

Évaluation de l'efficacité des producteurs de tomates dans le Département de Lac Wey, Tchad: Implications pour une stratégie de développement agricole durable

[Evaluating the Efficiency of Tomato Producers in the Lac Wey Department, Chad: Implications for a Sustainable Agricultural Development Strategy]

Mahamat Mallah Choukou¹ and Gauthier Biaou²

¹Département de l'Economie, Université de Moundou, Moundou, Chad

²Département de l'Economie, de Socio-Anthropologie de Développement Rural, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted to estimate the allocative efficiency of tomato producers in the two (2) production basins of Moundou during the 2025 growing season. Data was collected from 212 tomato producers using a random sampling technique. The cost frontier was determined by applying the self-dual property of the stochastic Cobb-Douglas production function. The estimated average allocative efficiency score was 79%, while only 19% of producers achieved a level above 90%. The allocative efficiency of 28.78% of farmers ranges from 71 to 80%, followed by 22.64% in the range of 81 to 90%. The results illustrate that there is still potential to increase production and reduce costs by 21% at the current level of input use and available technology. The yield coefficient is negative, indicating that a one percent increase in yield reduces the cost by 0.065 percent. The estimated elasticities for land rental and inputs have a positive and significant effect on the total cost of production. An optimal mix of inputs could reduce production costs. Regarding the independent variables, the farmer's age, as an indicator of relevant experience, and access to extension services were found to be significant contributors to allocative efficiency.

KEYWORDS: Stochastic frontier, determinants, cost function, Chad.

RESUME: La présente étude a été réalisée pour estimer l'efficacité allocative des producteurs de tomates dans les deux (2) bassins de production de Moundou, pendant la saison culturale 2025. Les données ont été collectées auprès de 212 producteurs de tomates par le biais d'une technique d'échantillonnage aléatoire. La frontière des coûts a été déterminée en appliquant la propriété auto-duale de la fonction de production stochastique de type Cobb-Douglas. Le score d'efficacité allocative moyenne estimé était de 79 %, alors que seuls 19 % des producteurs ont atteint un niveau supérieur à 90 %. L'efficacité allocative de 28,78 % des agriculteurs varie de 71 à 80 %, suivie de 22,64 % dans la fourchette de 81 à 90 %. Les résultats illustrent qu'il y a encore une possibilité d'augmenter la production et de réduire les coûts de 21 % au niveau actuel d'utilisation des intrants et de la technologie disponible. Le coefficient du rendement est négatif, ce qui montre qu'une augmentation d'un pour cent du rendement réduit le coût de 0,065 pour cent. Les élasticités estimées pour la location des terres et les intrants ont un effet positif et significatif sur le coût total de production. Un mélange optimal d'intrants pourrait réduire le coût de production. En ce qui concerne les variables indépendantes, l'âge de l'agriculteur étant un indicateur de l'expérience pertinente et l'accès aux services de vulgarisation ont été trouvés comme des contributeurs significatifs à l'efficacité allocative.

MOTS-CLEFS: Frontière stochastique, déterminants, fonction des coûts, Tchad.

1 INTRODUCTION

L'agriculture est la plus importante source de revenus au Tchad. Elle représente près d'un quart du produit intérieur brut (PIB) et emploie environ 80 % de la population active et 87 % des moyens de subsistance de la population rurale du pays (GIZ, 2023). Le secteur agricole contribue à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté et au progrès industriel à l'échelon national. La superficie cultivée

est estimée à environ 2 millions d'hectares, soit 1,6% de la superficie totale du pays. Les terres cultivables et les ressources en eau soutiennent le secteur agricole du Tchad, qui s'étend sur une variété de zones écologiques et climatiques [1].

La production de légumes contribue à la sécurité alimentaire et sert de source de subsistance pour la population. La tomate, étant un légume important et majeur dans le monde, est couramment utilisée en cuisine, comme complément de plats frits, dans les pâtes et le jus, etc. Elle contient une riche quantité de vitamines A et C ainsi qu'un antioxydant, le lycopène, qui aide à prévenir différents types de cancer [2]. Les conditions agro-climatiques et les terres fertiles au Tchad boostent la production de légumes. La tomate est parmi les légumes majeurs, cultivés à travers le pays et utilisés toute l'année [1]. Les petits agriculteurs sont les principaux contributeurs à la production de tomates. La tomate est cultivée comme culture de rente dans le monde entier, en raison de sa courte durée, de sa haute valeur économique et de son utilisation variée sous forme crue ou transformée. Le faible prix du marché au moment de la récolte, la nature périssable et le manque d'installations de transformation limitent l'objectif des producteurs de hauts retours nets [3].

L'agriculture tchadienne fournit la matière première nécessaire pour le fonctionnement des industries locales et autres secteurs d'activités. Elle est tout de même pourvoyeuse de produits alimentaires et contribue ainsi à la sécurité alimentaire. Cependant, le secteur agricole tchadien est confronté depuis plusieurs décennies à de nombreuses contraintes dont la mauvaise performance productive des systèmes de cultures et le faible niveau de structuration des filières agricoles. Pour améliorer la performance productive, la compétitivité des produits agricoles sur le marché et garantir un développement agricole durable, plusieurs actions ont été menées par les acteurs publics nationaux et internationaux.

