

## **Evaluation de l'effet de l'innovation sur l'efficacité économique de la production de soja dans le Borgou au Nord du Bénin**

### **Evaluation of effect of innovations on the economic efficiency of soybean production in Borgou in northern Benin**

**Nafiou TIDJANI, (Doctorant en Économie des Ressources Naturelles)**  
*Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Économiques et Sociales*  
*École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE)*  
*Université de Parakou, Bénin*

**Filikibirou TASSOU ZAKARI, (Docteur agroéconomiste, Maître Assistant)**  
*Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Économiques et Sociales*  
*(LARDES)*  
*École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE)*  
*Université de Parakou, Bénin*

**Nouroudine OLLABODE, (Ingénieur en Économie et Sociologie Rurales)**  
*Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Économiques et Sociales*  
*(LARDES)*  
*Département d'Économie et de la Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie*  
*Université de Parakou, Bénin*

**Jacob Afouda YABI, (Professeur titulaire)**  
*Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Économiques et Sociales*  
*(LARDES)*  
*École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE)*  
*Université de Parakou, Bénin*

<b>Adresse de correspondance :</b>	École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE) Université de Parakou au Bénin Tél : (+229) 9787 2807
<b>Déclaration de divulgation :</b>	Les auteurs n'ont pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.
<b>Conflit d'intérêts :</b>	Les auteurs ne signalent aucun conflit d'intérêts.
<b>Citer cet article</b>	TIDJANI, N., TASSOU ZAKARI, F., OLLABODE, N., & YABI, J. A. (2022). Evaluation de l'effet de l'innovation sur l'efficacité économique de la production de soja dans le Borgou au Nord du Bénin. International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics, 3(6-2), 1-19. <a href="https://doi.org/10.5281/zenodo.7372683">https://doi.org/10.5281/zenodo.7372683</a>
<b>Licence</b>	<b>Cet article est publié en open Access sous licence CC BY-NC-ND</b>

Received: August 06, 2022

Published online: November 30, 2022

## Evaluation de l'effet de l'innovation sur l'efficacité économique de la production de soja dans le Borgou au Nord du Bénin

### Résumé

Les innovations agricoles vulgarisées dans la production du soja au Bénin pourraient contribuer à l'amélioration des revenus des producteurs. Cette étude évalue l'effet des innovations sur l'efficacité économique de la production du soja dans le Borgou au nord-Bénin. Les fonctions frontières stochastiques de production et de coût de type Cobb-Dougllass ont été estimées pour analyser les niveaux d'efficacité économique. Les facteurs déterminants les niveaux d'efficacité économiques ont été mis en relief par l'estimation d'un modèle Tobit. Il ressort de l'analyse de 279 producteurs du soja observés en septembre 2021 de manière aléatoire et raisonnée que les valeurs des paramètres estimés montrent que les prix des herbicides et des engrais utilisés, les coûts du transport et de la main-d'œuvre salariée affectent significativement le coût de production du soja. En général, la moyenne des scores d'efficacité technique, allocative et économiques sont respectivement de 0,71 ; 0,82 et 0,58. Les adoptants des innovations introduites et modifiées sont économiquement efficaces à 68% tandis que les adoptants d'innovations introduites et endogènes le sont à 58% et 56% respectifs. Alors, ils existent encore des réserves de productivité à valoriser pour augmenter la production du soja et augmenter les revenus des producteurs. Quant à l'analyse des déterminants de l'efficacité économique, elle montre que les variables telles que l'accès au CAIG, l'expérience dans la production du soja, l'application de mucuna et d'inoculum améliorent l'efficacité économique des producteurs de soja dans la zone d'étude. Ainsi, une sensibilisation plus accrue sur les innovations introduites pourrait améliorer l'efficacité des producteurs de soja.

**Mots-clés :** efficacité, innovations, déterminants, soja, nord-Bénin.

**Classification JEL :** G 23

**Type de document :** Recherche Appliquée

### Abstract

The agricultural innovations popularized in soybean production in Benin could contribute to improving the incomes of producers. This study assesses the effect of innovations on the economic efficiency of soybean production in Borgou in northern Benin. Cobb-Dougllass type stochastic production and cost frontier functions were estimated to analyze levels of economic efficiency. The factors determining the levels of economic efficiency were highlighted by the estimation of a Tobit model. It emerges from the analysis of 279 soybean producers observed in September 2021 in a random and reasoned manner, that the values of the estimated parameters show that the prices of the herbicides and fertilizers used, the costs of transport and labor hired labor significantly affect the cost of soybean production. In general, the average technical, allocative and economic efficiency scores are respectively 0.71; 0.82 and 0.58. Adopters of introduced and modified innovations are economically efficient at 68% while adopters of introduced and endogenous innovations are 58% and 56% respectively. So there are still re-serves of productivity to be developed in order to increase soybean production and increase producers' incomes. As for the analysis of the determinants of economic efficiency, it shows that variables such as access to CAIG, experience in soybean production, application of mucuna and inoculum improve the economic efficiency of soybean producers in the study area. Thus, increased awareness of the innovations introduced could improve the efficiency of soybean farmers.

**Keywords:** efficiency, innovations, determinants, soy, northern Benin.

**JEL Classification:** G 23

**Paper type:** Empirical research

## 1. Introduction

Le secteur agricole représente la base du développement social et économique des pays africains et enregistre de plus en plus des performances remarquables (Doukkali & Guèdègbé, 2017). En Afrique de l'Ouest, l'agriculture offre 60% des emplois et 25 % de la valeur ajoutée créée dans les pays les moins avancés (Nations unies, 2015). Cependant, les pays ouest-africains sont caractérisés par une production agricole insuffisante pour satisfaire la population et surtout en raison de la démographie de plus en plus croissante (Gammadigbe, 2017). Au Bénin, le secteur agricole occupe 70% de la population active, contribue à 36% au PIB, génère 88% des recettes d'exportation et 15% des recettes de l'État (INSAE, 2017). En effet, des Pôles de Développement Agricole (PDA) ont été définis pour mieux promouvoir les filières agricoles sur les territoires, s'inspirant de l'approche territoriale du développement agricole (Lazarev, 2009 ; Kpenavoun Chogou et al., 2018). Suivant cette approche, le soja (*Glycine max L.*) a été identifié comme une source potentielle de croissance dans certains PDA (Kpenavoun Chogou et al., 2018).

Sur le plan mondial, la production du soja a connu une hausse grâce aux récoltes exceptionnelles aux États-Unis et au Brésil en 2018 (OCDE/FAO, 2018). Cette production devrait continuer à progresser de 1,6% par an. Cette croissance à 53% est due à l'extension des superficies cultivées (OCDE/FAO, 2018). La production du soja en Afrique de l'Ouest est dominée par le Nigéria et le Bénin (Banque mondiale, 2014). Elle a pris de l'ampleur au cours des trois derniers quinquennats au Bénin (Oloumilade & Yabi, 2020) et a connu une hausse frappante d'un taux d'accroissement de 15,6% au cours de la période de 2008-2015 (MAEP, 2017). Constitué d'environ 40% de protéines et de 20% d'huile, le soja joue un important rôle dans la malnutrition protéino-calorique. Sa plante procure beaucoup d'avantages agronomiques et environnementaux en termes de plante améliorante la fertilité du sol (Hernandez & Phélinas, 2017).

Le rendement moyen du soja au Bénin est compris entre 886 kg/ha et 1051,13 Kg/ha (Kpenavoun Chogou et al., 2018 ; Ollabodé et al., 2017). Pour rehausser le niveau du rendement, plusieurs innovations sont introduites dans les systèmes culturaux du soja. En occurrence, nous avons : l'utilisation de l'inoculum, l'utilisation des variétés améliorées, des engrais, des herbicides, de nouveaux outils de culture ; de nouvelle façon de stoker, transformer, commercialiser les produits dérivés ; de nouvelles techniques de communiquer et de s'informer (Ouedraogo, 2017). Ces innovations améliorent la productivité et les revenus des acteurs des différents maillons de la filière soja (Da Gbadji et al., 2019).

