

EFFICACITÉ TECHNIQUE DES PRODUCTEURS DE SOJA DU BÉNIN

S. KPENAVOUN CHOGO, F. OKRY**, F. SANTOS* & D. J. HOUNHOUGAN**

** Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 - République du Bénin,
Email : kpenavoun@gmail.com*

*** Université Nationale d'Agriculture, République du Bénin*

RÉSUMÉ

Le soja est devenu la première légumineuse au Bénin par son importance dans la réduction de la malnutrition observée surtout en milieu rural. Sa demande de plus en plus importante devient difficile à satisfaire. En même temps, les rendements obtenus par les producteurs au cours de ces dernières années sont faibles par rapport aux rendements potentiels. La présente étude vise à mesurer le niveau d'efficacité technique des producteurs de soja et à déterminer les facteurs qui influencent cette efficacité. La méthode des frontières stochastiques de production a été appliquée à un échantillon aléatoire de 93 producteurs de soja. Les résultats obtenus ont montré que le rendement moyen des producteurs de soja interviewés est de 886 kg/ha, faible par rapport au rendement espéré. Les indices d'efficacité technique varient entre 5% et 92% avec une moyenne de 61 %. Ce qui montre que la production pourrait être nettement améliorée avec les mêmes quantités de ressources productives que celles utilisées actuellement. Les producteurs les plus efficaces, ceux qui ont obtenu un score d'efficacité technique compris entre 0,80 et 0,92, ont atteint un rendement moyen de 1410 kg/ha et constituent 29% de l'échantillon. Le producteur le plus efficace a obtenu un rendement de 2500 kg/ha. L'utilisation de semences de soja de bonne qualité, l'application d'insecticides chimiques pour réduire la pression parasitaire et le sexe ont été les facteurs qui influencent positivement l'efficacité technique des producteurs de soja. Il importe donc de bien former les producteurs pour faciliter le respect des recommandations relatives aux itinéraires techniques, de promouvoir l'accès aux semences de soja de bonne qualité et la lutte intégrée des ravageurs avec l'utilisation des insecticides biologiques pour éviter l'usage excessif des pesticides chimiques nuisibles à la santé humaine.

Mots clés : soja, efficacité technique, rendement, frontière de production stochastique, Bénin

TECHNICAL EFFICIENCY OF SOYBEAN PRODUCERS OF BENIN

ABSTRACT

Soybeans has become the first leguminous in Benin because of its importance in reducing the high rate of malnutrition observed especially in rural areas. Its increasingly high demands become difficult to satisfy. At the same time, the yields obtained by the producers in recent years are low compared to the potential yields. This study aims to measure the level of technical efficiency of soybean producers and to determine the factors influencing this efficiency. The stochastic frontier production was applied to a random sample of 93 soybean producers. The results showed that the average yield obtained by the interviewed farmers was 886 kg/ha. This is low compared to the potential yield. The technical efficiency indices range from 5% to 92% with an average of 61 %. This shows that production could be significantly improved even with the same use of productive resources. The most efficient producers, those who achieved a technical efficiency score between 0.80 and 0.92, had an average yield of 1410 kg/ha. The most efficient producer obtained a yield of 2500 kg/ha. The use of good quality seeds, the use of chemical insecticide to reduce parasitic pressure and gender positively influence the technical efficiency of soybean producers. It is therefore important to amplify farmers training to improve their level of management, to promote access to good quality soybean seeds and integrated pest management with the use of biological insecticides to avoid the excessive use of chemical pesticides that are harmful to human health.

Keywords : soybean, technical efficiency, yield, stochastic production frontier, Benin

INTRODUCTION

Au Bénin, la plupart des ménages pauvres (74 %) est en insécurité alimentaire. Environ 34 % des ménages du Bénin sont en sécurité alimentaire limite (PAM, 2014). Les ménages avec une consommation alimentaire pauvre consomment principalement des aliments de base (céréales/tubercules) avec un peu de légumes et d'huile. Très peu diversifié, leur régime alimentaire est caractérisé par des insuffisances majeures (aliments riches en protéines animales, fruits, lait et produits laitiers). C'est dans ces conditions que le soja, une légumineuse très riche en protéine, est souvent utilisé contre la malnutrition et comme un produit de substitution en milieu rural.

Le soja offre plusieurs possibilités de transformation pour l'alimentation humaine contribuant ainsi à l'équilibre alimentaire et nutritionnel de la population (OCDE & FAO, 2016). Les produits dérivés du soja pour l'alimentation humaine sont nombreux : huile, yaourt de soja, fromage de soja, germes de soja, farine infantile, et leur consommation s'est rapidement répandue dans toutes les couches de la population. En particulier, le fromage de soja peut valablement remplacer la viande ou le poisson en milieu rural. Les germes de soja présentent l'avantage de contenir, outre les vitamines B1 et B2, la vitamine C qui n'est pas présente dans les graines non germées. Les germes constituent un légume frais. La farine de soja, pure ou mélangée à d'autres farines, sert à plusieurs préparations : bouillie, pâte, biscuits, beignets, galettes etc. Par ailleurs, le soja est une légumineuse avec de nombreux intérêts agronomiques (Metohoue, 1994). Les plants de soja améliorent la structure du sol, le protègent contre l'érosion et en activent la vie microbienne. Son insertion dans les rotations culturales contribuerait à relever le niveau de fertilité des terres pauvres (Badou *et al.*, 2013). De même, le soja satisfait la demande croissante d'huile végétale et d'aliments pour les animaux. Ainsi, la production du soja a permis aux huileries spécialisées dans la fabrication d'huile végétale de répondre au déficit de graines de coton intervenu suite aux contre-performances notées dans la filière coton (MAEP, 2008).

A côté de l'anacardier, le soja apparaît aujourd'hui comme l'une des spéculations qui se positionnent de plus en plus en tant que culture de rente pour les ménages ruraux en remplacement même du coton (Ogouvide & Sodjinou, 2005).

