

## Environmental Efficiency and Economic Performance of Cotton Production in Benin: What Relationship?

Régina D.C. Bonou-zin<sup>1</sup>, Khalil Allali<sup>2</sup> Aziz Fadlaoui<sup>3</sup> & Jacob A. Yabi<sup>4</sup>

### Abstract

---

Since the Rio Earth Conference in 1992, particular attention has been paid to environmental sustainability. Different strategies are then put in place in various areas of activity to reduce environmental impacts and improve environmental performance. This study then aims to analyze the relationship between environmental efficiency and the economic performance of cotton production in Benin. The study was conducted with 355 cotton producers (175 conventional and 180 organic) randomly selected in northern Benin. Indicators to measure economic performance are gross margin per hectare, capital and labor productivity. Data analysis were performed by using the Spearman correlation coefficient and linear regression. Findings show that there is a positive and significant relationship between environmental efficiency and economic performance indicators listed above. Results provide insightful information to producers and policy-makers regarding the importance of integrating environmental objectives into production decisions. In addition, improvement in capacity building of producers through environmental awareness and education is then essential for a better integration of sustainable technologies that reduce the level of pollution in the production process in order to promote sustainable development.

---

**Keyword:** Environmental efficiency, Economic performance, Organic cotton; Conventional cotton, Benin.

### 1. Introduction

Depuis quelques décennies, la relation entre la performance environnementale et la performance économique a reçu une attention particulière au sein de la communauté internationale. Cette attention s'est accrue depuis les années 1991, suite aux travaux de Porter (1991) et Porter et van der Linde (1995), notamment la nouvelle thèse au sujet de la régulation environnementale et la compétitivité économique des entreprises, connue sous le nom de l'hypothèse de Porter. Selon cette hypothèse, la régulation environnementale améliore la compétitivité économique des entreprises. En découle la relation positive entre la performance environnementale et la compétitivité économique des entreprises. L'argumentaire avancé est que l'amélioration de la performance environnementale peut contribuer à la croissance de la productivité, avec de faibles coûts de production et de nouvelles opportunités de marché. Cette hypothèse vient remettre en cause l'hypothèse traditionnelle, longtemps admise, au sujet de l'effet négatif de l'internalisation des externalités environnementales sur la compétitivité et la performance économique des entreprises. Il est admis souvent que la protection de l'environnement entraîne des coûts supplémentaires pour les entreprises, ce qui a pour conséquence une augmentation des coûts de production de la firme et par ricochet, une réduction de sa compétitivité (Zhao et Sun, 2016 ; Ambec et Barla, 2005). Pour Wagner, et *al.* (2002), deux principales raisons pourraient justifier la plausibilité de l'hypothèse de Porter. La première raison invoquée est d'ordre comportemental en ce sens que les entreprises lorsqu'elles font face à des coûts de production élevés pour des activités polluantes, recherchent de nouvelles technologies et processus de production. Ces nouvelles technologies permettraient une réduction des coûts de production due à l'amélioration des ressources productives.

---

<sup>1</sup> Département des sciences humaines, Unité de recherche économie et sociologie appliquées à l'agriculture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc. Email : [reginabonouzin@yahoo.fr](mailto:reginabonouzin@yahoo.fr)

<sup>2</sup> Département d'économie rurale, Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, Maroc. Email : [kallali@hotmail.com](mailto:kallali@hotmail.com)

<sup>3</sup> Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Meknès, Maroc, Centre Régional de la recherche Agronomique. Email : [azizfadlaoui@yahoo.fr](mailto:azizfadlaoui@yahoo.fr)

<sup>4</sup> Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin. Email : [ja\\_yabi@yahoo.com](mailto:ja_yabi@yahoo.com)

La seconde raison se fonde sur le fait que l'amélioration de la performance économique pourrait provenir de l'avantage que les entreprises auraient gagné de la vente de leurs innovations ou technologies à d'autres firmes. Près de trois décennies après la thèse de Porter, des polémiques existent encore au sujet de la relation entre la régulation environnementale et la performance économique des entreprises. En effet, diverses études ont révélé l'existence d'une relation positive entre la performance environnementale et la compétitivité économique, tandis que d'autres ont démontré le contraire, c'est-à-dire une relation négative. Horvathova (2010) a estimé à 15%, 30% et 55% la proportion des études ayant rapportée respectivement des « relations négatives », « aucunes relations significatives » et « relations positives » entre la performance environnementale et la compétitivité économique. Cette étude se positionne dans ce débat et vise à apporter une évidence empirique sur l'adéquation et la validité de l'hypothèse de Porter dans le secteur agricole en général et la filière cotonnière à travers l'analyse de la relation existante entre l'efficacité environnementale et la performance économique des exploitations productrices de coton au Bénin.

Au Bénin, de par sa contribution à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) (13%), sa part dans les recettes d'exportation (44%) et son poids dans la population active agricole (plus de 50%) (PASCIB, 2013, INSAE, 2015), la filière cotonnière est considérée comme un puissant levier de lutte contre la pauvreté en milieu rural et un instrument de croissance économique du pays. Toutefois, compte tenu des différentes externalités négatives, générées par les pratiques de production, la filière du coton n'a pas pu exploiter durablement ses potentialités. Les différents enjeux environnementaux liés à l'intensification de la filière ont entraîné alors la mise en place d'autres alternatives de production plus respectueuses de l'environnement telles que le mode de production biologique. Ce mode proscrit l'usage des intrants chimiques de synthèse (engrais chimiques, pesticides) et prône la valorisation de l'écosystème et ses ressources locales. L'agriculture biologique favorise la promotion et l'accroissement de l'écosystème (Binta Ba et Barbier, 2015), la protection de l'environnement et du bien-être des producteurs.

Toutefois, la question qui reste posée est de savoir si cette supériorité de la performance environnementale du mode biologique implique aussi une compétitivité économique. Par ailleurs, analysant la performance environnementale des modes de production du coton au Bénin, Bonou-zin et *al.* (2019) ont montré que le niveau d'efficacité environnementale des exploitations productrices de coton est de 81%. La principale question qui se pose est alors de savoir si une meilleure efficacité environnementale permettrait une amélioration de la performance économique globale des exploitations cotonnières au Bénin.