Les études faites sur la performance des producteurs du soja ont souvent porté soit sur les déterminants de la production (Yabi et al., 2017 ; Ollabodé et al., 2017 ; Houngnandan, 2015), soit sur la rentabilité économique de la production (Biam & Tsue, 2013), soit sur leur efficacité technique et/ou économique (Kpenavoun et al., 2018 ; Kpenavoun et al., 2017 ; Labiyi et al., 2012). La plupart des études sur la mesure de l'efficacité économique des producteurs se contente de mesurer les indices d'efficacité sans pour autant établir une liaison avec l'efficacité économique et les innovations adoptées, alors que l'effet des innovations sur les efficacités pourrait orienter les producteurs dans l'adoption des innovations. Toutefois, peu d'études publiées se sont intéressées à l'évaluation de l'effet des innovations sur l'efficacité économique de la production de soja en intégrant toutes les ressources investies et les innovations adoptées dans la production. Cette étude se propose de combler ce vide en adoptant une approche paramétrique basant sur la détermination d'une frontière de et la forme fonctionnelle Cobb-Douglas. S'inspirant de Kpenavoun et al. (2018), la présente étude évalue l'effet des innovations sur l'efficacité économique de la production du soja dans le département du Borgou au nord-Bénin. Les résultats de ce papier seraient très pratique aussi bien pour les décideurs du développement que pour les producteurs. Le présent article est structuré en cinq (05) parties dont la première est l'introduction. La deuxième partie présente le cadre théorique de l'efficacité économique de la production agricole, le cadre empirique des innovations agricoles sur l'efficacité économique et définit les principales

hypothèses. La partie 3 donne un aperçu des données et de la méthodologie appliquée, suivie de la présentation des résultats et de leur discussion dans la partie 4. La dernière partie conclut.

## 2. Théorie de l'efficacité économique

La théorie économique prédit que, face à un problème de choix, l'agent économique rationnel opte pour l'option qui maximise son utilité (Gourieroux, 1989). L'utilité est une mesure du bien-être ou de la satisfaction obtenue par l'obtention d'un bien, d'un service ou d'argent (Mosnier, 2009). Le principe économique de rationalité et particulièrement l'hypothèse de maximisation de l'utilité constitue les fondements d'une analyse de choix (Varian, 2006). Bien qu'elle soit généralement économique, cette rationalité peut être écologique ou socioculturelle (Rasmussen et Reenberg, 2012). Conformément à cette théorie, les producteurs agricoles sont supposés prendre des décisions rationnelles d'adoption ou non des innovations basées sur une maximisation de l'utilité (Nkamleu et Adesina, 2000). La théorie de maximisation de l'utilité est utilisée pour expliquer le comportement d'adoption des innovations agricoles par les agriculteurs.

Selon le modèle néoclassique, le producteur est rationnel, car son objectif est de maximiser le profit en minimisant ces coûts de production. Obtenir le plus grand revenu net possible est fréquemment identifié comme premier objectif de la plupart des producteurs (Gnanglè et *al.*, 2012). Pour atteindre ses objectifs, Yabi et *al.*, (2016) ont démontré que le producteur doit choisir de nouvelles combinaisons des facteurs de production agricoles (capital, travail) où les revenus marginaux sont égaux aux coûts marginaux pour toutes les alternatives entreprises. Les conditions écologiques et la disponibilité en ressources ne sont pas les seuls éléments pris en compte lorsque les exploitations choisissent et mettent en œuvre leur système de production agricole. Les considérations relatives à l'environnement économique et social pèsent aussi d'un grand poids dans leur décision. Les exploitations agricoles ne produisent jamais de façon isolée, mais entretiennent en permanence des relations avec d'autres agents économiques : agriculteurs voisins, propriétaires fonciers, commerçants, usuriers, artisans, transporteurs, industries agro-alimentaires, banque, administration, fonctionnaire de l'Etat etc. De toute évidence, ces rapports sociaux influencent le choix des innovations agricoles par les agriculteurs et les résultats économiques obtenus dans les exploitations (Yabi et *al.*, 2016). L'innovation est par ailleurs trop souvent réduite à sa seule dimension techno-économique. Une innovation aura sans doute un fondement et un sens technoeconomique, dans la mesure où elle peut constituer un levier pour pérenniser une exploitation agricole et faire qu'elle soit en mesure de s'adapter à un marché évolutif sur lequel se déploie une concurrence exacerbée. Il en sera ainsi d'une innovation portant sur la réduction du coût des intrants, permettant de conjuguer l'efficacité économique (Pouch, 2015).

Toute activité de production met en jeux des intrants (inputs) constituant les ressources productives à transformer ou utiliser et des extrants (ou output) qui sont les résultats de production. La relation entre les intrants et les outputs permettra de mesurer la performance et d'évaluer les types d'allocation des ressources à la production. Ainsi, pour tenir compte du critère de maximalité du produit obtenu d'une part, et la possibilité d'une utilisation moindre des moyens de production d'autre part, on a souvent recourt à la notion d'efficacité. En théorie économique, les termes d'efficacité ou d'inefficacité sont courants de nos jours dans l'analyse des performances. Le terme efficacité englobe certaines notions de la théorie microéconomique que sont la fonction de production, les coûts, le profit et le prix. Coelli *al.*, (1998) ont rapporté que l'efficacité a pour objet de juger de la capacité d'un système de production de produire «au mieux» par la mise en œuvre de l'ensemble des moyens de production (capital d'exploitation, foncier et travail). Issaka (2002) stipule que l'efficacité en agriculture est le degré auquel les producteurs obtiennent le meilleur résultat avec des ressources disponibles et les technologies données. Par contre, le terme d'inefficacité est utilisé pour signaler que l'atteinte de la capacité optimale que vise l'efficacité est idéale et ne peut être atteint en réalité (Amara et Romain, 2000).

Selon Camus (2000), une action est efficace si les objectifs sont atteints ; par exemple produire la quantité demandée. D'après Isabelle et *al.*, (2003), l'efficacité est définie comme l'atteinte des objectifs par l'entreprise. Ndiaye (2018) a montré que la mesure du degré d'efficacité d'une unité de production permet de savoir si cette dernière peut accroître sa production sans pour autant utiliser plus d'intrants, ou diminuer l'utilisation d'au moins un intrant tout en maintenant le même niveau de production. Qu'il s'agisse d'efficacité ou d'inefficacité, la littérature fait distinguer plusieurs types à savoir l'efficacité ou l'inefficacité technique, allocative et économique (Sharma & Vredenburg., 1998).

L'efficacité économique est la combinaison entre l'efficacité technique et l'efficacité allocative. La structure de propriété est l'un des facteurs importants affectant la performance de l'entreprise (Farrell, 1957). Selon la théorie néoclassique, l'obtention simultanée de l'efficacité technique et allocative, est une condition nécessaire et suffisante pour parler d'efficacité économique. Il est possible pour une unité de production d'obtenir l'efficacité technique ou celle allocative sans avoir l'efficacité économique. Ces efficacités sont nécessaires et une fois atteintes simultanément, sont les conditions suffisantes pour l'obtention de l'efficacité économique. Cet aperçu du concept correspond à celui d'Ellis (1989) qui note que l'atteinte d'une des deux types d'efficacité peut être une condition nécessaire, mais pas suffisante pour obtenir l'efficacité économique. L'efficacité économique apparaît donc comme la résultante entre l'efficacité technique (output maximal possible) et l'efficacité d'allocation (coûts minima), composantes exclusives et exhaustives de l'efficacité économique (Honlonkou, 1999).

Il ressort qu'une entreprise n'est économiquement efficace que si elle est techniquement efficace (ou si elle possède la meilleure organisation technique et matérielle) et alloue de manière efficace ses ressources productives, les deux conditions devant être réalisées simultanément. Dans notre recherche, nous allons voir si les innovations dans le monde agricole sont-elles efficaces pour la production du soja dans le Borgou au nord Bénin. Considérant le cadre théorique, nous testerons les deux principales hypothèses :

H1 : Les innovations adoptées améliorent l'indice d'efficacité économique des producteurs.

Nous prévoyons de consolider les résultats des rares recherches en Afrique particulièrement au Bénin, qui montrent directement ou indirectement que la production du soja sous l'adoption des innovations est plus rentable que la production sans l'adoption des innovations. La question est importante pour le développement économique de la filière soja qui a souffert à la fois de faiblesses en matière de l'application des innovations, de la structuration et la gouvernance des OPA et d'une forte dépendance à l'égard de l'intervention de l'État dans l'économie.

H2 : Les innovations introduites et modifiées adoptées améliorent l'indice d'efficacité économique des producteurs.

### **3. Matériels et méthodes**

#### **3.1. Zone d'étude**

L'étude a été menée au nord du Bénin précisément dans le département du Borgou. Le département du Borgou est l'une des zones où la production du soja est de grande importance dans les systèmes de production. Elle est caractérisée par une zone de diversification coton-vivrier-anacardier et bénéficie d'un climat de type soudanien avec une saison sèche et une saison des pluies. La pluviométrie annuelle est comprise entre 900 et 1300 mm par an. La température moyenne annuelle est entre 25°C et 35°C. Les principaux types de sols rencontrés dans ce département sont surtout les sols ferrugineux, tropicaux, des sols ferralitiques, des sols sablonneux argilo ou argilo sableux et les sols granitiques. La végétation est une savane à physionomie diversifiée.

Neuf villages répartis dans trois communes ont été retenus : Sirarou, Komiguéa et Boko (N'Dali), Gbessassi, Bouca Gando et Alafiarou (Kalalé) et, Wodora, Pédarou et Bouhanrou (Bemberekè).

