

# PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE ET ECONOMIQUE DANS LA PRODUCTION DE LA GRANDE MORELLE (*Solanum macrocarpon*) AU SUD DU BENIN : UNE EVALUATION DES EFFICACITES TECHNIQUE, ALLOCATIVE, ECONOMIQUE

C. AHOANGNINOU<sup>1</sup>, S. Y. W. BOKO<sup>1</sup>, A. AROUNA<sup>2</sup>, J. LOGBO<sup>1</sup>, B. FAYOMI<sup>3</sup>, T. MARTIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup> \*Ecole d'Horticulture et Aménagement des Espaces Verts (EHAEV), Université Nationale d'Agriculture (UNA) de Porto-Novo, République du Bénin, Tel : 00229 97 57 53 66, Email : cahoun83@yahoo.fr

<sup>1</sup> Ecole d'Horticulture et Aménagement des Espaces Verts (EHAEV), Université Nationale d'Agriculture (UNA) de Porto-Novo, République du Bénin, Email : willboko@hotmail.com

<sup>1</sup> Ecole d'Horticulture et Aménagement des Espaces Verts (EHAEV), Université Nationale d'Agriculture (UNA) de Porto-Novo, République du Bénin, Email : jhonn\_logbo@yahoo.fr

<sup>2</sup> AFRICARICE, E-mail : arouna\_aminou@yahoo.fr

<sup>3</sup> Communauté de Pratique Ecosanté pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre (COPES-AOC), E-mail : bfayomi2@yahoo.fr

<sup>4</sup> UR Horsyst, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), France, E-mail : thibaud.martin@cirad.fr

## RESUME

L'objectif de cette étude est d'analyser les efficacités technique, allocative et économique dans la production de la grande morelle. Pour cela, une étude descriptive et analytique a été réalisée sur un échantillon de 126 maraîchers des sites de production de Houéyiho, de Sèmè-Kpodji et de Ouidah au sud du Bénin. Les efficacités technique et économique ont été estimées respectivement à l'aide des modèles frontières stochastiques translogarithmique et fonction de coût dual avec la spécification Cobb-Douglas. Le modèle de régression tobit a été utilisé afin d'identifier les facteurs déterminants les efficacités des producteurs. Les résultats obtenus montrent que les facteurs main-d'œuvre et engrais chimique sont sur-utilisés, ce qui entraîne des inefficacités dans la production. Les efficacités technique, allocative et économique sont respectivement en moyenne de 0,689 ; 0,882 et de 0,607. L'âge du producteur, la superficie emblavée, la contribution de la grande morelle dans le revenu, le niveau d'instruction et la formation technique sont les principaux déterminants des efficacités technique, allocative et économique des producteurs de la grande morelle. Sur la base des résultats obtenus, il importe d'améliorer l'efficacité des producteurs et augmenter ainsi leur profit par la recherche de moyens de lutte efficace et le renforcement de l'encadrement technique des producteurs.

**Mots clés :** efficacités, frontières stochastiques, fonctions translog, fonction Cobb-Douglas, *Solanum macrocarpon*.

## ABSTRACT

**ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PERFORMANCE IN THE PRODUCTION OF THE GREAT NIGHTSHADE (*Solanum macrocarpon*) IN SOUTHERN BENIN: AN ASSESSMENT OF TECHNICAL, ALLOCATIVE AND ECONOMIC EFFICIENCIES**

*The objective of this study is to analyse the technical, allocative and economic efficiencies in the production of Solanum macrocarpon in Southern-Benin. For this purpose, a descriptive and analytical study was conducted among 126 Solanum macrocarpon growers in Cotonou, Sèmè-kpodji and Ouidah. The technical and economic efficiencies were estimated respectively using translogarithmic stochastic frontier models and dual cost function with the Cobb-Douglas specification. The Tobit regression model was used to identify the determinants of producers efficiencies. The results show that labor and chemical fertilizers are overused, leading to inefficiencies in production. The averages of*

technical, allocative and economic efficiencies are 0.689; 0.882 and 0.607 respectively. The age of the producer, the surface grown, the contribution of solanum in the income, the educational level and the training in farming are the principal determinants of the technical, allocative and economic efficiencies of the solanum's producers. On the basis of result obtained, it is important to improve the efficiency of the producers and thus to increase their profit by the search for effective means of pest control and the reinforcement of producer's technical framing.

**Key words:** efficiency, stochastic frontier analysis, translog function, Cobb-Douglas function, Solanum macrocarpon.

## INTRODUCTION

La grande morelle (*Solanum macrocarpon*) est une spéculative très cultivée par les maraîchers au sud du Bénin. Elle nécessite pour sa croissance de bonnes conditions d'irrigation, de fertilisation et un bon contrôle des nuisibles. C'est un légume traditionnel très recherché et apprécié par la population au sud du Bénin (Mensah *et al.*, 2019). En effet, les légumes traditionnels sont riches en éléments nutritifs en particulier les vitamines A, B et C ainsi que de protéines et de sels minéraux tels que le calcium et le fer (Muhanji *et al.*, 2011). Des teneurs importantes en protéines et vitamines contenus dans ces légumes peuvent corriger des déficiences au niveau des enfants malnutris et des femmes enceintes (Habwe *et al.*, 2008). Mais depuis 2008, les producteurs font face à des acariens rouges (*Tetranychus evansi*) difficilement maîtrisable attaquant les plants de grande morelle et occasionnant des pertes de rendement (Azandeme-Hounmalon *et al.*, 2015). Ainsi, pour maximiser leur profit, les maraîchers utilisent diverses stratégies pour venir à bout de ces nuisibles en combinant diverses proportions de pesticides de synthèse et de fertilisants. Aussi, il est rapporté que généralement les producteurs n'adoptent pas de bonnes pratiques d'irrigation (Gandonou *et al.*, 2007). Or ces bonnes pratiques d'irrigation permettent d'optimiser la production tout en économisant l'eau (Arouna et Dabbert, 2009 ; Singbo et Lansink, 2010). Les travaux portant sur l'estimation des efficacités des producteurs maraîchers au Bénin sont peu nombreux. En estimant les inefficacités technique, allocative et de profit des systèmes de production de bas-fonds riz et maraîchage, Singbo et Lansink (2010) ont rapporté que les systèmes de production intégrée riz-maraîchage présentent moins d'inefficacités et que la gestion optimale de l'eau d'arrosage contribue à l'efficacité de la production. Ces auteurs ont également conclu