Malgré les politiques de développement agricole mises en place à travers les programmes d'investissements agricoles et autres, la productivité des systèmes de cultures demeure faible au Tchad, le pays reste tributaire aux importations de plusieurs denrées alimentaires pour satisfaire la consommation nationale. D'où l'idée de questionner la capacité des maraîchers de bassin de production de Lac-Taba et de Lac-Wey dans le Département Lac-Wey, province de Logone occidentale, au Tchad, zone par excellence de production des tomates, à produire efficacement. Les cultures maraîchères font partie des produits agricoles à forte valeur économique.

Des études liées à l'efficacité des cultures maraîchères ont été menées [4,5]. Les études ont rapporté une relation positive entre la production de tomates et les caractéristiques socio-économiques des producteurs, telles que l'éducation, l'implication au travail, la taille de la famille, l'expérience en agriculture, l'âge et la taille des terres. Pour améliorer la productivité et l'efficacité, l'étude recommande de se concentrer sur l'accès aux services de vulgarisation, les formations, les compétences et l'éducation de base. Des études ont révélé que les facilités de crédit et l'éducation pouvaient augmenter la productivité des cultures. [6] ont rapporté des rendements élevés des cultures à courte durée (tomate, fraise) par rapport aux cultures à longue durée (blé et canne à sucre). En explorant de tels facteurs, les revenus des agriculteurs peuvent être multipliés dans la zone d'étude. [7] ont évalué l'effet des formations sur la productivité des cultures dans le district de Bajaur. Ces études montrent une conclusion commune et une implication politique qui illustrent l'écart entre les indices d'efficacité minimum et maximum et l'existence d'un potentiel suffisant pour augmenter le niveau de performance actuel.

Selon certaines études, une diminution des coûts des intrants, le développement de technologies à haut rendement et l'amélioration des pratiques de gestion sont des options possibles pour augmenter les bénéfices nets des agriculteurs. Au Tchad, au niveau national, les prix de l'énergie (électricité, gaz, produits pétroliers) sont continuellement révisés à la hausse, ce qui augmente régulièrement les prix des intrants agricoles. De même, le développement de variétés nécessite plusieurs années pour être développé et accepté par la communauté agricole. Par conséquent, la seule option disponible pour diminuer les coûts de production et augmenter la productivité est de se concentrer sur les pratiques de gestion. Selon [8], dans le contexte de l'économie, l'amélioration des pratiques de gestion est examinée en termes d'efficacité technique et d'efficacité allocative.

Cette étude a pour objectifs de déterminer les inefficacités de coûts, le cas échéant, les déterminants du coût de production, le score d'efficacité allocative des exploitants agricoles et de formuler des recommandations basées sur les résultats de l'étude. L'étude a une importance à la fois pratique et théorique. Elle fournirait des informations à jour aux producteurs de tomates, aux décideurs et à d'autres parties concernées. Une analyse approfondie des facteurs affectant la performance des producteurs à chaque niveau des provinces est nécessaire pour combler le fossé entre les indices d'efficacité. L'analyse de l'efficacité fournira des informations sur la manière dont les producteurs de tomates allouent les facteurs de production et le potentiel d'amélioration de la productivité; ce qui va contribuer à la compétitivité de ces produits, voire la redynamisation de la filière.

Par ailleurs, au plan théorique très souvent, le concept de l'efficacité économique utilisée comme étant la norme des choix sociaux, a fait l'objet des débats controversés. Dans la théorie néo-classique, elle est définie sous plusieurs formes. En effet, l'efficacité technique est réalisée lorsque pour une production donnée, il est impossible d'obtenir une quantité produite plus importante avec les facteurs de production utilisés. Cette conception de l'efficacité technique donne lieu à un premier débat, à savoir si les différences de productivité des facteurs entre les entreprises pouvaient être considérées comme une preuve de gaspillage ou d'inefficacité. Les entreprises qui produisent un même bien étaient-elles soumises à une même technologie et donc représentables par une fonction de production identique ? L'efficacité technique est-elle toujours atteinte ? L'efficacité allocative quant à elle est atteinte au sein d'un groupe d'agents lorsqu'il est impossible d'améliorer la situation de ces agents économiques par des réallocations de ressources entre eux.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans le Département de Lac-Wey, province de Logone occidentale. L'étude a été conduite dans l'une grande zone productrice de tomate au Sud du Tchad, à savoir les Bassins de production de Lac-Taba et de Lac-Wey dans la ville de Moundou. Ces deux arrondissements ont été choisis car des Projets de Développement agricole appuient leurs producteurs. Ces arrondissements ont été choisis en raison de leur importance dans la production de tomate. Ce Département est important pour la production d'autres légumes et de vergers de fruits également. Il joue un rôle essentiel dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire de la région en raison de l'excellente géographie et du climat, qui favorisent un secteur agricole robuste. En tenant compte des faits ci-dessus, la ville de Moundou dans la province du Kanem a été sélectionné pour réaliser l'étude.