Le choix de ces trois communes au Nord-Bénin se justifie par le fait que le département du Borgou et l'Alibori représente les grands producteurs de soja (MAEP, 2014).

### 3.2. Échantillonnage et collecte de données

Dans chaque village sélectionné, un échantillon aléatoire et raisonné de 31 producteurs du soja a été constitué, soit au total 279 producteurs interviewés dans la zone d'étude. Les producteurs enquêtés sont ceux qui ont adopté les diverses innovations vulgarisées dans la production du soja et ont bénéficié des appuis de l'Union Nationale des Producteurs du Soja du Bénin (UNPS-Bénin) et du Projet Centre d'Innovations Vertes pour le secteur Agroalimentaire (ProCIVA) de la GIZ-Benin. La liste des enquêtés est obtenue à partir de la table des nombres aléatoire appliquée sur la liste des producteurs du soja obtenue auprès de l'UNPS-Bénin, qui est un partenaire de la mise en œuvre du ProCIVA de la GIZ-Benin. La collecte des données a été faite au moyen des entretiens individuels et focus groups. Les données relatives aux caractéristiques socioéconomiques des producteurs (sexe, superficie, etc.), des innovations appliquées dans la production du soja, les inputs et outputs. Elles ont été collectées en Septembre 2021 à l'aide d'un questionnaire et d'un guide d'entretien. Elles concernent la campagne agricole 2020-2021.

### 3.3. Méthode d'analyse

#### - Estimation d'efficacité

Dans la littérature, plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer l'efficacité de production agricole. Parmi ces méthodes, nous avons les approches paramétriques et non paramétriques. L'approche paramétrique pour la spécification de la fonction de production, de coût ou de profit, qui peut être de type Cobb-Douglas, Translog (Coelli et al., 1998). La frontière ainsi définie pour l'ensemble de production peut alors prendre trois formes : *stochastic frontier* (frontière stochastique), *thick frontier* (frontière épaisse) ou *distribution-free frontier* (frontière libre). La frontière de production est alors estimée à partir des données de l'échantillon par une méthode du maximum de vraisemblance (Kpenavoun et al., 2018).

L'approche non-paramétrique proposée par Charnes et al. (1978) et Banker (1984) est une analyse par la méthode des données enveloppées (*Data Envelopment Analysis*, DEA) qui ne nécessite aucune hypothèse sur la forme de la fonction de production, de la fonction de coût ou de profit. Elle a recours à la programmation linéaire. Cette méthode est donc particulièrement adaptée à la mesure de l'efficacité relative des exploitations agricoles quand plusieurs inputs sont utilisés pour produire plusieurs outputs et, mieux encore, elle la rend possible quand la technique de production est incertaine ou inconnue.

#### - Frontière déterministe

L'approche déterministe consiste à proposer l'approximation de la fonction de production efficace par une forme fonctionnelle connue à priori (Amara et Romain, 2000). Ainsi, une spécification plus facile et une meilleure analyse des différentes propriétés algébriques de cette fonction deviennent possibles. S'inspirant de la démarche de Aigner et Chu (1968) adoptée par Coelli et al., (1998), le mode de détermination de ce type de frontière se présente comme suit :

$$\ln(y_i) = x_i\beta - u_i \quad i = 1, 2 \dots N \quad (1)$$

Avec  $\ln(y_i)$  le logarithme de la production de l'exploitation agricole  $i$ ,

$x_i$ : est un vecteur ligne de  $(K + 1)$  éléments dont le premier prend la valeur 1 et les autres, les logarithmes de chaque quantité des  $K$  inputs utilisés,

$\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$  : un vecteur colonne de  $(K + 1)$  éléments qui sont les paramètres à estimer,

$u_i$  : est une variable aléatoire non négative qui traduit l'efficacité technique en terme de production de l'exploitation agricole  $i$ .

L'approche par la fonction déterministe a connu avec succès des applications dans le secteur agricole (Maniriho et al., 2020). Le ratio entre la production observée et la production estimée sur la frontière d'une firme parfaitement efficace utilisant le même vecteur d'intrants, donne une estimation de l'efficacité technique. Le niveau d'efficacité technique (TE), compris entre 0 et 1, est donné par :

$$TE = \frac{y_i}{e^{(x_i\beta)}} = \frac{e^{(x_i\beta u_i)}}{e^{(x_i\beta)}} = e^{(-u_i)} \quad (2)$$

Où  $y_i$  est la production observée de l'exploitation agricole  $i$  et  $exp(x_i\beta)$  est la production frontière estimée.

#### - Frontière stochastique

Le modèle de frontière stochastique, est un modèle de frontière qui prend en considération à la fois les éléments considérés comme exogènes au processus de production de l'exploitation agricole (terme d'erreur symétrique) et les éléments représentés par l'efficacité technique. Dans ce modèle, le terme d'erreur est composé de deux termes indépendants. Le premier terme représente l'inefficacité technique  $u_i$  (terme d'erreur asymétrique). Il se répartit d'un seul côté de la frontière qui est une variable aléatoire positive. Le second terme aléatoire, capte tous les facteurs qui ne sont pas sous le contrôle de l'exploitation agricole (terme d'erreur bilatéral). Il se trouve dans n'importe quelle relation et qui se distribue à chaque côté de la frontière de production. Cette composante aléatoire est une mesure de l'erreur et d'autres facteurs aléatoires tels que les aléas climatiques, etc... sur l'output et des effets combinés des variables non spécifiés des inputs sur la fonction de production. Les frontières stochastiques sont largement plus utilisées aujourd'hui dans les études empiriques d'efficacité et de productivité des entreprises de production. L'équation de la frontière de production stochastique est la suivante:

$$y_i = f(x_i; \beta) e^{(v_i - u_i)} \quad \text{avec } i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Avec:  $y_i$ , le niveau d'output produit par la  $i^{\text{ème}}$  unité de transformation ;  $f(\cdot)$ , la forme fonctionnelle;  $x_i$ , le vecteur d'input utilisé par la  $i^{\text{ème}}$  unité de transformation ;  $\beta$ , le vecteur des coefficients des paramètres à estimer ;  $v_i$ , variable aléatoire supposée suivre la loi normale et  $N(0, \sigma_v^2)$  indépendante de  $u_i$ ;  $u_i$  variable non négative représentant l'inefficacité de production et qui suit une loi semi-normale  $N(0, \sigma^2)$ , ( $u > 0$ , car toutes les observations sont en dessous ou à la limite sur la fonction de production). La spécification empirique de la frontière stochastique se présente comme suit :

$$\ln(\text{rendProdi}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(q\text{semsi}) + \beta_2 \ln(q\text{herbisi}) + \beta_3 \ln(q\text{herbiti}) + \beta_4 \ln(q\text{npki}) + \beta_5 \ln(q\text{ureei}) + \beta_6 \ln(q\text{mofi}) + \beta_7 \ln(q\text{inoculi}) \quad (4)$$

#### - Frontière de coût

La frontière stochastique de coût permet de déterminer l'efficacité économique et par la suite l'efficacité allocative de production. Selon le modèle présenté par Nakana et al. (2021), la frontière de coût est spécifiée de la manière suivante :

$$C_i = g(Y_i, P_i; \alpha) + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

Avec :  $C_i$  représente le coût total de production ;  $Y_i$  : représente l'output ;  $P_i$  : le coût des inputs ;  $\alpha$  : les paramètres de la fonction de coût ; et : le terme d'erreur composé de deux éléments ( $\varepsilon_i = V_i - U_i$ ) ( $V$  et  $U$ ) présentent les mêmes caractéristiques comme dans le cas de la frontière stochastique de production). La spécification empirique de la forme Cobb Douglas se présente comme suit :

$$\ln(\text{CTProdi}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{cmosi}) + \beta_2 \ln(\text{cvti}) + \beta_3 \ln(\text{cinoculi}) + \beta_4 \ln(\text{cnpki}) + \beta_5 \ln(\text{csemensi}) + \beta_6 \ln(\text{cherbisi}) + \beta_7 \ln(\text{cherbiti}) + \beta_8 \ln(\text{ctransporti}) + \varepsilon_i \quad (6)$$

En s'appuyant sur la méthodologie de Biaou et al. (2021) qui propose de déterminer les sources de l'inefficience des producteurs à travers une régression économétrique des indices d'efficacité,

une analyse des déterminants a été faite. À cet effet, le modèle de régression Tobit a été utilisé compte tenu du caractère tronqué des indices d'efficacité et qui sont compris entre 0 et 1. La variable dépendante est l'indice d'efficacité économique. Le modèle théorique se présente sous la forme suivante:

$$EEi = \gamma_0 + \sum \gamma_i X_i + \varepsilon_i \quad (7)$$

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

$$EEi = \gamma_0 + \gamma_1 CREDI_i + \gamma_2 QENGRAI_i + \gamma_3 CCOOP_i + \gamma_4 ASSOCULT_i + \gamma_5 EXPSOJA_i + \gamma_6 MUCUNA_i + \gamma_7 INOCUL_i + \gamma_8 NGRAINP_i + \gamma_9 SEMIT_i + 10 SALARIE_i + \varepsilon_i$$

