



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(5): 2194-2208, October 2017

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences**

**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Mesure et déterminants de l'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin

C.S. KPENAVOUN \*, E. GANDONOU, A. ADEGBIDI et E. ABOKINI

*Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin.*

*\*Auteur correspondant ; E-mail : [kpenavoun@gmail.com](mailto:kpenavoun@gmail.com)*

### REMERCIEMENTS

*Le recensement national des pisciculteurs au Bénin a été financé par le Projet d'Appui à la Diversification Agricole (PADA). Nous adressons nos sincères remerciements aux responsables du projet qui ont conçu et organisé ce recensement.*

### RESUME

Au Bénin, la production halieutique ne permet pas de couvrir les besoins du pays. Le déficit est comblé par des importations sans cesse croissantes de poissons congelés. Par ailleurs, on assiste à une surexploitation des plans et cours d'eau, à de mauvaises pratiques de pêche qui accentuent la diminution de la production dans les différentes pêcheries. Dans ces conditions, la pisciculture apparaît comme une alternative pour réduire les importations et diversifier les sources de revenus en milieu rural. Ces dernières années, beaucoup de jeunes investissent dans la pisciculture. La présente étude vise à mesurer l'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin. La méthode des frontières de production stochastiques a été appliquée à un échantillon aléatoire de 649 exploitants piscicoles. Les résultats de l'étude montrent que le niveau actuel de production est de 922 kg par an par pisciculteur, en moyenne. L'efficacité technique est de 46%. Si les erreurs de management sont corrigées, avec les mêmes quantités de ressources, la production annuelle par pisciculteur peut atteindre 1320 kg, soit un accroissement de 43%. La plupart des facteurs susceptibles d'améliorer l'efficacité technique ont un lien avec les capacités techniques et managériales des pisciculteurs. L'étude conclut qu'une partie substantielle des ressources prévues pour la promotion de la pisciculture au Bénin devra être allouée au renforcement des activités de formation au profit des pisciculteurs au lieu de focaliser l'attention uniquement sur l'accroissement des aménagements piscicoles.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés:** pisciculture, efficacité technique, frontière de production stochastique, Bénin.

## Technical efficiency in fish farming and its determinants: the case of Benin

### ABSTRACT

In Benin, fish production is lower than the country's consumption needs. The deficit is filled by ever increasing imports of frozen fish. In addition, overexploitation of water bodies and improper fishing practices are now widespread in the country and this accentuates the decrease of the production in the various fisheries. Fish farming can contribute to reduce the imports and induce income diversification in rural areas. In recent years, there has been an increase in the investments by young people in fish farming in Benin. This study aimed at measuring the technical efficiency of Benin's fish farms. The stochastic frontier production was applied to a random sample of 649 fish farms. The results show that the average annual fish production per

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.20>

4036-IJBCS

farm is 922 kg in Benin. The mean technical efficiency score is 46%. If technical inefficiency is removed, using the same level of resources, annual fish production per farm can attain 1320 kg, which corresponds to a rate of increase of 43%. The factors which can facilitate such a change are associated with technical and managerial skills of the fish farmers. The study concludes that a substantial proportion of the public investments in fish farming should be allocated to extend and improve skills training activities instead of focusing only on the expansion of the pond infrastructures.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** fish farming, technical efficiency, stochastic production frontier, Benin.

## INTRODUCTION

La République du Bénin dispose d'un réseau hydrologique assez dense, constitué de lagunes, de lacs, de fleuves, de rivières, de marais, de plaines d'inondation et de retenues d'eau. Le pays compte au moins 333 km<sup>2</sup> d'eau saumâtre et 700 km linéaires de cours d'eau. Il est dénombré plus de 200 retenues d'eau sur toute l'étendue du territoire national. Ces cours d'eau sont surtout exploités pour la production halieutique avec des activités de la pêche maritime, de la pêche continentale et de l'aquaculture (Direction des Pêches, 2013).

Le sous-secteur de la pêche et de l'aquaculture contribue pour 11% au PIB agricole et 3% au PIB national. Il occupe 15% de la population active totale et 25% de la population active du secteur agricole. Il représente environ 600 000 emplois (Direction des Pêches, 2013). La production halieutique nationale (y compris la pisciculture) est passée de 38 727 tonnes en 2011 à 44 340 tonnes en 2013 (Direction des Pêches, 2013). La contribution de la pisciculture à la production halieutique demeure faible. La production piscicole est estimée à 250 tonnes en 2010 et 1436 tonnes en 2013 (MAEP, 2014). Globalement, la production halieutique nationale ne permet de couvrir que 35% des besoins estimés à 113 000 tonnes par an (Rurangwa et al., 2014). Le déficit est comblé par des importations sans cesse croissantes de poissons congelés. Les quantités de poissons importés sont passées d'environ 20 000 tonnes en 2000 à 153 328 tonnes en 2016 (INSAE, 2016).

Le Bénin accuse un déficit halieutique avec une faible consommation du poisson par individu et par an (9,4 kg) et une faible contribution de l'apport protéique du poisson

(28,5%) par rapport aux autres sources protéiques animales (Béné et Heck, 2005). Les normes de la FAO recommandent 15 à 18 kg de poisson par habitant et par an (FAO, 2012). Par ailleurs, avec la croissance démographique, on assiste à une surexploitation des plans et cours d'eau et à de mauvaises pratiques de pêche qui accentuent la diminution de la production dans les différentes pêcheries et une faible productivité des plans d'eau dans le pays. La production halieutique nationale n'a pas été épargnée par les changements climatiques. Une modification du régime hydrologique a été observée ces dernières années avec des conséquences sur la biodiversité aquatique. Selon les populations, les captures des principales familles de poissons sont en nette régression au Bénin à cause de ce problème (Attingli et al., 2016). Une aggravation du déficit de poissons est à craindre au plan régional car plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest sont confrontés aux mêmes difficultés (Adjanké et al., 2016 ; Yao et al., 2016).

