



## Effacité économique des systèmes de culture de tomate de contre saison au Nord-Est du Bénin

Philomène D. BIAOU<sup>1,\*</sup>, Pamphile DEGLA<sup>2</sup>, Kassimou ISSIAKA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES),  
Université de Parakou

Emails : [yabiphilomene@gmail.com](mailto:yabiphilomene@gmail.com) ; [pamphile.degla@yahoo.fr](mailto:pamphile.degla@yahoo.fr) ; [dr\\_issakassim@yahoo.com](mailto:dr_issakassim@yahoo.com)

Reçu le 03 Septembre 2021 - Accepté le 20 Décembre 2021 - Publié le 31 Décembre 2021

### Economic efficiency of dry season tomato cropping systems in North-East Benin

**Abstract:** Tomatoes are one of the most widely consumed vegetables in Benin, but their production in the off-season remains a major challenge for farm households. Thus, the present study focuses on the analysis of the economic efficiency of off-season tomato farmers in northeaster Benin. To this end, a random sample of 158 producers was selected and a stochastic frontier model and a Tobit regression model were used. The results show that the average technical and economic efficiency scores achieved by the producers are 57% and 48.10% respectively. The modal class of technical and economic efficiency scores, with only 5.06% and 0% of all producers respectively, reveals that most producers are not very efficient. These results indicate that there is still considerable potential for reducing production costs and improving tomato productivity in the study area. Among the determinants of efficiency levels, gender, location of producers and number of assets in their household positively influence economic efficiency levels, while access to credit negatively influences them. From the results, the current mode of credit management must be corrected to reverse its impact on the economic efficiency of producers.

**Keywords:** Technical efficiency, allocative efficiency, determinants, Tomato, Benin.

**Résumé :** La tomate est l'un des légumes le plus consommé au Bénin et dont la production en contre saison reste cependant un défi majeur pour les ménages agricoles à cause de son importance à la formation du revenu. Ainsi, une meilleure efficacité économique de production permettrait d'augmenter le revenu agricole. C'est pourquoi, la présente étude s'intéresse à l'analyse de l'efficacité économique des maraîchers de tomate de contre saison au nord-est du Bénin. A cet effet un échantillon aléatoire de 158 producteurs a été constitué et deux (2) modèles de frontière stochastique (production et coûts) ainsi qu'un modèle de régression Tobit ont été utilisés. Les résultats montrent que les scores moyens d'efficacité technique et économique atteints par les producteurs sont respectivement de 57% et de 48,10%. La classe modale des scores d'efficacité technique et économique ne regroupant respectivement que 5,06% et 0% de l'ensemble des producteurs, révèle que la plupart des producteurs sont peu efficaces. Il résulte de ces résultats qu'il existe encore d'énormes potentiels à valoriser en termes de réduction de coûts de production et d'amélioration de la productivité de tomate dans la zone d'étude. Parmi les déterminants des niveaux d'efficacité, on retrouve le genre, la localisation des producteurs et le nombre d'actifs de leur ménage qui influencent positivement les niveaux d'efficacité économique pendant que l'accès au crédit les influence négativement. De ce fait, le mode de gestion actuelle du crédit doit être corrigée pour inverser son impact sur l'efficacité économique des producteurs.

**Mots clés :** Efficacité technique, efficacité allocative, déterminants, Tomate, Bénin.

## 1. Introduction

Les cultures maraîchères sont devenues en Afrique de l'Ouest un enjeu majeur de développement socio-économique pour les populations (Ayedegue & Degla, 2020). Au Bénin, l'importance des cultures maraîchères n'a cessé de croître du fait de l'intérêt grandissant qu'accorde une partie non négligeable de la population active en quête d'emploi à ce secteur d'activité. Ainsi les facilités d'accès à la production maraîchère en termes d'exigences financières et foncières, de compétences non qualifiées mais aussi du fait de la demande toujours croissante en produits maraîchers ont conduit au cours des dernières décennies à un développement rapide de ce secteur d'activité dans les zones urbaines et périurbaines du pays. Un développement accentué aussi par le souci de nombreux producteurs de diversifier leurs sources de revenus pour parer à l'instabilité des revenus issus des cultures annuelles. Dans cette perspective la production maraîchère apparaît comme une activité garante de revenus d'appoint non négligeables, s'inscrivant ainsi dans une logique de stratégie de survie et de lutte contre la pauvreté en milieu rural (Degla, 2016).

Parmi la gamme de produits qu'offre la production maraîchère, la tomate occupe une place de choix du fait de la forte demande dont elle fait l'objet. En effet la tomate intervient dans la plupart des mets consommés aussi bien en milieu rural qu'urbain et subit une forte demande durant toute l'année. Si en saison pluvieuse l'offre arrive à couvrir la demande et devient même excédentaire avec pour effet une baisse considérable du prix de vente sur le marché, en saison sèche par contre la tomate dite de contre-saison devient une denrée rare à prix excessif et dont la demande intérieure n'est compensée que par des importations massives en provenance des pays voisins. Par exemple, selon Tchiwanou et al. (2019) la production de contre-saison était estimée à environ 120 000 t en 2016 contre une demande de 310 000 t. Ainsi en saison sèche, la faible disponibilité en eau (irrigation peu maîtrisée) limite la production de tomate surtout au nord du Bénin, une zone semi-sahélienne à déficit hydrique toujours relativement plus forte que dans les autres régions du pays. Malgré ce problème hydrique la production de tomate s'est fortement intensifiée au fil du temps et le recours aux intrants de synthèse est devenu systématique pour accroître toujours plus le niveau de production. Du fait de l'importance croissante de la production de tomate, plusieurs études se sont intéressées aussi bien à la rentabilité de la production à son importance sociale en termes de source d'emploi (Tchiwanou et al., 2019), mais aussi aux externalités négatives résultant de l'utilisation des intrants chimiques dans les exploitations maraîchères. Pour une production aussi exigeante en main d'œuvre

qu'en intrants de synthèse, les études portant sur l'analyse de l'utilisation efficiente ou non de ces facteurs de production restent cependant très limitées. En s'intéressant à l'analyse de l'efficacité économique de la production de tomate de contre-saison au nord du Bénin, la présente étude vise à contribuer à une meilleure compréhension de la performance technique et économique des producteurs de tomate dans la zone d'étude. De plus, elle a fourni une base de données accessible aux chercheurs et aux décideurs politiques intéressés par la promotion de la culture maraîchère au Bénin.

## 2. Fondements théoriques sur les efficacités et leurs estimations en production agricole

### 2.1. Efficacité en Agriculture

En analyse économique bien que la production soit généralement considérée comme le processus par lequel les inputs sont combinés pour obtenir un output, c'est cependant la relation entre les inputs et l'output (fonction de production) qui permet d'apprécier le niveau d'allocation des ressources et la performance. Dans cette logique, le degré auquel le producteur obtient le meilleur résultat avec les ressources disponibles et des technologies données définit l'efficacité qui selon Coelli (1996) est de trois types, à savoir l'efficacité technique, l'efficacité allocative et l'efficacité économique. Pendant que l'efficacité technique définit le maximum d'output que peut obtenir un producteur à partir d'un niveau d'input donné en utilisant des alternatives de technologies disponibles, l'efficacité allocative reflète par contre l'habileté d'un producteur à utiliser des inputs dans des proportions optimales en tenant compte de leur prix relatifs (Ellis, 1993; Amara & Roman, 2000; Albouchi et al., 2005 ; Degla, 2015). A partir de ces deux notions, une exploitation agricole peut faire face à quatre alternatives possibles (Ellis, 1993 ; Degla, 2015). Elle pourrait :

- ne réaliser ni l'efficacité technique, ni celle allocative ;
- réaliser une efficacité allocative mais pas technique ;
- afficher une efficacité technique mais pas allocative ;
- atteindre à la fois une efficacité technique et allocative .