que les intrants (fertilisants et semences) ne sont pas utilisés de façon optimale, ce qui entraîne des inefficacités dans la production. Arouna et Dabbert (2009) ont quant à eux estimé l'efficacité des maraîchers dans l'usage de l'eau pour l'arrosage. Les résultats obtenus par ces auteurs indiquent que les efficacités des producteurs dans l'usage de l'eau sont respectivement de 0,38 et 0,50 en rendements d'échelles constant et variable. Ces résultats traduisent la présence d'inefficacité des maraîchers dans l'usage de l'eau pour l'arrosage. Ces auteurs ont fait leurs études sur le maraîchage en général. Il apparaît donc qu'aucune étude spécifique n'a été réalisée sur l'efficacité de la production de la grande morelle. L'analyse de la performance des maraîchers dans la production de la grande morelle et de ses déterminants est d'une nécessité pour accroître leur productivité et leur profit. L'objectif de cette recherche est d'estimer les efficacités des producteurs et d'identifier leurs déterminants dans la production de la grande morelle au Sud du Bénin.

## MATERIEL ET METHODES

### CADRE ET MILIEU D'ETUDE

La zone d'étude couvre les périmètres maraîchers de Houéyiho à Cotonou, de Sèmè-Kpodji et de Ouidah au sud du Bénin. Le choix de ces sites a été déterminé en fonction de leur forte activité de production maraîchère. Le climat au sud du Bénin est de type subéquatorial caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1320 mm, 1200 mm et 1150 mm respectivement pour Cotonou, Sèmè-kpodji et Ouidah (Totin, 2010). Les températures moyennes mensuelles varient entre 27 et 31°. Les écarts entre le mois le plus chaud et le mois le moins froid ne dépassent pas 3,8°.

## ENQUETE POUR L'ANALYSE DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES ET ECONOMIQUES DES EXPLOITATIONS DANS LA PRODUCTION DE GRANDE MORELLE

Les principales informations recueillies durant la phase de collecte des données se rapportent aux caractéristiques socio-démographiques des maraîchers, à leurs pratiques culturales, aux prix unitaires et quantités utilisées d'intrants et de facteurs de production ainsi qu'aux prix et quantités produites de grande morelle afin d'analyser leurs efficacités dans la production de cette spéculature au sud du Bénin ainsi que les facteurs déterminant ces efficacités. Au total 126 producteurs de la grande morelle ont été choisis par la méthode d'échantillonnage aléatoire stratifiée proportionnelle.

### METHODES D'ESTIMATION DES EFFICACITES (MODELE FRONTIERE STOCHASTIQUE)

Les efficacités ont été estimées par une approche de frontière stochastique (Aigner *et al.*, 1977 ; Meeusen et van den Broeck, 1977). C'est un modèle à erreur composée qui s'écrit comme suit :

$Y_i = f(X_i, \beta) \cdot e^{\varepsilon_i}$  avec  $\varepsilon_i = v_i - \mu_i$  dans le cas de la fonction de production et  $\varepsilon_i = v_i + \mu_i$  dans le cas de la fonction de coût et  $\mu \geq 0$  ;  $-\infty \leq v \leq +\infty$ .

Le modèle frontière stochastique se présente comme suit :

$Y_{it} = f(X_{it}, \beta) e^{(v_{it} - \mu_{it})}$  pour la fonction de production et  $Y_{it} = f(X_{it}, \beta) e^{(v_{it} + \mu_{it})}$  pour la fonction de coût où  $t$  désigne la période et  $i$ , l'unité de production. Les paramètres  $v$  et  $\mu$  sont indépendants l'un de l'autre et avec  $X$ . Le paramètre  $\mu_i$  mesure l'écart entre l'output observé ( $Y_i$ ) et l'output réalisable par la technologie efficace ou l'écart entre le coût observé et le coût minimum réalisable.

L'efficacité technique d'une exploitation  $i$  est définie de la manière suivante :

$ET_i = y_i / \hat{y}_i$  où  $\hat{y}_i$  est l'output maximal qui peut être obtenu et  $y_i$  l'output observé au niveau de l'exploitation  $i$ .

L'efficacité économique d'une exploitation  $i$  est définie de la manière suivante :

$EA_i = \hat{y}_i / y_i$  où  $\hat{y}_i$  est le coût minimal qui peut

être obtenu et  $y_i$  le coût observé au niveau de l'exploitation  $i$ .

L'efficacité économique est décomposée en efficacité technique et efficacité allocative.

L'efficacité allocative est ainsi obtenue en faisant le rapport entre les efficacités économique et technique.

### VARIABLES SERVANT A LA MESURE DES EFFICACITES

Pour Farrell (1957), l'efficacité technique mesure la manière dont une firme (ici une exploitation agricole) choisit les quantités d'intrants qui entrent dans le processus de production quand les proportions d'utilisation des facteurs sont données.

Le choix des variables doit être fonction des quantités d'intrants et d'outputs que les exploitants sont capables de contrôler (Coelli, 1996). En effet, les exploitants sont plus à même de contrôler les intrants : main-d'œuvre (travail), surface de production (foncier) et capital (coût du matériel utilisé et coût des semences) ainsi que les intrants (semences, pesticides, engrais) que les outputs qui concernent la production agricole.

La mesure de l'efficacité technique des exploitations a été faite dans le cas de la grande morelle par une méthode paramétrique de frontière stochastique de production translogarithmique avec données en panel, ceci à cause de la spécificité de la spéculature étudiée qui est récoltée en plusieurs cycles de production. A la différence du modèle Cobb-Douglas qui suppose les facteurs de production substituables, la fonction translogarithmique présente l'avantage de lever les hypothèses de substitutabilité des facteurs et d'homogénéité de l'élasticité de la production par rapport à chacun des facteurs. Les paramètres  $\beta_{ij}$  avec  $i \neq j$  vont indiquer le sens de la relation existant entre les différents facteurs de production. Si  $\beta_{ij} > 0$ , alors les facteurs  $i$  et  $j$  sont substituables, dans le cas contraire, ils sont complémentaires. La spécification générale de la fonction translogarithmique se présente comme suit :

$$\ln Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i \ln x_{it} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} \cdot \ln x_{it} \cdot \ln x_{jt} + v_{it} - u_{it}$$

avec  $Y_{it}$  = output ou rendement de morelle d'une exploitation  $i$  au temps  $t$  et  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , le vecteur

d'inputs que sont les facteurs de production,  $v_{it}$  et  $u_{it}$  représentent respectivement le bruit aléatoire et les inefficacités.

