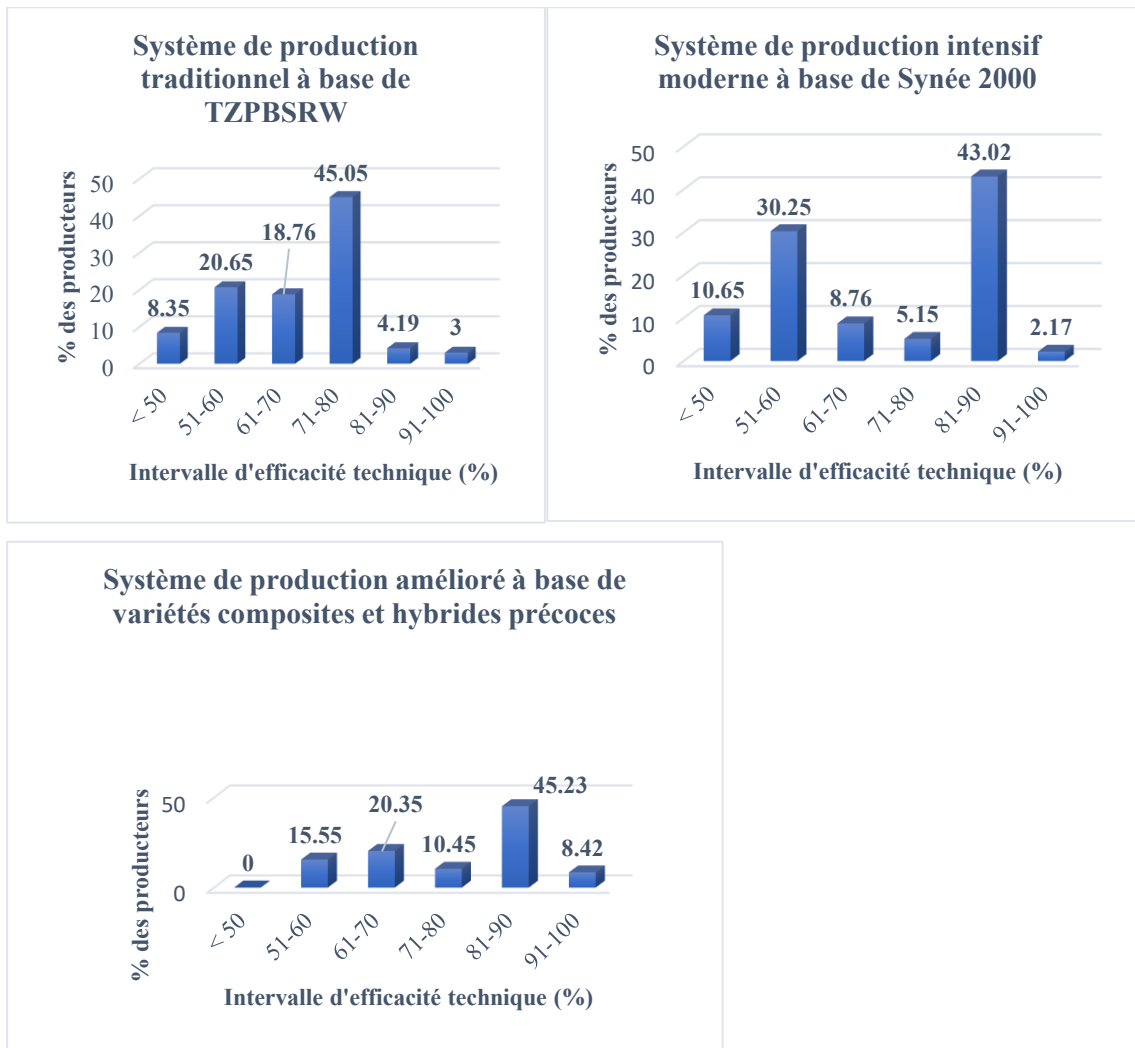
La distribution des indices d'efficacité technique montre des différences importantes entre les systèmes de production étudiés. Dans le système de production traditionnel à base de TZPBSRW, la majorité des producteurs se situe dans l'intervalle d'efficacité technique compris entre 71 % et 80 % (45,05 % des producteurs). Les producteurs ayant une efficacité inférieure à 50 % représentent 8,35 %, tandis que ceux ayant un niveau d'efficacité supérieur à 90 % ne représentent que 3 %. Cette répartition traduit une

performance technique relativement moyenne des producteurs utilisant ce système traditionnel, avec une faible proportion de producteurs hautement efficaces.