La formule de [9], pour la détermination de la taille de l'échantillon et la technique d'allocation proportionnelle de [10], ont été appliquées pour la sélection des répondants dans la zone d'étude comme indiqué dans le Tableau 1. La taille de l'échantillon a été déterminée par la formule de [9]. Mathématiquement, on a:

$$n = z^2 * p (1-p) / m^2 \quad (1)$$

n = taille de l'échantillon

z = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite (dans cette étude, $z = 1,96$ pour un niveau de confiance de 95%)

p = proportion estimée de la population des producteurs de tomate (dans cette étude, $p = 11,6\%$)

m = marge d'erreur tolérée (dans cette étude, $m=5\%$)

A partir de la formule de l'équation (1), la taille de l'échantillon obtenue est de 212, répartie dans les deux arrondissements choisis.

Tableau 1. Taille de l'échantillon et allocation proportionnelle dans la zone d'étude

Département	Ville	Bassin de production	Nombre des exploitants agricoles	Taille de l'échantillon
Lac-wey	Moundou	Lac-Taba	152	109,8 ≈ 110
		Lac-Wey	136	101,7 ≈ 102

Source: Données des enquêtes 2025.

2.2 APERÇU HISTORIQUE DE LA FRONTIERE DE COUT ET DE L'EFFICACITE ALLOCATIVE

Pour la fonction de coût, la méthode d'analyse de la frontière de coût stochastique a été utilisée. La fonction de coût est une relation entre le coût des intrants et la production générée à ces coûts. La disponibilité des prix des intrants présume que les agriculteurs ont agi en minimisant les coûts. Traditionnellement, la méthode de régression des moindres carrés ordinaires (OLS) était utilisée pour décrire la technologie de production. L'OLS produit des valeurs moyennes au lieu de valeurs maximales et minimales. Cependant, l'efficacité calculée par [11] représente la production maximale réalisable à partir d'une certaine quantité d'intrants.

La littérature a souligné qu'en agriculture, l'analyse liée à l'efficacité est importante tant pour les économies développées que pour les économies en développement. Historiquement, le secteur agricole a également fourni des ressources productives à d'autres industries agroalimentaires avec des progrès dans sa productivité et son efficacité. La littérature relative à l'efficacité agricole depuis 1950 jusqu'à aujourd'hui peut être catégorisée en trois périodes distinctes. Avant le développement de l'Analyse d'Enveloppement des Données (DEA) et de l'Analyse du Frontière Stochastique (SFA), des techniques économétriques simples et des indices étaient utilisés. Cependant, jusqu'à la fin des années 1980, un mélange de DEA et SFA, diverses formes fonctionnelles, techniques d'estimation, impact de la taille de l'échantillon et erreurs économétriques ont été intégrés et essayés [12].

En économie de la production, le concept de dualité est corrélé avec les modèles d'optimisation, dans l'optimisation soumise à certaines contraintes, soit une fonction maximale soit une fonction minimale peut représenter le primal. Si c'est une fonction de maximisation, la fonction de minimisation correspondante sera le dual et vice versa. Dans la relation duale, les informations du primal peuvent être obtenues à partir du dual, de la même manière, le dual peut être examiné à partir du primal correspondant. Dans un contexte de l'insécurité alimentaire grandissante, [8] ont utilisé la méthode de DEA pour analyser l'efficacité allocative des producteurs de maïs dans le Kanem, au Tchad; Pour une fonction de production à un seul input, la fonction de coût duale sera la suivante: Fonction de production à seul input:

$$Y = x^b \quad (2)$$

En termes physiques, cela sera:

$$X = Y^{1/b}$$

En le multipliant par le prix, cela devient.

$$VX = VY^{1/b}$$

Où; v représente les prix des intrants.

Bravo-Ureta et Pinheiro (1997) ont dérivé la frontière des coûts correspondante comme suit:

$$Y = f(X_i, \beta_i) \quad (3)$$

$$C \geq f(P, Y, \alpha) \quad (4)$$

L'Équation 4 précise que le coût observé dépend des prix des intrants P et du rendement ou de la production (Y). L'Équation 4 illustre également que le coût minimum est inférieur ou égal au coût observé. La forme fonctionnelle de l'Équation 4 suivant [13] est la suivante:

$$\ln C_i = \omega^0 + \sum_{n=1}^N \omega_n \ln P_i X_i + \sum_{m=1}^m \omega_m \ln P_i X_i \ln Y_{mi} + (V_i + \mu_i) \quad (5)$$

Dans l'équation 5, V_i représente les erreurs d'approximation, le bruit statistique et les perturbations non contrôlées. Tandis que le terme μ_i décrit l'inefficacité allocative. Selon [13], dans la fonction de production, les producteurs inefficients opèrent en dessous de la frontière des possibilités de production, ce qui signifie que la frontière est convexe par rapport à l'origine, tandis que dans la frontière des coûts, les producteurs inefficients opèrent au-dessus de la frontière de coût minimum. La frontière des coûts est concave par rapport à l'origine, donc le terme $\omega = V_i + \mu_i$ sera modifié en $\omega = V_i - \mu_i$. Où, V_i représente des facteurs comme les inondations, le changement climatique, les pandémies, etc., qui échappent au contrôle des cultivateurs, tandis que μ_i représente l'inefficacité de la part des agriculteurs, comme le non-respect des taux et des moments appropriés d'application des intrants, etc.

2.3 MODELE D'ESTIMATION DE L'EFFICACITE ALLOCATIVE DANS L'ETUDE ACTUELLE

L'efficacité allocative peut être interprétée dans le contexte à la fois de la minimisation des coûts et de l'approche de maximisation des profits. Selon [14], l'efficacité allocative générale pour les données transversales peut être estimée en égalisant le produit de valeur marginale (PVM) et le coût marginal des facteurs (CMF).