Ayant pris conscience de la situation, le gouvernement béninois, avec le soutien des partenaires techniques et financiers, entend exploiter toutes les potentialités pour développer prioritairement l'aquaculture et la pisciculture, tout en assurant la gestion durable des ressources halieutiques. Dans le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA), il est prévu la réhabilitation des plans d'eau afin d'augmenter la production halieutique nationale de manière à réduire significativement les importations de poissons congelés, d'accroître les exportations de crevettes de qualité et d'améliorer les revenus des différentes catégories d'acteurs (MAEP,

2014). En 2011, le plan stratégique agricole indique que dans les conditions actuelles de faible productivité des plans d'eau dans le pays, l'aquaculture offre la possibilité d'augmenter de 50% la production du poisson. Dès lors, selon MAEP (2014), de nombreux projets ont été mis en œuvre pour inciter les producteurs à pratiquer la pisciculture notamment le Projet d'Étude de la Promotion de l'Aquaculture Continentale pour le Développement Rural en République du Bénin (PACODER), le Programme d'Appui au Développement Participatif de la Pêche Artisanale (PADPPA), le projet d'Appui au Développement des Filières Halieutiques (ADEFIH), le Projet d'Appui à la Diversification Agricole (PADA) et surtout le projet de Vulgarisation de l'Aquaculture Continentale (PROVAC). Des formations professionnelles de niveau licence ou master sont offertes dans les universités pour former des spécialistes en pêche et en aquaculture. Ainsi, la pisciculture est aujourd'hui pratiquée par un bon nombre d'exploitants. Des individus ayant un niveau d'instruction élevé (secondaire et plus) ou ayant reçu des formations professionnelles spécifiques sont en train d'investir dans la pisciculture.

Le recensement réalisé par Kpenavoun et al. (2015) au profit du PADA a permis de dénombrer 1089 pisciculteurs individuels et 80 pisciculteurs qui produisent en groupe, soit 1169 exploitations piscicoles en activité en 2015. L'effectif total des membres des groupements est de 1118. Au total, il y a plus de 2207 pisciculteurs en activité au Bénin. Plus de 61 295 personnes vivent directement des revenus issus de la pisciculture. Plusieurs pisciculteurs ont reçu des appuis techniques (formation à la création d'une ferme piscicole, formation aux innovations technologiques, informations sur les marchés, commercialisation et marketing, etc.) dans le cadre des projets mis en œuvre. Tous ces appuis devraient améliorer le niveau d'efficacité technique de ces pisciculteurs et accroître la production locale de poissons. Environ 47% des pisciculteurs recensés ont au moins le niveau du secondaire. Ce niveau élevé d'instruction de la plupart des pisciculteurs peut faciliter le conseil agricole

et améliorer ainsi leur niveau d'efficacité technique (Kpenavoun et al., 2015).

Dans le Programme d'Actions du Gouvernement 2016-2021, l'aquaculture continentale fait partie des filières agricoles à forte valeur ajoutée identifiées par le gouvernement béninois pour accélérer la croissance agricole. Il est prévu un aménagement de 500 ha de zones aquacoles pour une production de 20 000 tonnes en 5 ans avec la création de 18 000 emplois (Présidence de la République du Bénin, 2017). Pour savoir dans quelle mesure l'objectif fixé par le gouvernement peut être atteint, l'estimation du niveau d'efficacité technique des pisciculteurs en activité est d'une grande utilité. En effet, il est possible d'augmenter la production en améliorant simplement le niveau d'efficacité technique des pisciculteurs sans qu'ils aient besoin d'augmenter leurs facteurs de production. Malheureusement, les études sur l'efficacité technique des pisciculteurs au Bénin sont rares. La seule étude non publiée est celle de Sikirou (2012). La présente étude permettra donc d'améliorer les connaissances sur la question.

L'objectif de cette étude était de déterminer l'ampleur de l'écart entre le niveau actuel de production et l'optimum potentiel en utilisant la méthode de la fonction de production frontière stochastique de type Cobb-Douglas. Cette recherche devrait aussi permettre d'identifier les facteurs qui déterminent l'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin afin d'aider le gouvernement à mieux identifier et planifier les actions de promotion de la pisciculture.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Données utilisées**

Les données exploitées dans cette étude sont issues d'une enquête menée dans les 12 départements du Bénin. La taille de l'échantillon est de 649 pisciculteurs sélectionnés de manière aléatoire. Cet échantillon est de grande taille comparée à la plupart des études antérieures menées dans les pays en voie de développement (Ogundari et al., 2010; Onumah et al., 2010; Ahmed et al., 2011; Alam et al., 2011; Begum et al., 2013; Iliyasu et al., 2015; Dickson et al., 2016). La

base de sondage exploitée est celle du recensement des pisciculteurs réalisé par Kpenavoun et al. (2015) au profit du Projet d'Appui à la Diversification Agricole (PADA). Les données ont été collectées en 2015 essentiellement grâce à des interviews structurées en utilisant un questionnaire. Ces données ont été complétées par des informations, essentiellement qualitatives, en 2017. Les travaux de terrain conduits en 2017 ont permis de mieux comprendre le processus de mise en place des fermes piscicoles, de bien décrire les infrastructures piscicoles et d'apprécier les différents appuis reçus par les pisciculteurs.

### **Méthodes d'analyse**

L'article pionnier de Farrell (1957), intitulé "The measurement of productive efficiency", a permis de révolutionner les méthodes d'estimation de l'efficacité technique et économique des producteurs. Selon cet auteur, 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. Autrement dit, c'est la capacité de l'entreprise à se situer sur la frontière des possibilités de production, intitulée fonction de production frontière (Kpenavoun et al., 2017).

Les méthodes d'estimation de l'efficacité peuvent être classées selon la forme prévue de la frontière, selon la technique d'estimation utilisée pour l'obtenir et selon la nature des sources et des propriétés supposées des écarts entre la production moyenne observée et la production optimale. Le classement en fonction de la forme de la frontière permet de distinguer les approches paramétriques et les approches non paramétriques.