L'estimation du modèle frontière de production translogarithmique a été faite en considérant que les indices d'efficacité varient en fonction des cycles de production de grande morelle. Si  $\eta < 0$ , alors l'inefficacité technique des producteurs de la grande morelle augmente avec le temps. Les termes d'erreur  $\mu$  et  $v$  sont les causes de déviation de la frontière de production optimale. La variabilité aléatoire en production non maîtrisable est représentée par  $v$ . Il s'agit des paramètres environnementaux tels que la température et l'humidité. Ce terme est identiquement et indépendamment distribué comme  $N(0, \sigma_v^2)$ . Il est considéré comme le terme d'erreur normal.

Le terme d'erreur non négatif  $\mu$  représente les déviations à la frontière de production optimale, attribuables à l'inefficacité des producteurs. Ce terme est identiquement et indépendamment distribué et supposé avoir une distribution normale tronquée  $N(0, \sigma_\mu^2)$ .

La présence d'inefficacité ou non a été analysée à travers les paramètres  $\sigma^2$  et  $y$ . Si  $\sigma^2$  est statistiquement différent de zéro au seuil de 10 %, ceci traduit la présence d'inefficacité dans la production de la grande morelle au niveau des sites de production étudiés. Si  $y$  est statistiquement différent de zéro au seuil de 10 %, la présence d'inefficacité dans la production est attribuable pour une grande part aux producteurs car  $\sigma_\mu^2$  représente une part importante de  $\sigma^2$ .

$\sigma^2 = \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2$  et  $y = \sigma_\mu^2 / \sigma^2$  (Battese et Coelli, 1995) où  $\sigma^2$  est la variance de la variable dépendante et est fonction de l'inefficacité du producteur ( $\sigma_\mu^2$ ) et de l'erreur aléatoire ( $\sigma_v^2$ ).

Quant à l'efficacité économique, c'est la fonction frontière de coût dual de types Cobb-Douglas

qui a été utilisée pour estimer les efficacités à cause des problèmes de convergence non atteinte avec le modèle translogarithmique.

La spécification de la fonction frontière de coût dual se présente comme suit :

$$\ln C_{it} = \ln \alpha_0 + \beta \ln Y_{it} + \sum_{i=1}^k \alpha_i \ln p_{it} + v_{it} + u_{it},$$

avec  $C_{it}$  : les coûts variables totaux de production à l'hectare de l'exploitation  $i$  au temps  $t$ ,  $Y_{it}$  = rendement de grande morelle de l'exploitation  $i$  au temps  $t$  et  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$ , le vecteur de prix des différents facteurs de production,  $v_{it}$  et  $u_{it}$  représentent respectivement le bruit aléatoire et les inefficacités.

L'efficacité allocative est le rapport entre les efficacités économique et technique.

#### LES VARIABLES SERVANT A L'ANALYSE DES DETERMINANTS DES EFFICACITES (MODELE TOBIT)

Pour l'analyse des variables expliquant les efficacités, le modèle tobit a été choisi, ceci en fonction du caractère des variables dépendantes (efficacités) qui se présentent comme des fréquences relatives et peuvent aussi être censurées (les données prenant une certaine valeur peuvent être limitée). Le modèle Tobit peut s'écrire :

$$\text{Effic}_i^* = \alpha + X_i \beta + \varepsilon_i \quad (\text{Djimasra, 2009}).$$

Dans l'équation,  $\text{Effic}_i^*$  représente la valeur que peut prendre la variable latente continue pour l'observation de l'individu  $i$ ,  $\alpha$  représente la valeur de l'ordonnée à l'origine,  $X_i$  désigne l'ensemble des variables indépendantes telles que mesurées pour l'individu  $i$ ,  $\beta$  est le vecteur des coefficients affectant ces variables à estimer et  $\varepsilon_i$  constitue l'erreur du modèle, qui diffère pour chaque observation.  $\varepsilon_i$  est distribué selon une loi  $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ . En introduisant les variables explicatives des inefficacités, le modèle devient :

$$\begin{aligned} \text{Effic}_i^* = & \alpha + \beta_1 \text{AGE}_i + \beta_2 \text{EXPE}_i + \beta_3 \text{OPA}_i + \beta_4 \text{NIVINSTR}_2_i + \beta_5 \text{NIVINSTR}_3_i + \\ & \beta_6 \text{NIVINSTR}_4_i + \beta_7 \text{FPRO}_i + \beta_8 \text{SUP}_i + \beta_9 \text{SITE}_2_i + \beta_{10} \text{SITE}_3_i + \beta_{11} \text{PARTREV}_i + \\ & \beta_{12} \text{SEX}_i + \beta_{13} \text{CONCERPA}_i + \varepsilon_i. \end{aligned}$$

## RESULTATS

### SYSTEMES DE PRODUCTION ET CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS

La moyenne des superficies emblavées en grande morelle est de  $257,76 \pm 151,0 \text{ m}^2$  (Tableau 1). Ces superficies emblavées sont significativement plus élevées à Sèmè-Kpodji qu'à Houéyiho et à Ouidah (Kruskal-Wallis = 14,62 ;  $p = 0,0007$ ). Environ 29,4 % des maraîchers produisent de la grande morelle sur moins de  $180 \text{ m}^2$ , 55 % produisent sur une superficie variant entre  $180 \text{ m}^2$  et  $360 \text{ m}^2$  (Tableau 2). Quant au mode de faire valoir, 77,8 % utilisent les terres appartenant au domaine public. Presque la totalité des producteurs de Houéyiho et de Sèmè-Kpodji sont concernés par ce mode. A Ouidah, les maraîchers utilisent leurs propriétés ou ont recours au fermage (location). La main d'œuvre moyenne utilisée pour un cycle de production de grande morelle (45 jours) est de  $257,76 \pm 89,4 \text{ Hjr/ha}$  (Tableau 1) avec un maximum de 350 et un minimum de 150 Hjr/ha. Elle est de 270,10 Hjr/ha à Houéyiho, de 256,80 Hjr/ha à Ouidah et de 231,80 Hjr/ha à Sèmè-Kpodji. Les producteurs de Sèmè-Kpodji utilisent des systèmes d'arrosage motorisés, ce qui réduit la quantité de main d'œuvre dans la