La promotion du soja a démarré au Bénin depuis les années 1980s. Mais, la production de soja n'a connu une réelle expansion qu'à partir de 2008. Selon les statistiques du MAEP (2015), au cours de la période 2008-2015, la

production de soja est passée de 31110 tonnes en 2008 à 99738 tonnes en 2015, soit un taux annuel moyen d'accroissement de 16 % ces huit dernières années. La production annuelle moyenne est estimée à 72891 tonnes au cours de la même période contre 5002 tonnes au cours de la période 1995-2007. Au cours de la période 2008-2015, le rendement annuel moyen a varié de 840 kg/ha à 1020 kg/ha, soit un taux annuel moyen d'accroissement de 2,5 %. Le rendement moyen au cours de la période 2008-2015 est estimé à 944 kg/ha contre 707 kg/ha au cours de la période 1995-2007. Les productivités de la terre ont donc été améliorées mais demeurent loin des attentes car le rendement potentiel du soja est estimé à 3 t/ha pour les variétés de soja améliorées promues au Bénin (INRAB, 1993).

Les niveaux de production annuels de soja ne permettent pas de satisfaire la demande de plus en plus forte de cette importante légumineuse (Ogouvide & Sodjinou, 2005). Il est donc important d'explorer les possibilités d'améliorer la production du soja au Bénin surtout que les ONG misent sur la promotion de cette légumineuse pour atténuer les problèmes de malnutrition qui persistent en milieu rural. Pour cela, toute nouvelle politique devrait se baser sur le niveau d'efficacité technique de ceux qui produisent actuellement le soja. Les faibles rendements obtenus par les producteurs suggèrent un problème dans la gestion des ressources productives. L'amélioration des rendements de ceux qui produisent actuellement le soja peut susciter l'engouement d'autres producteurs à s'adonner à cette culture. C'est pourquoi, l'objectif de cette étude est de mesurer l'efficacité technique des producteurs des communes concernées afin d'identifier les gains potentiels de profit non exploités. En effet, il est possible d'augmenter la production en améliorant simplement le niveau d'efficacité technique des producteurs de soja sans qu'ils aient besoin d'augmenter leurs facteurs de production. Cette étude permettra aussi d'identifier les facteurs qui déterminent l'efficacité technique des producteurs de soja des communes étudiées. Les résultats de cette étude peuvent servir à orienter les interventions de la plate-forme multi-acteurs mise en place depuis 2011, le Consortium Soja Bénin (CSB), pour promouvoir les chaînes de valeur de soja.

Dans la littérature, seules quelques études ont été publiées sur l'efficacité technique des producteurs de soja et les facteurs qui influencent cette efficacité. On peut citer des études réalisées au Nigéria par Otitoju & Arene (2010), Amaza & Ogundari (2008), Ajao *et al* (2012); au Ghana par Etwire *et al* (2013) et au Viet Nam par Khai *et al* (2008). Au Bénin, peu d'études ont été faites sur l'efficacité technique des producteurs de soja. On peut citer principalement l'étude de Labiyi *et al.* (2012) réalisée dans les communes de Savè et de Ouéssè et celle de Mounirou *et al.* (2016) dans la commune de Savè. Les niveaux

moyens d'efficacité technique des producteurs de soja estimés par ces auteurs sont respectivement 64 % et 56 %. Comme on pourrait le constater, ces études ne couvrent que 2 communes d'un seul département du Bénin, celui des Collines. La présente étude couvre une zone plus large de production de soja regroupant 3 départements du Bénin: Zou, Collines et Borgou.

Dans la section suivante de ce document seront présentées les données utilisées et les méthodes d'analyse des données. La troisième section est consacrée à la présentation et à la discussion des résultats obtenus. La dernière section est réservée aux principales conclusions de l'étude.

MÉTHODOLOGIE

Données utilisées

Les données utilisées dans cette étude sont issues d'une enquête menée dans trois départements du Bénin : Borgou, Zou et Collines. Dans ces départements, sept communes ont été tirées au hasard dans l'ensemble des principales communes productrices de soja. Avec l'aide des conseillers agricoles, un à trois villages sont choisis dans chaque commune. Pour retenir les chefs d'exploitation à enquêter, les enquêteurs ont effectué dans chaque village, le recensement exhaustif de toutes les exploitations. Mais, seules les exploitations qui produisent de soja constituent la base de sondage. Au total, la taille de l'échantillon est de 93 producteurs sélectionnés de façon aléatoire simple dans l'ensemble des producteurs de soja de chaque village. Ces données ont été collectées au cours de la campagne agricole 2015 - 2016. Elles ont été obtenues essentiellement grâce à des interviews en utilisant un questionnaire structuré. Ces données ont été complétées par la documentation et les observations faites sur le terrain.

Méthode d'analyse

L'efficacité technique ou productive mesure la capacité ou le degré de technicité de l'exploitant agricole à réaliser des combinaisons rentables de ses ressources productives. Sa mesure a toujours été une préoccupation des agroéconomistes. Farrell (1957) a proposé une méthode de mesure de l'efficacité technique d'une entreprise en estimant la frontière de production des entreprises qui sont "pleinement efficaces". Selon lui, l'efficacité technique est réalisée lorsque, pour un niveau donné de production, il est impossible d'obtenir une quantité produite plus importante avec les mêmes quantités d'inputs. Toutefois, toutes les entreprises ne sont pas pleinement efficaces. Des améliorations apportées aux travaux de Farrell ont permis de calculer pour chaque entreprise un indice d'efficacité technique dont la valeur est comprise entre 0 et 1. Dans ces

conditions, l'efficacité technique d'une exploitation agricole à une période donnée est le rapport entre la production observée et la production qui pourrait être obtenue si l'exploitation était pleinement efficace. Plus, l'indice d'efficacité technique d'une exploitation agricole est proche de 1, plus elle est efficace techniquement.