C'est la dernière alternative qui offre les conditions d'une efficacité économique. Ainsi la réalisation de l'une des efficacités (technique ou allocative) est une condition nécessaire mais pas suffisante pour atteindre l'efficacité économique, qui n'est alors atteinte que lorsque le producteur réalise à la fois l'efficacité technique et allocative (Ellis, 1993).

## 2.2. Approche théorique d'estimation des efficacités

L'estimation de l'efficacité économique est discutée dans la littérature économique autour de deux méthodes principales. Il s'agit de la méthode de frontière déterministe et celle de frontière stochastique (Coelli et al., 2005). Si les deux méthodes restent semblables dans l'utilisation d'un terme d'erreur pour estimer l'inefficacité technique, elles sont différentes cependant par le fait que la méthode frontière stochastique recourt à un terme d'erreur supplémentaire pour prendre en compte l'influence des facteurs aléatoires tels que les effets du climat et d'autres variables non maîtrisables sur la valeur de l'output. Il en résulte que la différence entre les deux méthodes réside dans la différence entre le type d'écart entre la production observée et la production frontière (Degla, 2015). Aussi pendant que l'approche stochastique utilise des méthodes d'estimation économétrique, l'approche déterministe se base sur la programmation linéaire. Mais étant donné que les deux approches fournissent des résultats semblables, statistiquement peu différents des uns des autres (Sharma et al., 1999), le choix de l'une ou de l'autre méthode dépend alors du chercheur (Albouchi et al., 2005). Généralement ce choix n'est cependant pas optionnel et dépend des données disponibles et de l'utilisation des résultats (Degla, 2015). Pour Coelli et al., (2005), l'approche frontière stochastique fournit des résultats plus fiables que l'approche frontière déterministe.

Ainsi l'approche frontière stochastique reste l'approche la plus utilisée en économie agricole du fait de l'importance des variables aléatoires en agriculture (Audibert, 1997 ; Bravo-Ureta & Pinheiro, 1997 ; Xu

& Jeffrey, 1998 ; Issiaka, 2002 ; Adégbola et al., 2005 ; Midingoyi, 2008; Yabi et al., 2009 ; Degla, 2015). Dans la même logique, c'est cette approche frontière stochastique qui est pertinente pour la présente étude. Selon Coelli et al. (2005) le modèle théorique se présente comme suit :

$$Y_i = f(X_{ki}, \beta_k) + v_i - u_i \quad i= 1,2, \dots, n \quad (1)$$

Avec  $Y_i$  l'output de la  $i^{\text{ème}}$  exploitation agricole,

$X_{ki}$  la ligne vecteur des quantités des  $k$  inputs utilisés par l'exploitation agricole  $i$ ,

$\beta_k = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$  est un vecteur de colonne  $(k+1)$  qui sont les paramètres à estimer.

$v_i$  est l'erreur aléatoire ou facteurs aléatoires non contrôlables par le producteur tels que les effets du climat, des phénomènes aléatoires sur la valeur de la variable output. Ce terme est supposé avoir une distribution normale indépendante et identique avec une moyenne nulle et une variance constante  $N(0, \sigma_v^2)$ ;

$u_i$  est une variable aléatoire non négative, associée à l'inefficacité technique des producteurs. Les  $u_i$  sont supposés avoir une distribution exponentielle ou aléatoire semi-normale avec aussi une moyenne  $\mu_u=0$  et une variance constante  $\sigma_u^2$ .

Selon Coelli et al. (2005), ce modèle est nommé frontière stochastique de production du fait que les valeurs des outputs sont liées à la variable (aléatoire) stochastique  $\exp(x_i\beta + v_i)$ . Etant donné que les erreurs aléatoires  $v_i$  peuvent être positives ou négatives, les outputs de la frontière stochastique varient avec la part du modèle de production de la frontière déterministe  $\exp(x_i\beta)$ . La différence entre la frontière de production stochastique et la frontière de production déterministe est illustrée par la figure 1.

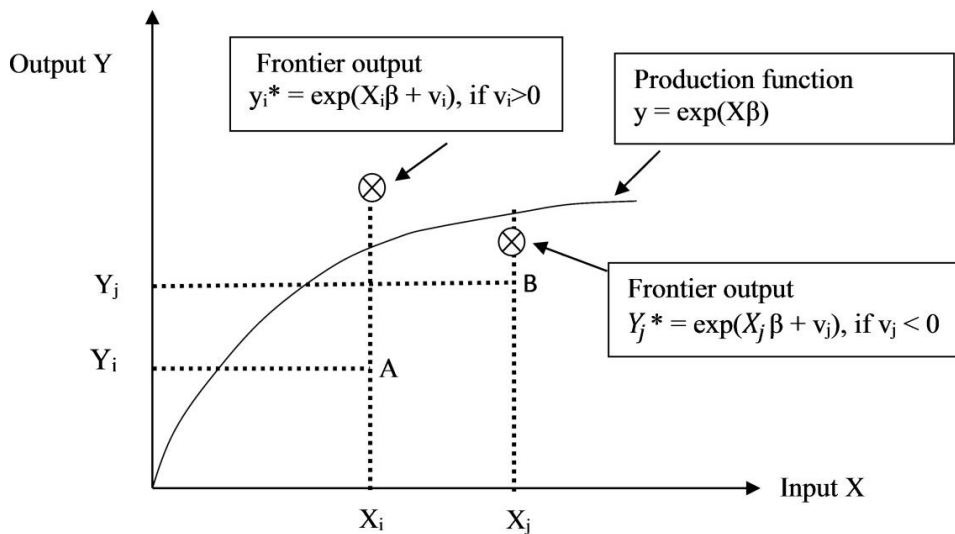


Figure 1. Illustration de la fonction de la production de frontière stochastique d'une simple firme

Source : Coelli et al. (2005)

Figure 1. Illustration of a stochastic frontier of a production function for one firm

Source : Coelli et al. (2005)

Considérons deux producteurs  $i$  et  $j$ , dont les outputs observés et les inputs sont représentés sur la figure 1. Le  $i$ ème producteur utilisant le niveau d'input  $X_i$  produit l'output  $Y_i$ . La valeur input-output observée est indiquée par la position A. La valeur de l'output de frontière stochastique  $Y_i^* = \exp(x_i\beta + v_i)$ , est indiquée par le point avec la croix encerclée au-dessus de la fonction de production car l'erreur aléatoire  $v_i$ , est positive. De la même façon, le  $j$ ème producteur utilisant le niveau d'input  $X_j$  produit l'output  $Y_j$ . Mais parce que l'erreur aléatoire est négative, l'output frontière  $Y_j^* = \exp(x_j\beta + v_j)$ , est en dessous de la fonction de production. Il faudra cependant noter que les outputs de frontière stochastique  $Y_i^*$  et  $Y_j^*$  ne sont pas observables à cause des erreurs aléatoires  $v_i$  et  $v_j$ . La part déterministe de la frontière stochastique se situe entre les outputs de frontière stochastique. Les outputs observés pourront être supérieurs à la part déterministe de la frontière si les erreurs aléatoires correspondantes sont supérieures aux effets d'inefficacité correspondants, c'est-à-dire  $Y_i > \exp(x_i\beta)$  si  $v_i > u_i$  (Coelli et al., 2005).