Concernant le système de production intensif moderne à base de Synée 2000, la plus grande proportion des producteurs (43,02 %) se retrouve dans l'intervalle de 81 % à 90 % d'efficacité technique. Les producteurs très inefficaces (moins de 50 %) représentent 10,65 %, alors que seulement 2,17 % atteignent un niveau d'efficacité compris entre 91 % et 100 %. Ces résultats indiquent que ce système permet globalement d'obtenir de bonnes performances techniques, même si peu de producteurs parviennent à atteindre une efficacité quasi optimale.

Par ailleurs, dans le système de production amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces, la majorité des producteurs (45,23 %) présente une efficacité technique comprise entre 81 % et 90 %, suivie de ceux ayant un niveau compris entre 61 % et 70 % (20,35 %). Aucun producteur n'enregistre une efficacité inférieure à 50 %, tandis que 8,42 % atteignent un niveau d'efficacité supérieur à 90 %. Cette distribution montre que ce système est le plus performant des trois, avec une concentration élevée des producteurs dans les classes d'efficacité les plus élevées. Cela confirme que l'utilisation des variétés améliorées et hybrides précoces favorise une meilleure utilisation des ressources productives et améliore significativement les performances techniques des producteurs.

Figure N°2 : Distribution de fréquences des indices d'efficacité technique



Source : Travaux de terrain, 2026

3.5. Analyse des déterminants de l'inefficacité technique de la production de maïs

Le tableau ci-dessous est relatif aux déterminants de l'inefficacité technique de la production du maïs . Ce tableau met en évidence l'influence de plusieurs variables socioéconomiques sur l'efficacité technique des producteurs. Les résultats montrent que l'âge du producteur exerce un effet positif et significatif sur l'inefficacité technique au seuil de 1 % (coefficient = 0,05 ; $p = 0,009$). Cela signifie que plus l'âge du producteur augmente, plus l'inefficacité technique tend à croître, probablement en raison d'une moindre capacité d'adaptation aux innovations technologiques et aux nouvelles pratiques agricoles. Le sexe du producteur présente un coefficient positif (0,13), mais cette variable n'est pas statistiquement significative ($p = 0,363$). Ainsi, le genre du producteur n'a pas d'influence significative sur l'inefficacité technique dans cette étude. Le niveau d'instruction du producteur a un coefficient négatif (-0,14) et est significatif au seuil de 10 % ($p = 0,051$). Ce résultat indique que l'instruction

contribue à réduire l'inefficacité technique. En effet, les producteurs instruits sont davantage aptes à comprendre et adopter les innovations agricoles ainsi qu'à mieux gérer les ressources productives.

Le nombre de visites des agents de vulgarisation présente également un coefficient négatif (-0,05) avec une significativité au seuil de 10 % ($p = 0,067$). Cela montre que les contacts fréquents avec les agents de vulgarisation permettent de réduire l'inefficacité technique grâce à l'encadrement technique, à la diffusion des bonnes pratiques agricoles et à l'amélioration des connaissances des producteurs.

Par ailleurs, l'accès au crédit influence négativement et significativement l'inefficacité technique au seuil de 1 % (coefficient = -0,29 ; $p = 0,004$). Ce résultat signifie que les producteurs ayant accès au crédit sont techniquement plus efficaces, car ils disposent de moyens financiers leur permettant d'acquérir des intrants de qualité et d'améliorer leurs techniques de production. Enfin, le système de production présente un coefficient négatif (-0,27), mais cette variable n'est pas statistiquement significative ($p = 0,570$). Ainsi, dans cette étude, le système de production n'explique pas significativement les différences d'inefficacité technique observées entre les producteurs.