Depuis la publication de Farrell, des améliorations aux méthodes d'estimation de la frontière de production ont permis de les classer selon la forme de la frontière (approche paramétrique ou non paramétrique) et selon la nature et les propriétés supposées de l'écart entre la production observée et la production optimale (approches déterministe ou stochastique).

Approche non paramétrique

L'approche non paramétrique a la particularité de n'imposer aucune forme préétablie à la frontière de production. Elle utilise principalement la méthode d'analyse par enveloppement des données (en anglais "Data Envelopment Analysis", DEA) introduite par Charnes *et al.* (1978), avec l'hypothèse de rendements d'échelle constants comme ce fût le cas de l'étude de Farrell (1957). Néanmoins, cette hypothèse a été relâchée plus tard par Banker *et al.* (1984) avec la méthode DEA compatible avec des rendements d'échelle variables. La méthode de DEA consiste à utiliser la programmation mathématique pour construire une frontière de production en fragments à partir de l'ensemble des données des unités de production. Le principal inconvénient de cette approche est qu'elle ne prend pas en compte les variations aléatoires qui pourraient influencer l'efficacité ou l'inefficacité d'une entreprise. On dit de cette approche qu'elle est déterministe. Elle est par ailleurs très sensible aux observations extrêmes, qui sont en grande partie responsables de la détermination de cette fonction (Coelli *et al.* 2005). Toutefois, l'approche non paramétrique est souvent recommandée dans l'estimation des fonctions de production frontière concernant plusieurs outputs. Dans cette étude, elle ne sera pas utilisée.

Approche paramétrique

Une frontière de production, de coût ou de profit sera dite paramétrique, si l'on impose une forme fonctionnelle adaptée (Cobb-Douglas, Translog, etc.) à la fonction de production. La nature des écarts entre la production observée et la frontière de production différencie les frontières stochastiques des frontières déterministes. En effet, si l'on suppose que les écarts sont expliqués uniquement par l'inefficacité du producteur, on qualifie la frontière de nature déterministe; si par contre, on estime que les écarts sont expliqués à la fois par l'inefficacité du producteur et par des éléments aléatoires qui ne dépendent pas du producteur, on dit que la frontière est de nature stochastique. Dans le cas

du secteur agricole, assez risqué, l'approche paramétrique stochastique est la plus appropriée et elle a été appliquée dans cette étude.

L'approche paramétrique stochastique a été initialement et indépendamment proposée par Aigner *et al.* (1977) et Meeusen et van den Broeck (1977) pour prendre en compte les limites de la fonction frontière déterministe. Jondrow *et al.* (1982) ont contribué à l'amélioration de cette méthode avec la possibilité d'estimer l'indice d'efficacité technique de chaque entreprise.

La formulation se présente comme suit :

$$Y_i = f(X; \beta) e^{V_i - U_i} \text{ avec } i = 1, 2, \dots, n \text{ (n = taille de l'échantillon)} \dots \dots \dots (1)$$

La variable Y_i désigne la production de la firme i , les variables X désignent les quantités de chacun des inputs qui ont servi à produire Y_i ; β est le vecteur des paramètres associés aux variables X à estimer.

Le terme d'erreur est scindé en deux parties V_i et U_i . Le terme aléatoire V_i est associé aux facteurs aléatoires qui ne sont pas sous le contrôle de la firme comme l'environnement économique, le climat, les inondations, l'invasion d'oiseaux dévastateurs, etc., aux erreurs de mesure et toute autre erreur statistique. U_i représente la variable aléatoire traduisant l'inefficacité technique, en termes de production de la ferme i . Par hypothèse, les V_i sont indépendamment et identiquement distribués (iid) selon la loi normale $(0, \sigma_v^2)$, et les U_i sont définis positivement avec une distribution asymétrique et indépendante de celle des V_i . Les U_i suivent des distributions semi-normales, normales tronquées en zéro ou des distributions exponentielles.

Les paramètres de la frontière de production stochastique ont été estimés par la Méthode du Maximum de Vraisemblance. L'interprétation des résultats obtenus a été basée sur un certain nombre d'indicateurs.

Le ratio de variance $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$ (avec $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$) est un indicateur important dans la spécification et la validation du modèle. Il mesure la part de la contribution de l'erreur due à l'inefficacité (γ) ou de l'erreur aléatoire $(1 - \gamma)$ dans la variabilité totale. Ce ratio est compris entre 0 et 1. La valeur 0 du ratio indique qu'il n'y a pas de variation technique entre les producteurs et que la variation totale est due aux erreurs aléatoires. Dans ce cas, on peut conclure que la frontière stochastique n'est pas la bonne spécification du modèle et que l'estimation de la fonction de production par la méthode des moindres carrés ordinaires est suffisante pour décrire la technologie. Par contre, si $\gamma = 1$, il ressort que la totalité de la variation observée entre les producteurs est due à l'inefficacité technique. La frontière déterministe serait alors préférable à la frontière stochastique.

Le paramètre λ mesure le ratio des écart-types de l'erreur due à l'inefficacité technique et de l'erreur aléatoire.

L'indice d'efficacité technique (EFFICACITE) de la firme i est donné par la formule suivante:

$$EFFICACITE_i = e^{-U_i} \text{ où } i = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (2)$$

$$EFFICACITE_i = \frac{f(X; \beta)e^{V_i - U_i}}{f(X; \beta)e^{V_i}} = \frac{Y_i}{f(X; \beta)e^{V_i}} \dots \dots \dots (3)$$

Les fonctions de production de type Cobb-Douglas et de type logarithmique transcendantale (communément appelée "translog") sont les formes fonctionnelles les plus rencontrées en économie. Ces deux types de fonction de production ont été testés dans cette étude et le test du ratio de vraisemblance a montré que la forme translog peut être réduite à la forme Cobb-Douglas. Ainsi, empiriquement, la fonction de production frontière stochastique de type Cobb-Douglas est le modèle utilisé dans cette étude pour estimer le niveau de l'efficacité technique des producteurs de soja du Bénin. Elle se présente comme suit :

$$LnPRODUCTION_i = \beta_0 + \beta_1 LnSUPERFICIE_i + \beta_2 LnSEMENCE_i + \beta_3 LnTRAVAIL_i + \beta_4 LnCAPITAL_i + V_i - U_i \text{ avec } i = 1, 2, \dots, n \text{ (n étant la taille de l'échantillon)} \dots \dots \dots (4)$$

Le Tableau 1 définit les variables du modèle. Selon la théorie néoclassique du producteur, le signe positif est attendu pour tous les facteurs de production.