Pour estimer l'efficacité technique (ET) du  $i$ ème producteur, étant donné le vecteur input  $X_i$  le ratio de l'output observé pour le  $i$ ème producteur [ $Y_i = \exp(x_i\beta - u_i)$ ] par rapport à l'output potentiel défini par la fonction frontière [ $\exp(x_i\beta)$ ] a été utilisé par Aigner and Chu (1968). Ainsi ces auteurs définissent l'Efficacité Technique du producteur  $i$  ( $ET_i$ ) comme suit :

$$ET_i = \frac{Y_i}{\exp(x_i\beta)} = \frac{\exp(x_i\beta - u_i)}{\exp(x_i\beta)} = \exp(-u_i) \quad (2)$$

où  $Y_i$  est la production observée et  $\exp(x_i\beta)$  est la production frontière stochastique.

De la même façon, Coelli et al. (2005) proposent une fonction de coût frontière pour estimer l'efficacité allocative s'exprimant comme suit :

$$C_i = g(Y_i, P_{ti}, \alpha) + v_i + u_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

où  $Y_i$  représente l'output du producteur  $i$ ;  $P_{ti}$  le coût de l'input  $t$  qu'il utilise,  $\alpha$  les paramètres à estimer de la fonction de coût et  $v_i$  et  $u_i$  les deux termes d'erreur précédemment définis. Ces deux termes d'erreur présentent les mêmes caractéristiques que précédemment au niveau de l'équation (1) mais du fait que l'inefficacité est supposée accroître les coûts, ces termes d'erreur sont positifs. Selon Coelli et al. (2005), les  $u_i$  renseignent sur le niveau d'efficacité de coût ou l'Efficacité Allocative ( $EAI$ ) de l'exploitation agricole  $i$ . Cette dernière, comprise entre 0 et 1, est déterminée par le ratio entre le coût minimum sur la frontière ( $u_i=0$ ) et le coût observé et est exprimée après simplification par :

$$EAI_i = \exp(+U_i) \quad (4)$$

Les deux (2) efficacités ainsi définies (technique et allocative) sont les composantes de l'Efficacité Economique ( $EE_i$ ) qui en est leur produit. Ainsi l'Efficacité Economique ( $EE_i$ ) peut être exprimée par :

$$EE_i = ET_i * EAI_i \quad (5)$$

Avec  $EE_i$  l'Efficacité Economique,  $ET_i$  l'Efficacité Technique et  $EAI_i$  l'Efficacité Allocative du producteur  $i$ .

La discussion sur ces différentes approches théoriques d'estimation des efficacités a servi de fil conducteur pour l'élaboration des modèles empiriques d'estimation des efficacités dans cette recherche.

### 3. Matériels et Méthodes

#### 3.1. Zone d'étude et base de données

L'étude a été conduite dans les trois grandes communes productrices de tomate au Nord-Est du Bénin, à savoir les communes de Malanville, Bemberèkè et Parakou (Figure 2). Ces communes ont été choisies car le Projet de Promotion d'une Production Maraîchère Durable piloté par le Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociale appuie leurs producteurs. Dans chacune de ces communes, trois arrondissements ont été choisis en raison de leur importance dans la production de tomate (un grand producteur, un producteur moyen et un faible producteur). La taille de l'échantillon a été déterminée par la formule de Danielli (Adégbola et al., 2005). Mathématiquement, on a :

$$n = z^2 * p (1 - p) / m^2 \quad (6)$$

$n$  = 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 ,  $p = 11,6\%$ )

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

A partir de la formule de l'équation (6), la taille de l'échantillon obtenue est de 158, répartie dans les trois arrondissements choisis dans chaque commune comme l'illustre le tableau 1.

La collecte des données primaires s'est faite sur la base d'entretiens structurés à l'aide de questionnaires et d'entretiens semi-structurés sous forme de focus groupes. Ces données primaires ont porté sur les caractéristiques sociodémographiques des producteurs, les inputs utilisés, les quantités produites, les pratiques culturelles etc.