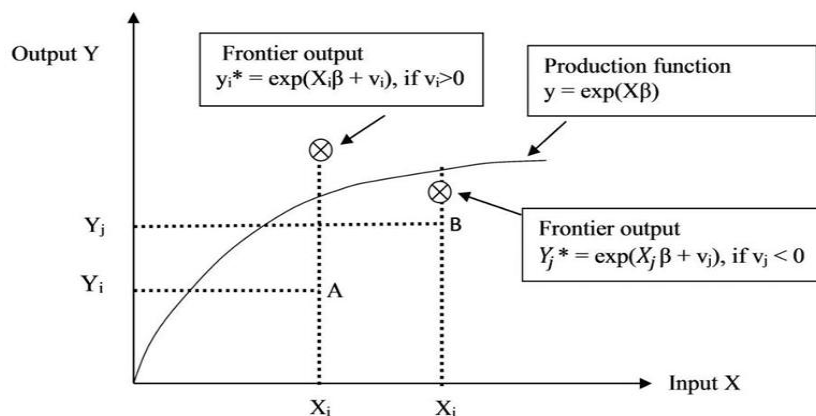


Fig. 1. Illustration of my stochastic frontier production function of a simple firm

Dans la présente étude, la propriété auto-duale de la fonction de production de type Cobb-Douglas a été appliquée pour arriver à la frontière des coûts, servant de base pour estimer l'efficacité allocative des producteurs de l'échantillon. La propriété auto-duale de la fonction de production de type Cobb-Douglas a été privilégiée car elle est liée à l'optimisation du modèle sous certaines contraintes. Selon [15] en optimisation, soit la maximisation soit la minimisation représentent le primal. Dans la relation duale, la solution au primal peut être obtenue à partir du dual correspondant. Dans cette étude, la frontière des coûts est le dual correspondant de la frontière de production. Cette méthode a été appliquée par [16]. La forme fonctionnelle spécifique était la suivante:

$$\ln C_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n=i} \alpha_j \ln P_j + \alpha_j \ln Y^* + j \quad (6)$$

Où; C_j = coût total engagé sur les intrants (Rendement/hectare), Y^* = rendement de tomate pour l'année étudiée en kg ha^{-1} , p_1 = location de la terre par hectare du $j^{\text{ième}}$ agriculteur (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût de la main-d'œuvre pour toutes les activités (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût des semences (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût des heures de tracteur pour la préparation du sol (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût de l'irrigation pour toute la saison (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût des engrais uréiques (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût du DAP par ha (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût du fumiers (Rdt, ha^{-1}), p_1 = coût des pesticides jusqu'à la récolte (Rdt, ha^{-1}), ε_i = terme d'erreur ($\mu_i - \mu_i$); α_0 = interception du modèle; α_i = paramètres du modèle.

Dans l'équation ci-dessus, \ln , α_0 et α_i représentent le logarithme naturel, l'ordonnée à l'origine et les paramètres du modèle qui doivent être estimés. Le coût des intrants et le rendement des tomates dans la zone d'étude ont été considérés sous forme logarithmique comme variables explicatives dans la fonction de coût.

2.4 EFFICACITÉ ALLOCATIVE DE L'AGRICULTEUR

Pour les estimations d'efficacité allocative de l'agriculteur individuel, le rapport entre le coût minimum et le coût observé a été considéré. Cette méthode a également été appliquée par [17] dans leurs études:

$$AE_j = C_i^* / C_j \quad (7)$$

Où; AE_j = Efficacité allocative de producteur de tomates dans la zone d'étude, C_i^* = coût minimum possible du $i^{\text{ième}}$ producteur de tomates, C_j = Coût observé pour le $j^{\text{ième}}$ producteur de tomates.

Alors que le niveau d'inefficacité allocative d'un producteur de tomates a été calculé en utilisant la formule suivante:

$$\text{Inefficacité allocative} = 1 - \text{Efficacité allocative} = 1 - [\text{coût minimum } (C_i^*)] / [\text{coût observé } (C_j)]$$

Pour le modèle d'inefficacité allocative, un terme d'erreur non contrôlé ($v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$) distribution normale et le terme d'inefficacité ($u_i \sim N(0, \sigma_u^2)$) distribution demi-normale ont été supposés. Les déterminants ont été exprimés comme suit:

$$\mu_j = \delta_0 + \delta_1 Z_{1j} + \delta_2 Z_{2j} + \delta_3 Z_{3j} + \delta_4 Z_{4j} + \omega_i \quad (8)$$

Où; μ_j = Variable dépendante pour l'inefficacité allocative, Z_{1j} = Âge du cultivateur de tomates (années), Z_{2j} = Années d'étude de l'agriculteur, Z_{3j} = Taille de la famille du producteur de tomates (n°), Z_{4j} = accès aux services de vulgarisation de tomates durant toute la saison 2025 (N_0), ω_i = Terme d'erreur aléatoire ayant une distribution normale avec une moyenne de 0 et un σ^2 constant, δ_0 représente la constante pour le modèle d'inefficacité considéré et δ_j sont les paramètres à estimer.