**Tableau 1 : Variables introduites dans le modèle de Tobit**

Variables	Codes	Modalités,	Signes attendus
Accès au CAIG	CREDI	0 = Non ; 1 = Oui	+
Quantité d'engrais (NPK+urée) à l'ha	QENGRAI	-	+/-
Appartenance à une CVPS	COOP	0 = Non ; 1 = Oui	+/-
Application de l'association culturelle	ASSOCULT	0 = Non ; 1 = Oui	+/-
Expérience dans la production du soja	EXPSOJA	-	+
Application de mucuna	MUCUNA	0 = Non ; 1 = Oui	+
Utilisation d'inoculum	INOCUL	0 = Non ; 1 = Oui	+
Nombre de grain par poquet	NGRAINP	-	+/-
Application du semis étalé	SEMIT	0 = Non ; 1 = Oui	+/-
Utilisation de la main-d'œuvre salariale	SALARIE	0 = Non ; 1 = Oui	-

Source : Auteurs

## 4. Résultats

### 4.1. Caractéristiques des innovations dans la production du soja

Tidjani et al. (2022) ont retenu trois catégories d'innovations agricoles appliquées dans les systèmes de production soja dans le Borgou au nord-Bénin. Elles sont : innovations endogènes, innovations introduites, innovations introduites et modifiées. Les innovations endogènes concernent l'association culturelle, l'assolement et rotation culturelle, la gestion des résidus de récolte et l'utilisation des semences non améliorées (locale). Les innovations introduites regroupent la rotation mucuna-soja, l'inoculum avec sucre, l'association soja-poids d'angle, l'utilisation des semences améliorées/certifiées, l'application de la déjection animale, du compost, le respect des BPA, le remplissage des outils de FBS+. Les innovations introduites et modifiées sont l'utilisation d'inoculum sans sucre, le mélange des semences (améliorés et récolte précédente), le labour perpendiculaire, la parcellisation pour les brises vents, la combinaison des pratiques, modification des BPA (date de semis, semis étalé, nombre de grain par poquet, la distance entre les poquets et les billons ou sillons, etc.) Sur cette base, les analyses ci-après ont été menées.

### 4.2. Analyse de l'efficacité économique

#### - Efficacité technique

L'estimation de la fonction de coût a été réalisée par la fonction frontière de coût de type Cobb-Douglass. Les modèles estimés sont globalement significatifs à 1 %. La valeur  $\lambda$  supérieur à zéro et significatif à 1% (Tableau 2). Ces résultats obtenus indiquent qu'il existe une présence d'inefficacité technique au niveau des producteurs. Les valeurs  $\lambda$  montrent que les producteurs pouvaient atteindre les rendements actuels avec une quantité moindre d'intrants. Par conséquent, on retient que la variation des quantités observées au niveau des unités de production étudiées est

en partie due aux effets d'inefficacité des producteurs. Dans l'estimation de la fonction stochastique de production, trois variables sont significativement différentes de zéro à 1 %. Il s'agit des quantités de la semence, de l'inoculum et de l'herbicide sélectif. Seule la quantité de la semence a un effet négatif et significatif à 5% sur le rendement du soja. Par conséquent, une augmentation de 1 % de la quantité de semence entraîne une diminution de la quantité de soja produite de 0,19 %. Par ailleurs, on constate que le score de l'efficacité technique moyenne est de 0,72. La quantité d'herbicide sélectif utilisée est positivement et significativement corrélée avec le niveau de la production de soja au seuil de 1 %. En effet, une augmentation de 1 % de la quantité d'herbicide sélectif, entraîne une augmentation de la quantité de soja produite de 0,11 %. La quantité d'inoculum utilisée est positivement et significativement corrélée avec le niveau de la production de soja au seuil de 1 %. Une augmentation de 1 % de la quantité d'inoculum, l'efficacité technique augmentera de 8,43%. Ce qui montre que le niveau d'efficacité technique des producteurs de soja est de 71%.

Tableau 2 : Estimation de la fonction de production Cobb-Douglas de la production

Variables	Paramètres	Coefficient	Std. Err.
Constante	$\beta_0$	0,062	0,040
Ln (Quantité d'herbicide sélectif)	$\beta_1$	0,114***	0,044
Ln (Quantité de semence)	$\beta_2$	-0,198**	0,044
Ln (Quantité d'herbicide total)	$\beta_3$	-0,054	0,036
Ln(Quantité de NPK)	$\beta_4$	0,014	0,013
Ln (Quantité d'urée)	$\beta_5$	-0,009	0,019
Ln (Quantité de la main-d'œuvre familiale)	$\beta_6$	0,009	0,010
Ln (Quantité d'inoculum)	$\beta_7$	8,437***	0,146
Paramètres d'efficience			
/Insig2v	$\sigma^2_v$	-4,415***	0,313
/Insig2u	$\sigma^2_u$	-1,528***	0,123
sigma_v	$\sigma_v$	0,109	0,017
sigma_u	$\sigma_u$	0,465	0,028
sigma2	$\sigma^2$	0,228	0,025
lambda	$\lambda$	4,235	0,040
Likelihood-ratio test of sigma_u=0: chibar2(01) =			35,53
Prob>=chibar2 =			0,000
Log likelihood =			-43,123
Wald chi2(5) =			26,69***
Number of obs =			279
<b>Efficacité technique moyenne</b>			<b>0,7172</b>

Niveau de signification: \*=10%, \*\*=5%, \*\*\*=1%

Source : Auteurs

### 4.3. Efficacité allocative

Le modèle de frontière stochastique du coût de production réalisé est globalement significatif à 1% (Tableau 3). Ces résultats obtenus indiquent qu'il existe une présence d'inefficacité allocative au niveau des producteurs. Les valeurs  $\lambda$  montrent que les producteurs pouvaient atteindre les rendements actuels avec une quantité moindre d'intrants. La valeur de  $\gamma$  est 1,090 et est significativement différente de zéro à 1%. Ce qui indique que toute la variation des coûts des intrants est due à l'inefficacité allocative des producteurs et qu'aucune de cette variabilité n'est alors attribuée aux facteurs aléatoires. De ce fait, la variation de coût observée au niveau des unités de

production étudiées est due aux effets d'inefficacité des producteurs. Par conséquent, les ressources sont très bien allouées en tenant compte de leur prix dans les systèmes de production du soja dans le Borgou. Dans l'estimation de la frontière du coût de production, quatre variables sont statistiquement différent de zéro à 1 %. Il s'agit des prix unitaires des herbicides utilisés (total + sélectif) et des engrais (NPK + urée), les coûts du transport (intrants et produits) et de la main-d'œuvre salariée. Le prix des herbicides utilisés a un effet négatif à 1 % tandis que le prix unitaire des engrais utilisés, les coûts du transport, et de la main-d'œuvre salariée ont des effets positifs à 1% sur le coût de production du soja. En effet, une augmentation de 1 % du prix unitaire des herbicides, entraînerait une diminution de 0,139% de l'efficacité allocative. Par ailleurs, lorsque le prix des engrais utilisés, les coûts du transport, et de la main-d'œuvre salariée augmentent de 1%, cette efficacité augmente respectivement de 0,488 % ; 0,177 % et 0,084%.