Les résultats montrent ainsi que l'âge accroît l'inefficacité technique, tandis que le niveau d'instruction, les visites des agents de vulgarisation et l'accès au crédit contribuent à améliorer l'efficacité technique des producteurs de maïs

Tableau N°5 : Déterminants de l'efficacité technique de la production du maïs.

Efficacité technique (TE)					
Variabiles	Description	Signes attendus	Coefficients	Erreurs-type	Probabilités
Age	Age du producteur	+/-	0,05	0,18	0,009
Sex	Genre du producteur	+/-	0,13	0,09	0,363
Instru	Niveau d'instruction	+/-	-0,14	0,06	0,051
Nbrevist	Nombre de fois de visite des agents de vulgarisation	+	-0,05	0,00	0,067
AcreA	Accès au crédit	+	-0,29	0,07	0,004

Syst1	Système de production traditionnel à base de TZPBSRW	+/-	-0,27	0,05	0,570
Syst2	Système de production amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces	+/-	-0,01	0,09	0,066
Syst3	Système de production intensif moderne à base de Synée	+/-	-0,06	0,16	0,000

Source : Travaux de terrain, 2026

4. Discussion

Les résultats obtenus mettent en évidence des différences significatives entre les systèmes de production de maïs étudiés dans le Borgou, traduisant l'influence combinée des caractéristiques socioéconomiques des producteurs, de l'accès aux ressources productives et du niveau d'intensification agricole sur l'efficacité technique des exploitations. L'analyse révèle que les systèmes de production modernes et améliorés présentent globalement de meilleures performances techniques que le système traditionnel à base de TZPBSRW, ce qui confirme l'importance de l'innovation technologique dans l'amélioration de la productivité agricole.

La forte dominance des hommes dans la production de maïs observée dans cette étude reflète les réalités socioculturelles des systèmes agricoles ouest-africains, où les hommes disposent généralement d'un meilleur accès à la terre, aux intrants agricoles et aux moyens financiers. Cette tendance a également été observée par les travaux de (Sakho-Jimbira et Hathie, 2020) ainsi que par ceux de (Jacquemot, 2024), qui ont montré que les activités céréalières restent majoritairement contrôlées par les hommes en Afrique subsaharienne. Toutefois, l'absence d'effet significatif du sexe sur l'inefficacité technique indique que

les écarts de performance ne résultent pas directement du genre, mais plutôt des différences d'accès aux facteurs de production et aux services agricoles.

Le faible niveau d'instruction des producteurs constitue également un résultat important de cette étude. Plus de la moitié des producteurs ne disposent d'aucune instruction formelle, ce qui peut limiter leur capacité à adopter efficacement les innovations agricoles. Néanmoins, les producteurs appartenant au système amélioré présentent des niveaux d'éducation relativement plus élevés, ce qui pourrait expliquer leur meilleure efficacité technique. Ce constat est confirmé par l'analyse des déterminants de l'inefficacité, où le niveau d'instruction réduit significativement l'inefficacité technique. Ces résultats rejoignent ceux de (DeLay et al., 2022), qui ont souligné que l'éducation améliore les capacités de gestion et favorise l'adoption des technologies agricoles modernes. De même, (Raimi et al., 2021) ont montré que les producteurs instruits utilisent plus efficacement les intrants agricoles et maîtrisent davantage les itinéraires techniques. Ainsi, l'éducation apparaît comme un facteur essentiel dans l'amélioration durable de la productivité agricole.

Par ailleurs, les systèmes intensifs modernes se distinguent par des ménages plus importants et une disponibilité plus élevée de main-d'œuvre agricole. Cette tendance traduit le caractère fortement demandeur en travail des systèmes intensifiés, particulièrement pour les opérations de semis, d'entretien et de récolte. L'effet positif et significatif de la main-d'œuvre sur la production confirme l'importance du facteur travail dans les exploitations agricoles familiales. Ce résultat est cohérent avec les travaux de (Snyder et Sulle, 2022), qui montrent que l'intensification agricole nécessite généralement une mobilisation accrue de la main-d'œuvre afin d'assurer une meilleure gestion des cultures. Toutefois, la forte dépendance au travail manuel pourrait constituer une limite à long terme, notamment dans un contexte de raréfaction progressive de la main-d'œuvre agricole liée à l'exode rural.