production. Concernant le capital de production, il varie de 13475 Fcfa à 487000 Fcfa avec une moyenne de 124998 Fcfa (Tableau 1). Il est en moyenne plus élevé à Sèmè-Kpodji (163634 Fcfa) qu'à Houéyiho (113219 Fcfa) et à Ouidah (113301 Fcfa). Plus la superficie emblavée est élevée, plus le capital de production est plus élevé. Les quantités moyennes d'insecticides et de fongicides utilisées étaient respectivement de 18,4 L/ha et 17,2 kg/ha sur l'ensemble des sites de production. Quant aux engrais, les quantités moyennes étaient respectivement de 675,8 kg/ha et 16,1 t/ha pour les engrais chimiques et les fientes. Les quantités moyennes de semences s'élevaient à 0,837 kg/ha. Quatre systèmes de production de grande morelle ont été identifiés (Tableau 2). Ces différents systèmes de production S1, S2, S3, et S4 ont été retrouvés respectivement chez 24,6 % ; 18,6 %, 27 % et 30,1 % des producteurs. Les systèmes S1, S3 et S4 prédominent à Houéyiho. A Sèmè-kpodji, c'est le système S3 qui vient en tête (38,7 %), alors qu'à Ouidah, c'est le système S4 qui prédomine (39,3 %). Les maraîchers produisant de grandes superficies de grande morelle utilisent des systèmes d'irrigation motorisée (S2 et S3). L'utilisation de motopompes dans l'arrosage leur permet d'économiser la main d'œuvre et le temps.

**Tableau 1** : Moyennes et écart-types des quantités de facteurs de production de grande morelle.*Means and standard deviations of amounts of great nightshade production factors.*

Variabes	Houéyihó	Sèmè-kpodji	Ouidah	Total
Superficie (m <sup>2</sup> )				
Moyenne	242,0	302,2	246,5	257,8
Ecart-type	127,2	208,4	144,4	151,0
Capital (Fcfa)				
Moyenne	113219	163634	113301	124998
Ecart-type	116764	142323	120732	125538
Main d'œuvre (Hjr/ha)				
Moyenne	270,1	231,8	256,8	257,76
Ecart-type	90,6	79,2	91,8	89,4
Quantité d'insecticide (Litres/ha)				
Moyenne	19,3	17,3	17,5	18,4
Ecart-type	4,2	5,6	5,9	5,1
Quantité de fongicide (Kg/ha)				
Moyenne	18,5	14,4	17,2	17,2
Ecart-type	6,1	5,4	7,7	6,6
Quantité d'engrais chimique (Kg/ha)				
Moyenne	675,7	675,9	678	675,8
Ecart-type	62,3	86,3	85,9	74,6
Quantité de fientes (tonnes/ha)				
Moyenne	16,4	15,8	15,7	16,1
Ecart-type	1,7	1,7	2,2	1,9
Quantité de semences (Kg/ha)				
Moyenne	0,838	0,831	0,839	0,837
Ecart-type	0,021	0,036	0,03	0,028

**Tableau 2** : Caractéristiques des exploitations maraîchères produisant la grande morelle.  
*Characteristics of the vegetable farms producing the great nightshade.*

Variables	Houéyiho		Sèmè-kpodji		Ouidah		Total	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Superficie (m2)								
[60,180[	24	35,8	3	9,7	10	35,7	37	29,4
[180,360[	37	55,2	20	64,5	11	39,3	68	53,9
[360 et plus[	6	8,9	8	25,8	7	25,0	21	16,7
Mode de faire valoir de la terre								
Achat	0	0,0	0	0,0	14	50,0	14	11,1
Domaine public	67	100,0	30	96,7	1	3,6	98	77,8
Héritage	0	0,0	0	0,0	1	3,6	1	0,8
Location	0	0,0	1	3,3	12	42,9	13	10,3
Système de culture								
S1	21	31,3	5	16,1	5	17,9	31	24,6
S2	9	13,4	8	25,8	6	21,4	23	18,3
S3	16	23,9	12	38,7	6	21,4	34	27,0
S4	21	31,3	6	19,4	11	39,3	38	30,1
Total général	67	100,0	31	100,0	28	100,0	126	100,0
S1 = Engrais chimique + Engrais organique + Pesticide chimique + Biopesticide + Arrosage manuel S2 = Engrais chimique + Engrais organique + Pesticide chimique + Biopesticide + Motopompe et tourniquet S3 = Engrais chimique + Engrais organique + Pesticide chimique + Biopesticide + Motopompe et tuyaux S4 = Engrais chimique + Engrais organique + Pesticide chimique + Sans Biopesticide + Arrosage manuel								

#### PERFORMANCE OPERATIONNELLE LIEE A L'ENVIRONNEMENT DANS LA PRODUCTION DE LA GRANDE MORELLE

L'analyse des données d'enquête a montré, que la totalité des producteurs interrogés n'utilisent pas les équipements de protection individuelle adaptés au cours de la préparation de la bouillie d'insecticide et durant leur épandage. Il en est

de même pour la gestion du reste de la bouillie insecticide ou le liquide de rinçage du pulvérisateur et des emballages de pesticides (insecticides, fongicide, nématicides, etc.) qui sont systématiquement rejetés dans la nature sans un traitement préalable après les traitements phytosanitaires par la grande majorité des producteurs (plus de 70 %). Moins de 30 % des producteurs (ceux n'ayant pas les

moyens de s'acheter les flacons entiers de pesticides) réutilisent les flacons vides de pesticides pour aller s'approvisionner chez les détaillants. Au niveau des producteurs utilisant des motopompes, les huiles de vidange des moteurs sont jetées sans traitement dans la nature. Aucun prélèvement et analyse de résidus ou d'impact sur l'environnement et sur le produit n'est effectué par les producteurs, ni par un organisme de contrôle. Pour ce qui concerne les nuisances environnementales inhérentes à leurs activités de production (bruit de motopompe, fumée du moteur, pollution par les huiles de vidange, odeur des pesticides, des engrais chimiques et fumiers, impact des pesticides sur la biodiversité), les producteurs enquêtés déclarent qu'aucune plainte n'a été adressée à leur encontre par qui ce soit.