3 RÉSULTATS

3.1 LES CARACTERISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES REpondants

Dans cette étude, ces caractéristiques sont présentées dans le tableau 2. L'âge moyen des répondants était de 39,43 ans, allant d'un minimum de 22 à un maximum de 71 ans. L'âge moyen montre que les répondants sont dans la tranche d'âge active. L'âge a été considéré comme un indicateur de l'expérience. Le tableau 2 montre que dans la zone d'étude, les agriculteurs sont en moyenne instruits jusqu'au niveau primaire, tandis que le niveau d'éducation maximum observé était intermédiaire. Dans cette étude, la taille moyenne des familles était de 14,12 personnes, ce qui montre la culture de la famille élargie dans la zone d'étude. Il est couramment soutenu que l'accès aux services de vulgarisation améliore l'efficacité. Grâce aux contacts avec les agents vulgarisateurs, les exploitants agricoles ont accès à des informations sur le marché, aux meilleures pratiques disponibles et à de nouveaux intrants. En raison de la courte durée de conservation des tomates, les services de vulgarisation sont essentiels pour éviter et réduire les pertes économiques pour les agriculteurs. Le nombre moyen de contacts avec les agents vulgarisateurs était de 6,5 avec un maximum de 9 pendant toute la période. Une augmentation des contacts avec les agents vulgarisateurs reflète l'importance de la culture et l'intérêt des agriculteurs.

Tableau 2. Statistiques descriptives des variables socio-économiques

Variable	Observations	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Age (année)	212	39,43	11,16	22	71
Education (année)	212	5,68	3,55	2	9
Taille de famille	212	14,12	6,43	6	16
Service de vulgarisation	212	6,5	2,32	2	9

Source: Données des enquêtes 2025.

3.2 COUT DES INTRANTS PAR HECTARE ET ANALYSE DES RENDEMENTS NETS

Les inputs, la quantité utilisée par hectare, le prix unitaire et les estimations de valeur totale sont donnés dans le tableau 3. Le tableau 3 montre que la valeur de location des terres est élevée, suivie par la main-d'œuvre, l'irrigation, les semences, le Di-Ammonium Phosphate (DAP) et d'autres. La location des terres varie en fonction de la culture cultivée, de son profit et de sa disponibilité. Le coût total de production par hectare est de 227250 FCFA. La valeur de la production est d'environ 3225000 FCFA entre le coût total et le revenu total donne un bénéfice de 2947500 FCFA.

Tableau 3. Analyse des coûts par hectare et des rendements nets dans la zone d'étude

Input	Unité	Quantité/ha	Prix/unité	Montant
Location de terre	Ha	1	10000	10000
Coût de tracteur	Heure	10	2500	25000
Coût de semence	Grammes	150	25000	75000
Coût de la main d'œuvre	Jour	200	2000	40000
Coût de l'urée	Kg	50	460	23000
Coût de DAP	Kg	50	460	23000
Engrais organiques	Kg	100	500	50000
Pesticide	Litre	2,5	4500	11250
Irrigation	Nombre	40	500	20000
Coût total (CT)	FCFA	277250		
Revenu total (RT)				
Quantité produite	Kg	21500	150	3225000
Revenu net (RT-CT)	FCFA/ha			2947500

Source: Calcul de l'auteur à partir des données primaires (2025).

3.3 ESTIMATIONS DE LA FONCTION DE COUT, D'INEFFICACITE ALLOCATIVE ET DE PARAMETRES DE VARIANCE

Pour l'analyse des données, la technique de l'estimation par maximum de vraisemblance a été appliquée pour trouver les principaux facteurs qui influencent le coût de production et l'efficacité allocative dans la zone d'étude. Les résultats de la fonction de coût sont présentés dans le tableau 4. Une dizaine de paramètres ont été estimés dans le cadre de la fonction de coût et du modèle d'inefficacité. Le tableau 4 montre que le coefficient de rendement est négatif et significatif au niveau de signification de 5 %. Son élasticité estimée illustre qu'une augmentation de un pour cent de la production peut réduire le coût de 0,065 %.

Les élasticités estimées montrent qu'une augmentation d'un pourcent de la quantité des intrants pourrait augmenter le coût total de 0,394 % pour les semences, de 0,251 pour la main d'œuvre, de 0,011 pour les heures de tracteur, de 0,020 pour l'urée, de 0,041 pour le DAP, de 0,174 pour les engrais organiques, de 0,017 pour les pesticides, de 0,89 pour l'irrigation et de 0,164 pour la location des terres, respectivement. Le coefficient des heures de tracteur est positif mais non significatif, ce qui signifie que sa contribution au coût total par rapport aux autres intrants est moins importante.