#### ***L'approche non-paramétrique***

Cette approche n'impose aucune forme préétablie à la frontière de production ou du coût. C'est encore Farrell (1957) qui fut le premier à proposer la frontière de production non-paramétrique qui puisse refléter la meilleure pratique possible. Deux décennies plus tard, l'idée de Farrell a été développée par Charnes et al. (1978) avec la mise au point de

la méthode Data Envelopment Analysis (DEA), avec l'hypothèse de rendements d'échelle constants comme ce fut le cas de Farrell. 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 DEA est une technique de programmation linéaire ou quadratique non-paramétrique qui développe une frontière d'efficacité en optimisant le rapport pondéré des outputs/inputs de chaque unité de production, sous la contrainte que ce ratio puisse évaluer, mais ne peut jamais dépasser l'unité. Cette méthode est particulièrement adaptée à la mesure de l'efficacité relative des firmes quand plusieurs inputs sont utilisés pour produire plusieurs outputs. Son principal inconvénient est qu'elle est sensible aux erreurs de mesures. Elle ne prend pas en compte les variations aléatoires qui pourraient influencer l'efficacité d'une entreprise. 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).

#### ***L'approche paramétrique***

Quant à cette approche, elle suppose que l'on sache spécifier correctement la fonction de production ou du coût. C'est l'approche économétrique de la mesure de l'efficacité.

Aigner et Chu (1968) ont été les initiateurs des frontières de production paramétriques selon lesquelles toutes les déviations de la fonction frontière sont dues à l'inefficacité comme le cas de la méthode DEA. Il s'agit des frontières de production paramétriques de type déterministe. Or, les écarts entre la fonction frontière et la fonction de production moyenne sont dus à la fois à l'inefficacité du producteur et à des éléments aléatoires qui ne dépendent pas du producteur. L'approche de la fonction de production frontière stochastique, initialement et indépendamment proposée par Aigner et al. (1977) et Meeusen et van den Broek (1977), est mise au point pour prendre en compte les limites de la fonction frontière déterministe. Jondrow et al. (1982) ont contribué à l'amélioration de cette méthode pour permettre l'estimation des indices d'efficacité technique

spécifique à chaque firme. L'indice d'efficacité technique est généralement défini par le ratio du niveau de production observé et du niveau de production frontière estimé avec le même vecteur d'intrants. Il varie de 0 à 1. Dans le secteur agricole caractérisé par de grands risques, les méthodes paramétriques de type stochastique sont les plus appropriées car elles prennent en compte les faiblesses des méthodes non paramétriques et des méthodes paramétriques de type déterministes (Kpenavoun et al., 2017). C'est cette méthode qui sera utilisée dans ce document. La formulation se présente comme suit :

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

La variable  $Y_i$  désigne la production de la firme  $i$ , les variables  $X_i$  désignent les quantités de chacun des inputs qui ont servi à produire  $Y_i$ ;  $\beta$  est le vecteur des paramètres associés à  $X_i$  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  $V_i$ . L'hypothèse la plus courante dans la littérature est que les  $U_i$  suivent une distribution semi-normale  $(0, \sigma_u^2)$ .

La méthode de vraisemblance maximale (Maximum Likelihood Estimation) est utilisée pour estimer les paramètres du modèle. L'indice d'efficacité technique (*EFFICACITE*) de la firme  $i$  est donné par la formule suivante :

$$\text{EFFICACITE}_i = e^{-U_i} \text{ ou } \text{EFFICACITE}_i = \frac{f(X_i; \beta) e^{V_i - U_i}}{f(X_i; \beta) e^{V_i}} = \frac{Y_i}{f(X_i; \beta) e^{V_i}}$$

L'interprétation des résultats est basée sur les expressions mathématiques suivantes

qui sont présentées en termes de paramètres de variance :

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2, \gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2 \text{ avec } 0 \leq \gamma \leq 1 \text{ et } \lambda = \sigma_u / \sigma_v$$

Le ratio de variance  $\gamma$  (Gamma) 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 technique ( $\gamma$ ) ou à l'erreur aléatoire  $(1-\gamma)$  dans la variabilité totale. 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  $\lambda$  mesure le ratio des écart-types de l'erreur due à l'inefficacité technique et de l'erreur aléatoire.

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 pisciculteurs du Bénin. Elle se présente comme suit :

$$\begin{aligned} \text{LnQUANTITE}_i &= \beta_0 + \beta_1 \text{LnSUPERFICIE}_i + \beta_2 \text{LnTRAVAIL}_i + \beta_3 \text{LnALIMENT}_i + \beta_4 \text{LnCAPITAL}_i \\ &+ \beta_5 \text{LnETANGV}_i + \beta_6 \text{LnBASSIN}_i + \beta_7 \text{LnBETANGV}_i + \beta_8 \text{LnBETANGNV}_i + \beta_9 \text{LnTYPEPOISSON}_i + V_i - U_i \end{aligned}$$

avec  $i = 1, 2, \dots, n$  ( $n$  étant la taille de l'échantillon).

Pour chaque exploitation  $i$ :

- QUANTITE: quantité de poissons récoltée (kg);
- SUPERFICIE: superficie totale ( $\text{m}^2$ ) des infrastructures piscicoles (étangs et bassins);
- TRAVAIL: quantité de travail (homme-jour) qui prend en compte tous les types de main d'œuvre: familiale, salariée et occasionnelle;
- ALIMENT: valeur totale (FCFA) des aliments apportés aux poissons;

- CAPITAL: valeur totale (FCFA) des autres charges (vidange des étangs, empoissonnement, produits sanitaires et autres coûts);
- ETANGV: une variable muette qui prend la valeur 1 si les infrastructures piscicoles du pisciculteur sont seulement des étangs vidangeables;
- BASSIN: une variable muette qui prend la valeur 1 si les infrastructures piscicoles du pisciculteur sont seulement des bassins;
- BETANGV: une variable muette qui prend la valeur 1 si les infrastructures piscicoles du pisciculteur sont à la fois bassins et étangs vidangeables;
- BETANGNV: une variable muette qui prend la valeur 1 si les infrastructures piscicoles du pisciculteur sont à la fois bassins et étangs non vidangeables;
- TYPEPOISSON : une variable muette qui prend la valeur 1 si le pisciculteur produit seulement les poissons du genre Tilapia.