Tableau 1. Description des variables de la fonction de production frontière

Variable	Description
PRODUCTION	Production totale de soja récoltée (kg)
SUPERFICIE	Superficie de soja emblavée par chaque producteur. Elle est exprimée en hectares (ha)
SEMENCE	Quantité de semences utilisée en kg
TRAVAIL	Quantité totale de main d'œuvre utilisée exprimée en homme-jour
CAPITAL	Ensemble des coûts fixes (amortissement + location d'équipements) et des coûts variables (dépenses d'achat des engrais minéraux et organiques, des herbicides, des insecticides) exprimés en FCFA.

1 Euro = 655,957 FCFA

L'analyse des déterminants de l'efficacité technique a été conduite en estimant un modèle de régression linéaire dont la variable dépendante est l'indice d'efficacité technique obtenu suite à l'estimation de la fonction frontière stochastique précédente.

Le modèle retenu est le suivant :

$$\text{EFFICACITE}_i = a_0 + a_1\text{SEXE}_i + a_2\text{AGE}_i + a_3\text{AGE}_i^2 + a_4\text{PRIMAIRE}_i + a_5\text{SECONDAIRE1}_i + a_6\text{SECONDAIRE2}_i + a_7\text{QSEMENCE}_i + a_8\text{UINSECTICIDE}_i + a_9\text{CREDIT}_i + a_{10}\text{ZOU}_i + a_{11}\text{COLLINES}_i + \varepsilon_i \dots (5)$$

Tableau 2. Description des variables du modèle

Variables	Description	Type de variable
Variable dépendante		
EFFICACITE	Indice d'efficacité technique du producteur de soja	Quantitative continue
Variables explicatives		
SEXE	Sexe du chef d'exploitation	Qualitative muette : 1 si le producteur est de sexe masculin et 0 sinon
AGE	Age du chef d'exploitation	Quantitative continue
AGE ²	Age au carré du chef d'exploitation	Quantitative continue
PRIMAIRE	Niveau d'instruction primaire	Qualitative muette : 1 si le producteur a atteint le niveau primaire et 0 sinon
SECONDAIRE1	Niveau d'instruction secondaire 1 ^{er} cycle	Qualitative muette : 1 si le producteur a atteint le niveau secondaire 1 ^{er} cycle et 0 sinon
SECONDAIRE2	Niveau d'instruction secondaire 2 nd cycle	Qualitative muette : 1 si le producteur a atteint le niveau secondaire 2 nd cycle et 0 sinon
QSEMENCE	Qualité de la semence soja utilisée	Qualitative muette : 1 si le producteur achète la semence dans une structure agréée et 0 sinon
CREDIT	Accès au crédit	Qualitative muette : 1 si le producteur a accès au crédit et 0 sinon
UINSECTICIDE	Utilisation de l'insecticide	Qualitative muette : 1 si le producteur utilise l'insecticide pour lutter contre les ravageurs de soja et 0 sinon
COLLINES	Zone de production située dans le département des Collines	Qualitative muette : 1 si le producteur est dans les Collines et 0 sinon
ZOU	Zone de production située dans le département du Zou	Qualitative muette : 1 si le producteur est dans le Zou et 0 sinon

Les variables de ce modèle sont définies dans le tableau 2. Depuis février 2016, le Projet Semences Soja (ProSeSS) a été mis en œuvre pour promouvoir la production et l'utilisation des semences de soja de qualité. La variable QSEMENCE a été introduite dans le modèle pour mesurer l'effet de l'utilisation des semences de qualité de soja sur l'efficacité technique des producteurs.

La variable zone de production a trois modalités: Collines, Zou et Borgou. Les deux modalités "Zou" et "Collines" ont été introduites dans le modèle et la modalité "Borgou" est prise comme référence. Cette variable a été introduite dans le modèle pour prendre en compte les caractéristiques des conditions de production de soja. De même, la variable "Niveau d'instruction" a 4 modalités:

aucun niveau, niveaux primaire, secondaire1 et secondaire2. Aucun producteur n'a atteint le niveau supérieur. Les modalités "primaire", "secondaire1" et "secondaire2" ont été introduites dans le modèle et la modalité "aucun niveau" est prise comme référence. Le niveau d'instruction permet d'améliorer la capacité d'"absorption technologique" du producteur et il est espéré un effet positif de cette variable sur le niveau d'efficacité technique des producteurs de soja.

Les principaux ennemis du soja sont les insectes. Les plus dangereux sont les mouches, les punaises, les pucerons, les cochenilles et les coléoptères. Ils attaquent toute la plante (partie végétative jusqu'à la fleur et le fruit). On note également la présence de champignons et des nématodes qui s'attaquent aux racines arrêtant ainsi la croissance de la plante. De plus en plus des insecticides chimiques, sources de résidus toxiques, sont utilisés par les producteurs. La variable UINSECTICIDE a été introduite dans le modèle pour mesurer l'ampleur du phénomène et attirer l'attention sur l'importance de développer des méthodes intégrées de lutte contre les ravageurs de soja. Cela permettra de réduire la quantité des insecticides chimiques utilisés et garantir la qualité de soja produit.