**Tableau 3 : Résultat de l'estimation de la fonction stochastique de coût**

Variables	Paramètres	Coefficient	Std. Err.
Constante	$\beta_0$	5,695***	0,333
Prix unitaire des herbicides (Total+Sélectif)	$\beta_1$	-0,139***	0,022
Coût de la main-d'œuvre salariée	$\beta_2$	0,084***	0,005
Coût de transport	$\beta_3$	0,017***	0,005
Prix unitaire des engrais (NPK+Urée)	$\beta_4$	0,488***	0,027
Prix unitaire de la semence	$\beta_5$	-0,014	0,008
Prix unitaire d'inoculum	$\beta_6$	-0,001	0,006
Paramètres d'efficience			
/lnsig2v	$\sigma^2_v$	-2,872***	0,309
/lnsig2u	$\sigma^2_u$	-2,699***	0,735
sigma_v	$\sigma_v$	0,237	0,036
sigma_u	$\sigma_u$	0,259	0,095
sigma2	$\sigma^2$	0,123	0,033
lambda	$\lambda$	1,090	0,130
Likelihood-ratio test of sigma_u=0: chibar2(01) =			0,59
Prob>=chibar2 =			0,221
Log likelihood =			-44,690
Wald chi2(5) =			625,79***
Number of obs =			279
<b>Efficacité technique moyenne</b>			<b>0,8230</b>

Niveau de signification : \*=10%, \*\*=5%, \*\*\*=1%

Source : Auteurs

### - Distribution des indices d'efficacité technique, allocative et économique

L'approche stochastique des frontières de production et de coût a permis d'estimer l'efficacité technique et allocative afin de déterminer les indices d'efficacité technique, allocative et économique par commune. En général, la moyenne des scores d'efficacité technique, allocative et économiques sont respectivement de 0,71 ; 0,82 et 0,58. Ce qui montre que les niveaux d'efficacité technique, allocative et économique des producteurs du soja sont respectivement de 71%, 82% et 58%. En effet, il faut notifier que le score d'efficacité technique des producteurs de N'Dali (0,82) est plus élevé que celui des producteurs de Kalalé (0,73) et Bembèrèkè (0,57). Les producteurs de N'Dali sont techniquement plus efficaces que les autres producteurs. Ainsi, si le producteur moyen de la zone d'étude devait atteindre la performance des producteurs les plus

performants, il pourrait réaliser une économie de ressources de 25,39% [1-(71,7/90,1)] sur ses coûts de production.

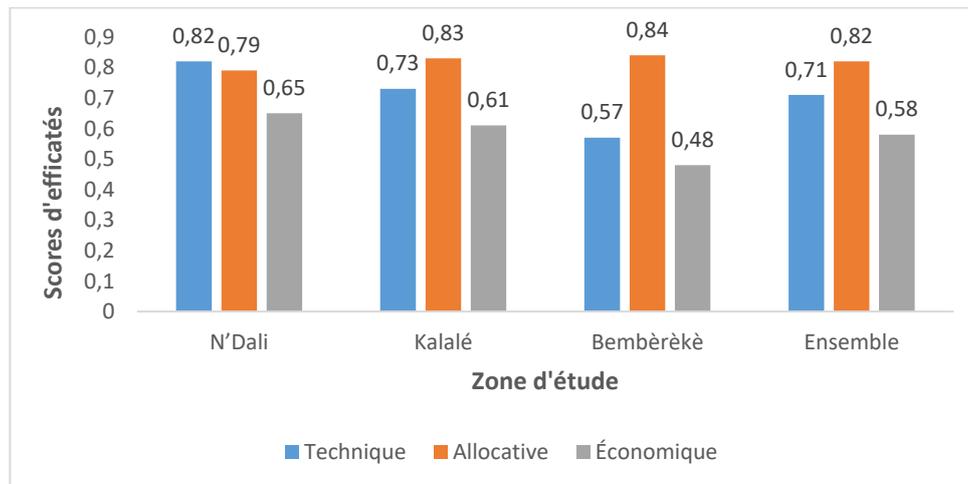
Quant à l'efficacité allocative, le score moyen des producteurs de Bembèrèkè (0,84) varie entre 0,64 et 0,93 et, est supérieur aux scores de l'efficacité allocative des producteurs de Kalalé (0,83) et N'Dali (0,79). Ce résultat indique que les producteurs de Bembèrèkè ont alloué efficacement les ressources productives contrairement à leurs homologues des deux autres communes. Ainsi, si le producteur moyen de la zone d'étude devait atteindre la performance des producteurs les plus performants, il pourrait réaliser une réduction potentielle de coût en ressources de production pour les efficacités allocative de 12,76% [1-(82,3/94,5)]. En ce qui concerne l'efficacité économique, les résultats montrent également que la plupart des producteurs de soja de N'Dali ont un score d'efficacité économique de 65% alors que celui des producteurs de Kalalé et Bembèrèkè sont respectivement de 61% et 48%. On en déduit que les producteurs de soja de N'Dali économiquement plus efficace que ceux des deux autres communes. Ce qui pourrait s'expliquer par l'application des innovations agricoles par les producteurs des différentes communes avec des suivis réguliers des agents de vulgarisation. Les indices d'efficacité technique, allocative et économique de la production de soja entre les communes sont significatifs au seuil de 1% (Tableau 4). Le score d'efficacité économique moyen réalisé par l'ensemble des producteurs est de 58,8% se situant entre un minimum de 20,9% et un maximum de 90,5%. Par conséquent, il y existe encore des potentiels exploitables en termes de minimisation de coûts de production et d'amélioration de la productivité. Si le producteur moyen devait atteindre le niveau d'efficacité économique du producteur le plus performant de la zone d'étude, il pourrait réduire son coût de production actuel de 35% [1-(58,8/90,5)] et améliorer sa productivité, tandis que le producteur le moins efficace économiquement réaliserait une économie de 23% [1-(20,9/90,5)] s'il devait atteindre le niveau d'efficacité économique des producteurs actuels les plus performants. Les producteurs de la zone d'étude ont la possibilité d'augmenter leur productivité et diminuer leurs coûts de production avec les mêmes niveaux d'inputs utilisés.

Tableau 4 : Statistiques des différents types d'efficacités par commune.

Zone d'étude	Minimum	Moyenne (Ecart-type)	Maximum
<b>Efficacité technique</b>			
N'Dali	0,434	0,828 (0,1317)	0,961
Kalalé	0,361	0,738 (0,0784)	0,954
Bembèrèkè	0,758	0,573 (0,1732)	0,930
Ensemble	0,225	0,717 (0,1677)	0,961
<b>Efficacité allocative</b>			
N'Dali	0,551	0,790 (0,087)	0,945
Kalalé	0,551	0,833 (0,053)	0,945
Bembèrèkè	0,640	0,846 (0,037)	0,932
Ensemble	0,551	0,823 (0,067)	0,945
<b>Efficacité Économique</b>			
N'Dali	0,245	0,656 (0,101)	0,905
Kalalé	0,245	0,613 (0,110)	0,905
Bembèrèkè	0,314	0,485 (0,146)	0,817
Ensemble	0,209	0,588 (0,139)	0,905

Source : Auteurs

**Figure 1 : Indice d'efficacité technique, allocative et économique des producteurs de Soja selon les communes**



Source : Auteurs

### - Détermination des scores d'efficacité par catégories d'innovations adoptées

Dans la zone d'étude, trois catégories d'innovations sont appliquées dans les systèmes de production de soja. Il s'agit : les innovations endogènes, les innovations introduites et les innovations introduites et modifiées. Ainsi, il est important d'analyser les indices d'efficacité en fonction des catégories d'innovations appliquées afin d'en déduire la catégorie d'innovations qui assure la performance de la production du soja.

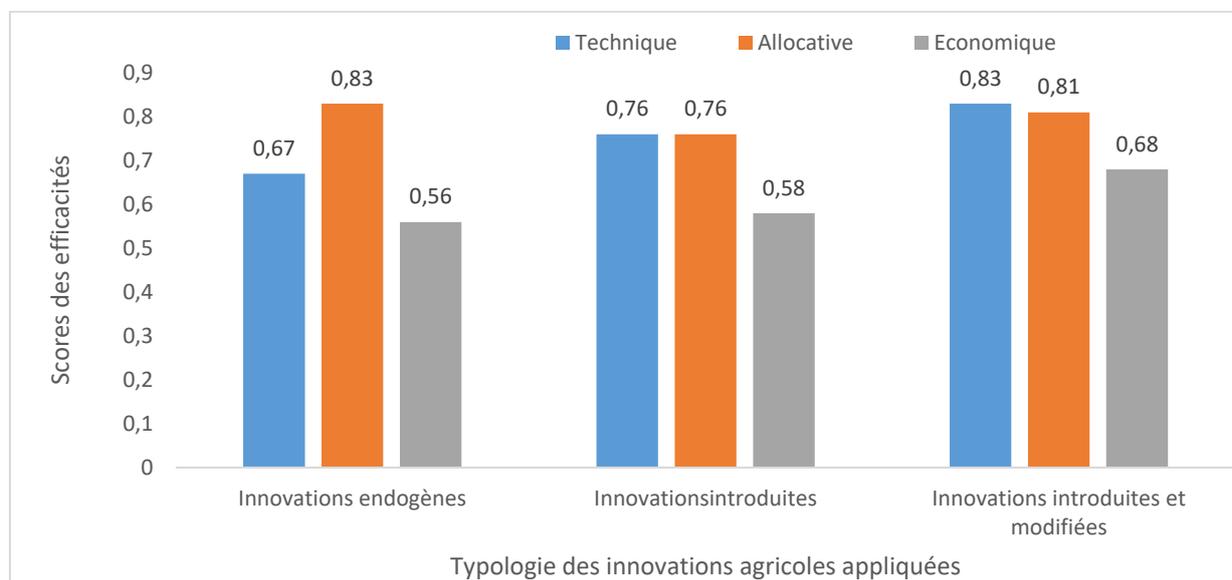
Du point de vue technique, les producteurs appliquant les innovations endogènes dans la production ont en moyenne un score d'efficacité de 67% avec un minimum de 25% et un maximum de 94%. Le score moyen d'efficacité technique (0,76) des producteurs adoptants les innovations introduites est compris entre 22,5 et 95,7%. Quant aux adoptants des innovations introduites et modifiées, le score moyen de leur efficacité technique est 81% et varie entre 65% et 96%. On note que le score d'efficacité technique des adoptants des innovations introduites et modifiées est plus élevé que celui des adoptants deux autres catégories d'innovations. Les adoptants des innovations introduites et modifiées sont techniquement plus efficaces que les adoptants des innovations endogènes et introduites. Ainsi, si l'adoptant moyen des innovations introduites et modifiées devait atteindre la performance des adoptants les plus performants, il pourrait réaliser une économie de ressources de 99%  $[1-(65/96)]$  sur ses coûts de production.