Les variables ETANGV, BASSIN, BETANGV, BETANGNV et TYPEPOISSON ne sont pas des facteurs de production. Ce sont des variables qui permettent de contrôler l'effet du type d'infrastructure adopté par le pisciculteur et le type de poissons produits. L'introduction dans le modèle de ces variables peut contribuer à neutraliser les potentiels biais des estimations conformément à la démarche suggérée par Sherlund et al. (2002). CBAE (2009) et Imorou Toko et al. (2011) présentent une description des infrastructures piscicoles rencontrées au Bénin. Trois types d'infrastructure piscicole sont adoptés au sein de l'échantillon : étang vidangeable, étang non vidangeable et bassin. Certains pisciculteurs combinent ces infrastructures. Deux types de combinaison ont été recensés au sein de l'échantillon : bassin + étang vidangeable et bassin + étang non vidangeable. Dans le modèle, le type 'étang non vidangeable' est considéré comme la référence. Les espèces des poissons élevés ne sont pas connues par les producteurs. Seuls les genres sont connus. Les deux genres de poissons élevés sont les Clarias et les Tilapia. La variable TYPEPOISSON a été introduite pour tenir compte de cette réalité. Selon la théorie

néoclassique du producteur, le signe positif est attendu pour tous les facteurs de production.

L'analyse des déterminants de l'efficacité technique a été conduite en appliquant 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. Les variables explicatives utilisées peuvent être regroupées en 3 catégories : les variables qui expriment les capacités du producteur, les variables qui expriment ses préférences et les variables à effets fixes. Le niveau d'instruction, le nombre d'années d'expériences et l'utilisation de document de gestion captent les capacités du producteur à accéder aux connaissances techniques et à les appliquer.

Le niveau d'instruction et le nombre d'années d'expériences permettent d'améliorer la capacité d'"absorption technologique" du producteur. De plus, un niveau d'instruction élevé permet de vite saisir les opportunités économiques. Le sexe, le fait d'exercer la pisciculture comme activité principale et le statut de l'exploitation (exploitation individuelle ou groupement) expriment les préférences. Comme mentionné précédemment, l'échantillon comprend 2 groupes d'exploitations piscicoles : les exploitations individuelles et les groupements. C'est la raison pour laquelle la variable 'Statut de l'exploitation' a été introduite.

Le facteur à effets fixes introduit dans le modèle est le type de zone de production dans lequel se trouve l'exploitation piscicole. Selon la Direction des Pêches (2009), le Bénin est divisé en 3 grandes zones selon le potentiel de production : zones à potentiel élevé, moyen et faible. La définition des variables est présentée dans le Tableau 1. La spécification finale retenue pour ce modèle se présente comme suit :

$$\text{EFFICACITE}_i = a_0 + a_1\text{SEXE}_i + a_2\text{ACTIVITEPR}_i + a_3\text{PRIMAIRE}_i + a_4\text{SECONDAIRE}_i + a_5\text{SUPERIEUR}_i + a_6\text{EXPERIENCE}_i + a_7\text{STATUTEXPL}_i + a_8\text{DOCGESTION}_i + a_9\text{ZONE}_i + \varepsilon_i.$$

**Tableau 1:** Description des variables du modèle.

<b>Variables</b>	<b>Description</b>	<b>Types de variable</b>
<b>Variable dépendante</b>		
<b>EFFICACITE</b>	Indice d'efficacité technique du pisciculteur	Quantitative continue
<b>Variables explicatives</b>		
<b>SEXE</b>	Sexe du responsable de l'unité piscicole	Muette: 1 si le pisciculteur est du sexe masculin
<b>EXPERIENCE</b>	Nombre d'années d'expériences dans la pisciculture	Quantitative continue
<b>PRIMAIRE*</b>	Niveau d'instruction primaire	Muette: 1 si le producteur a atteint le niveau primaire
<b>SECONDAIRE</b>	Niveau d'instruction secondaire	Muette: 1 si le producteur a atteint le niveau secondaire
<b>SUPERIEUR</b>	Niveau d'instruction universitaire	Muette: 1 si le producteur a accédé à l'université
<b>ACTIVITEPR</b>	Activité principale	Muette: 1 si la pisciculture est l'activité principale du pisciculteur
<b>STATUTEXPL</b>	Statut de l'exploitation piscicole (individuelle ou groupement)	Muette: 1 si l'exploitation piscicole est individuelle
<b>DOCGESTION</b>	Tenue de documents de gestion	Muette : 1 si le pisciculteur tient un cahier de gestion pour le suivi des activités
<b>ZONE</b>	Zone de production piscicole	Muette: 1 si le pisciculteur produit dans une zone à potentiel piscicole élevé

\* la modalité 'le producteur n'est pas instruit' est la référence de la variable niveau d'instruction.

## RESULTATS

### Niveau d'efficacité technique des pisciculteurs

Le Tableau 2 présente les caractéristiques des variables de la fonction de production frontière et du modèle d'analyse des déterminants de l'efficacité. La superficie moyenne des infrastructures piscicoles est de 834 m<sup>2</sup>. La production par cycle est de 461 kg de poissons, en moyenne; un cycle de production dure 6 mois. La production annuelle moyenne est donc de 922 kg de poissons, en moyenne, par pisciculteur au Bénin. En 2015, il a été recensé 1169 exploitations piscicoles au Bénin (Kpenavoun et al., 2015). On peut donc estimer à 1078 tonnes environ la production piscicole

nationale en 2015. On peut déduire du Tableau 2 que le rendement en pisciculture au Bénin est de 7,8 tonnes/ha à chaque cycle de production. Néanmoins, il existe des différences sensibles au sein de l'échantillon selon le type d'infrastructure utilisé. Les rendements sont de 7,1 tonnes/ha/cycle, 7,5 tonnes/ha/cycle et 15,4 tonnes/ha/cycle, respectivement pour les pisciculteurs utilisant les étangs non vidangeables seuls, les étangs vidangeables seuls et les bassins seuls. Ceux qui combinent étangs non vidangeables et bassins ou étangs vidangeables et bassins ont obtenu les rendements de 6,7 tonnes/ha/cycle et 8,1 tonnes/ha/cycle, respectivement.