La contribution de cet article est double. D'une part, la mise en exergue de la nature de la relation entre l'efficacité environnementale et la performance économique des exploitations cotonnières, ce qui permettrait aux décideurs politiques et aux agents de développement de bien concevoir et développer les bonnes pratiques agricoles. D'autre part, les multiples implications des résultats de l'analyse économique-environnementale en matière de conception et de mise en place des mesures agro-environnementales en faveur d'un développement durable de la filière de coton en particulier et du secteur agricole en général.

## **2. Matériel et méthode**

### **2.1. Description de la zone d'étude et échantillonnage**

L'étude a été conduite au Nord du Bénin dans les départements du Borgou et de l'Alibori des zones agro-écologiques II et III respectivement. Ces départements sont localisés dans le bassin cotonnier du Bénin et constitue la principale zone de production cotonnière. Dans cette zone, l'usage des intrants de même que les pratiques agricoles sont généralement orientés vers le coton. Selon Honfoga (2018), le coton occupe environ 51% des superficies cultivées dans les départements du Borgou et de l'Alibori au cours de la campagne 2003-2004. Par ailleurs, cette région consomme environ 45% des engrais (Honfoga, 2018) et 72% des pesticides utilisés pour le traitement des ravageurs au Bénin. Sur les 418 000 hectares de coton produit en 2017, les producteurs de Borgou-Alibori totalisaient à eux seuls 258 000 hectares soit environ 62% des emblavures assurant ainsi plus de la moitié de la production nationale.

Dans chaque département, les communes retenues sont celles où la production biologique du coton a été introduite. A cet effet, quatre (04) communes ont été choisies à savoir les communes de Gogounou, Kandi et Banikoara dans l'Alibori et celle de Sinendé dans le Borgou. Dans chaque commune, des discussions ont été menées avec les agents de développement à la base, les agents vulgarisateurs pour identifier les villages dans lesquelles la production biologique du coton a été vulgarisée. La sélection des villages d'enquête a été raisonnée en se basant sur les principaux critères du niveau de production du coton biologique, le nombre de ménages impliqués dans la production cotonnière, l'année d'introduction du coton biologique qui doit être d'au moins trois (03) ans (nombre d'années nécessaires pour la certification biologique). L'unité d'échantillonnage final est constituée des producteurs de coton aussi bien conventionnel que biologique.

Dans chaque village, un échantillonnage aléatoire sur la base de la liste des producteurs a été utilisé pour la sélection de 355 producteurs à raison de 175 ménages producteurs de coton conventionnel et 180 ménages producteurs de coton biologique.

## 2.2. Données collectées

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont aussi bien primaires que secondaires. Les données primaires ont été collectées au cours des entretiens individuels avec les producteurs à l'aide d'un questionnaire structuré. Le questionnaire est subdivisé en deux (02) parties. La première porte sur les caractéristiques socio-économiques et institutionnelles des producteurs. Il s'agit de l'âge des enquêtés, le sexe, la taille du ménage, l'accès au crédit agricole, le contact avec la vulgarisation. Les caractéristiques de l'exploitation sont renseignées dans la deuxième partie et regroupent les quantités d'intrants utilisées pour la production de coton, la quantité de coton récolté, les prix d'achats des intrants et de vente de coton graine. Les données secondaires proviennent de la revue de littérature et concernent les coefficients de conversion des émissions de CO<sub>2</sub> affectée à chaque intrant pour calculer l'output indésirable utilisé dans la présente étude.

## 2.3. Méthodologie d'analyse des données

### 2.3.1. Estimation de l'efficacité environnementale

#### - Approche théorique

Cette étude a adopté le concept de l'efficacité environnementale pour pouvoir apprécier le rapport entre les externalités environnementales négatives (outputs indésirables) générées par les différents modes de production et les niveaux de production du coton (output désirable). En d'autres termes, il s'agit de déterminer le ratio d'utilisation minimale et de l'utilisation observée de l'input nuisible à l'environnement (ici les différentes sources d'émission de GES) pour des niveaux donnés de production du coton. Tout l'intérêt de cette approche est de déterminer les conditions optimales de production de coton, permettant d'obtenir les niveaux souhaitables de production, mais avec un minimum de dommages environnementaux. Pour Fernandez *et al.*, (2002), ce thème vise à établir un compromis entre les outputs indésirables et ceux désirables.

Dans la présente étude, la fonction de distance hyperbolique développée par Cuesta *et al.* (2009) et utilisée par Bonou-zin *et al.* (2019) pour analyser l'efficacité environnementale des modes de production biologique et conventionnel au Bénina été utilisée pour l'analyse de l'efficacité environnementale.

Soit une technologie de production qui emploie l'ensemble des inputs  $x = (x_1; x_2; \dots \dots x_k) \in R^K$  pour produire l'ensemble des outputs désirables  $y = (y_1; y_2; \dots \dots y_m) \in R^M$  et l'ensemble des outputs indésirables  $z = (z_1; z_2; \dots \dots z_r) \in R^R$ . La technologie de production peut être représentée par l'ensemble des biens qui peut être produit en utilisant les inputs conventionnels. Elle est définie comme suit :

$$T(x, z, y) = \{(x, z, y) : x \text{ peut produire } (y; z)\} \quad (1)$$

Cet ensemble de possibilité de production satisfait les axiomes de la production démontrés par Färe et Primont (1995) et peut être représenté par la fonction de distance hyperbolique. Cette fonction, traduit l'accroissement maximale des vecteurs des outputs désirables et une réduction équi proportionnelle du vecteur des outputs indésirables pour une quantité donnée d'inputs et qui place le producteur à la limite de la fonction de production. La fonction de distance hyperbolique  $D_H: R_+^K \times R_+^M \times R_+^R \rightarrow R_+ \cup \{+\infty\}$  est définie par :

$$D_H(x, y, z) = \inf\{\theta > 0 : (x, \theta^{-1}y, \theta z) \in T\} \quad (2)$$

$$0 < D_H(x, y, z) \leq 1$$

La fonction de distance hyperbolique satisfait certaines propriétés (Cuesta *et al.*, 2009) que sont :

- Elle est homogène de degré +1 par rapport aux outputs désirables et -1 par rapport aux outputs indésirables,  $D_H(x, \theta y, \theta^{-1}z) = \theta D_H(x, y, z)$ ,  $\theta > 0$
- Elle est non décroissante par rapport aux outputs désirables,  $D_H(x, \varphi y, z) \leq D_H(x, y, z)$   $0 \leq \varphi \leq 1$
- Elle est non croissante par rapport aux outputs indésirables  $D_H(x, y, \varphi z) \leq D_H(x, y, z)$   $\varphi \geq 1$
- Elle est non croissante par rapports aux inputs,  $D_H(x, y, z) \leq D_H(\varphi x, y, z)$   $\varphi \geq 1$ .