L'analyse des facteurs de production montre également que les semences améliorées et les engrais constituent les principaux déterminants de la production de maïs. L'effet positif des engrais observé dans les systèmes modernes et améliorés confirme le rôle central de la fertilisation dans l'amélioration des rendements agricoles. Ces résultats concordent avec ceux de (Falconnier, 2024), qui ont démontré que l'utilisation appropriée des fertilisants contribue significativement à l'intensification durable de la production céréalière en Afrique. De même, les travaux de (Chen et al., 2024) ont montré que l'adoption des semences améliorées permet d'accroître considérablement les rendements du maïs grâce à une meilleure résistance des variétés et à leur potentiel génétique élevé.

Cependant, le coefficient négatif des semences observé dans le système amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces constitue un résultat particulièrement intéressant. Cette situation pourrait s'expliquer par une mauvaise maîtrise des densités de semis ou par une utilisation excessive des

semences, entraînant une concurrence entre les plants pour les ressources nutritives et hydriques. Cette tendance a également été rapportée par (Karakulov et al., 2025), qui ont souligné que l'adoption des variétés améliorées sans maîtrise des pratiques culturales peut réduire les gains de productivité attendus. Cette observation met en évidence l'importance du transfert de compétences techniques parallèlement à la diffusion des innovations agricoles. Ainsi, les politiques de promotion des variétés améliorées devraient nécessairement être accompagnées de programmes de formation et de vulgarisation adaptés. En outre, la contribution relativement faible de la mécanisation dans l'amélioration de la productivité suggère que les équipements agricoles disponibles demeurent insuffisamment adaptés aux besoins des producteurs. Dans le système traditionnel, l'effet négatif associé aux autres moyens de production pourrait traduire une utilisation inefficace ou inadéquate des équipements agricoles. Ce résultat diffère de certaines études menées dans les pays émergents, notamment celles de (Mohammed et al., 2023), qui ont montré que la mécanisation améliore significativement l'efficacité technique des exploitations agricoles. Cette différence pourrait s'expliquer par le faible niveau de modernisation des exploitations du Borgou, caractérisées par un accès limité aux équipements performants et par des contraintes financières importantes.

Les niveaux d'efficacité technique estimés révèlent par ailleurs que les producteurs exploitent en moyenne environ 80 % de leur potentiel productif. Ce niveau relativement élevé indique que les producteurs disposent déjà d'une certaine maîtrise des techniques de production. Toutefois, l'existence d'un écart de près de 20 % entre la production observée et la production potentielle montre qu'il subsiste encore d'importantes marges d'amélioration. Les résultats indiquent également que le système amélioré à base de variétés composites et hybrides précoces présente la meilleure efficacité technique moyenne. Cette performance confirme l'intérêt des technologies agricoles améliorées lorsqu'elles sont correctement maîtrisées. Des résultats similaires ont été obtenus par (Alemu et al., 2024), où les exploitations utilisant des technologies améliorées présentaient des niveaux d'efficacité significativement plus élevés que les systèmes traditionnels.

La distribution des indices d'efficacité technique met également en évidence une forte hétérogénéité entre producteurs. La concentration des producteurs du système amélioré dans les classes d'efficacité élevées traduit une meilleure maîtrise des pratiques culturales et une utilisation plus rationnelle des intrants. À l'inverse, la forte dispersion observée dans le système traditionnel révèle l'existence de contraintes techniques importantes limitant les performances des exploitations. Cette hétérogénéité pourrait s'expliquer par les différences de niveau d'éducation, d'accès au crédit, d'encadrement technique et de disponibilité des ressources productives.

L'analyse des déterminants de l'inefficacité technique montre que l'âge du producteur accroît significativement l'inefficacité technique. Ce résultat suggère que les producteurs âgés rencontrent davantage de difficultés dans l'adoption des innovations agricoles et dans l'adaptation aux nouvelles techniques de production. Cette tendance a également été observée par (Asule et al., 2024) qui ont montré que les jeunes producteurs sont généralement plus ouverts aux changements technologiques et plus enclins à adopter des pratiques innovantes. Toutefois, certaines études ont obtenu des résultats contraires, notamment celles (Hanh, 2022), où l'expérience liée à l'âge améliorerait l'efficacité technique. Ces divergences peuvent s'expliquer par les différences de contexte agricole, de niveau de mécanisation et d'accès à l'information.