Tableau 4. *Modèle de régression, estimations de l'inefficience allocative et paramètres de variance*

Variables	Paramètres	Coefficients	Ecart-type	T value	P value
Constant	α_0	1.471	0.188	0.000	0.000
Ln (rendement)	α_1	-0.065	0.016	0.609	0.575
Ln (coût des semences)	α_2	0.394	0.006	97.600	0.000
Ln (Coût de main d'œuvre)	α_3	0.251	0.004	28.980	0.000
Ln (Coût de tracteur)	α_4	0.011	0.006	1.670	0.117
Ln (Coût de l'urée)	α_5	0.020	0.004	6.640	0.000
Ln (Coût de DAP)	α_6	0.041	0.003	8.760	0.000
Ln (Coût des fumiers)	α_7	0.174	0.004	5.721	0.000
Ln (Pesticides)	α_8	0.017	0.002	9.990	0.000
Ln (Irrigation)	α_9	0.089	0.021	3.340	0.003
Ln (Location de terres)	α_{10}	0.164	0.011	15.453	0.000
Estimations du modèle d'inefficience allocative					
Constant	δ_0	0.000356	0.0036144	0.31	0.362
Accès à la vulgarisation	δ_1	-0.00032	0.0000613	-3.603	0.002
Taille de famille (nombre)	δ_2	0.0003251	.0001632	1.31	0.199
Education (année)	δ_3	0.0000712	0.0001169	0.55	0.473
Age (année)	δ_4	-0.000218	0.0001302	-1.995	0.001
Sigma V	σ_v			0.061	
Sigma U	σ_u			0.053	
Lambda (σ_u / σ_v)	Λ			1.271	
Gamma ($\sigma^2\mu / (\sigma^2\mu + \sigma^2u)$)	Γ			0.71	

Source: Calcul personnel à partir des données d'enquête, 2025.

Dans le modèle d'inefficience, l'âge du chef d'exploitation agricole, l'éducation formelle, la taille de la famille et les services de vulgarisation ont été considérés comme des variables indépendantes. Dans cette étude, le producteur de tomates a été considéré comme le chef d'exploitation et son âge a été pris comme un proxy pour l'expérience pertinente. La valeur gamma (γ) estimée est de 0,71, ce qui montre que 71 % de la variation des coûts de production de tomates parmi les producteurs est associée à l'inefficacité allocative des producteurs. La valeur gamma représente des facteurs que les producteurs peuvent gérer, comme l'ajustement des intrants, la réallocation des ressources et le moment de l'application, etc.

3.4 ANALYSE DE L'EFFICACITÉ ALLOCATIVE

La distribution de fréquence de l'efficacité allocative des exploitants échantillonnés est donnée dans le tableau 5. Le niveau minimum d'efficacité allocative est d'environ 65 % et le maximum est d'environ 90 %. Environ 29 % des exploitants agricoles ont un niveau d'efficacité allocative compris entre 71 et 80 %, suivis de 22,43 % qui se situent entre 81 et 90 %, et 14,48 % des répondants ont été trouvés dans la plage de 50 à 60 %. Les résultats estimés présentés dans le tableau 6 démontrent que les répondants réalisent en moyenne une efficacité allocative d'environ 79 %.

Tableau 5. *Répartition des fréquences des répondants de l'échantillon en fonction du niveau d'efficacité*

Niveau d'efficacité	Fréquence	Pourcentage total
50-60	30	14.150
61-70	34	16.37
71-80	61	28.777
81-90	48	22.641
> 90	39	18.396
Total	212	100

Source: Calcul personnel à partir des données d'enquête, 2025.

Tableau 6. Efficacité allocative descriptive

Estimation	Niveau
Moyenne	0.79
Ecart-type	0.051
Minimum	0.69
Maximum	0.90

Source: Calcul personnel à partir des données d'enquête, 2025.

4 DISCUSSION

4.1 LES CARACTERISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES REpondANTS

Les résultats montrent que dans la zone d'étude, certains facteurs sociodémographiques influencent les choix des producteurs. Ces résultats corroborent avec d'autres études. Les caractéristiques socioéconomiques telles que l'âge, l'éducation, la taille de la famille, l'accès aux services de vulgarisation, etc., influencent les choix de subsistance des agriculteurs, [18] et [8]. Les agriculteurs plus âgés sont expérimentés mais peuvent être averses aux risques et au poids de la tradition. D'autre part, les agriculteurs plus jeunes pourraient être des preneurs de risques, prêts à adopter de nouvelles techniques et donc efficaces.

L'éducation joue un rôle dans la prise de décision rapide, l'utilisation rationnelle des ressources, etc. Selon [19], un maximum de problèmes économiques et sociaux est dû à un faible niveau de réussite éducative. Les agriculteurs ayant un niveau d'éducation plus élevé sont censés avoir de bonnes compétences en gestion et moins d'inefficacité. Selon [20], l'éducation et l'expérience sont toutes deux importantes pour faire face aux évolutions rapides des systèmes agricoles.

La taille de la famille représente toutes les personnes actives sous la responsabilité de chef du ménage. Selon [17], un nombre élevé d'actif agricole a l'avantage d'avoir une main-d'œuvre familiale durant la période des activités agricoles. Les membres de la famille sont motivés en raison des avantages directs provenant de leurs exploitations. Cependant, un excès de travail familial entraîne également une inefficacité en raison du chômage caché, par conséquent, on s'attend à des signes à la fois positifs et négatifs pour le coefficient estimé de la taille de la famille par rapport à l'inefficacité.