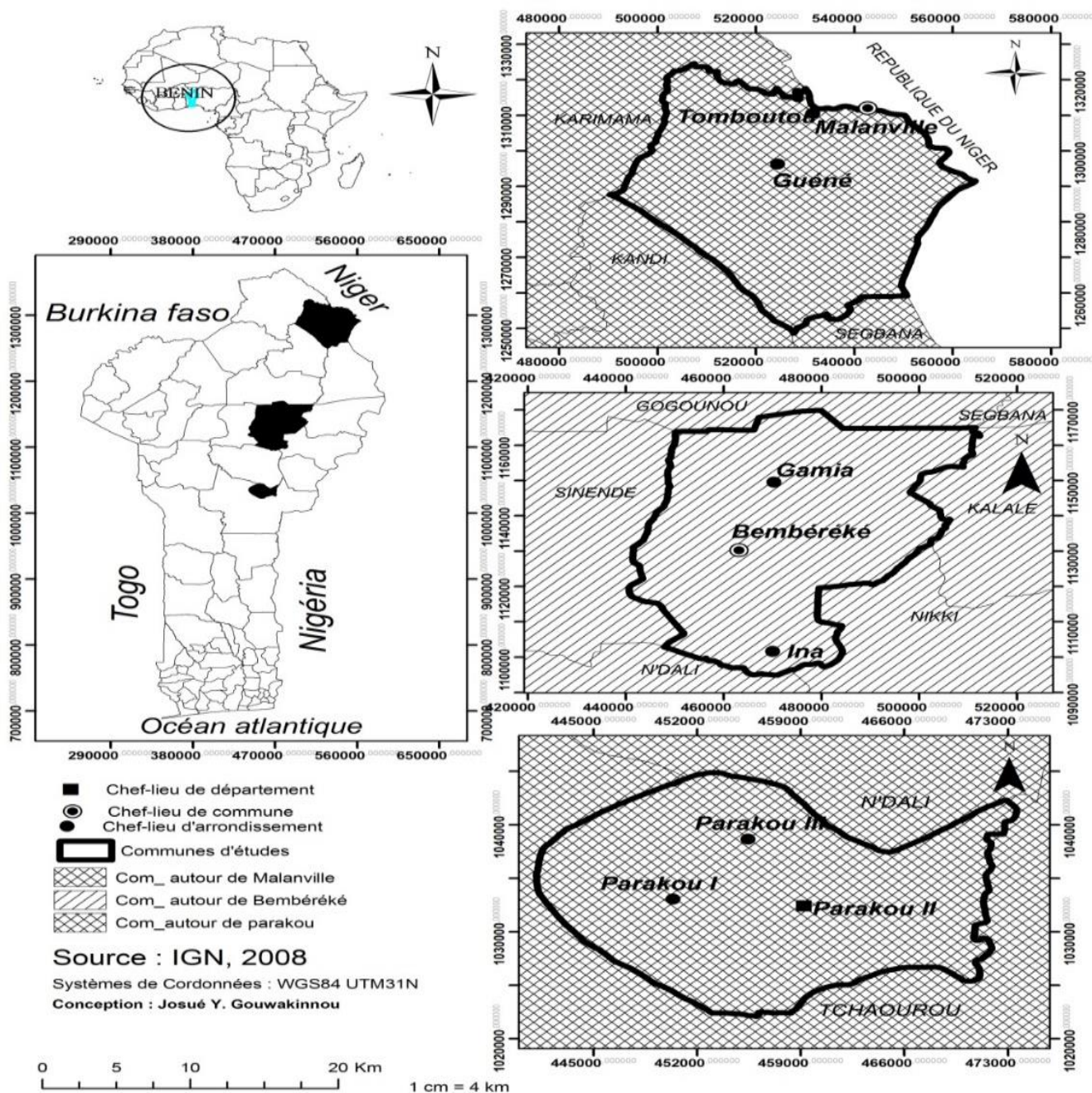


Figure 2 : Carte d'illustration de la zone d'étude

Source : Réalisée par les auteurs

Figure 2 : Illustrative map of the study area

Tableau 1 : Nombre de producteurs enquêtés par commune

Table 1 : Number of surveyed producers by municipality

Communes	Arrondissements	Nombre de producteurs de tomate
Parakou	Parakou 1	12
	Parakou 2	15
	Parakou 3	5
Bembéréké	Bembéréké	20
	Ina	11
	Gamia	5
Malanville	Malanville	28
	Toumboutou	31
	Guéné	31
Total	09	158

Source : Réalisé par les auteurs

### 3.2. Estimation empirique des indices d'efficacité technique

Généralement deux spécifications sont utilisées dans les études empiriques relatives à l'efficacité. Il s'agit de la spécification de Cobb-Douglas et la spécification Translog. La forme Translog a l'avantage de considérer variables les élasticités de l'output par rapport aux inputs lors du processus de production alors que celle Cobb-Douglas les maintient constantes. C'est pourquoi la forme Translog a été retenue et se présente sous la forme mathématique suivante :

$$\begin{aligned} \ln(REND_i) = & \beta_0 + \beta_1 \ln(QMOG_i) + \beta_2 \ln(QSEM_i) + \\ & \beta_3 \ln(MOF_i) + \beta_4 \ln(QEM_i) + \\ & \beta_5 \ln(QMOG_i) \ln(QSEM_i) + \beta_6 \ln(QMOG_i) \ln(MOF_i) + \\ & \beta_7 \ln(QMOG_i) \ln(QEM_i) + \beta_8 \ln(QSEM_i) \ln(MOF_i) + \\ & \beta_9 \ln(QSEM_i) \ln(QEM_i) + \beta_{10} \ln(MOF_i) \ln(QEM_i) + \\ & \frac{1}{2} \beta_{11} \ln(QMOG_i) \ln(QMOG_i) + \\ & \beta_{12} \ln(QSEM_i) \ln(QSEM_i) + \beta_{13} \ln(MOF_i) \ln(MOF_i) + \\ & \beta_{14} \ln(QEM_i) \ln(QEM_i) + V_i - U_i \quad (7) \end{aligned}$$

$i$  : représente le producteur  $i$  ;  $REND_i$ , la production totale récoltée ( $kg/m^2$ ),  $QMOG_i$  la quantité de matière organique ( $kg/m^2$ ),  $QSEM_i$  la quantité de semence ( $kg/m^2$ ),  $QMOF_i$  La quantité de main d'œuvre familiale ( $H.j/m^2$ ),  $QEM_i$  La quantité d'engrais minéral ( $kg/m^2$ ) du producteur  $i$ , les  $V_i$  sont variables aléatoires hors du contrôle des producteurs et supposées être indépendamment et identiquement distribuées selon une loi normale d'espérance mathématique nulle et de variance  $\sigma_V^2$  [ $V_i \approx N(0, \sigma_V^2)$ ] indépendantes des  $U_i$ s, et les  $U_i$  les variables aléatoires d'inefficacité technique supposées être indépendamment et identiquement distribuées comme des variables aléatoires non négatives, obtenues par une troncature à zéro, de la distribution de type  $N(\mu, \sigma\mu^2)$ ; Les  $B_i$ , les paramètres à estimer par la méthode du maximum de vraisemblance. Après l'estimation de la fonction de production, les indices

d'efficacité technique ont été calculés à partir de la formule de l'équation (2).

### 3.3. Estimation des indices d'efficacité allocative

L'estimation de cet indice pouvant être effectuée grâce à la fonction frontière de coût obtenue à partir de la dérivation par dualité de la forme de fonction de production Translog. Il vient que mathématiquement, nous avons la forme fonctionnelle qui suit :

$$\begin{aligned} \ln(CT_i) = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln(REND_i) + \alpha_2 \ln(PUSEM_i) + \\ & \alpha_3 \ln(PUEM_i) + \alpha_4 \ln(REND_i) \ln(PUSEM_i) + \\ & \alpha_5 \ln(REND_i) \ln(PUEM_i) + \\ & \alpha_6 \ln(PUSEM_i) \ln(PUEM_i) + \\ & \frac{1}{2} \alpha_7 \ln(REND_i) \ln(REND_i) + \\ & \frac{1}{2} \alpha_8 \ln(PUSEM_i) \ln(PUSEM_i) + \\ & \frac{1}{2} \alpha_9 \ln(PUEM_i) \ln(PUEM_i) + (V_i + U_i) \quad (8) \end{aligned}$$

Où  $CT_i$  représente le coût total de production en FCFA/m<sup>2</sup> du producteur  $i$ ,  $REND_i$  le rendement de tomate ( $kg/m^2$ ),  $PUSEM_i$  le coût unitaire de semence (FCFA/m<sup>2</sup>),  $PUEM_i$  le coût unitaire de l'engrais minéral (FCFA/m<sup>2</sup>). Les  $\alpha_r$ , les paramètres à estimer par la méthode du maximum de vraisemblance.

Les  $V_i$  et  $U_i$  les termes d'erreur, où les  $V_i$  sont assimilables aux variables aléatoires hors du contrôle des producteurs. D'après Coelli (1998) les  $U_i$  fournissent l'information sur le niveau d'efficacité de coût ou efficacité allocative du producteur  $i$  dont l'indice est calculé à partir de la formule de l'équation (4).

### 3.4. Estimation des indices d'efficacité économique

L'efficacité économique ( $EE_i$ ) peut être décomposée en efficacité technique et allocative comme indiqué dans l'équation (5).

### 3.5. Déterminants de l'efficacité économique des maraichers producteurs de tomate

En s'appuyant sur Ray (1988) qui propose de déterminer les sources de l'inefficience des producteurs à travers une régression économétrique des indices d'efficacité, une analyse des déterminants a été faite. A cet effet, le modèle de régression Tobit a été utilisé compte tenu du caractère tronqué des indices d'efficacité et qui sont compris entre 0 et 1.

La variable dépendante est l'indice d'efficacité économique. Le modèle théorique se présente sous la forme suivante :

$$EE_i = \gamma_0 + \sum \gamma_i X_i + \varepsilon_i \quad (9)$$

Avec  $X_i$ , les variables explicatives,  $\gamma_0$  le terme constant,  $\gamma_i$  les coefficients des variables explicatives et  $\varepsilon_i$  les termes d'erreurs. Dans sa forme empirique, le modèle se présente comme suit :

$$EEi = \gamma_0 + \gamma_1 SEXi + \gamma_2 COMBEM + \gamma_3 COMMALN + \gamma_4 EXPi + \gamma_5 CREDITi + \gamma_6 NACTIFSi + \gamma_7 GESAi + \gamma_8 S1 + \gamma_9 S2 + \varepsilon_i \quad (10)$$

Avec EEi représentant l'efficacité économique du producteur i ; SEXi son genre, COMBEMi la commune de Bembéréké ; COMMALNi la commune de Malanville ; EXPi l'expérience du producteur i ; CREDITi l'accès au crédit agricole du producteur i ; NACTIFSi le nombre des actifs agricoles du ménage producteur i, GESAi la variable maîtrise de l'itinéraire technique et utilisation des outils de gestion économique du producteur i ; S1 le type de système de production de tomate utilisant les engrais et pesticides organiques et S2 le système de production de tomate utilisant les engrais et pesticides chimiques (tableau 2) et  $\varepsilon_i$  les termes d'erreurs.