L'effet négatif de l'accès au crédit sur l'inefficacité technique confirme l'importance du financement agricole dans l'amélioration de la productivité. Les producteurs bénéficiant de crédits agricoles disposent généralement de ressources suffisantes pour acquérir des intrants de qualité, améliorer leurs équipements et adopter des pratiques culturales plus performantes. Ce résultat rejoint les conclusions de (Kipkogei et al., 2025), selon lesquelles l'accès au crédit constitue un facteur déterminant dans l'adoption des innovations agricoles en milieu rural. De même, les visites régulières des agents de vulgarisation contribuent à réduire l'inefficacité technique grâce à la diffusion des bonnes pratiques agricoles et à l'accompagnement technique des producteurs.

Sur le plan théorique, cette étude confirme les fondements de la théorie de la frontière de production stochastique, selon lesquels les différences de performance entre exploitations proviennent essentiellement des écarts de gestion et de maîtrise des techniques de production. Les valeurs élevées du paramètre gamma indiquent que les variations de production observées sont principalement liées à l'inefficacité technique plutôt qu'aux facteurs aléatoires. Cela signifie qu'une amélioration des capacités de gestion des producteurs permettrait d'accroître significativement la production sans nécessairement augmenter les quantités d'intrants utilisées.

D'un point de vue pratique, les résultats obtenus suggèrent plusieurs orientations importantes pour les politiques agricoles au Bénin. Il apparaît nécessaire de renforcer les services de vulgarisation agricole afin d'améliorer la maîtrise des itinéraires techniques, particulièrement dans les systèmes utilisant des variétés améliorées. L'amélioration de l'accès au crédit agricole constitue également une priorité pour permettre aux producteurs d'acquérir des intrants de qualité et des équipements adaptés. Par ailleurs, les programmes de formation agricole devraient être davantage orientés vers les producteurs âgés et peu instruits, afin de réduire les écarts d'efficacité observés entre exploitations. Enfin, les politiques de modernisation agricole devraient promouvoir une mécanisation adaptée aux réalités socioéconomiques locales afin d'améliorer durablement la productivité du maïs dans le Borgou.

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer l'efficacité technique des producteurs de maïs selon différents systèmes de production dans les communes de Tchaourou, Parakou et N'Dali au Bénin, en mobilisant une approche de frontière stochastique de production de type Cobb-Douglas. Les résultats mettent en évidence des écarts significatifs de performance entre les systèmes de production, confirmant l'existence d'une hétérogénéité importante dans l'allocation et l'utilisation des facteurs de production au sein des exploitations agricoles. Le système de production amélioré reposant sur les variétés composites et hybrides précoces apparaît comme le plus performant, avec un niveau d'efficacité technique supérieur à celui des autres systèmes, suivi du système intensif moderne basé sur Synée 2000, tandis que le système traditionnel demeure le moins efficient. Ces résultats suggèrent que l'adoption de technologies améliorées constitue un levier déterminant pour l'amélioration de la productivité agricole, en cohérence avec les fondements de la théorie néoclassique de la production. L'analyse des déterminants de l'efficacité technique révèle par ailleurs que les caractéristiques socioéconomiques des producteurs, notamment l'âge, le niveau d'instruction, l'accès au crédit et la fréquence des services de vulgarisation, exercent une influence significative sur les performances productives. Ces résultats soulignent que l'efficacité technique ne dépend pas uniquement des choix technologiques, mais également de l'environnement institutionnel et des capacités individuelles des producteurs. Sur le plan des implications de politique agricole, ces résultats appellent à un renforcement des dispositifs d'appui aux producteurs, en particulier l'amélioration de l'accès au crédit agricole, l'intensification des services de vulgarisation et la promotion ciblée des systèmes de production améliorés. Une telle stratégie permettrait de réduire les écarts d'efficacité observés et de contribuer durablement à l'amélioration de la productivité du maïs dans la zone d'étude. Cette recherche contribue à la littérature empirique sur l'efficacité technique en agriculture en Afrique subsaharienne en apportant des évidences empiriques récentes sur la performance comparative des systèmes de production du maïs. Des recherches futures pourraient étendre cette analyse à d'autres régions et intégrer des approches dynamiques afin de mieux capturer l'évolution temporelle de l'efficacité technique des exploitations agricoles.