Les différents types d'infrastructures piscicoles sont adoptés par 33,7%, 53,2% et

4,5% pour les étangs non vidangeables, les étangs vidangeables et les bassins, respectivement ; 6,9% des pisciculteurs combinent les étangs vidangeables et les bassins ; seulement 1,7% des pisciculteurs combinent les étangs non vidangeables et les bassins. Par ailleurs, 32% des pisciculteurs élèvent seulement les poissons du genre Tilapia. Les aliments constituent la charge variable la plus importante. Les pisciculteurs dépensent en moyenne 240 000 FCFA par cycle de production, soit 465 FCFA/m<sup>2</sup>. Les travaux d'entretien exigent 0,23 homme-jour/m<sup>2</sup>.

Le Tableau 3 présente les résultats de l'estimation de la fonction de production moyenne par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) et ceux de la fonction de production frontière stochastique estimée par la Méthode du Maximum de Vraisemblance (MMV). Les deux modèles sont globalement significatifs 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 poissons.

La Figure 1 montre la distribution des indices d'efficacité estimés. Les pisciculteurs étudiés ont en moyenne un indice d'efficacité technique de 46%. Les indices d'efficacité varient entre 2% et 81 %. Il y a donc un grand écart entre le score minimum et le score maximum. La plupart des producteurs sont loin de la frontière de production. La présence d'inefficacité technique est analysée en s'appuyant sur le paramètre  $\sigma_u^2$ . L'hypothèse nulle testée est que tous les pisciculteurs sont techniquement efficaces. Les résultats montrent que cette hypothèse est rejetée au seuil de 1%. En conséquence, une partie de l'inefficacité des pisciculteurs est due aux erreurs techniques. Le paramètre  $\gamma$  qui permet de mesurer la contribution de l'erreur due à

l'inefficacité technique ( $\gamma$ ) dans la variabilité totale de l'output est estimé à 77%. En conséquence, l'inefficacité technique est principalement due aux erreurs de management des ressources disponibles. La proportion de pisciculteurs qui ont un indice d'efficacité supérieur ou égal à la moyenne est de 53%. Seuls 9% des pisciculteurs ont un niveau d'efficacité technique supérieur à 70%.

#### Déterminants de l'efficacité technique

Le Tableau 2 montre la statistique descriptive des variables explicatives du modèle d'analyse des déterminants de l'efficacité. Presque tous les responsables des exploitations piscicoles sont des hommes (92%). Les trois-quarts des pisciculteurs interrogés ont au moins le niveau primaire. Il est intéressant de constater que 15% des pisciculteurs sont des personnes ayant accédé aux études universitaires. Seulement un tiers des pisciculteurs considèrent la pisciculture comme activité principale. En outre, une proportion importante a démarré l'activité récemment ; le nombre d'années d'expériences est de 7,5 années, en moyenne. Les producteurs qui tiennent des documents de gestion représentent 45% de l'échantillon. La proportion d'exploitations qui ont le statut de groupement de production est de 6%. La plupart des exploitations piscicoles (63%) sont situées dans des zones à potentiel piscicole élevé. Le Tableau 4 présente les résultats de l'estimation des facteurs déterminant l'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin.

Il faut souligner que le test d'hétéroscédasticité de White a été appliqué et les résultats obtenus ne rejettent pas l'hypothèse d'homoscédasticité des résidus au seuil de 5% ( $\text{Chi}^2(43) = 51,82$  et  $P = 0,1677$ ). C'est pourquoi, les statistiques  $t$  de Student

présentées n'ont pas été corrigées l'hétéroscédasticité.

Les résultats montrent qu'il y a un lien positif et significatif entre la nature de l'activité principale exercée et le niveau d'efficacité technique. L'indice d'efficacité de ceux qui exercent la pisciculture comme activité principale dépasse celui des autres de 5,3 points de pourcentage. Une tendance similaire est constatée pour la variable 'niveau

d'instruction'. Les pisciculteurs non-instruits et ceux qui ont le niveau du primaire sont les plus inefficaces. Pour que le niveau d'efficacité s'améliore, le pisciculteur doit atteindre au moins le niveau du secondaire. Les résultats montrent aussi que l'efficacité des pisciculteurs s'améliore lorsque le pisciculteur tient des documents de gestion lui permettant de suivre les opérations conduites sur l'exploitation.

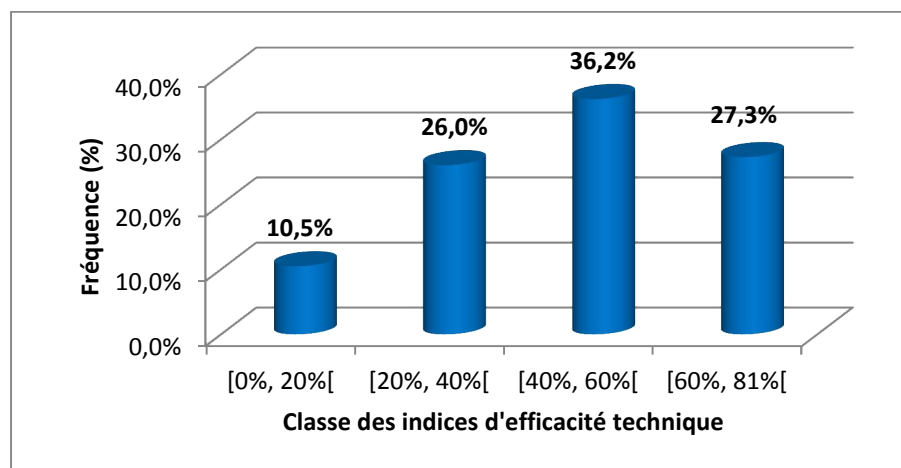
**Tableau 2:** Statistique descriptive des variables des modèles estimés.