### -Spécification de la forme fonctionnelle

La fonction de distance Translog hyperbolique a été développée par Cuesta et *al* (2009) à cause de la flexibilité de la forme fonctionnelle et permet également l'imposition des conditions d'homogénéité de la fonction de distance hyperbolique. Elle n'impose pas d'hypothèse de restriction par rapport à la substitution entre inputs et outputs. L'expression mathématique de la forme fonctionnelle se présente comme suit

$$\begin{aligned} \ln D_H(x, y, z) = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_m + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_m \ln y_n + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_k \ln x_l + \\ & \sum_{r=1}^R \delta_r \ln z_r + \frac{1}{2} \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^R \delta_{rs} \ln z_r \ln z_s + \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \gamma_{mk} \ln y_m \ln x_k + \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^R \rho_{mr} \ln y_m \ln z_r + \\ & \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R \varphi_{kr} \ln x_k \ln z_r \end{aligned} \quad (3)$$

Les restrictions sur les coefficients pour imposer la symétrie sont données par  $\alpha_{mn} = \alpha_{nm}$  ;  $\beta_{kl} = \beta_{lk}$  ,  $\delta_{rs} = \delta_{sr}$  avec  $m, n = 1; 2 \dots M$  et  $k, l = 1; 2 \dots K$  ;  $r, s = 1; 2 \dots R$

Sous la condition d'homogénéité, l'estimation de la fonction se fait par la transformation de la fonction de distance hyperbolique Translog en une fonction normalisée. Si la variable normalisée est un output désirable  $y_M$  arbitraire ( $\mu = 1/y_M$ ), la fonction de distance hyperbolique Translog devient alors :

$$D_H\left(x, \frac{y}{y_M}, zy_M\right) = \frac{D_H(x, y, zy_M)}{y_M} \quad (4)$$

En appliquant ln on obtient l'équation 5 suivant :

$$\begin{aligned} \ln(D_{Hi}/y_M) = & \alpha_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_k \ln x_l + \sum_{m=1}^{M-1} \alpha_m \ln y_m^* + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{M-1} \alpha_{mn} \ln y_m^* \ln y_n^* + \\ & \sum_{r=1}^R \delta_r \ln z_r^* + \frac{1}{2} \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^R \delta_{rs} \ln z_r^* \ln z_s^* + \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{k=1}^K \gamma_{mk} \ln y_m^* \ln x_k + \\ & \ln z_r \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R \varphi_{kr} \ln x_k \ln z_r^* + \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{r=1}^R \rho_{mr} \ln y_m^* \ln z_r^* \end{aligned} \quad (5)$$

$y_m^* = y_m/y_M$  et  $z_r^* = z_r \times y_M$

Remplaçant le second membre de l'équation précédente par  $TL(x; y^*; z^*; \theta)$  avec  $\theta$  les paramètres à estimer on a alors :

$$\ln(D_{Hi}/y_M) = TL(x; y^*; z^*; \theta) \quad (6)$$

En considérant  $-\ln y_M$  comme la variable dépendante, et  $\ln D_H$  la composante de l'erreur aléatoire de la distance  $u$  ( $\ln D_H = u$ ) et en ajoutant le terme d'erreur additionnel  $v$ , on obtient alors pour un producteur  $i$  donné, la fonction de distance hyperbolique de type Translog:

$$-\ln y_{Mi} = TL(x; y^*; z^*; \theta) + v_i - u_i \quad (7)$$

- $v_i$  : Terme d'erreur lié aux effets aléatoires et les erreurs de mesure hors du contrôle des producteurs, il est indépendant des intrants et qui est supposé être indépendamment et identiquement distribué selon une loi d'espérance nulle et de variance  $\sigma_v^2$  [ $v_i \approx \text{idd}N(0, \sigma_v^2)$ , indépendant des  $u_i$ ]
- $u_i$  : Terme d'erreur qui traduit l'inefficacité productive et est supposé être indépendamment et identiquement distribué comme des variables aléatoires non négatives, obtenues par une troncature à zéro, de la distribution de type  $N(u, \sigma_u^2)$

La méthode du maximum de vraisemblance est utilisée pour estimer ce modèle. L'efficacité environnementale (EE) pour un producteur  $i$  est donnée par :

$$EE_i = \text{Exp} \ln D_H = \exp(-u_i) \quad (8)$$

La fonction  $D_H(x, y, z)$  mesure l'efficacité environnementale d'un système de production. Si  $D_H(x, y, z) = 1$  alors la technologie de production est dite efficace sur le plan de l'environnement par contre si  $D_H(x, y, z) < 1$  alors elle est inefficace. Dans ce cas, elle devra réduire la quantité des outputs indésirables par  $1/EE$  et accroître la quantité des outputs désirables par  $1-EE$  pour améliorer sa performance environnementale.