## EVALUATION DE L'EFFICACITE DES PRODUCTEURS

### Estimation de l'efficacité technique

L'analyse de l'efficacité technique montre que le modèle est globalement significatif ( $p < 0,001$ ). Cependant, les termes d'efficacité suivent une distribution normale tronquée étant donné que  $\mu$  n'est pas statistiquement différent de zéro (Tableau 3). La présence d'inefficacité ou non a été analysée à travers les paramètres  $\sigma^2$  et  $y$ . Le paramètre  $\sigma$  est statistiquement différent de zéro au seuil de 1 %. Ceci traduit la présence

d'inefficacité dans la production de la grande morelle au niveau des sites de production étudiés. Le paramètre  $y$  est statistiquement différent de zéro au seuil de 1 %. La présence d'inefficacité dans la production de la grande morelle est due pour une grande part aux producteurs car  $\sigma_\mu^2$  représente 89 % de  $\sigma^2$ . Seules 11 % des inefficacités sont dues aux paramètres environnementaux (température, humidité...) qui ne sont pas sous le contrôle des producteurs. Le paramètre  $\eta$  étant statistiquement différent de zéro au seuil de 1 % et positif indique que l'inefficacité technique des producteurs décroît dans le temps. La production de la grande morelle des exploitations est négativement corrélée à la quantité de main d'œuvre et engrais chimiques (urée). Ceci traduit une sur-utilisation de ces inputs. La production est positivement corrélée à la quantité de semences. La production peut être augmentée par une augmentation de la quantité de semences car certains producteurs n'utilisent pas l'espace de production de façon efficace. Les coefficients des interactions  $Lqinsect*Lqmo$ ,  $Lqmo*Lqengorg$  et  $Lqengchim*Lqengorg$  étant statistiquement différents de zéro respectivement avec  $p < 0,05$  ;  $p < 0,01$  et  $p < 0,05$  et positifs, cela montre que la main d'œuvre et l'engrais organique d'une part, l'engrais chimique et l'engrais organique d'autre part, et enfin l'utilisation d'insecticide et la main d'œuvre sont substituables.

**Tableau 3** : Paramètres estimés de la fonction stochastique translogarithmique de production.

*Estimated parameters of the translogarithmic stochastic production function.*

Variables	Description	Coefficients	Erreurs standard
Lqinsect	Quantité d'insecticide utilisée (L/ha)	4,635	3,283
Lqfongi	Quantité de fongicide utilisée (Kg/ha)	1,772	4,508
Lqmo	Quantité de main d'oeuvre utilisée (Hjr/ha)	-4,282***	1,426
Lqsem	Quantité de semences utilisée (Kg/ha)	41,461**	16,737
Lqengchim	Quantité d'engrais chimiques utilisée (Kg/ha)	-64,713***	10,202
Lqengorg	Quantité d'engrais organiques utilisée (Kg/ha)	0,264***	0,057
Lqinsect2	Carré de la quantité d'insecticides utilisée	0,076	0,081
Lqfongi2	Carré de la quantité de fongicides utilisée	0,196***	0,044
Lqmo2	Carré de la quantité de main d'œuvre utilisée	-0,116***	0,026
Lqsem2	Carré de la quantité de semences utilisée	-8,451***	2,648
Lqengchim2	Carré de la quantité d'engrais chimiques utilisée	4,258***	0,603
Lqengorg2	Carré de la quantité d'engrais organiques utilisée	-0,668***	0,222
Lqinsect*Lqfongi	Interactif quantités d'insecticides et quantité de fongicides	-0,178*	0,096
Lqinsect*Lqmo	Interactif quantités d'insecticides et quantités de main d'œuvre	0,200**	0,079



Suite tableau 3

Variables	Description	Coefficients	Erreurs standard
Lqinsect*Lqsem	Interactif quantités d'insecticides et quantités de semences	-1,522*	0,794
Lqinsect*Lqengchim	Interactif quantités d'insecticides et quantité d'engrais chimiques	-1,617***	0,305
Lqinsect*Lqengorg	Interactif quantités d'insecticides et quantité d'engrais organiques	0,474	0,290
Lqfongi*Lqmo	Interactif quantités de fongicides et quantités de main d'œuvre	-0,176**	0,076
Lqfongi*Lqsem	Interactif quantités de fongicides et quantités de semences	-0,445	1,337
Lqfongi*Lqengchim	Interactif quantités de fongicides et quantités d'engrais chimiques	0,265	0,218
Lqfongi*Lqengorg	Interactif quantités de fongicides et quantités d'engrais organiques	-0,344	0,458
Lqmo*Lqsem	Interactif quantités de main d'œuvre et quantités de semences	-0,195	0,821
Lqmo*Lqengchim	Interactif quantités de main d'œuvre et quantités d'engrais chimiques	-0,522**	0,205
Lqmo*Lqengorg	Interactif quantités de main d'œuvre et quantités d'engrais organiques	0,869***	0,191
Lqsem*Lqengchim	Interactif quantités de semences et quantités d'engrais chimiques	-7,880**	3,744
Lqsem*Lqengorg	Interactif quantités de semences et quantités d'engrais organiques	1,333	2,859
Lqengchim*Lqengorg	Interactif quantités d'engrais chimiques et quantités d'engrais organiques	1,408**	0,563
Constante		225,647***	33,548
$\mu$		0,368	0,035
$\cdot\eta$		0,029***	0,011
$\cdot\sigma^2$		4,981***	0,124
$\cdot\gamma$		2,109***	0,194
Log de vraisemblance		432,22	
Khi-deux		548,46***	
Nombre d'observations		283	
Nombre d'exploitation		126	
Période			
Moyenne		2,2	
Maximum		5	
Minimum		1	

### Estimation de l'efficacité économique

Le paramètre  $\sigma^2$  est statistiquement différent de zéro au seuil de 1 % (Tableau 4). Ceci traduit la présence d'inefficacité économique. Le paramètre  $\gamma$  est statistiquement différent de zéro au seuil de 1 %. La présence d'inefficacité économique dans la production de la grande morelle dans les sites étudiés est due pour une grande part aux producteurs car  $\sigma^2_{\mu}$  représente 69 % de  $\sigma^2$ . Cependant, l'influence des effets aléatoires sur cette inefficacité économique n'est

pas négligeable (31 % des écarts). Le paramètre  $\eta$  n'est pas statistiquement différent de zéro, ce qui traduit que les inefficacités économiques ne varient pas en fonction des périodes. Une augmentation du coût de la main d'œuvre salariée amène les producteurs à utiliser de la main d'œuvre familiale, ce qui diminue les coûts de production. Une variation des prix unitaires de semences et engrais chimiques entraîne une variation significative du coût de production. Les exploitations ayant des rendements plus élevés ont des coûts moyens plus faibles.