### 3.6. Fondements théoriques sur les signes et les impacts des variables explicatives de l'équation (9)

#### 3.6.1. Variable Sexe

Le déséquilibre de l'accès aux intrants de production entre l'homme et la femme empêche la femme d'être généralement au même niveau que l'homme dans la production de tomate. De plus les opérations comme la construction des planches, le désherbage, le tuteurage sont des opérations à forte intensité de main-d'œuvre qui empêche la femme d'avoir un bon score d'efficacité (Mango et al., 2015 ; Chefebo et al., 2020).

#### 3.6.2. Expérience

La relation entre l'expérience et l'efficacité économique est positive et significative, ce qui décrit que les agriculteurs experts peuvent être plus efficaces économiquement que les agriculteurs non experts. Les personnes ayant plus d'expérience sont techniquement et allocativement plus efficaces que celles ayant moins d'expérience en raison de la répétition du processus de production (Wahid et al., 2017 ; Tiruneh et al., 2017).

#### 3.6.3. Accès aux crédits

Les efficacités technique et économique de la production de tomate sont améliorées lorsque les producteurs ont accès au crédit agricole. En effet, la mise à disposition du crédit dans la production de tomate dans les normes permet aux producteurs d'acheter des

intrants de production en temps voulu afin d'adopter les nouvelles technologies qui leur sont enseignées. Les études de Tabe-Ojong Jr & Molua (2017) et Wassihun et al., 2019 en témoignent.

#### 3.6.4. Total des actifs agricoles

Il est précisé que le nombre total de personnes vivant sous le même toit que le producteur et actif dans son exploitation de tomate a un effet significatif et positif sur l'efficacité économique des producteurs de tomate. En effet, le nombre de personne actif dans le ménage diminue non seulement le coût alloué à la main d'œuvre salariée mais permet aux producteurs de respecter la période de déroulement des opérations culturales (Aminu et al., 2013 ; Umar et al., 2017).

#### 3.6.5. Maîtrise de l'itinéraire technique et utilisation des outils de gestion économique

La variable « maîtrise de l'itinéraire technique de la production de tomate et l'utilisation des outils de gestion économique » a un effet positif et significatif sur l'efficacité des producteurs de tomate car elle permet aux producteurs d'avoir le contrôle de ce qui se passe sur son exploitations (Mitra & Yunus, 2018; Aminou, 2021).

#### 3.6.6. Système de production

Dans la littérature, les systèmes de production utilisant les engrais et pesticides chimiques sont plus économiquement performants que ceux utilisant les engrais et pesticides organiques, même si ces systèmes endommagent plus l'environnement (Akpo et al., 2021). De ce fait, on s'attend à ce que le système S1 ait un effet positif sur l'efficacité économique et le S2 un effet négatif.

En résumant les discussions théoriques précédentes, le tableau 2 présente les variables introduites dans le modèle de l'équation (10) et les signes attendus de leurs coefficients estimés.

Tableau 2: Variables introduites dans le modèle de l'équation (10)

Table 2 : Variables introduced into the model of equation (10)

Variabes	Codes	Modalités	Signes attendus
Genre	SEX	0 = Féminin ; 1 = Masculin	+/-
Résider dans la Commune de Bembéréké	COMBEM	0 = Non ; 1 = Oui	+/-
Résider dans la Commune de Malanville	COMMALN	0 = Non ; 1 = Oui	+/-
Expérience du producteur de tomate (en année)	EXP	-	+
Accès au Crédit agricole	CREDIT	0 = Non ; 1 = Oui	+
Taille du ménage	TACTIFS	-	+
Connaissance des outils de gestion d'une exploitation	GESA	0 = Non ; 1 = Oui	+
Système utilisant les engrais et pesticides organiques	S1	0 = Non ; 1 = Oui	+
Système utilisant les engrais et pesticides chimiques	S2	0 = Non ; 1 = Oui	-

Source : Réalisé par les auteurs

## 4. Résultats

### 4.1. Caractéristiques socioéconomiques des producteurs

La plupart des producteurs sont de sexe masculin (82,91%) et n'ont pas pour la majorité (91,14%) accès au crédit. Parmi les producteurs, seulement 18% ont reçu une formation en gestion des exploitations agricoles. Dans leurs pratiques culturales, seulement 5,06% des producteurs utilisent la technique de ficelle autour des piquets et 3,80% pratiquent l'élimination des bourgeons ou gourmands (cf. tableau 3). Agés en moyenne de  $40 \pm 11$  ans les producteurs enquêtés ont en moyenne  $10 \pm 7$  ans d'expérience dans la production de tomates et disposent en moyenne dans leur ménage de  $5 \pm 3$  membres actifs. Disposant d'une superficie cultivée de  $5\,198,60 \pm 5\,201,92$  m<sup>2</sup> chacun, les producteurs utilisent en moyenne  $166,89 \pm 5\,98,48$  kg d'engrais organique et  $125,39 \pm 150,10$  kg d'engrais minéral. La production moyenne de tomate atteinte par les producteurs est de  $7\,266,20 \pm 3\,346,80$  kg (tableau 3).

Tableau 3 : Caractéristiques socioéconomiques des producteurs de tomate

Table 3 : Socioeconomic characteristics of tomato producers

Variables		Statistiques descriptives
Variables qualitatives		Effectif (fréquence en %)
Système de culture	Système 1	22 (13,92)
	Système 2	128 (86,07)
Sexe	Feminin	27 (17,09)
	Masculin	131 (82,91)
Accès crédit	Non	144 (91,14)
	Oui	14 (8,86)
Maître de l'itinéraire technique et utilisation des outils de gestion économique	Non	127 (80,38)
	Oui	31 (19,62)
Variables quantitatives		Moyenne (Ecart-type)
Age		40,42 (10,77)
Expérience dans la production de tomate en année		10,23 (7,46)
Nombre actifs agricoles		5,36 (3,36)
Superficie cultivée en m <sup>2</sup>		5 198,60 (5201,92)
Quantité de matière organique en kg		166,89 (598,48)
Quantité d'engrais minéral en kg		125,39 (150,10)
Quantité produite en Kg		7 266,20 (3346,80)

Source: Résultats d'analyse des données d'enquêtes, 2021.

### 4.2. Estimation des scores d'efficacité

Le test de ratio de vraisemblable réalisé avec les résultats de la fonction frontière de production de type

Translog permet de rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il n'existe pas d'inefficacité  $H_0 (3,31 > 2,71 ; p=0,034)$ . Ainsi, l'existence d'effets d'inefficacité est acceptée. De même, l'estimation de la fonction des coûts de production révèle l'existence d'effets d'inefficacité dans l'allocation des ressources (tableau 4). A partir de ces résultats, les scores d'efficacité technique, allocative et économique ont été calculés. Leurs distributions de fréquences relatives sont présentées et analysées dans la section suivante.