### - Modèle empirique

Pour l'estimation empirique, nous considérons un seul output désirable (rendement du coton), un output indésirable (émission de GES) et cinq intrants de production (semence, fertilisants chimiques et organiques, pesticides ou bio pesticides et la main d'œuvre). Le modèle empirique d'estimation de l'efficacité environnementale se présente comme suit :

$$-Ln y_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^5 \beta_k Ln x_{ki} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^5 \sum_{l=1}^5 \beta_{kl} Ln x_{ki} Ln x_{li} + \delta_1 Ln z_{ri} y_i + \delta_{11} Ln z_i y_i Ln z_i y_i + \sum_{k=1}^5 \varphi_{kr} Ln x_{ki} Ln z_i y_i + v_i - u_i \quad (9)$$

- $y_i$  : Rendement du coton (Kg/ha) du producteur  $i$   
 $z_i$  : Quantité de GES (kg eq CO<sub>2</sub>/ha)  
 $x_1$  : Quantité de semence (kg/ha)  
 $x_2$  : Quantité d'engrais chimiques (Kg/ha)  
 $x_3$  : Quantité d'engrais organiques (kg/ha)  
 $x_4$  : Quantité de pesticide ou de bio pesticide (L/ha)  
 $x_5$  : Quantité totale de main d'œuvre (homme heure/ha)

### 2.3.2. Estimation du potentiel d'émission de GES

Le potentiel d'émission de GES des modes biologique et conventionnel de production a été obtenue en affectant à chaque intrants son coefficient d'émission (Bonou-zin et al. 2019). Le tableau 1 présente le facteur d'émission correspondant à chaque intrant.

**Tableau1: Synthèse des coefficients de conversion adoptés et leurs sources**

Intrants	Unit é	g/unité				Sources
		CO2	N2O	CH 4	eqCO <sub>2</sub> (Kg/unit)	
Machine	Mj	71	-	-	0,071	(Dyer & Desjardins, 2006)
Semence	kg	860	0,019	-	0,8658	
Gasoil	l	3560	0,7	5,2	3,8862	(Kramer, Moll, & Nonhebel, 1999)
Essence	l	3393			3,393	Calcule à partir des données de (Macedo, Seabra, & Silva, 2008)
Fumure organique	kg	126	-	-	0,126	(Xiaomei & Kotelko, 2003)
<b>Engrais chimique</b>						
N	kg	3100	0,03	3,7	3,97	Macedo et al, 2008
P	kg	1000	0,02	1,8	1,3	Macedo et al, 2008
K	kg	700	0,01	1	0,710	Macedo et al, 2008
N_uree	kg	1,5956			1,5956	IPCC 2006
Emission direct	kg		0,0157			IPCC 2006
Volatilisation	kg		0,00157			IPCC 2006
Ruissellement	kg		7			IPCC 2006
			0,0035			IPCC 2006
<b>Pesticides chimiques de synthèse</b>						
Herbicide					29,6	(Audsley, Stacey, Parsons, & Williams, 2009)
Insecticide	kg	2139	-	-	21,39	Audsley, 2009
Potentiel	kg	1	24	310		(IPCC, 2007)

### 2.3.3. Evaluation de la performance économique

Il existe une gamme variée d'indicateurs pour évaluer la performance économique d'une firme ou d'une exploitation. Repar et al., (2018) identifient deux (02) principaux indicateurs que sont les mesures d'efficacité ou efficacité productive et les indicateurs classiques de rentabilité habituellement utilisés dans la gestion des exploitations. A ces deux (02) indicateurs, Sodjinou, (2011) ajoute la mesure de la productivité. Pour Lankoski(2000), le choix du type d'indicateur pour mesurer la performance économique repose sur la prise en compte de la perspective de l'étude et de son objectif.

Toutefois, Musshof et *al.*, (2009) suggèrent que les mesures de l'efficacité productive sont inappropriées pour évaluer la performance économique globale d'une entreprise. A cet effet, l'analyse de la rentabilité a été adoptée comme mesure de la performance économique des exploitations cotonnières.

L'analyse de la rentabilité a été effectuée en utilisant, l'approche du budget des entreprises. Cette approche permet d'estimer les coûts de production de même que le revenu pour une activité particulière pendant une période de temps donné (ici la campagne agricole) et fourni différents types d'informations pouvant servir aux décideurs dans leur processus de prise de décision. Les indicateurs de rentabilité utilisés à cet effet sont la marge brute à l'hectare (MB), la productivité du travail (PT) et la productivité du capital (PC). La marge brute (MB) est la différence entre le produit brut en valeur (PBV) et les coûts variables de production. Pour un producteur  $i$  donné, la marge brute est définie par :

$$MB_i = PBV_i - CV_i \quad (10)$$

$$PBV_i = Rend_i \times PU$$

$$CV_i = CE_i + CF_i + CP_i + CMO_i + CA_i$$

Avec  $Rend_i$  le rendement du coton graine en kg/ha,  $PU$  le prix unitaire de vente du coton graine en FCFA/kg ;  $CE_i$  le coût des engrais chimiques ;  $CF_i$  le coût des fumures organiques ;  $CP_i$  le coût des pesticides chimiques de synthèse ou des bio pesticides ;  $CMO_i$  le coût de la main d'œuvre et  $CA_i$  autres coût de production (carburant, location de pulvérisateurs).

La productivité du travail (PT) est le rapport entre la marge brute totale et la quantité de travail réellement engagée dans la production tandis que la productivité du capital (PC) est le rapport entre la marge brute et le coût de production. Les deux ratios sont définis par :

$$PT_i = MB_i / MOF_i \quad (11)$$

$$PC_i = MB_i / CV_i \quad (12)$$

### 2.3.4. Analyse de la relation entre l'efficacité environnementale et la performance économique

Deux types d'analyse ont été utilisées pour analyser la relation entre l'efficacité environnementale et la performance économique. D'une part l'analyse de la corrélation entre l'efficacité environnementale et la performance économique a été effectuée en utilisant le coefficient de rang de Spearman. D'autre part, la méthode de régression par les moindres carrés ordinaires a été utilisée. Le modèle économétrique utilisé pour analyser la relation entre efficacité environnementale et la performance économique se présente comme suit :

$$PE_i = \beta_0 + \beta_1 EE_i + \beta_3 X_i + e_i \quad (13)$$

Avec  $PE_i$  la performance économique pour un producteur  $i$  donné. Trois (03) indicateurs de rentabilité que sont la marge brute, la productivité du travail et la productivité du capital sont utilisés comme variables dépendantes. Ainsi trois (03) différents modèles ont été estimés utilisant les mêmes variables explicatives. Les variables environnementales sont  $EE_i$  qui représente l'efficacité environnementale. En plus de l'efficacité environnementale, la variable  $ADOPTB_i$  qui est une variable binaire représentant le statut d'adoption ou non du coton biologique a été également prise en compte. Une variable semblable à savoir système de gestion de l'environnement a été utilisé par Horváthová, (2012) comme variable environnementale pour évaluer l'effet de la performance environnementale sur la performance financière des entreprises. D'autres variables ont été introduites pour contrôler l'effet des caractéristiques de l'exploitation et des producteurs sur la performance économique. Il s'agit respectivement de l'âge, le sexe, le niveau d'instruction, la taille du ménage, la taille de l'exploitation, le contact avec la vulgarisation, l'accès au crédit, la fertilité des sols, l'intégration des légumineuses dans la rotation.