<b>Variabes de la fonction de production frontière</b>		
<b>Variabes quantitatives</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>
QUANTITE: Production d'un cycle de 6 mois (kg)	461	881
SUPERFICIE : Superficie (m <sup>2</sup> )	834	1220
ALIMENT : Coût de l'aliment FCFA)	239125	438370
CAPITAL: Autres coûts (FCFA)	176106	445932
TRAVAIL: Travail (homme-jour)	188	196
<i>Variabes qualitatives</i>	<b>Effectif</b>	<b>Proportion (%)</b>
ETANGNV: étangs non vidangeables seuls (Référence)	219	33,7
ETANGV: étangs vidangeables seuls	345	53,2
BASSIN: Bassins seuls	29	4,5
BETANGV: Bassins et étangs vidangeables	45	6,9
BETANGNV: Bassins et étangs non vidangeables	11	1,7
TYPEPOISSON: Le producteur élève le Tilapia seul	206	31,8
<b>Variabes du modèle d'analyse des déterminants de l'efficacité</b>		
<b>Variabes quantitatives</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>
EXPERIENCE : Nombre d'années d'expériences	7,5	6,7
<i>Variabes qualitatives</i>	<b>Effectif</b>	<b>Proportion (%)</b>
SEXE : Sexe du responsable de l'exploitation piscicole	595	91,7
ACTIVITEPR : Activité principale	211	32,5
PRIMAIRE : Niveau d'instruction primaire	190	29,3
SECONDAIRE : Niveau d'instruction secondaire	198	30,5
SUPERIEUR : Niveau d'instruction secondaire	97	15,0
DOCGESTION : Tenue de documents de gestion	291	44,8
STATUTEXPL : Statut de l'exploitation piscicole	611	94,1
ZONE : Zone de production piscicole	411	63,3

**Tableau 3:** Résultats de l'estimation de la fonction de production frontière.

Variables	Coefficient MCO)	Coefficient(MMV)
CONSTANTE	0,637 (2,09)*	1,534 (5,37)***
SUPERFICIE	0,477 (11,95)***	0,534 (13,16)***
TRAVAIL	0,131 (2,46)**	0,108 (2,08)**
ALIMENT	0,093 (4,53)***	0,070 (3,86)***
CAPITAL	0,051 (3,80)***	0,053 (4,35)***
ETANG VIDANGEABLE SEUL	0,166 (1,87)**	0,151(1,75)*
BASSIN SEUL	0,348 (1,68)*	0,327 (1,65)
BASSIN ET ETANG VIDANGEABLE	0,259 (1,48)	0,367 (2,23)**
BASSIN ET ETANG NON VIDANGEABLE	-0,021 (-0,07)	0,090 (0,29)
TYPEPOISSON	- 0,628 (-7,03)***	- 0,577 (-6,67)***
NOMBRE D'OBSERVATIONS	649	649
PROB > CHI2 OU PROB > F	0,000	0,000
R <sup>2</sup>	0,406	-
LOG FONCTION MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE	-	-921,768
$\sigma_u$	-	1,249
$\sigma_v$	-	0,682
$\sigma_u^2$	-	1,559 (14,03)***
$\sigma_v^2$	-	0,465
$\sigma^2$	-	2,024
$\gamma$ (Gamma) = $\sigma_u^2/\sigma^2$	-	0,77
$\lambda$ (Lambda) = $\sigma_u/\sigma_v$	-	1,83
EFICACITE TECHNIQUE	-	0,462

Dans les parenthèses sont reportées les valeurs *t* de Student ou les valeurs Z. \*\*\*Significatif à 1%, \*\*Significatif à 5%, \*Significatif à 10%.

**Figure 1:** Distribution des scores d'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin.

**Tableau 4:** Déterminants de l'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin.

Variables	Coefficients	Erreur standard	T-Stat	P> T
CONSTANTE	0,384***	0,040	9,59	0,000
SEXE	0,007	0,024	0,29	0,773
EXPERIENCE	0,000	0,001	0,35	0,729
ACTIVITEPR	0,052***	0,015	3,39	0,001
PRIMAIRE	0,004	0,019	0,18	0,856
SECONDAIRE	0,047**	0,019	2,44	0,015
SUPÉRIEUR	0,054**	0,024	2,30	0,022
DOCGESTION	0,025*	0,015	1,67	0,096
STATUTEXPL	0,024	0,032	0,76	0,449
ZONE	-0,010	0,015	-0,67	0,505
NOMBRE D'OBSERVATIONS		649		
F(9, 639)		3,89		
PROB >F		0,000***		
R <sup>2</sup>		0,047		
R <sup>2</sup> ajusté		0,3980		

\*\*\*Significatif à 1%, \*\*Significatif à 5%, \*Significatif à 10%.

## DISCUSSION

### Niveau d'efficacité technique des pisciculteurs

L'objectif principal de cette étude était de déterminer le niveau actuel de l'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin. Cette étude a été menée sur un échantillon aléatoire, représentatif de la population avec un taux de sondage de 56%. Les résultats obtenus sur l'échantillon étudié peuvent donc être généralisés à la population des pisciculteurs du Bénin. Les résultats montrent que les pisciculteurs du Bénin sont inefficaces techniquement. Cela signifie qu'ils pourraient augmenter le niveau actuel de leur production en combinant les ressources productives disponibles selon les recommandations techniques. Le niveau d'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin n'est pas très loin de celui observé chez ceux de l'Etat d'Abia au Nigéria, estimé à 62% par Igwe et al. (2011). Toutefois, d'autres auteurs ont obtenu des indices d'efficacité nettement plus élevés. Ogundari et al. (2010) ont estimé le niveau moyen d'efficacité technique des pisciculteurs de l'Etat d'Oyo au Nigéria à 92% sans la prise

en compte du risque et à 79% avec le risque. Au Ghana, le niveau d'efficacité technique des pisciculteurs est estimé à 84% par Onumah et al. (2010). Selon Alam (2011), le niveau d'efficacité technique des pisciculteurs est de 86%. Dans la péninsule malaisienne, Iliyasu et al. (2015) ont estimé le niveau moyen d'efficacité technique des pisciculteurs à 80%. Au Bangladesh, Begum et al. (2013) ont trouvé 82%. On peut conclure que les pisciculteurs béninois sont relativement inefficaces techniquement. Si on parvenait à corriger les erreurs de management au sein des exploitations agricoles, avec les mêmes ressources, la production par cycle connaîtra un accroissement de 43% [1- (46/81)]. Autrement dit, on pourrait atteindre, par pisciculteur 660 kg par cycle (1320 kg par an), en moyenne, contre une quantité de 461 kg (922 kg par an) observée sur l'échantillon.