Tableau 4 : Paramètres confirmant la présence d'inefficacité

Table 4 : Parameters confirming the presence of inefficiency

	Fonction de production de type Translog	Fonction de coût de production de type Translog
<i>sigma_v</i>	0,78(0,11)	0,64 (0,037)
<i>sigma_u</i>	1,14 (0,24)	0,01 (0,83)
<i>sigma2</i>	1,92 (0,42)	0,41 (0,05)
<i>lambda</i>	1,45 (0,33)	0,028 (0,84)
	Nombre d'observations = 158	Nombre d'observations = 158
	Wald chi2(10) = 72,63	Wald chi2(6) = 220,84
	Log likelihood = -229,97433	Log likelihood = -154,42936
	Prob > chi2 = 0,0000 Likelihood-ratio test of sigma u=0: chibar2(01) = 3,31	Prob > chi2 = 0,0000 Likelihood-ratio test of sigma u=0: chibar2(01) = 0,000
	Prob>=chibar2 = 0,034	Prob>=chibar2 = 1,000

Source: Résultats d'analyse des données d'enquêtes, 2021.

### 4.3. Distribution des scores d'efficacité des maraîchers producteurs de tomate de contre saison

La figure 3 illustre les distributions de fréquences relatives des scores d'efficacité technique, allocative et économique. Il ressort de l'analyse de cette figure que la majorité des maraîchers ont un score d'efficacité technique et économique compris entre 50 et 75%. En effet, les moyennes des scores d'efficacité technique et économique sont respectivement de 0,57 ( $\pm 0,15$ ) et 0,48 ( $\pm 0,15$ ). En ce qui concerne l'efficacité allocative, les résultats montrent également que la plupart des maraîchers producteurs de tomate ont un score d'efficacité allocative supérieur à 80%. Il est important de préciser qu'aucun producteur n'a le score d'efficacité économique supérieur à 80%. En somme, les producteurs ont encore la possibilité d'augmenter leur productivité et diminuer leurs coûts de production avec les mêmes niveaux d'inputs utilisés.



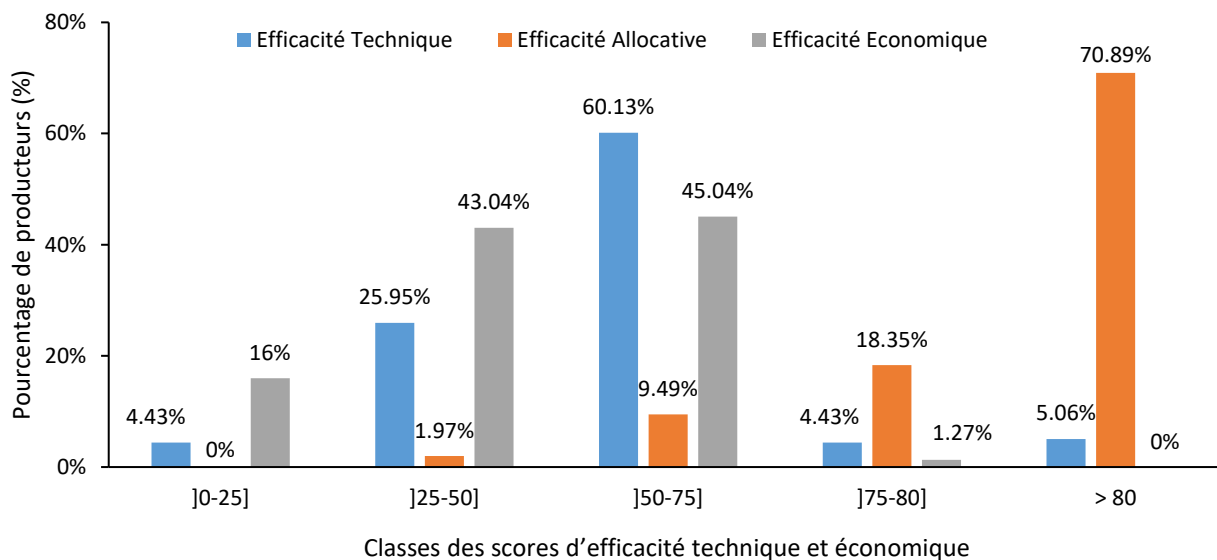


Figure 3 : Distribution des scores d'efficacités technique, allocative et économique

Source: Résultats d'analyse des données d'enquêtes, 2021

Figure 3: Distribution of the scores of technical, allocative and economic efficiencies

Tableau 5 : Déterminants de l'efficacité économique de la production de tomate

Table 5 : Determinants of economic efficiency in tomato production

Variables	Coefficient	Erreur type	T
SEX	0,118***	0,038	3,11
COMBEM	0,076	0,05	1,39
COMMALN	0,124***	0,04	2,63
EXP	0,0005	0,001	0,38
CREDIT	-0,088**	0,036	-2,44
NACTIFS	0,007**	0,002	2,56
GESA	0,032	0,033	0,98
S1	0,03	0,062	0,63
S2	0,01	0,03	0,36
CONSTANTE	0,27***	0,05	5,02

Nombre d'observations = 158  
 F( 9, 149) = 5,02  
 Prob > F = 0,0000  
 Log pseudolikelihood = 91,25635  
 Pseudo R2 = -0,2830

Légende : \*\*\* = significatif à 0,1% ; \*\* = significatif à 1% ; \* = significatif à 5%.

Source: Résultats d'analyse des données d'enquêtes, 2021.

#### 4.4. Déterminants des scores d'efficacité économique

Le modèle d'estimation utilisé est globalement significatif à 1%. En tenant compte des signes des coefficients de régression et leur probabilité de signification, il en vient que le genre, la variable « commune de Malanville » et le nombre d'actifs agricoles influencent positivement le niveau d'efficacité économique des producteurs. Tandis que l'accès au crédit influence négativement le niveau d'efficacité économique (tableau 5). Ainsi, les hommes étaient plus économiquement plus efficaces que les femmes. De même, les producteurs de Malanville étaient plus efficaces que ceux des autres communes de la zone d'étude. Enfin, plus élevé était le nombre d'actifs agricoles dans un ménage, plus élevée était aussi l'efficacité économique des producteurs chefs de ménage. A l'opposé, les crédits, mal gérés et alloués pour la production réduisaient l'efficacité économique des producteurs. Ce dernier résultat pose le problème de l'orientation des crédits contractés pour la production agricole.

### 5. Discussion

Dans la zone d'étude, la différenciation des systèmes de culture de tomate reste très faible du fait de l'adoption par la plupart des producteurs des pratiques culturelles pratiquement identiques. Ainsi 80% des producteurs utilisent à la fois aussi bien de l'engrais organique, de l'engrais chimique que des résidus de plantes et de l'irrigation pendant la saison sèche. Les producteurs utilisant exclusivement les matières organiques ne représentent que 5% de l'ensemble des producteurs enquêtés, révélant ainsi que la pratique de la production biologique de tomates est insignifiante dans la zone d'étude. Ce qui rejoint les observations faites par Ahouangninou (2013) sur les maraîchers du Sud-Bénin.