De la figure 2, il ressort que les niveaux d'indices de l'efficacité allocative sont plus élevés au niveau de toutes les catégories d'innovations adoptées dans la production du soja dans le Borgou. Il faut noter que le niveau d'efficacité allocative moyen (0,83) des adoptants d'innovations endogènes varie entre 0,61 et 0,93 et est plus élevé que le niveau d'efficacité allocative des autres catégories de producteurs. L'efficacité moyenne est de 0,81 pour les adoptants d'innovations introduites et modifiées avec un minimum de 20% et un maximum de 90,5%. Le score moyen des adoptants d'innovations introduites est 76% variant entre 55 et 94,5%. Les adoptants d'innovations endogènes allouent efficacement les ressources que les autres producteurs.

Le score moyen d'efficacité économique des adoptants d'innovations introduites et modifiées (moy=0,68 ; min=0,49 ; max=0,82) est supérieur aux scores moyens des adoptants d'innovations endogènes (moy=0,56 ; min=0,21 ; max=0,82) et d'innovations introduites (moy=0,58 ; min=0,62 ; max=0,92). Ces chiffres montrent qu'il existe des potentiels encore non valorisés en termes d'économie de coût des intrants et en production du soja, puisque le moins économiquement efficace des adoptants d'innovations introduites et modifiées peuvent épargner jusqu'à

40,24% [1-(49/82)] de ces coûts actuels de production comparativement aux adoptants d'innovations introduites et endogènes qui peuvent épargner respectivement 32,60% [1-(62/92)] et 74,39% [1-(21/82)]. Au total, ces différents résultats obtenus sur l'efficacité montrent que dans le Borgou, des réserves de productivité existent encore. Celles-ci peuvent être valorisées pour augmenter la production du soja et augmenter les revenus des producteurs.

Figure 2 : Répartition des scores d'efficacité par catégories d'innovations adoptées



Source : Auteurs

#### 4.4. Déterminants de l'efficacité économique

Afin d'identifier les facteurs déterminants, l'efficacité économique de la production du soja, le modèle de régression Tobit a été utilisé. Le résultat d'estimation du modèle montre qu'il est globalement significatif à 1% (Tableau 5). Ainsi, il ressort des résultats que l'accès au Crédit Achat Intrans Groupé (CAIG), la quantité d'engrais (NPK+urée) à l'ha, l'expérience dans la production du soja, l'application de mucuna, d'inoculum, de l'association culturale et du semis étalé ont des effets significatifs sur l'efficacité économique de la production du soja.

**L'accès au CAIG** est positif au seuil de 5% sur l'efficacité économique de la production du soja. Plus le producteur accède au CAIG, plus il est économiquement efficace dans la production du soja et son efficacité augmenterait de 0,003%. Cela s'explique par le fait que les intrants et les frais d'entretien obtenus en groupe à crédit permettent aux producteurs d'appliquer à bonne date les fertilisants nécessaires à la culture et les entretiens se font correctement.

**La quantité des engrais (NPK+UREE)** utilisée à l'hectare a des effets négatifs à 5% sur l'efficacité économique des producteurs. Cela montre que, plus la quantité des engrais utilisés est élevée, le producteur est moins efficace économiquement. Une augmentation de la quantité d'engrais de 1kg diminuerait l'efficacité économique de 0,043%. Plus la dose d'engrais excède leur norme, moins le rendement est meilleur.

**L'application de l'association culturale et du semis étalé dans le temps** dans la production du soja affectent négativement alors que **l'application de mucuna** a un effet positif sur l'efficacité économique respectivement à 1%. L'application de ces deux 1<sup>ères</sup> pratiques dans la production du soja rend le producteur moins efficace économiquement. L'association du soja à une autre culture peut créer de la concurrence entre les deux cultures, ce qui peut faire baisser le rendement d'une part. Quant au semis étalé dans le temps dans un contexte d'adaptation au changement climatique, crée parfois de déséquilibre dans la physiologie des plants. Ce qui s'explique par le

fait que le semis étalé engendre des coûts supplémentaires de production et peut réduire la productivité en cas d'une mauvaise répartition spatiale de la pluviométrie. Par contre, le mucuna augmente l'efficacité économique du producteur. Plus le producteur pratique le mucuna dans la production du soja, son indice d'efficacité économique augmentera de 0,158%. Donc le mucuna est un fertilisant qui améliore l'efficacité économique du producteur de soja.

**L'expérience du producteur dans la production du soja** a un effet positif sur l'efficacité économique à 1%. Lorsque l'expérience du producteur augmente d'une année, l'efficacité économique du producteur augmente de 0,052%. Par conséquent, plus l'expérience en production de soja est élevée, plus le producteur est économiquement efficace. Ceci montre que le producteur expérimenté maîtrise les différentes combinaisons possibles des facteurs de production afin de minimiser les coûts de production pour optimiser l'output.

**L'inoculation du soja** a un effet positif sur l'efficacité économique à 10%. Lorsque le producteur inocule le soja, son indice d'efficacité économique augmentera de 0,034%. L'inoculation du soja augmente le rendement du soja. Alors les exploitations qui inoculent le soja verront leur output augmenter si tous les facteurs sont constants (*ceteris paribus*), par ricochet la rentabilité. Ainsi, plus le producteur inocule le soja, plus il est économiquement efficace dans la production du soja au Nord-Bénin.

Par ailleurs, l'appartenance à une Coopérative Villageoise de Producteurs de Soja (CVPS) a un effet positif ; le nombre de grains par poquet et l'utilisation de la main-d'œuvre salariale ont des effets négatifs tous non significatifs sur l'indice d'efficacité économique. L'appartenance à une CVPS par le producteur augmenterait l'efficacité économique de 0,017% tandis que le nombre de grains par poquet et l'utilisation de la main-d'œuvre salariale diminueraient l'efficacité économique respectivement de 0,065% et 0,018%.

**Tableau 5 : Résultats des déterminants de l'efficacité économique de la production du soja**

Variables	Coefficient	Stt, Err,	t	P> t
Accès au CAIG (CREDI)	0,003**	0,001	2,97	0,003
Quantité d'engrais (NPK+urée) à l'ha (QEN- GRAI)	-0,043**	0,016	-2,65	0,008
Appartenance à une CVPS (COOP)	0,017	0,199	0,88	0,381
Application de l'association culturale (AS- SOCULT)	-0,043***	0,015	-2,77	0,006
Expérience dans la production du soja (EX- PSOJA)	0,052***	0,014	3,57	0,000
Application de mucuna (MUCUNA)	0,158***	0,028	5,58	0,000
Utilisation d'inoculum (INOCUL)	0,034*	0,019	1,74	0,083
Nombre de grain par poquet (NGRAINP)	-0,065	0,057	-1,15	0,252
Application du semis étalé (SEMIT)	-0,066***	0,022	-3,01	0,003
Utilisation de la main-d'œuvre salariale (SA- LARIE)	-0,018	0, 022	-0,80	0,425
Constante	0,464	0,071	6,50	0,000
/sigma	0,118	0,004		
Résumé du modèle Tobit				
Nombre d'observation	=		278	
F(10, 268)	=		11,60***	
Prob > F	=		0,0000	
Pseudo R2	=		-0,2614	
Log pseudolikelihood	=		197,77449	

\*\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$ , \* $p < 0,1$

Source : Auteurs

## 5. Discussion

De l'estimation des efficacités par la fonction frontière de coût de type Cobb-Dougllass, les résultats révèlent que le score moyen d'efficacité technique atteint est de 72% se situant entre un minimum de 22,5% et un maximum de 96%. Ceci corrobore aussi avec celui obtenu par Hountondji *et al* (2018) dans les études sur production du coton biologique équitable qui a une efficacité technique de 71%. Par contre, cette production est plus efficace techniquement que la production de tomates (57 %) au nord-Bénin (Biaou *et al.*, 2021). Du point de vue typologique, le niveau d'efficacité technique atteint par les adoptants des innovations introduites et modifiées est de 81% et supérieur aux niveaux d'efficacité atteints par les adoptants des innovations introduites (76%) et endogènes (67%). Si le producteur moyen des adoptants d'innovations introduites et modifiées devait atteindre la performance des producteurs les plus performants, il pourrait réaliser une économie de ressources de 15,62% [ $1-(81/96)$ ] sur ses coûts de production comparative-ment aux adoptants d'innovations introduites et endogènes qui devraient économiser de 20,58% [ $1-(76/95,7)$ ] et 28,72% [ $1-(67/94)$ ] respectivement de leurs ressources. Ainsi, les innovations introduites dans la production du soja ont des effets positifs sur l'efficacité technique des producteurs. Alors, si le producteur qui est techniquement moins efficace devait atteindre l'efficacité technique des meilleurs producteurs de la zone d'étude, il pourrait épargner 76,56% [ $1-(22,5/96)$ ] sur ses coûts actuels de production.