**Tableau 4** : Paramètres estimés de la fonction Cobb-Douglas de coût dual.

*Estimated parameters of the Cobb-Douglas dual cost function.*

Variables	Description	Coefficients	Erreurs standard
Lrend	Rendement de morelle (Kg/ha)	-0,269***	0,055
Lpinsect	Prix unitaire d'insecticide (Fcfa)	0,048	0,036
Lpfongi	Prix unitaire de fongicide (Fcfa)	-0,160	0,100
Lpmo	Prix unitaire de la main d'oeuvre (Fcfa)	-0,233*	0,135
Lpsem	Prix unitaire de semences (Fcfa)	0,054***	0,001
Lpengchim	Prix unitaire d'engrais chimiques (Fcfa)	0,491***	0,112
Lpengorg	Prix unitaire d'engrais organiques (Fcfa)	0,797***	0,290
Constante		-63,634	209,366
$\mu$		77,751	209,358
. $\eta$		0,0002	0,0006
. $\sigma^2$		-4,821***	0,107
. $\gamma$		0,821***	0,201
Log de vraisemblance		337,331	
Khi-deux		569,47***	
Nombre d'observations		283	
Nombre d'exploitation		126	
Période			
Moyenne		2,2	
Maximum		5	
Minimum		1	

### Efficacité allocative

Une exploitation économiquement efficace est celle qui utilise de façon optimale ses intrants pour maximiser son rendement (efficacité technique) et alloue ses ressources financières de façon à minimiser les coûts de production (efficacité allocative). Une exploitation efficace doit avoir un score proche de l'unité (100 %). La moyenne des efficacités technique, allocative et économique sont respectivement de 0,689 ; 0,882 et 0,607 sur l'ensemble des sites (Tableau 5). Les efficacités technique et économique sont plus faibles à Houéyiho par rapport aux autres sites ( $P < 0,1$ ). Environ 30,95 % des producteurs

ont une efficacité technique supérieure ou égale à 0,7. Presque tous les producteurs ont une efficacité allocative supérieure ou égale à 0,7. La minorité des producteurs (5,55 %) a une efficacité économique supérieure ou égale à 0,7. L'efficacité allocative est statistiquement identique au niveau des systèmes S1, S2 et S3 (Kruskal Wallis = 0,2466 ;  $p = 0,9697$ ). Ces systèmes utilisent à la fois des pesticides chimiques de synthèse et biopesticides (LASER 480SC). Aucune différence significative dans l'efficacité technique n'a été observée entre les producteurs utilisant de biopesticides et ceux ne l'utilisant pas (Mann Withney = 1675 ;  $p = 0,4068$ ). Les producteurs utilisant les systèmes

S2 et S3 sont les plus efficaces allocativement et économiquement ( $p = 0,001$ ). Ces producteurs emblavent en général des

superficies plus élevées et achètent de grandes quantités d'intrants dont les coûts moyens reviennent moins chers.

**Tableau 5** : Caractéristiques descriptives et distribution de fréquence des indices d'efficacité des producteurs dans la production de la grande morelle.  
*Descriptive characteristics and frequency distribution of producers' efficiency indices in the production of the great nightshade.*

Efficacités	Houéyího (%)			Sèmè-kpodji (%)			Ouidah (%)			Ensemble (%)		
	ET	EA	EE	ET	EA	EE	ET	EA	EE	ET	EA	EE
[0,4 ; 0,5]	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57
[0,5 ; 0,6]	4,47	0,00	49,25	9,68	0,00	45,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,57
[0,6 ; 0,7]	68,65	1,49	44,78	61,29	0,00	45,16	57,14	0,00	0,00	60,71	64,28	0,79
[0,7 ; 0,8]	20,89	2,98	2,98	22,58	0,00	6,45	42,86	3,57	7,14	26,19	2,38	4,76
[0,8 ; 0,9]	4,47	64,18	0,00	3,22	48,39	3,22	0,00	50,00	0,00	3,17	57,14	0,79
[0,9 ; 1]	1,49	31,34	0,00	3,22	51,61	0,00	0,00	46,43	0,00	1,59	39,68	0,00
Moyenne	0,684	0,875	0,598	0,691	0,892	0,615	0,699	0,887	0,621	0,689	0,882	0,607
Ecart-type	0,055	0,057	0,056	0,070	0,057	0,063	0,031	0,065	0,057	0,055	0,059	0,058
Minimum	0,551	0,668	0,454	0,546	0,806	0,525	0,645	0,700	0,479	0,546	0,668	0,454
Maximum	0,916	0,983	0,766	0,976	0,970	0,829	0,797	0,980	0,738	0,976	0,983	0,829

## Déterminants des efficacités dans la production

Les résultats d'estimation des modèles Tobit sont présentés dans le **tableau 6**. Les modèles sont globalement significatifs au seuil de 1 %. L'âge du producteur, la superficie emblavée, la part de contribution de la grande morelle dans le revenu, le niveau d'instruction et la formation en maraîchage sont les principaux déterminants des efficacités technique, allocative et économique des producteurs de la grande morelle. La corrélation négative entre l'âge du producteur et l'efficacité technique, montre que les producteurs les plus âgés sont techniquement moins efficaces que les plus jeunes. Les coefficients de la variable superficie dans les modèles d'analyse de déterminants des efficacités allocative et économique sont positifs et significatifs. L'efficacité allocative et celle économique augmentent avec la taille de la superficie emblavée. Le coefficient de la variable « part de revenu » est positif et significatif dans les modèles d'analyse de déterminants des efficacités technique et économique. Plus la grande morelle contribue au revenu annuel du producteur, plus celui-ci est plus efficace techniquement et économiquement dans sa production. Les niveaux d'instruction secondaire et supérieure sont négativement et significativement corrélés à l'efficacité économique. Les producteurs ayant atteint le niveau secondaire et supérieur sont moins efficaces économiquement que ceux non instruits. Ceci s'explique par le fait qu'ils ont d'autres activités et consacrent moins d'énergies à la production. La variable « formation » est positivement et significativement associée à l'efficacité allocative. Les producteurs ayant reçu une formation dans la production ont une efficacité allocative plus élevée que les autres. Ceci est justifié par le fait que ces producteurs ont reçu des rudiments en matière de gestion financière de leur exploitation.