Quant à l'efficacité technique des producteurs de tomate, les résultats révèlent que le score moyen d'efficacité atteint est de 57% se situant entre un minimum de 13% et un maximum de 90%. Bien qu'aucun des producteurs ne soit techniquement efficace, il faudra cependant noter que le maximum de score d'efficacité de 90,7% atteint et proche de la frontière de production révèle qu'il existe des producteurs relativement très performants pouvant servir de référence pour l'amélioration de la productivité de tomate dans la zone d'étude. De ces résultats, il résulte que même dans hypothèse de maintien du niveau de production actuel, les producteurs ont des possibilités de réduction des coûts de production. Ainsi, si le producteur moyen de la zone d'étude devait atteindre la performance des producteurs les plus performants, il pourrait réaliser une économie de ressources de 37,16% [ $1-(57/90,7)$ ] sur ses coûts de production. De même, si le producteur qui est

techniquement moins efficace devrait atteindre l'efficacité technique des meilleurs producteurs de la zone d'étude, il pourrait épargner 85,67% [ $1-(13/90,7)$ ] sur ses coûts actuels de production. De façon comparative, le score moyen d'efficacité des producteurs de la zone d'étude révèle qu'ils sont moins performants que leurs homologues maraîchers du Sud-Bénin réalisant un score moyen de 60,7% (Ahouangninou, 2013), ou encore les producteurs de tomate avec un score de 67,36% dans la zone de Tigray au nord de l'Ethiopie, ou les producteurs du coton au nord-est du Bénin avec un score moyen de 71,16% (Midingoyi, 2008), ou même les producteurs d'anacarde au nord du Bénin avec un score moyen de 63% (Degla, 2015), mais plus performants que les producteurs de karité au nord du Bénin avec 52% (Yabi et al. 2009).

Quant à l'efficacité économique qui n'est rien d'autre que l'effet combiné de l'efficacité technique et allocative, les résultats montrent que le score d'efficacité économique moyen réalisé par les producteurs est de 48% se situant entre un minimum de 43% et un maximum de 80,5%. Ce résultat moyen relativement plus faible que celui des producteurs de la grande Morrelle (60,7%) ou du chou pommé (85,3%) au Sud-Bénin (Ahouangninou, 2013), de même que celui des producteurs de tomate de Mymensingh (83%) au Pakistan (Mitra & Yunus, 2018), et celui des producteurs de coton (54,89%) au Nord du Bénin (Midingoyi, 2008), mais plus élevé que celui des producteurs de tomates (35%) au Peshawar au Pakistan (Khan & Ali, 2013) montre qu'il y a encore des potentiels exploitables en termes de minimisation de coûts de production et d'amélioration de la productivité. Ainsi si le producteur moyen devait atteindre le niveau d'efficacité économique du producteur le plus performant de la zone d'étude, il pourrait réduire son coût de production actuel de 40,37% et améliorer sa productivité, tandis que le producteur le moins efficace économiquement réaliserait une économie de 46,58% s'il devrait atteindre le niveau d'efficacité économique des producteurs actuels les plus performants. Mais étant donné que la distribution des scores d'efficacité ne donne que 2,53% des producteurs ayant les scores d'efficacité économique les plus élevés [75, 80] contre près de 51,27% des producteurs avec des scores se situant entre 0 et 50%, il y a nécessité d'accompagner techniquement les producteurs à utiliser rationnellement les ressources disponibles pour optimiser la production de tomate dans la zone d'étude.

Quant aux facteurs influençant le niveau d'efficacité économique, les résultats montrent que le sexe du producteur, la zone d'étude et le nombre d'actifs dans le ménage du producteur sont les principaux déterminants. Ainsi l'influence du sexe révèle que lorsque l'on passe du sexe féminin au sexe masculin le niveau d'efficacité économique s'accroît sûrement parce que les hommes

appliquent mieux les techniques culturales que les femmes. Ce résultat concorde avec celui de Choukou et al., (2017) et qui est relatif à l'efficacité économique des femmes dans la production du maïs au Kanem-Tchad et de celui de Akter (2003) dans la production aviaire au Vietnam mais ne supporte pas les résultats de Alabi & Aruna (2005) révélant plus d'efficacité chez les femmes que chez les hommes dans la production aviaire au Nigeria. Parmi les facteurs d'influence, la zone d'étude est également un facteur d'étude positive, révélant que la commune de Malanville est une région de forte efficacité sûrement parce qu'ils ont une grande maîtrise dans les techniques culturales et de ce fait sont plus performants que leurs homologues d'autres régions. L'influence positive sur le niveau d'efficacité économique s'observe également avec le nombre d'actifs dans le ménage du producteur, révélant ainsi que non seulement le nombre élevé d'actifs joue un rôle mais aussi que l'absence de sous-emploi doit être importante dans ces ménages. Contre toute attente, l'accès au crédit des producteurs influence négativement leur efficacité économique sûrement parce que les fonds obtenus sont détournés vers d'autres filières ou activités plus rentables auxquels ces producteurs s'adonnent aussi, privant ainsi la production de tomate de l'investissement nécessaire pour l'acquisition des intrants de qualité. Cette influence négative de l'accès au crédit sur le niveau d'efficacité dans la zone d'étude est concordant avec ceux de Oloke (2001) trouvant que l'accès au crédit accroît l'inefficacité des producteurs au Nigeria mais contredit les résultats de Khan & Ali (2013) révélant plutôt une influence positive de l'accès au crédit sur l'efficacité des producteurs de tomate à Peshawar au Pakistan.

## 6. Conclusion

La production de tomate reste l'une des activités agricoles les plus importantes à laquelle s'adonnent de nombreux producteurs au nord du Bénin. Pratiquée de façon intensive, la production nécessite une variété d'inputs qui cependant ne permettent pas de discriminer clairement les différents systèmes de culture dans la zone d'étude. Ainsi le système de culture biologique faiblement développé est dominé par le système de culture conventionnel auquel s'adonnent plus de 80% des producteurs. L'analyse de l'efficacité des producteurs montrent qu'avec un score d'efficacité technique moyen de 57% et d'efficacité économique de 48,1% les producteurs sont peu efficaces dans la zone d'étude. La part des producteurs se situant dans la classe la plus élevée de score [75, 80] d'efficacité technique est moins de 10% et alors qu'elle n'est que de 2,53% pour l'efficacité économique. Ainsi au niveau actuel de la production de tomate dans la zone d'étude il existe d'énormes potentiels à exploiter en termes de réduction de coûts de production et par conséquent en termes

d'amélioration de la productivité, puisque le producteur moyen du point de vue de l'efficacité technique peut réaliser une économie en coûts de production de 37,16% et le producteur moyen du point de vue de l'efficacité économique pourrait réduire ses coûts de production de 40,37%. Il existe donc de réserves de productivité à valoriser pour accroître la production de tomate et améliorer les revenus de producteurs dans la zone d'étude.