Des résultats obtenus au niveau de l'efficacité allocative, il a été observé que l'inefficacité des producteurs dans l'allocation des ressources de production est de 17,7%. Alors, les producteurs du soja allouent très efficacement les ressources. De façon générale, cette production est plus efficace allocativement que la production du coton biologique (0,75) au nord du Bénin (Hountondji *et al*, 2018). Ce résultat est le contraire de celui de Huynh et Mitsuyasu (2011), qui ont découvert que les producteurs de soja au Vietnam obtiennent plus d'efficacité technique, mais pauvre en efficacité allocative. Le score moyen d'efficacité allocative (0,83) des adoptants d'innovations endogènes est plus élevé que le niveau d'efficacité allocative des autres catégories de producteurs. Ces scores montrent que les producteurs combinent bien leurs inputs de manière efficace. Les résultats de notre étude corroborent avec ceux de Choukou *et al.*, (2017), qui a montré que la production du maïs est efficace allocativement à 80,5% dans les oasis du Kanem au Tchad. Par ailleurs, le score moyen d'efficacité économique des adoptants d'innovations introduites et modifiées atteint est de 68% alors que celui atteint par les adoptants d'innovations endogènes et d'innovations introduites sont respectivement de 56% et 58%. Bien qu'aucun des adoptants d'innovations endogènes et d'innovations introduites ne soit économiquement efficace, il faudra cependant noter que le maximum de score d'efficacité de 82% et 92% respectivement atteint et proche de la frontière de production révèle qu'il existe des adoptants relativement très performants pouvant servir de référence pour l'amélioration de la productivité du soja dans la zone d'étude à travers l'application des innovations introduites contrairement aux innovations endogènes. À cet effet, Biaou *et al.*, (2021) évoquent que même dans l'hypothèse de maintien du niveau de production actuel, les producteurs ont des possibilités de réduction des coûts de production. Le score obtenu au niveau des innovations endogènes est proche de celui obtenu par Hountondji *et al.*, (2018) qui est de 54% dans la production du coton bio équitable. Par ailleurs, les scores montrent que les producteurs de soja du Borgou sont plus efficaces économiquement que les producteurs du soja des collines, qui ont atteint 46,61% selon les études de Labiyi *et al.*, (2012). Ils sont également plus efficaces que les producteurs de noix d'acajou (42%) (Arouna *et al.*, 2010). Ainsi, il y a nécessité d'accompagner techniquement les adoptants des innovations introduites et endogènes à utiliser de manière rationnelle les ressources disponibles pour optimiser la production de soja dans la zone d'étude, car leurs scores se situant entre 0 et 60%.

Par ailleurs, plusieurs facteurs déterminent l'efficacité économique des producteurs de soja de la zone d'étude. Il s'agit de l'accès au crédit CAIG, la quantité d'engrais (NPK+urée) à l'hectare,

l'expérience dans la production du soja, l'application de mucuna, d'inoculum, de l'association culturale et du semis étalé. Il faut souligner que la quantité des engrais utilisés par ha, l'application de l'association culturale et du semis étalé dans le temps ont des effets négatifs sur l'efficacité économique de la production du soja. Alors, plus le producteur adopte ces pratiques, moins il est économiquement efficace. Les producteurs qui augmentent la quantité des engrais en excédant la norme recommandée par les services de vulgarisations et de recherche afin d'optimiser les rendements augmentent les coûts de production et réduisent l'output sans s'en rendre compte. Ce résultat confirme celui obtenu par Hountondji et *al.* (2018) et qui ont trouvé que l'apport en engrais minéraux au niveau des sols favorise la dégradation de ces derniers comparativement aux engrais organiques. De même, ils ont rapporté que la rotation avec les légumineux maintient l'état de fertilité des sols comparativement à l'association culturales qui baisse le niveau de fertilité des sols. Alors ces auteurs conseillent aux producteurs d'adopter la rotation avec les légumineux afin de maintenir l'état fertile des sols ou de régler les problèmes liés à la fertilité des sols. Azontondé et *al.* (2009) ont également montré que l'utilisation du mucuna comme plante de couverture permet d'améliorer de manière les rendements en maïs, ce qui est conforme à nos résultats obtenus dans la présente étude. Aussi Aklamavo & Mensah (1997) ont montré que la culture du mucuna est faite pour améliorer la fertilité et/ou la structure physique des sols pour la production du maïs et de diminuer la population des chiendents à un seuil facilement contrôlable par le producteur.

## 6. Conclusion

La présente étude a évalué l'effet des innovations sur l'efficacité économique de la production du soja dans le Borgou au nord-Bénin à travers la fonction frontière de coût de type Cobb-Douglass. Des résultats obtenus, on note que les adoptants des innovations introduites et modifiées sont économiquement efficaces à 68% tandis que les adoptants des innovations introduites le sont à 58% et ceux d'innovations endogènes à 56%. L'inefficacité économique de 44% des adoptants d'innovations endogènes est due à l'allocation des coûts unitaires. Les adoptants d'innovations introduites et endogènes sont peu efficaces comparativement aux adoptants d'innovations introduites et modifiées. Le score d'efficacité économique moyen réalisé par l'ensemble des producteurs est de 58,8% se situant entre un minimum de 20,9% et un maximum de 90,5%. Par conséquent, il y existe encore des potentiels exploitables en termes de minimisation de coûts de production et d'amélioration de la productivité. Si le producteur moyen devait atteindre le niveau d'efficacité économique du producteur le plus performant de la zone d'étude, il pourrait réduire son coût de production actuel de 35% et améliorer sa productivité, tandis que le producteur le moins efficace économiquement réaliserait une économie de 23% s'il devait atteindre le niveau d'efficacité économique des producteurs actuels les plus performants. Cependant, l'accès au CAIG, la quantité d'engrais (NPK+urée) à l'ha, l'expérience dans la production du soja, l'application de mucuna, d'inoculum, de l'association culturale et du semis étalé déterminent les niveaux d'efficacité économique de la production du soja. Ainsi, une sensibilisation plus accrue sur les innovations introduites pourrait améliorer l'efficacité économique des producteurs de soja.

## Références

- (1) Aigner, D-J. et Chu, S-F., (1968). On Estimating the Industry Production Function. *The American Economic Review*, vol. 58, n°. 4, pp. 826-839.
- (2) Aklamavo, M. and Mensah, G.A., (1997). Quelques aspects de l'utilisation du Mucuna en milieu rural en République du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, 19, pp.34-46.
- (3) Amara, N., & Romain, R., (2000). Mesure de l'efficacité technique : Revue de la littérature. Série Recherche des cahiers du CREA. Centre de recherche en économie agroalimentaire. Faculté des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation- Université Laval. Revue de littérature SR.00.07.pp.1-26
- (4) Arouna, A. and Dabbert, S., (2010). Determinants of domestic water use by rural households without access to private improved water sources in Benin: A seemingly unrelated Tobit approach. *Water resources management*, 24(7), pp.1381-1398.
- (5) Azontondé, A., Igué, M. et Dagbénonbakin, G., (2009). Carte de fertilité des sols du Bénin par zone agro-écologique du Bénin. *Rapport de consultation pour le compte d'Afrique Etude, Bénin*, 128p.
- (6) Banker, R. D. (1984). Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 17(1), 35–44.
- (7) Banker, R.-D., Charnes, A., et Cooper, W.-W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, vol. 30, p. 1078-1092.
- (8) Biam, K.C., Tsue, T.P., (2013). Profitability of Soyabean Production by Small Holder Farmers in Nigeria: A Guide for Sustainable Food Security. *Eur. J. Bus. Manage.* 5(30): 89-96.
- (9) Biauou, P.D., Degla, P. And Issiaka, K., 2021. Efficacité économique des systèmes de culture de tomate de contre saison au Nord-Est du Bénin. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 11(2), pp.27-38.
- (10) Bravo-Ureta, E. B., & Pinheiro, A. E., (1997). Technical, economic and allocative efficiency in peasant farming: evidence from the Dominican Republic. *The Developing Economies*, XXXV-1 (March 1997): 48-67
- (11) Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.
- (12) Charnes, A., Cooper, W. W., et Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decisions making units, *European Journal of Operational Research*, 2, 29-44.
- (13) Choukou, MM, Biauou, G., Zannou, A., & Ahoüendo, B. (2017). Production et rentabilité de la culture du maïs dans les oasis du Kanem au Tchad. *Journal des nouvelles sciences* , 45 , 2473-2482.
- (14) Coelli T.J., Prasada Rao D.S., Battese G.E. (1998). An introduction to efficiency and productivity analysis. Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 274p
- (15) Coelli TJ, Rao DSP, Battese GE. (1998). An introduction to efficiency and productivity analysis. Boston [AS]: Kluwer Academic Publisher.
- (16) Da-Gbadji, M., Dedehouanou, H., Houngnandan, P., Zoundji, C., & Kpanou, B. V. (2019). Acceptation Socioéconomique de “l’Inoculum Soja” par les Agro-éleveurs au Nord du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*, 23, 101-116
- (17) Farrell M.J., (1957), “ The Measurement of Productive Efficiency” *Journal of the Royal Statistical Society*.Series A, 120, part.3, 253-281
- (18) Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical society Serie A*