Les producteurs ont parfois besoin de financement externe pour mener à bien leur activité de production. La variable CREDIT a été introduite dans le modèle pour mesurer l'importance du capital externe sur le niveau d'efficacité technique des producteurs de soja.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Analyse du niveau d'efficacité technique des producteurs de soja

Le Tableau 3 présente les statistiques descriptives des variables de la fonction frontière de production. La superficie moyenne des parcelles de production du soja est de 1,7 ha. La production annuelle moyenne de graines de soja obtenue par producteur est de 1478 kg, soit un rendement moyen de 886 kg/ha, inférieur au rendement moyen obtenu au cours de la période 2008-2015 (MAEP, 2015). Au cours de la campagne 2014-2015, le rendement moyen obtenu est de 1020 kg/ha. Ces informations indiqueraient des niveaux d'efficacité technique faibles des producteurs étudiés.

Tableau 3. Statistiques descriptives des variables du modèle de la fonction frontière de production

Variables	Moyenne	Ecart-type
PRODUCTION (kg)	1477,5	2124,8
SUPERFICIE (ha)	1,7	1,7
SEMENCE (kg)	62,6	80,4
CAPITAL (FCFA)	127845	160385
TRAVAIL (homme-jour)	82,6	89,5
Productivité partielle		
RENDEMENT (kg/ha)	885,5	532,6
SEMENCE (kg/ha)	34,1	15
TRAVAIL (homme-jour/ha)	62,5	51,3
CAPITAL (FCFA/ha)	84715	77630

Pour faire face à certaines opérations culturales à des moments critiques, les producteurs ont recours à la main-d'œuvre extérieure. Les trois quarts des producteurs ont recours à la main-d'œuvre occasionnelle rémunérée pour le défrichage, le labour, le sarclage et la récolte. Ce qui montre l'existence du marché de travail agricole dans la zone d'étude. Les producteurs qui ont recours à cette main-d'œuvre dépensent en moyenne 29480 FCFA/ha par cycle de production. Au total, en dehors des semences, les producteurs dépensent en moyenne 84715 FCFA/ha par cycle de production de soja. La quantité de semence utilisée par hectare est en moyenne de 34 kg/ha, ce qui est conforme aux normes recommandées de 30 à 35 kg/ha (INRAB, 1993).

Le tableau 4 présente les résultats de la fonction de production frontière stochastique estimée par la Méthode du Maximum de Vraisemblance (MMV). Le modèle est globalement significatif au seuil de 1 %. Les coefficients des facteurs de production sont positifs comme attendus et tous les facteurs de production ont un effet significatif sur la production de soja. La présence d'inefficacité technique est analysée en s'appuyant sur le paramètre σ_u^2 .

L'hypothèse nulle testée est que tous les producteurs de soja étudiés sont techniquement efficaces. Le coefficient du paramètre σ_u^2 dans l'équation de la fonction de production est significativement différent de zéro au seuil de 1 %. En conséquence, une partie de l'inefficacité des exploitants est due aux erreurs techniques.

Le paramètre γ qui permet de mesurer la contribution de l'erreur due à l'inefficacité technique (γ) dans la variabilité totale de l'output est estimé à 91 %. Ainsi, seuls 9 % des écarts entre la production observée et la production potentielle des producteurs sont liés à des effets aléatoires y compris des erreurs de mesures, ce qui peut provenir de la nature des données. En conséquence, les producteurs de soja sont principalement responsables de l'inefficacité technique observée. Dans l'ensemble, les producteurs du soja

étudiés sont donc inefficaces techniquement. Le niveau moyen d'efficacité est de 61%. Il existe donc des possibilités d'augmentation de la production en utilisant les mêmes quantités de ressources que celles disponibles actuellement.

Tableau 4. Résultats de l'estimation de la fonction de production frontière

Variabes	Coefficients (MMV)
CONSTANTE	4,059(5,89)***
SUPERFICIE	0,343(3,39)***
TRAVAIL	0,235(5,55)***
CAPITAL	0,097(1,74)*
SEMENCE	0,350(4,11)***
NOMBRE D'OBSERVATIONS	93
Prob>Chi2	0,000
LOG FONCTION MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE	-75,372
σ_u^2	-0,905(-3,36)***
λ (lambda) = σ_u/σ_v	3,21
σ^2	0,443
γ (gamma) = σ_u^2/σ^2	0,91
σ_u	0,636
σ_v	0,198
EFFICACITE TECHNIQUE MOYENNE	0,61

*** significatif au seuil de 1% ($p < 0,01$) ; ** significatif au seuil de 5% ($p < 0,05$) ; * significatif au seuil de 10% ($p < 0,10$).

La Figure 1 montre la distribution des indices d'efficacité estimés. Les indices d'efficacité varient entre 5 % et 92 %. Il y a donc un écart considérable entre le score minimum et le score maximum.

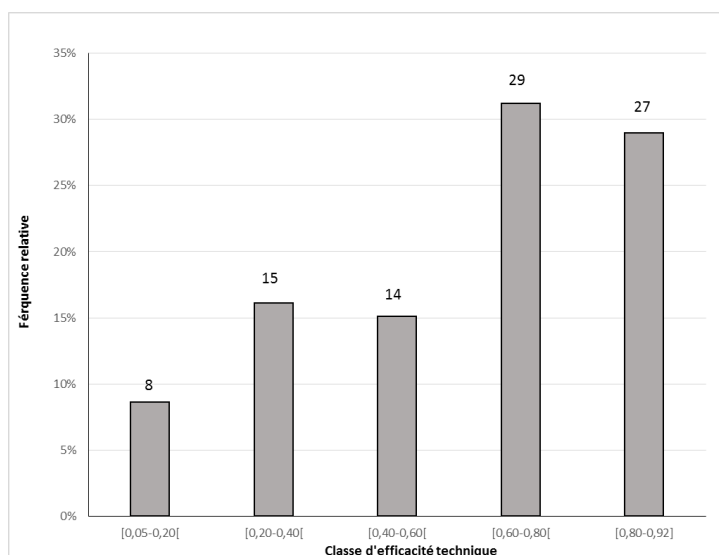


Figure 1. Distribution des scores d'efficacité technique des producteurs de soja

Les résultats obtenus montrent que seul un tiers environ des producteurs de soja (29 %) ont un meilleur niveau d'efficacité compris entre 80 et 92 %. Ils peuvent être considérés comme des exploitations de tête qui peuvent servir de référence pour conseiller les autres exploitants agricoles.