BIBLIOGRAPHIE

Abikou, J. M., Gouwakinou, J. Y., Chabi Sero, I. et Yabi, J. A. (2023). Efficacité économique des systèmes de production du riz en bas-fonds dans la commune de Malanville, au Nord Bénin. *ESI Preprints*, 13, 501-501.

Alemu, F. M., Mengistu, Y. A. et Wassie, A. G. (2024). Factor productivity impacts of climate change and estimating the technical efficiency of cereal crop yields: Evidence from sub-Saharan African countries. *Plos one*, 19(11), e0310989.

Asule, P. A., Musafiri, C., Nyabuga, G., Kiai, W., Kiboi, M., Nicolay, G. et Ngetich, F. K. (2024). Awareness and adoption of climate-resilient practices by smallholder farmers in central and upper Eastern Kenya. *Heliyon*, 10(19). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)14399-X](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)14399-X)

Agossadou, H., Degla, P., Agalati, B., 2023. Analyse de la performance économique des exploitants du périmètre rizicole de Malanville sous divers systèmes de distribution de l'eau. *Rev. Marocaine Sci. Agron. Vét.* 11, 168–174.

Awode, O. R. et Sodjinou, E. (2024). Evaluation de l'effet des l'agribusiness clusters sur l'efficacité économique de la production du riz dans la commune Malanville et de Glazoué. *African Scientific Journal*, 0213-0213.

Baco, M. N., Abdoulaye, T., Sanogo, D. et Langyintuo, A. (2011). *Caractérisation des ménages producteurs de maïs en zone de savane sèche au Bénin*. CIMMYT. [https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=M2BFzXdN3GsC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Dans+le+cas+du+ma%C3%AFs,+des+institutions+telles+que+le+Centre+International+pour+l%27Am%C3%A9lioration+du+Ma%C3%AFs+et+du+BI%C3%A9+\(CIMMYT\),+en+collaboration+avec+des+structures+nationales+de+recherche+agronomique+dont+l%27Institut+National+des+Recherches+Agricoles+du+B%C3%A9nin+\(INRAB\),+ont+d%27A9velopp%C3%A9+et+vulgaris%C3%A9+des+vari%C3%A9t%C3%A9s+am%C3%A9lior%C3%A9es+pr%C3%A9sentant+des+caract%C3%A9ristiques+agronomiques+sup%C3%A9rieures:+rendement+%C3%A9lev%C3%A9,+tol%C3%A9rance+%C3%A0+la+s%C3%A9cheresse,+r%C3%A9sistance+aux+maladies+et+aux+ravageurs,+et+meilleure+adaptation+aux+conditions+p%C3%A9doclimatiques&ots=jqsezJHUcl&sig=JHzt3cvpcnRINA-JAFxuiuUg7tA](https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=M2BFzXdN3GsC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Dans+le+cas+du+ma%C3%AFs,+des+institutions+telles+que+le+Centre+International+pour+l%27Am%C3%A9lioration+du+Ma%C3%AFs+et+du+BI%C3%A9+(CIMMYT),+en+collaboration+avec+des+structures+nationales+de+recherche+agronomique+dont+l%27Institut+National+des+Recherches+Agricoles+du+B%C3%A9nin+(INRAB),+ont+d%27A9velopp%C3%A9+et+vulgaris%C3%A9+des+vari%C3%A9t%C3%A9s+am%C3%A9lior%C3%A9es+pr%C3%A9sentant+des+caract%C3%A9ristiques+agronomiques+sup%C3%A9rieures:+rendement+%C3%A9lev%C3%A9,+tol%C3%A9rance+%C3%A0+la+s%C3%A9cheresse,+r%C3%A9sistance+aux+maladies+et+aux+ravageurs,+et+meilleure+adaptation+aux+conditions+p%C3%A9doclimatiques&ots=jqsezJHUcl&sig=JHzt3cvpcnRINA-JAFxuiuUg7tA)