- (19) Frield, H., Lovell, C. A. K and P. Vanden Ecckaut. (1993). Evaluating the performance of
- (20) Gnanglè, P.C., Yabi, J.A., Yegbemey, N.R., Kakaï, R.G., Sopkon, N., (2012). Rentabilité économique des systèmes de production des parcs à Karité dans le contexte de l'adaptation au changement climatique du Nord-Bénin. *Afr. Crop Sci. J.* 20, 589–602.
- (21) Hernandez V., & Phélinas P., (2017). L'impact économique et social de la production de soja transgénique en Argentine, *La Découverte « Revue Française de Socio-Économie »*, 1 (18) : 31-51. DOI 10.3917/rfse.018.0031
- (22) Hernandez, V. et Phélinas, P., (2017). L'impact économique et social de la production de soja transgénique en Argentine. *Revue française de socio-économie* , 18 (1), pp.31-51.
- (23) Honlonkou N.A. (1999). Impact économique des techniques de fertilisation des sols, cas de la jachère mucuna au Sud du Bénin. Thèse de doctorat de troisième cycle. Université de Côte d'Ivoire.
- (24) Houngnandan P., (2015). Determinants of soybean [Glycine max (L.)Merrill] production system in Benin, 3(5).430.439. DOI: 10.18006/2015. <http://www.m.elewa.org/JAPS> ;
- (25) Hountondji S. P., Tovignan S. D., Sodjinou E., (2018). Analyse de l'efficacité économique de la production du coton biologique équitable au Bénin. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron.* 8 (2) : 27-38.
- (26) Huynh, V. K., & Mitsuyasuy, Y. (2011). Technical efficiency analysis of rice production in Vietnam. *Journal of ISSAAS*, 17(1), 135-146.
- (27) Isabelle, M., Sylvie, QB, & Chantal, P. (2003). Évaluation électromécanique de la stabilité de la cheville. *Revue européenne de physiologie appliquée* , 88 (6), 558-564.
- (28) Issaka, K., (2002). *Innovations en technologie agricole : bilan des contraintes et performances au Bénin* . VERLAG GRAUER Beuren Stuttgart, 17p.
- (29) Kaliraje, K. P. (1990). On Measuring Economic Efficiency. *Journal of Applied Econometrics*, vol 5, n° 1.
- (30) Kpenavoun (2018) Efficacité technique et rentabilité économique de la production de soja au Bénin - Slire. Available at: <http://www.slire.net/document/2480> (Accessed: 2 December 2020).
- (31) Kpenavoun C. S., F. Okry, F. Santos & D. J. Hounhouigan (2018). Efficacité technique des producteurs de soja du Bénin. 19pp
- (32) Kpenavoun et al. (2018) Efficacité technique des producteurs de soja du Bénin. Available at: <https://bec.uac.bj/publication/5462/Article> (Accessed: 5 December 2020).
- (33) Kpenavoun, C. S., F. Okry, F. Santos, J. Hounhouigan, 2017 : Efficacité technique des producteurs de soja du Bénin. *Ann. Sci. Agro.*, 22(1): 93-110.
- (34) Labiyi, I. A. ; Ayédèguè, L. ; Yabi, A. J., (2012). Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du soja au Bénin, Unité de Recherche en Economie et Développement (URED), Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou ; 19p ;
- (35) MAEP. (2017). Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) 2025 et Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle PNIASAN 2017 – 2021. Rapport final. Cotonou : MAEP, 135 p.
- (36) Maniriho, A., Musabanganji, E. et Lebailly, P., (2020). Analysis of Economic Efficiency of Small-scale Onion Production in Volcanic Highlands in Rwanda. *Journal monténégrin d'économie*, 16 (3), pp.185-196.
- (37) Mosnier, C., (2009). Pour obtenir le grade de Docteur d'Agro Paris Tech Adaptation des élevages de bovins allaitants aux aléas de prix et de climat : Approches par modélisation Adaptation of suckler cow farms to weather and beef price risks :

- (38) Nakana, TM, Hlongwane, JJ et Belete, A., (2021). Analyse de l'efficacité économique des petits producteurs de tomates dans la municipalité du Grand Letaba. *Journal of Agribusiness and Rural Development* , 62 (4), pp.429-434.
- (39) Ndiaye, M., 2018. Analyse de l'efficacité technique des exploitations agricoles familiales à Maurice. *European Scientific Journal*, 14(9), pp.143-160.
- (40) Nkamleu, G.B., Adesina, A.A., (2000). Determinants of chemical input use in peri-urban lowland systems: Bivariate probit analysis in Cameroon. *Agricultural Systems*, 62, 1–11.
- (41) OCDE et FAO (2018) 'Oléagineux et produits oléagineux'.
- (42) Ogundari, K., et Odjo, S., (2006). An examination of technical, economic and allocative efficiency of small farms: the case study of cassava farmers in osun state of Nigeria. Dept. Of Agricultural Economics and Extension, Federal University of Technology, Akure, Nigeria.
- (43) Ollabode, N., Tovihoudji, P., Labiyi, A., Aihounton, G., Adimi, O. and Yabi, J., (2017). Déterminants du rendement de soja dans la commune de N'Dali au nord Bénin. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron. Horssérie*, (1), pp.35-42.
- (44) Oloumilade, M. O. & Yabi, J. A. (2020) 'Adoption des variétés améliorées de soja et changement socioculturel dans le département du Borgou au Nord du Bénin', *Afrique SCIENCE*, 16(1), pp. 11–20.
- (45) Ouedraogo, D. (2017) 'Perception paysanne et déterminants socio-économiques de l'adoption de la microdose testée sur le soja (*Glycine max L.*) et le maïs (*Zea mays L.*) dans les provinces du Nahouri et de la Sissili au Burkina Faso'.
- (46) Pouch, T., 2015. L'agriculture et l'enjeu de l'innovation : dimensions générales et éclairage méditerranéen. *Lettre de veille* , 32 , p.5.
- (47) Rasmussen, L.V., Reenberg, A., (2012). Collapse and Recovery in Sahelian Agro- pastoral Systems: Rethinking Trajectories of Change. *Ecology and Society* 17(1), 17.
- (48) Série Recherche des cahiers du CREA. Centre de recherche en économie agroalimentaire. Faculté des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation- Université Laval.
- (49) Sharma, S., & Vredenburg, H. (1998). Stratégie environnementale d'entreprise proactive et développement de capacités organisationnelles compétitives. *Revue de management stratégique* , 19 (8), 729-753.
- (50) Sharma, S., & Vredenburg, H. (1998). Stratégie environnementale d'entreprise proactive et développement de capacités organisationnelles compétitives. *Revue de management stratégique* , 19 (8), 729-753.
- (51) U.S Credit Unions. J of Ban.
- (52) Varian, H.R., (2006). Analyse microéconomique. De Boeck, 6<sup>e</sup> éd., Bruxelles, 824 p.
- (53) Yabi A. J., Ogouniyi E. B. Adimi, C. F. J. Dassoundo-assogba, Kinkpe A. T. (2017). Éducation en production de soja au nord-est du Bénin, 13pp
- (54) Yabi, J.A., Bachabi, F.X., Labiyi, I.A., Ode, C.A., Ayena, R.L., (2016). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10, 779–792.