### Déterminants de l'efficacité technique

Le second objectif de cette étude était de déterminer les facteurs qui influencent le niveau d'efficacité technique des pisciculteurs du Bénin. Les résultats obtenus ont permis de

constater que la plupart des facteurs susceptibles d'améliorer l'efficacité technique ont un lien avec les capacités techniques et managériales des pisciculteurs. Ogunhari *et al.* (2010) et Begum *et al.* (2013) ont obtenu des résultats semblables à ceux de la présente étude en ce qui concerne la variable 'niveau d'instruction'. Ces auteurs ont constaté que le niveau d'instruction améliore l'efficacité technique en pisciculture. La synthèse bibliographique faite sur les déterminants du niveau d'efficacité technique des pisciculteurs n'a pas permis d'identifier des études ayant analysé le lien entre l'efficacité technique en pisciculture et les variables comme le type d'activité principale exercé ou la tenue de documents de gestion. Cette étude montre l'importance de ce genre de variables qui expriment les capacités managériales lorsqu'on cherche à analyser l'efficacité dans le cas d'activités agricoles dont l'itinéraire technique est assez complexe comme la pisciculture.

En définitive, les résultats de la présente étude confirment que le sous-secteur de l'aquaculture reste relativement modeste et encore dans un état embryonnaire au Bénin (El Ayoubi et Failler, 2013). Tous les pisciculteurs sont inefficaces techniquement. La plupart des facteurs qui peuvent contribuer à changer cette situation ont un lien avec les capacités techniques et managériales. Différents programmes et projets de développement opérant au Bénin multiplient les formations en pisciculture. Cette étude confirme que ces formations sont utiles et méritent d'être renforcées. En particulier, les contenus de ces formations méritent d'être davantage adaptés à la situation de ceux qui n'ont pas dépassé le niveau du primaire et le volet capacités entrepreneuriales ou managériales devra recevoir la même attention que la formation sur les techniques de production. Par ailleurs, des modules de formation spéciaux devront être développés au profit de ceux qui exercent la pisciculture à temps partiel. Il s'agira surtout de leur démontrer que leur production et leurs profits pourraient largement s'accroître avec les

mêmes ressources s'ils trouvent des stratégies pour veiller davantage à la bonne conduite des itinéraires techniques sur leurs exploitations. Pour accroître la production, des mesures devront aussi être envisagées pour assurer la transition vers de nouvelles technologies dans le cadre de systèmes piscicoles intensifs comme dans certains pays voisins (Ghana, Nigéria).

### **Conclusion**

Dans ses nouvelles orientations dans le domaine de la production alimentaire, le gouvernement béninois s'est donné comme priorité la promotion de la pisciculture afin de réduire les importations de poissons sans cesse croissantes. Pour bien orienter les interventions à mettre en œuvre, il urge d'analyser le niveau d'efficacité technique des pisciculteurs en activité. Cette étude s'est basée sur un échantillon issu d'un recensement national des pisciculteurs béninois réalisé en 2015 et qui a permis de dénombrer 1169 pisciculteurs en activité en 2015. L'écart entre le niveau actuel de production piscicole et l'optimum potentiel a été mesurée en utilisant la méthode de la fonction de production frontière stochastique de type Cobb-Douglas. Les facteurs qui influencent l'efficacité technique ont été analysés en appliquant l'analyse de régression.

Les résultats obtenus montrent que les erreurs techniques sont en partie responsables du faible niveau de production des pisciculteurs béninois. Le score moyen d'efficacité technique est estimé à 46%. Si les erreurs de management sont corrigées, avec les mêmes ressources, la production annuelle par pisciculteur peut atteindre 1320 kg contre 922 kg actuellement, soit un accroissement de 43%.

L'étude a permis de constater que la plupart des facteurs susceptibles d'améliorer l'efficacité technique ont un lien avec les capacités techniques et managériales des pisciculteurs. Une partie substantielle des ressources publiques prévues pour la promotion de la pisciculture au Bénin devra

donc être allouée au renforcement des activités de formation au lieu de focaliser l'attention uniquement sur l'accroissement des aménagements piscicoles. Toutefois, les contenus des formations méritent d'être davantage adaptés à la situation des pisciculteurs non-instruits ou ayant le niveau du primaire. Il faudrait également développer des stratégies de formation spécifiques pour amener ceux qui exercent l'activité à temps partiel à mieux veiller à la bonne conduite des itinéraires techniques dans leurs exploitations.

#### CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts pour cet article.

#### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

SCK a conduit le recensement des pisciculteurs et la collecte des données complémentaires. Il a participé à la conception des outils de collecte des données. Il est le concepteur du logiciel de saisie des données. Il a dirigé les travaux de saisie et de traitement des données collectées. Il a participé à l'analyse des données et à la rédaction de l'article. DG a participé à la conception des outils de collecte des données. Il a conduit les différentes étapes d'analyse des données. Il est le principal responsable de la rédaction de l'article. AA a participé à l'analyse des données et à la rédaction de l'article. Il est le responsable de la qualité globale du document. EA a principalement participé à la collecte et au traitement des données.

#### REFERENCES

Adjanke A, Tona K, Agbohessi PT, Toko II, Gbeassor M. 2016. Current situation of fish farming in Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(5): 2015-2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.6>

Ahmed N, Zander KK, Garnett ST. 2011. Socioeconomic aspects of rice-fish farming in Bangladesh: opportunities, challenges and production efficiency. *Aus. J. Agr. Res. Econ.*, **55**: 199-219. DOI: 10.1111/j.1467-8489.2011.00535.x

Aigner D, Lovell CAK, Schmidt P. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production models. *J. Econometrics*, **6**: 21-37. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)

Aigner DJ, Chu S. 1968. On estimating the industry production function. *Am. Econ. Rev.*, **58**: 826-839. DOI: <http://www.jstor.org/stable/1815535>

Alam F. 2011. Measuring technical, allocative and cost efficiency of pangas (*Pangasius hypophthalmus*: Sauvage 1878) fish farmers of Bangladesh. *Aquac. Res.*, **42**: 1487-1500. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02741.x

Attingli AH, Vissin EW, Ahouansou-Montcho S, Zinsou LH, Lalèyè PA. 2016. Perception endogène de l'influence des changements climatiques sur la pêche dans la basse vallée de l'Ouémé (Sud Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(5): 1998-2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.5>

Banker RD, Charnes A, Cooper WW. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Manage. Sci.*, **30**: 1078-1092. DOI: <http://www.jstor.org/stable/2631725>

Begum EA, Hossain MI, Papannagiotou E. 2013. Technical efficiency of shrimp farming in Bangladesh: An application of the stochastic production frontier approach. *J. World Aquacult. Soc.*, **44**(5): 641-654. DOI: 10.1111/jwas.12062

Béné C, Heck S. 2005. Fish and Food Security in Africa. In: Fish for All; a turning point for aquaculture and fisheries in Africa. *World Fish Centre Quarterly*, **28**(2-3): 8-13.