Battese, G. E. et Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325-332. <https://doi.org/10.1007/BF01205442>

- Bekanty, K. et Dominique, A. C. (2019). *Analyse des déterminants du choix et de l'adoption de variétés améliorées du riz. Cas des zones de Gagnoa et de Korhogo en Côte d'Ivoire* [phd thesis, INPHB]. <https://agritrop.cirad.fr/595285/>
- Chen, B., Hou, J., Cai, Y., Wang, G., Cai, R. et Zhao, F. (2024). Utilizing Genetic Diversity for Maize Improvement: Strategies and Success Stories. *Maize Genomics and Genetics*, 15. <https://cropscipublisher.com/index.php/mgg/article/view/3923>
- Cobb, C. W. et Douglas, P. H. (1928). A theory of production. *The American economic review*, 18(1), 139-165.
- Danso-Abbeam, G. et Baiyegunhi, L. J. S. (2017). Adoption of agrochemical management practices among smallholder cocoa farmers in Ghana. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(6), 717-728. <https://doi.org/10.1080/20421338.2017.1380358>
- Degla, P. K. (2020). Analyse comparative des performances économiques des systèmes de production du maïs dans la commune de Banikoara au Nord-Bénin. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 8(1). <https://publication.lecomes.org/index.php/svt/article/view/1884>
- DeLay, N. D., Thompson, N. M. et Mintert, J. R. (2022). Precision agriculture technology adoption and technical efficiency. *Journal of Agricultural Economics*, 73(1), 195-219. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12440>
- Falconnier, G. (2024). *Sustainable intensification of smallholder farming systems for improved food security and adaptation to climate change in Africa* [phd thesis, Université de Montpellier]. https://agritrop.cirad.fr/612869/1/Full_HDR_GF_150425_merged.pdf
- FAO. (2016). L'agriculture en Afrique subsaharienne: Perspectives et enjeux de la décennie à venir. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/17ce2b38-9085-4505-9727-c69b7b5f3371/content>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society series a: statistics in society*, 120(3), 253-281.
- Gaye. (2021). Analyse de la production laitière et des conditions d'accès aux sous-produits agricoles et agroindustriels dans les systèmes bovins de la zone rizicole du delta du Sénégal. https://www.africa-milk.org/content/download/4811/34738/version/3/file/THESE+Papa+Amadou+Moctar+GAYE_compressed.pdf
- Gueye, M. N. (2025). Estimation de l'efficience technique des producteurs de mil au Sénégal à l'aide d'une approche de frontière stochastique. *Revue Internationale de la Recherche Scientifique (Revue-IRS)*, 3(6), 7233-7244.