4.2 ESTIMATIONS DE LA FONCTION DE COUT, D'INEFFICACITE ALLOCATIVE ET DE PARAMETRES DE VARIANCE

Le résultat obtenu dans cette étude sur les facteurs d'inefficacité allocative est conforme aux conclusions rapportées par [21] et [4]. Ils ont souligné que la relation négative entre la production et le coût de production met en évidence l'économie d'échelle. Dans les économies d'échelle, l'augmentation de la production entraîne une diminution du coût de production correspondant. Les résultats montrent que dans la production de tomates, les coûts des semences, de la main-d'œuvre, de l'urée, du DAP, des engrais organiques (fumier), des pesticides, de l'irrigation et de la location des terres sont des facteurs de coût majeurs qui ont un signe positif et sont significatifs au niveau de 5 % spécifié. De même, l'éducation formelle et l'augmentation de la taille des ménages ont montré relation positive avec l'inefficacité allocative. Une raison possible de relation directe entre l'inefficacité et l'éducation formelle peut être la concentration des jeunes diplômés sur des emplois aux rendements rapides, des affaires informelles dans différentes villes du pays et le travail salarié. Lors de l'enquête, cette tendance a été constatée dans la zone d'étude. Selon [18], les personnes éduquées essaient de trouver des opportunités de revenus hors agriculture et accordent moins d'attention à l'agriculture. D'un autre côté, l'éducation est moins efficace dans les régions où les producteurs utilisent des méthodes traditionnelles en agriculture. [22] ont également rapporté une relation positive entre l'éducation formelle et l'inefficacité. [23] ont noté une relation négative entre l'éducation formelle et l'inefficacité.

4.3 ANALYSE DE L'EFFICACITÉ ALLOCATIVE

Les résultats de cette étude montrent un score d'efficacité allocative de la tomate supérieur à 50%. [23] ont mené une étude sur l'efficacité de la tomate à Peshawar, rapportant un score moyen d'efficacité allocative de 56 %. Aucune des performances des producteurs n'atteignait un score d'efficacité allocative de 100 %. Il a été recommandé que les gestionnaires de ferme allouent les ressources aux meilleures alternatives disponibles. De même, Ahmad et al. (2019) ont étudié l'efficacité allocative dans le district de Mardan, ils ont constaté que l'urée, le DAP et la main-d'œuvre sont sous-utilisés, et leur réajustement pourrait améliorer le niveau de performance des producteurs.

5 CONCLUSIONS

Étant donné qu'un pays connaît de nombreux défis en cours tels que le changement climatique, l'augmentation de la dette extérieure, l'inflation, l'instabilité politique et la dépendance au secteur agricole, il est nécessaire d'atteindre un haut niveau d'efficacité dans la production agricole. Dans la présente étude, le coût total de production était la variable dépendante, tandis que le rendement des tomates et le coût des facteurs, à savoir les semences, la main-d'œuvre, les heures de tracteur, l'urée, le DAP, le fumier, les pesticides, l'irrigation et le loyer des terres, étaient des variables indépendantes. La propriété auto-duale de la fonction de production de type Cobb-Douglas a été utilisée pour aboutir à une fonction de coût de frontière stochastique.

Les résultats du modèle illustrent que le rendement est négativement corrélé avec le coût de production, tandis que d'autres facteurs, c'est-à-dire, les semences, le travail, les heures de tracteur, l'urée, le DAP, le fumier, les pesticides et l'irrigation ont une contribution positive et significative au coût total estimé. En ce qui concerne les caractéristiques socio-économiques, l'âge des exploitants agricoles et les contacts avec les services de vulgarisation présentent une relation négative avec l'inefficacité allocative, tandis que l'éducation et la taille de la famille ont une relation positive mais non significative avec l'inefficacité.

Les résultats illustrent que le score moyen d'efficacité allocative est de 79 %, tandis que l'inefficacité allocative globale est de 21 % dans la production de tomates de la zone d'étude. L'inefficacité a un impact nuisible sur le revenu des exploitations agricoles. Pour assurer la sécurité alimentaire et répondre à la demande croissante du marché pour les tomates fraîches, qui sont un légume majeur, il est nécessaire de se concentrer sur les facteurs d'inefficacité spécifiques aux exploitations via des politiques nationales. Le tableau de distribution de fréquence montre que le maximum des répondants se situe dans la plage de 70 à 80 % d'efficacité allocative. Un score supérieur à 90 % n'a été noté que pour 18,39 % des producteurs au total dans la zone d'étude. Une assistance technologique et technique à travers le département d'extension et des politiques pour garder les producteurs expérimentés impliqués dans la production de tomates pourraient contribuer à un score d'efficacité allocative maximal dans la zone d'étude.