En ce que concerne les déterminants des niveaux d'efficacité économique, les résultats montrent que le genre, la zone de localisation des producteurs et le nombre d'actifs dans le ménage influencent positivement le niveau le niveau d'efficacité économique. Par ailleurs l'accès au crédit agricole influence négativement l'efficacité économique. A cet effet, l'amélioration de la gestion du crédit contracté par les producteurs pourrait inverser son impact sur leurs performances économiques et garantir une production de tomates de contre-saison le plus souvent déficitaire sur le marché.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	P.D. Biaou, P. Degla, K. Issiaka
Collecte des données	P.D. Biaou
Analyse des données	P.D. Biaou, K. Issiaka
Acquisition de financement	P. Degla
Méthodologie	P.D. Biaou, P. Degla, K. Issiaka
Gestion du projet	P.D. Biaou, P. Degla
Supervision	P. Degla, K. Issiaka
Rédaction manuscrit initial	P.D. Biaou
Révision et édition manuscrit	P.D. Biaou, P. Degla, K. Issiaka

## CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

## REFERENCES

- Adégbola, P. Y., Oloukoï, L., & Sossou, H. C. 2005. Analyse de la compétitivité de la filière anacarde au Bénin. Rapport technique final, PAPA/INRAB, Bénin.
- Ahouangninou, C. 2013. Durabilité de la production maraîchère au sud-Bénin : Un essai de l'approche écosystémique. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
- Akpo, F. I., Dohou, M. D., Houessingbe, Z., & Yabi, J. A. 2021. Analyse comparative des systèmes de production de soja basés sur l'utilisation de l'inoculum dans un contexte de gestion durable des terres au Centre du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 32(2), 230-239. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- Akter, S. 2003. Competitiveness and efficiency in poultry and pig production in Vietnam (Vol. 57). ILRI (aka ILCRA and ILRAD).
- Alabi, A., & Aruna, B. 2005. Technical efficiency of family poultry production in Niger-Delta, Nigeria. *Journal of Central European Agriculture*, 6 (4), 531-538.

- Albouchi, L., Bachta, M. S., & Jacquet, F. 2005. Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes. Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigués. Kairouan, Tunisie. 19 p. cirad-00193606. <http://hal.cirad.fr/cirad-00193606>.
- Amara, N., & Romain, R. 2000. Mesures de l'efficacité technique : Revue de la littérature. Centre de Recherche en Économie Agroalimentaire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Série Recherche SR. 00.07, 1-34.
- Aminou, F. A. A. 2018. Efficacité Technique des Petits Producteurs du Maïs au Bénin. *European Scientific Journal*, 14(19), 109-134.
- Aminu, F. O., Ayinde, I. A., & Ambali, O. I. 2013. Effect of Ill health on technical efficiency of dry season vegetable farmers in Ojo Local Government Area of Lagos State Nigeria. *World Journal of Agricultural Research*, 1(6), 108-113.
- Audibert, M. 1997. La cohésion sociale est-elle un facteur de l'efficacité technique des exploitations agricoles en économie de subsistance ? *Revue d'économie du développement*, 5(3), 69-90.
- Ayedegue, D. P., & Degla, P. K. 2020. Durabilité socio-territoriale des exploitations maraichères productrices de tomate au nord Bénin. *Agronomie Africaine*, 32(2), 221-237.
- Bravo-Ureta, B. E., & Pinheiro, A. E. 1997. Technical, economic, and allocative efficiency in peasant farming: Evidence from the Dominican Republic. *The developing economies*, 35(1), 48-67.
- Choukou, M. M., Zannou, A., Biaou, G., & Ahoüendo, B. 2017. Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du maïs au Kanem-Tchad. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 5(2), 200-209.
- Coelli, T. 1998. A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models. *Operations Research Letters*, 23(3-5), 143-149. DOI: 10.1016/S0167-6377(98)00036-4.
- Coelli, T. J. 1996. A guide to FRONTIER version 4.1: A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. CEPA Working papers.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. 2005. An introduction to efficiency and productivity analysis. Springer science & business media.
- Degla, K. P. 2016. Strategies of a Family-farming to cope with Climate. Change Effects in Northern Benin, West Africa: The Case of Lowlands Tomato Supply. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2(11), 1086-1097.
- Degla, P. 2015. Technical Efficiency in Producing Cashew Nuts in Benin's Savanna Zone, West Africa. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 54(2), 117-132. DOI: 10.22004/ag.econ.210310.
- Ellis, F. 1993. Peasant economics: Farm households in agrarian development (Vol. 23). Cambridge University Press.
- Issiaka, Y. 2002. Indicateurs des avantages potentiels d'une zone humide: Cas de la plaine d'inondation de N'Dounga-Sebéry (Niger). Mémoire de DEA, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire.
- Khan, H., & Ali, F. 2013. Measurement of productive efficiency of tomato growers in Peshawar, Pakistan. *Agricultural Economics*, 59(8), 381-388.
- Mango, N., Makate, C., Hanyani-Mlambo, B., Siziba, S., & Lundy, M. 2015. A stochastic frontier analysis of technical efficiency in smallholder maize production in Zimbabwe: The post-fast-track land reform outlook. *Cogent Economics & Finance*, 3(1). DOI : 10.1080/23322039.2015.1117189.
- Midingoyi, G. S. K. 2008. Analyse des déterminants de l'efficacité de la production cotonnière au Bénin : Cas des départements de l'Alibori et de l'Atacora. Mémoire de Master, Académie Universitaire de Wallonie-Europe. Gembloux, 77p.
- Mitra, S., & Yunus, M. 2018. Determinants of tomato farmers efficiency in Mymensingh district of Bangladesh : Data Envelopment Analysis approach. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 16(1), 93-97.
- Ray, S. C. 1988. Data envelopment analysis, nondiscretionary inputs and efficiency: An alternative interpretation. *Socio-Economic Planning Sciences*, 22(4), 167-176.
- Sharma, K. R., Leung, P., & Zaleski, H. M. 1999. Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii : A comparison of parametric and non-parametric approaches. *Agricultural economics*, 20(1), 23-35.
- Tabe-Ojong Jr, M. P., & Molua, E. L. 2017. Technical efficiency of smallholder tomato production in semi-urban farms in Cameroon: A stochastic frontier production approach. *Journal of Management and Sustainability*, 7(4), 27-35. DOI:10.5539/jms.v7n4p27
- Tchiwanou, L. A., Akossou, A. Y., & Yabi, A. J. 2019. Chronological Analysis of the Price of Tomato Fruit (*Solanum lycopersicum* L.) in Benin Main Markets from 2006 to 2015. *Journal of Experimental Agriculture International*, 29(1), 1-19. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/45416>
- Chefebo, D. E., Tefera, G. E. Tafa, B. E. 2020. Analysis of Technical Efficiency and Its Potential Determinants among Smallholder Tomato Farmers in Siltie Zone, Southern Ethiopia. Research Square. 26p. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-70021/v1>
- Tiruneh, W. G., Chindi, A., & Woldegiorgis, G. 2017. Technical efficiency determinants of potato production: A study of rain-fed and irrigated smallholder farmers in Welmera district, Oromia, Ethiopia. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 9(8), 217-223.
- Umar, H. S., Girei, A. A., & Yakubu, D. 2017. Comparison of Cobb-Douglas and Translog frontier models in the analysis of technical efficiency in dry-season tomato production. *Agrosearch*, 17(2), 67-77.
- Wahid, U., Ali, S., & Hadi, N. A. 2017. On the estimation of technical efficiency of tomato growers in Malakand, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, 33(3), 357-365.
- Wassihun, A. N., Koye, T. D., & Koye, A. D. 2019. Analysis of technical efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) Production in Chilga District, Amhara national regional state, Ethiopia. *Journal of economic structures*, 8(1), 1-18.
- Xu, X., & Jeffrey, S. R. 1998. Efficiency and technical progress in traditional and modern agriculture: Evidence from rice production in China. *Agricultural economics*, 18(2), 157-165.
- Yabi, A. J., Ouinsavi, C., & Sokpon, N. 2009. Facteurs d'efficacité technico-économique de transformation du karité en beurre au Nord-Bénin. *Annales de l'Université de Lomé, Série Sciences Economiques et de Gestion*, 3, 23-44.