La Figure 2 montre une corrélation positive entre le niveau d'efficacité technique et le rendement. Les producteurs les plus efficaces ont atteint un rendement moyen de 1410 kg/ha en combinant leurs facteurs de production. Ce rendement est certes supérieur au rendement moyen du pays mais il est encore assez loin du potentiel de 2500 - 3000 kg/ha (INRAB, 1993). Toutefois, le producteur le plus efficace a obtenu un rendement de 2500 kg/ha proche du potentiel espéré. Si les erreurs techniques sont corrigées, avec les mêmes ressources, le producteur moyen pourrait augmenter sa production jusqu'à 34 % [$1 - (61/92)$] s'il arrivait à atteindre le niveau du producteur le plus efficace techniquement.

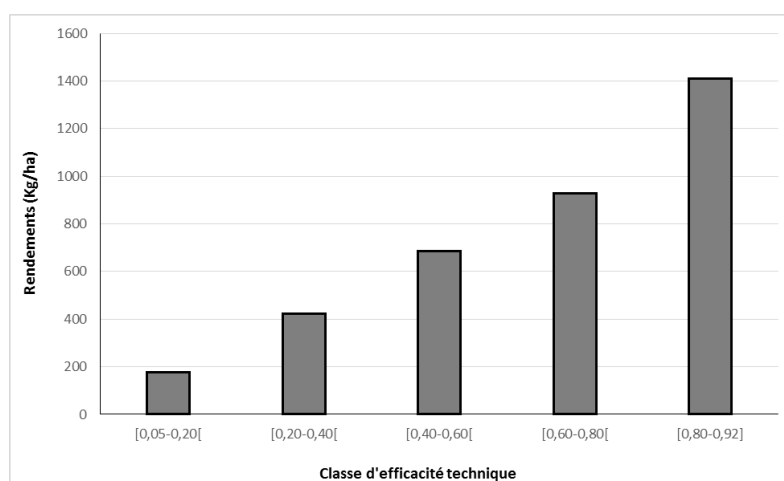


Figure 2. Evolution du rendement de soja (kg/ha) en fonction des classes d'efficacité

Les résultats obtenus sont proches de ceux obtenus par Mounirou & Balogoun (2016), Labiyi *et al* (2012) puis Etwire *et al.* (2013). En effet, Mounirou & Balogoun (2016) ont estimé à 56 % le niveau d'efficacité technique moyen des producteurs de soja de la commune de Savè du Bénin. Labiyi *et al* (2012) ont obtenu un niveau d'efficacité technique de 64 % en ce qui concerne les producteurs de soja des communes de Savè et de Ouessè du Bénin. Les producteurs de soja des districts de Saboba et de Chereponi dans le Nord du Ghana ont un niveau d'efficacité technique moyen de 53 % (Etwire *et al.*, 2013). Tous ces auteurs ont donc conclu que les producteurs sont inefficaces

techniquement et ils pourraient augmenter significativement leur production en adoptant les meilleures pratiques de production du soja.

Toutefois, le niveau d'efficacité des producteurs de soja étudiés au Bénin est faible par rapport à celui estimé au Nigéria (Amaza & Ogundari, 2008) ; Otitoju & Arene, 2010) et au Vietnam (Khai *et al.*, 2008). Le niveau d'efficacité technique moyen des producteurs de soja de l'État de Benue au Nigéria est de 73 % (Otitoju & Arene, 2010) et celui des producteurs des savanes guinéennes du même pays est de 79 % (Amaza & Ogundari, 2008). L'accès à la traction animale pourrait expliquer cette différence de niveau d'efficacité entre les producteurs du Bénin et ceux du Nigéria. En effet, contrairement aux producteurs étudiés, la plupart des producteurs du nord du Nigéria s'appuient sur la traction animale pour effectuer les opérations culturales telles que le labour et le billonnage (Amaza & Ogundari, 2008). Cette corrélation entre l'accès à la technologie et l'efficacité des producteurs de soja est aussi mise en évidence par les résultats de Khai *et al.* (2008) qui ont trouvé un niveau d'efficacité technique moyen de 74 % pour les producteurs de soja du Vietnam. Ce niveau d'efficacité technique élevé au Vietnam est dû à la mécanisation de la production de soja.

Analyse des déterminants de l'efficacité technique

En vue d'examiner les déterminants de l'efficacité de production de soja, la régression linéaire multiple a été appliquée. Les statistiques descriptives des variables incluses dans le modèle de régression présentées dans le tableau 5 montrent que l'âge moyen des producteurs est de 44 ans. L'activité de production du soja est dominée à 85 % par les hommes.

Tableau 5. Statistiques descriptives des variables du modèle

Variables quantitatives	Moyenne	Ecart-type
AGE	44	12
Variables qualitatives	Effectifs	Proportion %
SEXE (1 si masculin)	79	85
PRIMAIRE	18	19,3
SECONDAIRE1	12	13
SECONDAIRE2	5	5,4
QSEMENCE	79	85
UINSECTICIDE	25	26,8
CREDIT	24	25,8
ZOU	21	22,6
COLLINES	30	32,3

Seuls 38 % des producteurs de soja ont atteint au moins le niveau primaire. Environ 85 % des producteurs de soja utilisent des semences de qualité. Moins d'un tiers (27 %) des producteurs utilisent l'insecticide chimique pour limiter

les pertes post récoltes. Par ailleurs, 26 % des producteurs de soja ont accès au crédit pour faire face aux dépenses de production. De plus, les producteurs enquêtés dans les départements des Collines, du Zou et du Borgou représentent respectivement 32 %, 23 % et 45 % de l'échantillon.