## DISCUSSION

### ANALYSE DE L'EFFICACITE DES PRODUCTEURS

Le rendement moyen en feuilles fraîches de grande morelle est de 16,916 tonnes/ha. Ce rendement est inférieur à celui rapporté par Bukenya-Ziraba et Bonsu (2004) qui est de 2,9

kg/m<sup>2</sup> soit 29 tonnes/ha de feuilles fraîches. Les valeurs plus élevées ont été observées à Sèmè-Kpodji et peuvent s'expliquer par une bonne fertilisation et une bonne gestion des ravageurs par les producteurs de ce site.

La moyenne des efficacités technique, allocative et économique sont respectivement de 0,689 ; 0,882 et 0,607. Une réduction de 31,1 % de l'usage des facteurs et de 11,8 % de l'allocation assurera aux maraîchers une production optimale et un profit maximum. L'inefficacité technique des producteurs décroît dans le temps. Du premier au 4<sup>ème</sup> cycle de production, l'efficacité des producteurs augmente. Ceci justifie une augmentation de la rentabilité à partir du 2<sup>ème</sup> cycle au 4<sup>ème</sup>. La main d'œuvre et les engrais chimiques sont sur-utilisés par les producteurs de la grande morelle. Ces mêmes résultats sont retrouvés par Arouna *et al.* (2010) dans la production d'anacarde au Bénin. Une réduction des quantités de ces facteurs va augmenter le profit des producteurs. De même la production peut être augmentée par une augmentation de la quantité de semences ou une utilisation plus rationnelle de l'espace. Les résultats de l'étude sont en accord avec ceux obtenus par Singbo et Lansink (2010) qui concluent que les maraîchers n'utilisent pas les engrais chimiques et semences de façon optimale. Les quantités utilisées d'insecticides sont positivement corrélées à la production, mais pas significatives. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la grande morelle est attaquée dans la période par des acariens rouges (*Tetranychus evansi*) résistants aux pesticides couramment utilisés (Azandeme Hounmalon, 2015). La recherche d'alternatives biologiques (biocontrol) aux pesticides chimiques de synthèse pour le contrôle de ces acariens pourrait améliorer le rendement de la production et réduire les risques sanitaires et environnementaux de l'usage des pesticides de synthèse (Ton *et al.*, 2000 ; Ahouangninou *et al.*, 2012).

### ANALYSE DES DETERMINANTS DES EFFICACITES DE LA PRODUCTION

Les producteurs les moins âgés sont techniquement plus efficaces. Ces résultats sont en désaccord avec ceux de Kane (2010) sur les exploitations familiales agricoles au Camérout, mais confirment ceux obtenus par Ogundari (2008) dans la production du riz au Nigeria. Ces résultats sont aussi en accord avec ceux de Coelli et Fleming (2004). Pour ces auteurs, les

plus jeunes sont plus disposés à accepter les nouvelles technologies et la vulgarisation. Cela peut aussi s'expliquer par le fait que les producteurs les plus âgés passent moins de temps sur leurs exploitations comparativement aux plus jeunes. L'efficacité allocative et celle économique augmentent avec la taille de la superficie emblavée. Les producteurs exploitant de grandes superficies achètent d'importantes quantités d'intrants, les prix de ces derniers leur reviennent moins chers comparés aux prix de petites quantités. Elles utilisent aussi le plus souvent des systèmes d'irrigation motorisés moins consommateurs en main d'œuvre agricole. Ces résultats corroborent ceux de Albouchi *et al.* (2005). Selon ces auteurs, les petites exploitations ne se permettent pas d'investir dans la construction de puits, contrainte limitant dans la production dans le bassin versant de Merguellil. La part de contribution de la grande morelle au revenu annuel est positivement corrélée aux niveaux des efficacités technique et économique. Plus la grande morelle contribue au revenu annuel du producteur, plus celui-ci est plus efficace techniquement et économiquement dans sa production. Ceci est conforme aux résultats de Arouna *et al.* (2010) qui ont montré que les producteurs les plus efficaces sont ceux qui tirent la grande partie de leur revenu dans l'anacarde. Concernant le niveau d'instruction, les producteurs ayant atteint le niveau secondaire et supérieur sont moins efficaces économiquement que ceux non instruits. Les producteurs ayant atteint le niveau secondaire n'ont souvent pas la production maraîchère comme seule activité. La diversification de leurs activités les amène à moins consacrer du temps à la production de la grande morelle et confier les activités de production à leurs employés. Les maraîchers ayant reçu une formation dans la production ont une efficacité allocative plus élevée que les autres. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces derniers ont été formés à la gestion financière de leurs exploitations et s'informent plus sur les coûts d'intrants et utilisent moins de main d'œuvre. L'expérience des maraîchers dans la production de la grande morelle est positivement corrélée aux niveaux d'efficacité mais non significatif. Les études de Arouna *et al.* (2010) et de Singbo et Lansink (2010) ont trouvé une corrélation significative entre niveaux d'efficacité et expériences respectives des producteurs d'anacarde et de

légumes. L'expérience des producteurs influencerait donc leur efficacité. Les producteurs ayant contact avec les agents de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA) sont plus efficaces que ceux n'ayant pas contact avec ces agents de vulgarisation agricole, mais cette différence n'est pas significative. Les travaux de Arouna *et al.* (2010) ont trouvé une association significative entre contact avec l'ATDA et efficacité. Les différences observées avec les résultats de ces auteurs pourraient s'expliquer par le fait que la grande morelle au cours des dernières années est fortement attaquée par les acariens devenus résistants à certains insecticides couramment utilisés. L'expérience professionnelle et le contact avec les agents de l'ATDA sont devenus insuffisants pour accroître la performance des producteurs. La recherche des moyens de lutte efficaces contre ces acariens suivie de contacts réguliers des producteurs avec les agents de vulgarisation agricole peut combler ces niveaux d'inefficacité observés chez les producteurs.