- Hanh. (2022). Expérience liée à l'utilisation de l'application TakeCareMC pour la surveillance à domicile des patients atteints d'insuffisance cardiaque dans un centre hospitalier universitaire. <https://umontreal.scholaris.ca/items/33221f28-fdcc-4d63-8cb1-b123c3abe5bc>
- Heady, E. O. et Dillon, J. L. (1961). *Agricultural Production Functions* Iowa State University Press. Ames, Iowa, 73.
- Jacquemot, P. (2024). *Se nourrir, le défi de l'Afrique*. KARTHALA Editions. <https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=FI FSEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=les+activit%C3%A9s+c%C3%A9r%C3%A9ali%C3%A8res+restent+majoritairement+contr%C3%B4l%C3%A9es+par+les+hommes+en+Afrique+subsaharienne&ots=8gtvZ-orRr&sig=gJX74hsvJvouqPluVYCBh2EMYIU>
- Karakulov, F., Menglikulov, B., Mamasadikov, A., Kholbutaeva, S., Mukhtorov, A., Abdulkhaeva, G., Gafurova, D., Ruziyev, S., Ablatdinov, S. et Durmanov, A. (2025). The impact of climate-smart technology adoption on agricultural productivity and environmental sustainability. *Emerging Science Journal*, 9(6), 3087-3115.
- Kipkogei, S., Han, J., Mwalupaso, G., Tanui, J. et Brenya, R. (2025). The synergistic effects of microcredit access and agricultural technology adoption on maize farmer's income in Kenya. *PLoS One*, 20(1), e0316014.
- Labiya, I. A., Yegbemey, R. N., Olodo, V. D. et Yabi, J. A. (2018). Pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols et performance économique des producteurs de maïs au Nord-Bénin. *Annales de l'Université de Parakou, Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 8(2), 115-124.
- Mamam, T. S., Gauthier, B., Afio, Z. et Aliou, S. (2016). Évaluation du niveau d'efficacité technique des systèmes de production à base de maïs au Bénin. *European Scientific Journal*, 12(27). https://www.researchgate.net/profile/Saidou-Aliou-2/publication/309029573_Evaluation_Du_Niveau_D'efficacite_Technique_Des_Systemes_De_Production_A_Base_De_Mais_Au_Benin/links/59e656cf4585151e545cdabb/Evaluation-Du-Niveau-Defficacite-Technique-Des-Systemes-De-Production-A-Base-De-Mais-Au-Benin.pdf
- Marshall, A. (1890). *Principles of economics*. Macmillan and Company London. <https://dpii.morelia.tecnm.mx/fulldisplay/M9qvHY/275035/PrinciplesOfEconomicsByAlfredMarshall.pdf>
- Mendy, V. (2019). Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz sur l'efficacité technique des riziculteurs au Sénégal. <http://135.125.237.141:8080/handle/123456789/1098>

- Mohammed, K., Batung, E., Saaka, S. A., Kansanga, M. M. et Luginaah, I. (2023). Determinants of mechanized technology adoption in smallholder agriculture: Implications for agricultural policy. *Land Use Policy*, 129, 106666.
- Nuama, E. (2006). Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire. *Économie rurale*, 296(6), 39-53.
- Nzau, J. J. T., Lutonadio, G.-S. K., Ngonzo, C. L., Mfumu, A. K., Ntedika, F. B. et Tshimanga, R. M. (2026). Evaluation de la Frontière Stochastique de l'EfficiencE Economique du Système de Production Irrigué du Centre de Production des Semences dans le Bassin Versant de la Mfuti à Kinshasa. *Revue Congolaise des Sciences et Technologies*, 5(1), 231-240.
- Ouedraogo, D. (2024). Efficacité technique des producteurs de maïs au Burkina Faso: une approche par la frontière de production stochastique. *REVUE CEDRES-ETUDES*, 13(78). <https://journal.uts.bf/index.php/cedres/article/view/201>
- Paul, H. S. et Silvère, T. (2023). Analyse des efficacités techniques des exploitations en Transition agroécologique en zone cotonnière au Nord du Bénin. *Revue Ecosystèmes et Paysages*, 3(2). <https://www.prestogo.org/rst/index.php/rep/article/view/78>
- Raimi, L., Panait, M. et Sule, R. (2021). Leveraging Precision Agriculture for Sustainable Food Security in Sub-Saharan Africa: A Theoretical Discourse. Dans V. Erokhin, G. Tianming et J. V. Andrei (dir.), *Shifting Patterns of Agricultural Trade* (p. 491-509). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3260-0_21
- Sakho-Jimbira, S. et Hathie, I. (2020). L'avenir de l'agriculture en Afrique subsaharienne. *Policy brief*, 2, 20.
- Semassa, A. J., Padonou, S. W., Anihouvi, V. B., Akissoé, N. H., Adjanohoun, A. et Baba-Moussa, L. (2016). Diversité Variétale, qualité et utilisation du Maïs (*Zea mays*) en Afrique de l'Ouest: Revue critique. *European Scientific Journal*, 12(18). https://www.academia.edu/download/76665999/ARTICLE_2015.pdf
- Snyder, K. A. et Sulle, E. (2022). The impact and outcomes of sustainable intensification initiatives in six countries on women, men, and other social groups: a literature review. *IITA*, 1.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.