Le Tableau 6 présente les résultats de l'estimation des facteurs déterminant l'efficacité technique des producteurs de soja du Bénin.

Le modèle de régression linéaire est globalement significatif au seuil de 1 %. Cela indique que tous les coefficients des variables explicatives introduites dans le modèle ne sont pas simultanément nuls. Autrement dit, il existe au moins un facteur qui permet de discriminer les producteurs de soja qui sont efficaces de ceux qui ne le sont pas.

Les résultats du modèle indiquent qu'il y a trois variables qui sont en corrélation positive avec l'efficacité technique: les variables "sexe" et "utilisation d'insecticide chimique" significatives au seuil de 1 % et la variable "qualité de semences de soja utilisées" significative au seuil de 5 %. L'indice d'efficacité technique de ceux qui utilisent des semences de qualité dépasse celui des producteurs qui prélèvent leurs semences des récoltes antérieures de 17,5 points de pourcentage.

Tableau 6. Déterminants de l'efficacité technique des producteurs de soja

Variabes	Coefficients	Erreur standard	T-Stat	P> T
CONSTANTE	0,449	0,343	1,30	0,195
SEXE	0,203***	0,068	2,96	0,004
AGE	-0,007	0,016	-0,42	0,672
AGE ²	0,00005	0,0002	0,29	0,771
PRIMAIRE	0,029	0,065	0,44	0,662
SECONDAIRE1	-0,084	0,075	-1,12	0,265
SECONDAIRE2	0,117	0,110	1,07	0,288
QSEMENCE	0,175**	0,075	2,32	0,023
UINSECTICIDE	0,160***	0,060	2,70	0,008
CREDIT	0,068	0,055	1,23	0,221
COLLINES	-0,052	0,063	-0,82	0,412
ZOU	-0,035	0,060	-0,59	0,198
Nombre d'observations	93			
F (11,81)	2,90			
PROB > F	0,0028***			
R ²	0,2829			
R ² ajusté	0,1855			

*** significatif au seuil de 1% ($p < 0,01$) ; ** significatif au seuil de 5% ($p < 0,05$) ; * significatif au seuil de 10% ($p < 0,10$).

Les hommes producteurs de soja sont techniquement plus efficaces que les femmes productrices. Ces dernières ne sont pas nombreuses et ne représentent que 15 % des producteurs interviewés. Dans le milieu d'étude, les services de vulgarisation ne sont pas offerts aux producteurs de soja. Seuls les producteurs

de coton ont accès aux conseils agricoles. Les femmes de l'échantillon, ne produisant pas du coton, n'ont pas accès aux services de vulgarisation agricole. Ce qui pourrait expliquer leurs faibles niveaux d'efficacité technique par rapport aux hommes. La variable "accès aux conseils agricoles" n'a pas été introduite dans le modèle parce qu'elle est en forte corrélation avec la variable "sexe".

Les producteurs qui utilisent les insecticides chimiques dans la production/post récolte sont aussi techniquement plus efficaces que ceux qui ne l'utilisent pas. Etant donné que le soja est une légumineuse, elle est sensible aux attaques par les nuisibles et l'utilisation des insecticides permet de mieux contrôler ces nuisibles et donc d'augmenter le niveau de rendement du soja et de limiter les pertes. Ceci rend ces producteurs plus efficaces. Toutefois, l'utilisation abusive des insecticides chimiques peut être une source d'intoxication aux consommateurs de soja. Il importe donc de promouvoir la lutte intégrée des ravageurs avec l'utilisation des insecticides biologiques pour éviter l'usage excessif des pesticides chimiques comme cela se pratique actuellement dans le système de production du coton.

Les résultats obtenus montrent par ailleurs que les variables telles que l'âge, le niveau d'instruction, l'accès au crédit, et le département de production ne sont pas significatifs, donc n'influencent pas l'efficacité technique des producteurs de soja enquêtés.

Labiyi *et al.* (2012) ont obtenu des résultats semblables en ce qui concerne le sexe dans la production de soja dans les communes de Ouèssè et de Savè (Centre du Bénin). En ce qui concerne l'accès au crédit, les résultats obtenus semblent différents de bien d'auteurs comme Labiyi *et al.* (2012), Albouchi *et al.* (2005) qui ont trouvé que l'accès au crédit a un effet positif sur l'efficacité technique. La synthèse bibliographique n'a pas permis d'identifier des études ayant analysé le lien entre l'efficacité technique et la qualité des semences de soja utilisées. Cette étude a montré l'importance de cette variable, ce qui constitue une source de motivation aux promoteurs du Projet Semences Soja (ProSeSS) qui est actuellement mis en œuvre. Les producteurs ont besoin des semences de bonne qualité et ce projet mériterait être soutenu.

CONCLUSION

Les rendements obtenus par les producteurs au cours de ces dernières années sont faibles par rapport aux rendements potentiels. Etant donné que le rendement agricole dépend principalement du niveau d'efficacité technique des producteurs, cette étude a eu comme objectif de mesurer l'efficacité technique des producteurs de soja de trois importants départements producteurs de cette légumineuse au Bénin. L'étude a utilisé la frontière de production de type Cobb Douglas stochastique pour estimer le niveau d'efficacité technique. Les facteurs qui influencent l'efficacité technique ont été aussi déterminés.

Les résultats obtenus ont révélé que les producteurs de soja sont globalement inefficaces avec un indice moyen d'efficacité technique estimé à 61 % ; ce qui montre que la production pourrait être nettement améliorée avec les mêmes quantités de ressources productives que celles utilisées actuellement. Toutefois, il y a 29 % des producteurs qui ont obtenu des scores élevés d'efficacité technique, compris entre 80 et 92 %. Si les erreurs de gestion technique sont corrigées, avec la combinaison des mêmes ressources, le producteur moyen pourrait augmenter sa production jusqu'à 34 % s'il arrivait à atteindre le niveau du producteur le plus efficace techniquement qui a obtenu un indice d'efficacité technique de 92 %.