*Age des producteurs* : Cette variable est associée à l'acquisition de connaissances. Les producteurs âgés ayant accumulés l'expérience au fil du temps. Ainsi, les producteurs âgés sont susceptibles de mieux gérer leur exploitation et d'avoir une meilleure performance financière (Tey et Brindal, 2014). Toutefois, Foltz et Lang, (2003) ont trouvé une influence négative de cette variable sur le profit. Il est supposé alors que l'âge peut avoir un effet positif ou négatif sur la performance économique des producteurs.

*Sexe des producteurs* : Le sexe du producteur constitue un facteur déterminant dans la performance des exploitations. En effet, les hommes dans la production agricole ont plus accès aux facteurs de production, aux facteurs institutionnels (vulgarisation et crédits) qui jouent un rôle primordial dans la production. Par ailleurs, ils ont plus accès à l'éducation par rapports aux femmes.

Ces différents atouts dont disposent les hommes leur offrent plus de potentialités pour de meilleurs performances agricoles. Ainsi, les producteurs de sexe masculin sont supposés avoir de meilleur niveau de performance économique que les femmes.

*Niveau d'instruction* : C'est une variable qui traduit la facilité d'accès à l'information. Elle favorise une meilleure compréhension des technologies de production et une gestion rationnelle des ressources productives permettant d'accroître le niveau de production tout en réduisant les coûts de production. Selon Tey et Brindal (2014), les producteurs ayant un niveau élevé d'instruction ont habileté à mieux gérer leur exploitation et sont plus efficaces et efficaces. De ce fait le niveau d'instruction est supposée influencer positivement la performance économique.

*Taille du ménage* : Les activités agricoles sont une forte consommatrice de main d'œuvre. La taille du ménage est un proxy de la disponibilité de la main d'œuvre au sein du ménage. Ainsi, les ménages disposant un nombre élevé d'individus pourront facilement faire face aux différentes activités agricoles avec moindre recours à la main d'œuvre salariée souvent coûteux durant les périodes de pointe. Ceci permettrait de réduire les coûts de production et ainsi améliorer le profit. Il est alors attendu un signe positif de cette variable.

*Taille de l'exploitation* : Elle est supposée avoir une influence positive sur la performance économique. En effet, des économies d'échelle peuvent survenir avec les grandes exploitations et favoriser une réduction des coûts de production (Tey et Brindal, 2014) et donc une amélioration du profit. A ce facteur, ces auteurs ajoutent la facilité d'accès au financement qui améliore le niveau d'investissement de ces exploitations.

*Contact avec la vulgarisation* : L'accès des producteurs aux services de vulgarisation améliore leur capacité managériale à travers les différentes formations délivrées par ces services. Elles fournissent également des informations aux producteurs sur les différentes techniques de production et permettent aussi d'améliorer la capacité d'innovation des producteurs. A cet effet, le contact avec la vulgarisation peut constituer un facteur de performance économique des exploitations.

**Tableau 2 : Variables introduites dans le modèle de régression**

Variables	Description	Signe attendu
Age	Variable quantitative exprimant l'âge en années des producteurs de coton	+/-
Sexe	Variable binaire = 1 si le producteur est de sexe masculin et 0 autrement	+
Instruction	Variable quantitative exprimant le nombre d'années de scolarité des producteurs agricoles	+
Taille du ménage	Variable quantitative exprimant le nombre d'individus dans le ménage	+
Taille exploitation	Variables traduisant le type d'exploitation selon la superficie : 1=Petites exploitation ; 2=Exploitations moyennes ; 3=Grandes exploitations	+
Vulgarisation	Variable binaire = 1 si le producteur entretient des contacts avec les services de vulgarisation et 0 autrement	+
Crédit	Variable binaire = 1 si le producteur déclare avoir accès au crédit et 0 autrement	+
Fertilité du sol	Variable traduisant les perceptions des producteurs à l'égard de la fertilité des sols : pauvre (0), fertile (1)	+
Intégration légumineuse dans la rotation	Variable binaire = 1 si le producteur déclare avoir introduire les légumineuses dans le plan de rotation et 0 autrement	+
Adoption du coton biologique	Variable binaire = 1 si le producteur utilise le mode de production biologique et 0 autrement	+
Efficience environnementale	Variable quantitative exprimant l'efficience environnementale des producteurs de coton	+

*Accès au crédit agricole* : Le crédit agricole est une importante source de financement des activités agricoles. Il permet au producteurs de disposer des ressources financières nécessaire pour l'acquisition des intrants et l'exécution des opérations agricoles à bonne date. L'accès des producteurs au crédit agricole est supposé alors avoir un effet positif sur la performance économique.

*Niveau de fertilité des sols* : Une meilleure fertilité des sols favorise une meilleure productivité et donc une amélioration du niveau de la production. Aussi permet-il aux producteurs d'avoir moindre recours aux fertilisants et ainsi réduire les coûts de production. Tous ces facteurs contribuent à une améliorer du niveau de performance économique. Il est attendu de ce fait, un signe positif de cette variable.

*Intégration des légumineuses dans la rotation* : Les légumineuses jouent un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols. Leur intégration dans le plan de rotation peut contribuer à un moindre recours aux fertilisants donc à une réduction des coûts de production. Un signe positif est alors attendu de cette variable.

Les variables introduites dans le modèle sont présentées dans le tableau 2.