## CONCLUSION

A travers cette étude, les efficacités technique, allocative et économique des maraîchers dans la production de grande morelle (*Solanum macrocarpon*) ont été analysées dans trois sites de production en zone urbaine et périurbaine du sud-Bénin afin de déterminer les voies par lesquelles la productivité peut être améliorée en utilisant de façon efficiente les ressources. Les résultats obtenus montrent que la production de grande morelle au sud du Bénin est rentable. Les facteurs main d'œuvre et engrais chimique ne sont pas utilisés de façon optimale par les producteurs, ce qui entraîne des inefficacités dans la production. Une réduction de l'usage des facteurs et de l'allocation financière assurera aux maraîchers une production optimale et un profit maximum. L'âge du producteur, la superficie emblavée, la part de contribution de la grande morelle dans le revenu, le niveau d'instruction et la formation en maraîchage sont les principaux déterminants de l'efficacité des producteurs de grande morelle. Pour améliorer l'efficacité des producteurs et augmenter leur profit, il faudrait renforcer leur encadrement technique et aussi mettre en place des moyens efficaces de lutte contre les acariens.

## REFERENCES

- Ahouangninou C., Martin T., Edoh P., Bio-Bangana S., Samuel O., St-Laurent L., Dion S., Fayomi B. 2012. Characterization of health and environmental risks of pesticide use in market-gardening in the rural city of Tori-Bossito in Benin, West Africa. *Journal of Environmental Protection*. 3: 241-48. doi: 10.4236/jep.2012.33030
- Aigner D. J., Lovell C.A.K., Schmidt P. 1977. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*. 6: 21-27.
- Albouchi L., Bacta M., Jacquet F. 2005. Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes, Actes de séminaire Euro-méditerranéen. Sousse, Tunisie.
- Arouna A., Adégbola P.Y., Adékambi S.A. 2010. Estimation of the economic efficiency of cashew nut production in Benin. Third African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48<sup>th</sup> Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23, 17p. DOI: 10.22004/ag.econ.95913
- Arouna A., Dabbert S. 2009. «Estimating water use efficiency in agricultural production: a case study of dry season vegetable production by resource poor farmers in Benin.» Biophysical and Socio-economic Frames Conditions For the Sustainable Management of Natural Resources, Hamburg, October 2009, Tropentag 2009, pp. 06-08. [http://www.tropentag.de/2009/abstracts/links/Arouna\\_NMBofSYv.pdf](http://www.tropentag.de/2009/abstracts/links/Arouna_NMBofSYv.pdf)
- Azandeme-Hounmalon G.Y., Affoyon F., Assogba Komlan F., Tamo M., Fiaboe K.K.M., Kreiter S., Martin T. 2015. Farmer's control practice against the invasive red spider mite *Tetranychus evansi* Baker and Pritchard in Benin. *Crop Protection*. 76 : 53-58
- Battese G.E., Coelli T. 1995. A model of technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*. 20: 325-332.
- Bukenya-Ziraba R., Bonsu K.O. 2004. *Solanum macrocarpon* L. *Solanum macrocarpum* L., In : Grubben G.J.H., Denton O.A. (Editeurs), Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2. Légumes. [Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables. 2004]. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas/Backhuyes Publishers, Leiden, Pays-Bas/CTA, Wageningen, Pays-Bas, 544 - 548pp.
- Coelli T. 1996. A Guide to DEAP version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program, *Centre For Efficiency and Productivity Analysis working paper*, University of New England (Australia), 49 p.
- Coelli T., Fleming E. 2004. Diversification Economies and Specialisation Efficiencies in a Mixed Food and Coffee Smallholder Farming System in Papua New Guinea. *Agricultural Economics*. 31:229-239.
- Djimasra N. 2009. *Efficacité technique, productivité et compétitivité des principaux pays producteurs de coton*, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, 408 p.
- Farrell M.J. 1957. Measurement of Production Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*. 120:253-281.
- Gandonou E., Agbossou K., Sintondji L. 2007. *Etude de la durabilité environnementale et économique des pratiques d'irrigation en agriculture périurbaine et urbaine (APU) à Cotonou et sa périphérie Volet socio-économie*. FSA/UAC Bénin, 39p.
- Habwe F.O., Wanlingo K.M., Onyango M.O.A. 2008. Food processing and preparation technologies for sustainable utilization of African indigenous vegetables for nutrition security and wealth creation in Kenya, in G.L. Robertson, J.R. Lupien (eds) Using food science and technology to improve nutrition and promote national development, Ch 13, International Union of Food Science and Technologie, Ontario, Canada.
- Kane G.Q. 2010. Analyse des performances productives des exploitations familiales agricoles dans la localité de Zoetele au sud Caméroun. Mémoire de DEA/Master en Economie rurale et de l'environnement, Université de Yaoundé II, Caméroun, 119 p.
- Meeusen W., van den Broeck J. 1977. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*. 18: 435-444.
- Mensah A. C. G., Sikirou R., Assogba Komlan F., Yarou B. B., Midingoyi S-K., Honfoga J., Dossoumou M-E., Kpéra G. Nathalie et Djinadou A. K. Alice., 2019. Les techniques culturelles performantes du Gboma pour l'amélioration des revenus des maraîchers au Bénin. Référentiel Technico-Économique (RTE). MAEP/INRAB/FIDA/ProCar/PADMAR/ World Vegetable Center/Bénin. Dépôt légal N° 11556, du 26/08/2019, Bi-

- bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, 3ème trimestre. ISBN : 978-99982-53-16-2. 56 p
- Muhanji G., Roothaert R.L., Webó C., Stanley M. 2011. African indigenous vegetable enterprises and market access for small-scale farmers in East Africa. *International Journal of Agricultural sustainability*. 9(1): 194-202.
- Ogundari K. 2008. Resource-Productivity, allocative efficiency and determinants of technical efficiency of rainfed rice farmers: A guide for food security policy in Nigeria. *Agric.Econ-Czech*. 54(5): 224-233
- Singbo G.A., Lansink O.A. 2010. Lowland farming system inefficiency in Benin West Africa: directional distance and truncated bootstrap approach. *Food Sec.* 2:367-382. Doi:10.1007/s12571-010-0086-z
- Ton P., Tovigan S., Vodouhe S.D. 2000. Intoxications et Morts au Bénin par l'Endosulfan, In: *Pesticides & Alternatives*. Bulletin de Pesticide Action Network Africa, N. 10-Avril, 2000.
- Totin, H.S.V. (2010). Sensibilité des eaux souterraines du Bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : Stratégies de gestion durable. Thèse de Doctorat Unique en Géographie physique/Hydrographie, EDP/FLASH, 274 p.