REFERENCES

- [1] FAO (Food and Agricultural Organization), Year wise world tomato Statistics, 2016. <http://www.faostat.fao.org>
- [2] Adenuga, A.H., A. Muhammad-Lawal and O.A. Rotimi. Economics and technical efficiency of dry season tomato production in selected areas in Kwara State, Nigeria. *Agris On-Line Papers Econ. Inform*, 5 (1), 2013. http://online.agris.cz/files/2013/agris_on-line_2013_1.pdf#page=15.
- [3] Kirby, J.M., M. Mainuddin, F. Mpelasoka, M.D. Ahmad, W. Palash, M.E. Quadir and M.M. Hossain, The impact of climate change on regional water balances in Bangladesh. *Clim. Change*, 2016, 135: 481-491, 2016. DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26807-6>.
- [4] Younas, H., K.N. Sadozai, A. Ali. et Rizwan A., Efficacité technique et analyse économique de la production de tomates dans le Khyber Pakhtunkhwa: une approche stochastique de la frontière. *Journal de l'agriculture de Sarhad*, 40 (3): 928-942, 2024. DOI | <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2024/40.3.928.942>
- [5] Sadozai, A.K., Sun, C., Demetriou, E.A. et al. Executive functioning in children with neurodevelopmental dis-orders: a systematic review and meta-analysis. *Nat Hum Behav* 8, 2357-2366 2024. <https://doi.org/10.1038/s41562-024-02000-9>.
- [6] Afridi, G.S., M. Ishaq and S. Ahmad, Cost and revenue analysis of strawberry production in the sub-tropical areas of NWFP, Pakistan. *Pak. J. Life Soc. Sci*, 7 (1): 59-65, 2009. https://www.researchgate.net/publication/268800922_Cost_and_Revenue_Analysis_of_Strawberry_Production_in_the_Sub-Tropical_Areas_of_NWFP_Pakistan.
- [7] Sanaullah and U. Pervaiz, An effectiveness of extension trainings on boosting agriculture in Federally Administered Tribal Areas (FATA) of Pakistan: An evidence from Bajaur Agency, 2019.
- [8] Choukou, M. M., Zannou, A., Biaou, G., & Ahohuendo, B., Analysis of the economic efficiency of resource allocation in maize production in Kanem, Chad, *Moroccan Journal of Agronomic and Veterinary Sciences*, 2017, 5 (2), 200-209, 2017. http://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/530.
- [9] Yamane, T. *Statistics, an introductory analysis*, 2nd Ed, New York: Harper and Row, 1967. <https://www.scirp.org/journal/jep>.
- [10] Cochran, W.G. *Sampling techniques*, 3rd Edition, John Wiley and Sons, New York, pp. 3745, 1977.
- [11] Farrell, M.J. The measurement of productive efficiency. *J. R. Stat. Soc. Ser. A*, 120: 253-290, 1957. <https://doi.org/10.2307/2343100>.
- [12] Darku, A.B., S. Malla and K.C. Tran, Historical review of agriculture efficiency studies. *CAIRN*, An ERCA Research Network, 2013. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4833.2007>.
- [13] S Biaou, GN Gouwakinnou, HSS Biaou, MS Toviheji, Identification des facteurs de changement dans l'utilisation des sols et l'occupation des sols: méthodes et études de cas de deux réserves forestières du nord du Bénin, *Environnement, développement et durabilité*, 2022.
- [14] Bashir, M. and D. Khan, An analysis of allocative efficiency of wheat growers in Northern Pakistan. *The Pakistan Development Review*, 44: 4, 643-657, 2005.

- [15] Debertin, David L. Agricultural Production Economics. Agricultural Economics, Textbook Gallery, 2012.
https://uknowledge.uky.edu/agecon_textbooks/1.
- [16] Sajjad, M., Economic efficiency of milk production in Khyber Pakhtunkhwa. Ph.D thesis submitted to the Department of Agricultural and Applied Economics, 2012.
- [17] Ali, A. and A.U. Jan, Analysis of technical efficiency of sugarcane crop in Khyber Pakhtunkhwa: A stochastic frontier approach. *Sarhad J. Agric*, 2017, 33 (1): 69-79, 2017. DOI: 10.17582/journal.sja/2017.33.1.69.79.
- [18] Ali, A., Economic efficiency of sugarcane crop in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Ph.D thesis submitted to the Department of Agricultural and Applied Economics. The University of Agriculture Peshawar, Khyber Pakhtunkhwa Pakistan, 2018.
- [19] Niazi, M.I. and A. Khan, The impact of education on multidimensional poverty across the regions in Punjab. *J. Elemen. Educ.*, Pakistan Economic, 21 (1): 77-89, 2012.
https://www.researchgate.net/publication/265479721_The_Impact_of_Education_on_Multidimensional_Poverty_across_the_regions_in_Punjab.
- [20] Abedullah, S. Kouser and K. Mushtaq. Analysis of technical efficiency of rice production in Punjab (Pakistan) Implication for future investment strategies. *Pak. Econ. Soc. Rev*, 45 (2): 231, 2007.
https://www.researchgate.net/publication/238091749_Analysis_of_technical_efficiency_of_rice_production_in_Punjab_Pakistan_Implications_for_future_investment_strategies.
- [21] Fatima, H., L. Almas and B. Yasmin, Allocative efficiency and profitability analysis of high-tech cotton-melon multiple cropping system in Punjab, Pakistan. *Sarhad J. Agric*, 33 (1): 117-126, 2017.
<http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2017.33.1.117.126>
- [22] Musaba, E. and Bwacha, I. Technical efficiency of small scale maize production in Masaiti District, Zambia: A stochastic frontier approach. *J. Econ. Sustain. Developm*, 5 (4): 104-111, 2014.
<https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEDS/article/view/11272/11575>.
- [23] Khan, H. and F. Ali. Measurement of productive efficiency of tomato growers in Peshawar, Pakistan. *Agric. Econ. Czech*, 59: 381-388, 2013.
https://www.researchgate.net/publication/364647048_Himayatullah_Khan_and_Farman_Ali_2013_Measurement_of_Productive_Efficiency_of_Tomato_Growers_in_Peshawar_Pakistan_Agricultural_Economics_AGRIC_ECON_CZECH_59_8_381-388.