### 3. Résultats

#### 3.1. Analyse de l'efficacité environnementale des modes de production du coton

Les résultats de l'estimation de la fonction de distance hyperbolique stochastique sont présentés dans le tableau 3. Le test d'inefficacité est significatif au seuil de 1% attestant la présence d'inefficacité au sein des producteurs de coton au Bénin. Le tableau 4 montre l'estimation de l'efficacité environnementale des modes de production du coton biologique et du coton conventionnel.

Tableau 3 : Estimation de la fonction de distance hyperbolique

Variables	Paramètres	Coefficients	t-test	Probabilité
Semence	$\beta_1$	1,264	1,63	0,218
Engrais chimique	$\beta_2$	-1,230***	-7,72	0,000
Engrais organique	$\beta_3$	-0,294***	-3,65	0,002
(Bio) pesticides	$\beta_4$	0,375*	1,65	0,089
Main d'œuvre	$\beta_5$	-0,793***	-3,56	0,002
GES	$\delta_1$	1,025***	3,33	0,005
Semence <sup>2</sup>	$\beta_{11}$	-0,353*	-1,85	0,052
Engrais chimique <sup>2</sup>	$\beta_{22}$	-0,213***	-7,09	0,000
Engrais organique <sup>2</sup>	$\beta_{33}$	-0,047***	-7,95	0,000
(Bio) pesticide <sup>2</sup>	$\beta_{44}$	0,012	0,59	0,493
Main d'oeuvre <sup>2</sup>	$\beta_{55}$	-0,017	-0,81	0,431
GES <sup>2</sup>	$\delta_{11}$	-0,072***	-2,85	0,007
Semence * Engrais chimique	$\beta_{12}$	0,031	1,36	0,330
Semence * Engrais organique	$\beta_{13}$	0,006	0,43	0,761
Semence * (Bio) pesticide	$\beta_{14}$	0,093**	2,29	0,032
Semence * Main d'œuvre	$\beta_{15}$	0,061	1,44	0,220
Semence * GES	$\varphi_{11}$	-0,062	-1,25	0,539
Engrais chimique*Engrais organique	$\beta_{23}$	-0,006**	-2,32	0,013
Engrais chimique * (Bio)pesticide	$\beta_{24}$	0,005	0,38	0,648
Engrais chimique * Main d'œuvre	$\beta_{25}$	0,001	0,07	0,827
Engrais chimique * GES	$\varphi_{21}$	0,120***	8,75	0,000
Engrais organique * (Bio) pesticide	$\beta_{34}$	0,006	0,87	0,601
Engrais organique * Main d'œuvre	$\beta_{35}$	-0,003	-0,67	0,302
Engrais organique * GES	$\varphi_{31}$	0,032***	4,78	0,000
(Bio) pesticide * Main d'œuvre	$\beta_{45}$	-0,022	-1,26	0,170
(Bio) pesticide * GES	$\varphi_{41}$	-0,046***	-2,86	0,004
Main d'œuvre * GES	$\varphi_{51}$	0,056***	3,48	0,001
Constante	$\alpha_0$	0,172	0,94	0,657
Sigmau_2		0,075***	5,31	
Sigmav_2		0,017***	4,44	
LR test		16,69***		

\*\*\* ; \*\* et \* : Coefficients ainsi indiqués sont significatifs à 1%, 5% et 10%



L'efficacité environnementale de la production du coton est en moyenne de 0,82 (Tableau 4). Elle est plus élevée au niveau des producteurs du coton conventionnel (0,84 contre 0,80) pour les producteurs du coton biologique). Il existe alors des potentiels d'amélioration de l'efficacité environnementale à travers une utilisation efficiente des ressources productive de manière à réduire le niveau d'émission et à accroître le rendement cotonnier.

En effet, pour améliorer leur niveau d'efficacité, les producteurs du coton conventionnel doivent améliorer leur rendement de 19% (1/0,84) tout en réduisant la quantité d'émission de 16%. Une amélioration du rendement de 25% avec une réduction des émissions de 20% est attendue au niveau des producteurs du coton biologique. Ces différentes améliorations permettraient non seulement d'améliorer la performance environnementale en réduisant les nuisances mais également contribueraient à une amélioration de la performance économique de ces exploitations. Ceci serait possible grâce à une utilisation rationnelle des ressources productives et aux respects des itinéraires techniques de production. De ce fait, les services de vulgarisation en place doivent renforcer leurs actions auprès des producteurs à travers un renforcement rapproché des capacités des producteurs axés sur des recommandations spécifiques sur les itinéraires techniques et la prise en compte de l'environnement dans les processus de production.

**Tableau 4 : Efficacité environnementale selon les modes de production biologique et conventionnel du coton**

	Biologique	Conventionnel	Moyenne Echantillon
Petite	0,70 (0,28)	0,79 (0,10)	0,78 (0,12)
Moyenne	0,80 (0,11)	0,84 (0,06)	0,82 (0,09)
Grande	0,75 (0,13)	0,85 (0,04)	0,80 (0,12)
Moyenne	0,80 (0,14)	0,84 (0,06)	0,82 (0,09)
ANOVA	2,47*	5,022***	1,98

\*\*\*et \* : Coefficients ainsi indiqués sont significatifs à 1% et 10%

### 3.2. Analyse de la performance économique des modes de production du coton

#### 3.2.1. Coûts de production de la production du coton

Le tableau 5 présente les coûts de production du coton biologique et du coton conventionnel au Bénin. Les différents résultats montrent qu'à l'exception du coût de la main d'œuvre, les coûts de production du coton conventionnel sont plus élevés que ceux du coton biologique. Le coût de la main d'œuvre est de 76 266 FCFA à l'hectare pour le coton biologique contre 56 439 FCFA à l'hectare pour le coton conventionnel. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que le coton biologique requiert plus de main d'œuvre notamment en matière de la gestion des ravageurs. Pour l'ensemble de l'échantillon, le coût total de production du coton est en moyenne de 152 729 FCFA à l'hectare. Ce coût est plus faible chez les producteurs du mode biologique (127 769 FCFA à l'hectare) que chez les producteurs du mode conventionnel (178 401 FCFA à l'hectare).