Le rendement moyen obtenu est de 886 kg/ha et ce rendement plutôt médiocre n'est que la conséquence du faible niveau d'efficacité constaté. Les résultats ont confirmé la corrélation positive entre le rendement et le niveau d'efficacité technique. Le producteur le plus efficace a un rendement de 2500 kg/ha, proche du rendement potentiel estimé à 2500 - 3000 kg/ha. D'une manière générale, les producteurs les plus efficaces, ceux qui ont obtenu un score d'efficacité technique compris entre 0,80 et 0,92, ont atteint un rendement moyen de 1410 kg/ha. Mais, ils constituent seulement 29 % des producteurs étudiés.

Les résultats obtenus ont aussi permis de constater que certains facteurs influencent positivement l'efficacité technique des producteurs de soja. Ainsi, l'indice d'efficacité technique de ceux qui utilisent des semences de soja de bonne qualité dépasse celui des producteurs qui prélèvent leurs semences des récoltes antérieures de 17,5 points de pourcentage. Les hommes producteurs de soja sont techniquement plus efficaces que les femmes productrices de cette culture. Les producteurs qui utilisent les insecticides chimiques dans la production sont aussi techniquement plus efficaces que ceux qui ne l'utilisent pas. Toutefois, l'utilisation des insecticides chimiques doit être minimisée.

En définitive, les résultats de cette étude montrent que la filière soja reste sous-développée au Bénin et que les producteurs de soja sont principalement responsables de l'inefficacité technique observée.

Il importe donc de bien former les producteurs, de promouvoir l'accès aux semences de soja de bonne qualité et la lutte intégrée contre les ravageurs avec l'utilisation des insecticides biologiques pour éviter l'usage excessif des pesticides chimiques nuisibles à la santé humaine.

Enfin, les résultats de cette étude suggèrent la réalisation d'une autre étude quantitative qui puisse montrer le gain de revenu agricole qui résulte d'un bon niveau d'efficacité technique afin de faciliter les messages de vulgarisation agricole pour espérer un changement qualitatif dans l'allocation des ressources des producteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIGNER D. J., LOVELL C. A. K & SCHMIDT P. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *J. Econometrics* 6 : 21-38.
- AJAO A. O., OGUNNIYI L. T. & ADEPOJU A. A. 2012. Economic efficiency of soybean production in Ogo-Oluwa Local Government Area of Oyo State, Nigeria. *Am. J. Exp. Agric.* 2(4) : 667-679.
- AMAZA P & OGUNDARI K. 2008. An investigation of factors that influence the technical efficiency of soybean production in the Guinea savannas of Nigeria. *J. Food Agric. Environ.* 6(1) : 92-96.
- 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, Tunisia. Cirad, Montpellier, France.
- BADOU A., AKONDE P. T., ADJE I. T., AÏHOU K. & IGUE A. M. 2013. Effets de différents modes de gestion des résidus de soja sur le rendement du maïs dans deux zones agroécologiques du Centre-Bénin. BRAB, Numéro spécial Fertilité du maïs : 1840-7099.
- BANKER R. D., CHARNES A. & COOPER W.W. 1984. Some models for estimating Technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Manage. Sci.* 30 : 1078-1092.
- CHARNES A, COOPER W.W & RHODES E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.* 2 : 429-444.
- COELLI T. J., RAO D. S. P. & BATTESE G. E. 2005. An introduction to efficiency and productivity analysis. Springer, New York, USA.
- ETWIRE P. M. MARTEY E. & DOGBE W. 2013. Technical Efficiency of Soybean Farms and Its Determinants in Saboba and Chereponi Districts of Northern Ghana : A Stochastic Frontier Approach. *Sustainable Agriculture Research*; 2 (4) : 106-116
- FARRELL M. J. 1957. The measurement of productive efficiency. *J. R. Stat. Soc.* 120 (3) : 253-290.
- INRAB 1993. Cultures vivrières: céréales, légumineuses à graine et tubercules. Fiche technique. INRAB, Cotonou, Bénin.
- JONDROW J., LOVELL K., MATEROV I. & SCHMIDT P. 1982. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *J. Econometrics*, 19 : 233-238.
- KHAI H. V., YABE M., YOKOGAWA H. & SATO G. 2008. Analysis of Productive Efficiency of Soybean Production in the Mekong River Delta of Vietnam. *J. Fac. Agr.* 53 (1) : 271-279.

- LABIYI I. A., AYEDEGUE L. & YABI A. J. 2014. Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du soja au Bénin. Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin.
- MAEP 2008. Production du soja au Bénin. MAEP, Cotonou, Bénin.
- MAEP. 2015. Données statistiques agricoles. MAEP, Cotonou, Bénin
- MEEUSEN W. & VAN DEN BROECK J. 1977. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *Int. Econ. Rev.* 18: 435-444
- METOHOUÉ R. Z. 1994. Les merveilles du soja. MAEP, Cotonou, Bénin.
- MOUNIROU I. & BALOGOUN I. 2016. Estimation of stochastic frontier of the technical efficiency of the soybeans production's determinants in Benin : the case of the commune of Savé. *Global J. Agri. Econ. Ext. Rural Dev.* 4 (4) : 410-420.
- OCDE & FAO (2016). Guide OCDE-FAO pour des filières agricoles responsables. OCDE, Paris, France.
- OGOVIDE T. F., & SODJINOÛ E. 2005. Fonctionnement et performance du marché du soja dans la région centre du Bénin. Rapport technique, 23p.
- OTTOJU M.A. & ARENE C. J. 2010. Constraints and determinants of technical efficiency in medium-scale soybean production in Benue State, Nigeria. *Afr. J. Agric. Res.* 5 (17) : 2276-2280.
- PAM 2014. Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire (AGVSA). © Programme Alimentaire Mondial, Service de l'Analyse de la Sécurité Alimentaire (VAM), Rome, Italie.