CBAE 2009. *Recueil des Fiches et de Conseils Techniques sur la Production Halieutique: Infrastructures Piscicoles*. Ministère de la Micro-finance, de l'Emploi des Jeunes et des Femmes (MMFEJF) et Ministère de l'Agriculture,

- de l'Élevage et de la Pêche (MAEP), MMFFJF/MAEP: Cotonou ; 8.
- Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.* **2**: 429-444. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Coelli TJ, Rao DSP, Battese GE. 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer: USA, 341 p.
- Dickson M, Nasr-Allah A, Kenawy D, Kruijssen F. 2016. Increasing fish farm profitability through aquaculture best management practice training in Egypt. *Aquaculture*, **465**: 172-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.015>
- Direction des pêches. 2013. *Programme de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (PDPA). Cadre Programmatique du Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole*. Cotonou: MAEP, 100 p.
- Direction des Pêches 2009. *Etude de la promotion de l'aquaculture continentale pour le développement rural en République du Bénin*. Rapport final. MAEP: Cotonou, 151 p.
- El Ayoubi H, Failler O. 2013. *Industrie des pêches et de l'aquaculture au Bénin*. Rapport n°5 de la revue de l'industrie des pêches et de l'aquaculture dans la zone de la Conférence Ministérielle sur la Coopération Halieutique entre les États Africains Riverains de l'Océan Atlantique (COMHAFAT), 141 p.
- Farrell MJ. 1957. The measurement of productive efficiency. *J. R. Stat. Soc.*, **120**(3): 253-290. DOI: [10.2307/2343100](https://doi.org/10.2307/2343100).
- Igwe KC, Echebiri RN, Nlewadim AA, Anorue PC. 2011. Application of the stochastic production frontier to the measurement of technical efficiency of fish farming in Umuahia Metropolis, Abia State, Nigeria. *J. Agric. Food Sci.*, **9**(8): 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jafs.v9i2.1>.
- Iliyasu A, Mohamed ZA, Terano R. 2015. Comparative analysis of technical efficiency for different production culture systems and species of freshwater aquaculture in Peninsular Malaysia. *Aquaculture Reports*, **3**: 51-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.12.001>
- Imorou Toko I, Attakpa E, Baco MN, Gouda A. 2011. Analyse des systèmes piscicoles dans la Vallée du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(5): 1993-2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i5.19>
- INSAE (2016). *Statistiques du Commerce Extérieur - Bulletin Trimestriel - Quatrième Trimestre 2016*. INSAE: Cotonou, 89 p.
- 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. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(82\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(82)90004-5)
- Kpenavoun CS, Gandonou E, Fiogbe N. 2017. Mesure de l'efficacité technique des petits producteurs d'ananas au Bénin. *Cah. Agric.*, **26**(2): 1-6. DOI: [10.1051/cagri/2017008](https://doi.org/10.1051/cagri/2017008)
- Kpenavoun CS, Dohou S, Falade H, Soule A, Ichola J. 2015. Recensement des pisciculteurs du Bénin. Rapport du recensement, Projet d'Appui à la Diversification Agricole (PADA). PADA: Cotonou, 40 p.
- MAEP 2014. Rapport d'évaluation à mi-parcours du plan stratégique de relance du secteur agricole. DPP/MAEP: Cotonou, 88 p.
- Meeusen W, van den Broeck J. 1977. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *Int. Econ. Rev.*, **18**: 435-444. DOI: [10.2307/2525757](https://doi.org/10.2307/2525757)
- Ogundari K, Akinbogun OO. 2010. Modeling technical efficiency with production risk: A study of fish farms in Nigeria. *Mar. Resour. Econ.*, **25**: 295-308. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11111-010-9121-1>

- <https://doi.org/10.5950/0738-1360-25.3.295>
- Onumah EE, Brümmer B, Hörstgen-Schwark G. 2010. Elements which delimitate technical efficiency of fish farms in Ghana. *J. World Aquacult. Soc.*, **41**(4): 506-518. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2010.00391.x
- Présidence de la République du Bénin. 2017. *Programmes d'Actions du Gouvernement 2016-2021*. Bénin Révélé, Nouveau Départ. Présidence de la République du Bénin: Cotonou, 98 p.
- Rurangwa E, van den Berg J, Laleye PA, van Duijn AP, Rothuis AP. 2014. *Pêche Pisciculture et Aquaculture au Bénin. Un Quick Scan du Secteur pour des Possibilités d'Interventions*. Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies (IMARES): Wageningen; 70.
- Sherlund SM, Barrett CB, Adesina AA. 2002. Smallholder technical efficiency controlling for environmental production conditions. *J. Dev. Econ.*, **69**(1): 85-101. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(02\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(02)00054-8)
- Sikirou AA. 2012. *Etude de l'efficacité économique des exploitations piscicoles des départements de l'Ouémé et de l'Atlantique au Sud-Bénin*. Mémoire de Master Professionnel, Option : Gestion des Entreprises Rurales et Agricoles (GERA). Faculté des Sciences Agronomiques et de l'Environnement de l'Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest: Cotonou, 87p.
- Yao HA, Koumi RA, Nobah CS, Atse CB, Kouamelan PE. 2016. Evaluation de la compétitivité des systèmes piscicoles pratiqués en Côte d'Ivoire: gestion, alimentation et production. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(3): 1086-1097. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.15>