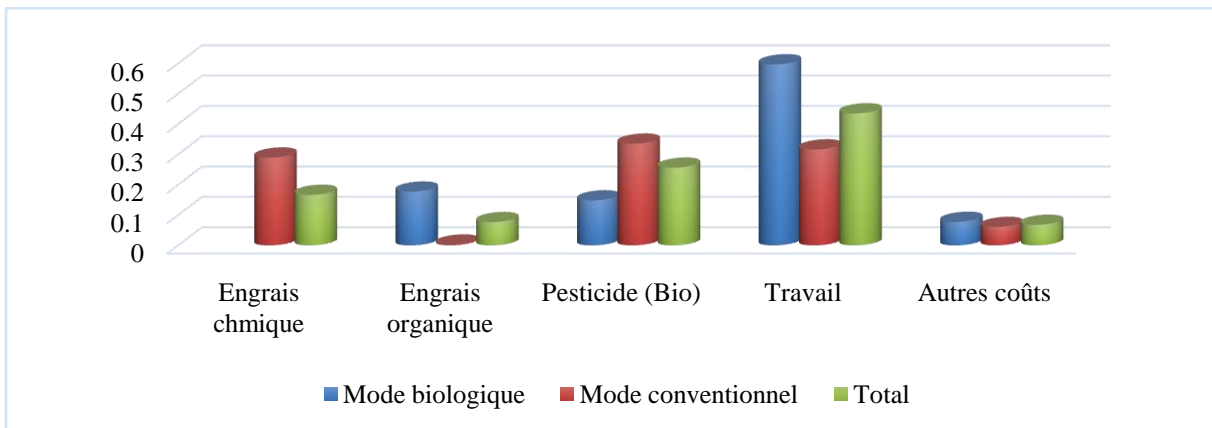
**Tableau 5 : Coût de production des modes de production biologique et conventionnel du coton**

Structure des coûts (FCFA/Ha)	Mode Biologique		Mode Conventionnel		Total		t-stat.
	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.	
Engrais chimique			51655,30	55,63	25463,88	128,74	
Engrais organique	22644,63	86,94	492,15	456,73	39115,70	77,70	14,79***
(Bio) Pesticide	18961,06	76,81	59846,19	47,52	11724,39	152,93	17,11***
Travail total	76266,10	116,33	56438,85	119,28	66492,10	119,43	2,36**
Autres coûts	9897,05	121,06	10850,16	102,03	10366,89	111,26	0,77
Coûts totaux	127768,83	80,24	178401,36	44,88	152728,53	62,67	5,16***
Coût par kg de coton	165,35	120,26	155,19	53,85	160,35	95,50	0,63

Moy. : Moyenne ; C.V. : Coefficient de variation ; t-stat. : test de Student d'égalité des moyennes des sous-échantillons des modes biologiques et conventionnels ; \*\*\* et \*\*: Coefficients ainsi indiqués sont significatifs à 1% et 5%.

L'examen de la structure des coûts de production (Figure 1) révèle que, le poste de la main d'œuvre constitue la part la plus importante du total des coûts de production (44% des coûts totaux) pour l'ensemble de l'échantillon.

Il est encore plus important si on considère uniquement les producteurs du mode biologique, soit environ 60% des coûts totaux. Ensuite, viennent les postes des engrais organiques et les bio pesticides qui représentent respectivement (18%) et (15%) du total des coûts. Par contre, au niveau du mode conventionnel, les coûts des pesticides (34%), de la main d'œuvre (32%) et des engrais chimiques (29%) sont les postes les plus déterminants.



**Figure1: Parts des différents postes de coûts dans le coût total de production selon les modes de production**

### 3.2.2. Performance économique de la production du coton

Le produit brut en valeur de la production du coton est en moyenne de 321 629 FCFA à l'hectare pour l'ensemble de l'échantillon (Tableau 6). Ce niveau moyen est plus élevé chez les producteurs du mode conventionnel (337 863 FCFA à l'hectare), comparativement aux producteurs du mode biologique (305 845 FCFA à l'hectare). Le test statistique t-student est significatif au seuil de 1%, indiquant l'existence d'une différence dans le produit brut en valeur annuel des producteurs entre les deux modes de production. Cette différence s'explique essentiellement par la différence des rendements obtenus au niveau de chacun des deux modes de production.

Pour la marge brute annuelle du coton, elle est plus élevée chez les producteurs du mode biologique (178 077 FCFA à l'hectare) comparativement au mode conventionnel (159 461 FCFA à l'hectare). Dans la même ordre d'idée, la marge brute par kg de coton graine (produit) est plus élevée pour le coton biologique (170 FCFA par kg) que pour le coton conventionnel (120 FCFA par kg). Les tests statistiques montrent que les différences sont significatives au seuil de 1%.

**Tableau 6 : Performance économique des modes de production biologique et conventionnel du coton**

Indice de performance	de	Mode biologique		Mode conventionnel		Total		t-test
		Moy.	C.V.	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.	
Produit brut en valeur (FCFA/ha)		305845,45	41,22	337862,51	28,73	321628,51	35,35	2,67***
Marge brute (FCFA/ha)		178076,62	88,48	159461,14	74,14	168899,98	82,70	1,25**
Marge brute par kg (FCFA/kg)		169,99	131,61	120,28	75,49	145,49	119,03	2,72***
Productivité du capital		2,51	108,76	1,16	78,70	1,85	116,75	6,18***
Productivité du travail		702,15	67,38	640,65	152,70	671,83	152,58	0,56

Moy. : Moyenne ; C.V : Coefficient de variation ; t-stat. : test de Student d'égalité des moyennes des sous-échantillons des modes biologiques et conventionnels ; \*\*\* et \*\*: Coefficients ainsi indiqués sont significatifs à 1% et 5%.

La productivité du capital est plus élevée pour les producteurs du coton biologique (2,51) que ceux du coton conventionnel (1,16). Le test t de Student indique une différence significative au seuil de 1%. La productivité du travail est également plus élevée pour le coton biologique (702 FCFA par homme heure) que le coton conventionnel (641 FCFA par homme heure). Toutefois, la différence observée n'est pas significative.

### 3.3. Analyse de la relation entre efficacité environnementale et la performance économique

Les résultats de la corrélation entre la performance économique et l'efficacité environnementale sont présentés dans le tableau 7. Il se dégage ainsi une relation positive significative entre l'adoption du coton biologique et la productivité du capital. Par contre, l'effet entre la marge brute et la productivité du travail est positif mais non significatif. L'efficacité environnementale est corrélée positivement avec les trois (03) indicateurs de performance économique. Une corrélation plus élevée est obtenue avec la marge brute, tandis que la plus faible est enregistrée par la productivité du travail. En utilisant l'approche basée sur le coefficient de rang de Spearman, Jan et *al.*, (2012) ont abouti à une relation positive entre l'éco-efficacité et la performance économique des exploitations laitières en Suisse.

**Tableau 7 : Coefficient de corrélation de rang entre la performance environnementale et la performance économique**

	Adoption du coton biologique		Efficacité environnementale	
	Rho Spearman	Valeur de p	Rho Spearman	Valeur de p
Marge brute	0,07	0,182	0,41	0,001
Ratio_bénéfice coût	0,28	0,001	0,24	0,001
Productivité de la main d'œuvre	0,04	0,414	0,21	0,001

Des estimations économétriques, il se dégage que l'efficacité environnementale a un effet positif et significatif sur la performance économique des exploitations productrices du coton (Tableau 8). Ainsi, plus l'efficacité environnementale est élevée, plus les producteurs ont une meilleure performance économique. Par ailleurs, l'adoption du coton biologique a un effet positif et significatif sur la marge brute et la productivité du travail.

Outre les variables environnementales, d'autres caractéristiques des producteurs et de l'exploitation de même que les facteurs institutionnels influencent également la performance économique des producteurs. Le sexe masculin influence positivement et au seuil de 1% la marge brute et la productivité du capital des ménages producteurs de coton et à 1% la productivité du travail. Ce résultat signifie que les hommes ont un meilleur niveau de performance économique comparés aux femmes. Le coefficient relatif à la taille du ménage est significatif au seuil de 5% pour la productivité du travail. La taille de ménage influence négativement la productivité du travail. Ainsi, les ménages ayant un nombre élevé d'individus ont un faible niveau de productivité. Le contact avec la vulgarisation affecte positivement au seuil de 1% la marge brute et 10% les productivités du capital et du travail. La fertilité des sols est significative à 1% pour la marge brute et la productivité du capital et à 5% pour la productivité du travail. Une meilleure fertilité des sols améliore le niveau de performance économique des producteurs de coton. L'accès au crédit est significatif à 5% et affecte positivement la marge brute et la productivité du capital. La taille des exploitations est significative à 1% et influence positivement les trois indicateurs de performance économique. Les grandes exploitations ont un meilleur niveau de performance.

**Tableau 8 : Résultats d'estimation de la relation entre l'efficacité environnementale et la performance économique**

Variables dépendantes	Marge brute		Productivité du capital		Productivité du travail	
	Coefficients	t-stat	Coefficients	t-stat	Coefficients	t-stat
Constant	-662325,7***	-6,69	-7,71***	-6,56	-2508,95***	-4,36
Efficacité environnementale	605110,8***	8,27	6,09***	5,98	1887,08***	4,07
Adoption du coton biologique	313349,99**	1,93	1,69***	5,49	-39,50	-0,30
Age	39,71	0,94	-0,002	-0,21	4,59	0,73
Sexe	118478,2***	5,17	1,48***	4,36	295,44*	1,87
Instruction	-208,63	-0,880	-0,005	-0,21	23,83*	1,66
Taille du ménage	-760,41	-0,61	-0,02	-0,76	-20,70**	-2,21
Vulgarisation	66044,89***	2,85	0,41*	1,91	300,62*	1,79
Crédit	34320,5**	2,18	0,51**	2,45	65,78	0,63
Fertilité des sols	65326,26***	3,84	0,51***	2,80	362,95**	2,47
Taille exploitation	60748,53***	2,89	0,86***	2,63	513,73***	2,86
Intégration légumineuse	46658,36	1,57	0,34	0,42	20,88	0,12
R carré	0,31		0,26		0,09	
Statistique F	9,69***		10,22***		3,207***	
Nombre d'observation			355			

t-stat. : test statistique de signification des coefficients ; \*\*\* ; \*\* et \* : Coefficients ainsi indiqués sont significatifs à 1% ; 5% et 10%.

#### 4. Discussion

Les résultats des coûts de production révèlent que la production du coton, à travers les pratiques biologiques plus respectueuses de l'environnement, permet une réduction des coûts de production du coton à l'hectare. Par contre, lorsqu'on compare les coûts de production par kg de coton produit, il ressort un niveau supérieur, soit 165 FCFA par kg pour le mode de production biologique, contre seulement 155 FCFA par kg pour le mode conventionnel. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Adanacioglu et Olgun, (2012) qui ont rapporté des coûts de production d'un kg de coton biologique de 22,5% plus élevés que ceux du coton conventionnel en Turkey. Il faut toutefois noter que la différence observée par kg de coton produit dans le cas de cette étude n'est pas significative.

Les résultats financiers obtenus montrent que le coton biologique est plus rentable que le coton conventionnel. Les différences relevées sont dues d'une part à la faiblesse des coûts de production du mode biologique conjuguée à la hausse du prix de vente, soit (315 FCFA par kg) contre (265 FCFA par kg) pour le mode conventionnel. Nos résultats sont conformes aux travaux de Lakhali et al., (2008) au Mali ; Eyhorn et al., (2007), Amarmath et Sridhar, (2012) (Kavitha et al., 2013) en Inde qui ont montré que les exploitations cotonnières en mode biologique sont plus rentables que celles adoptant le mode conventionnel. Toutefois, pour certains indicateurs de la rentabilité, nos résultats sont divergents de ceux obtenus par Adanacioglu et Olgun, (2012), qui ont rapporté des marges brutes négatives pour les deux (02) modes de productions, avec une valeur supérieure pour le coton biologique.

Il ressort des résultats que l'efficacité environnementale affecte positivement la performance économique des exploitations productrices de coton au Bénin. Aussi, le mode de production biologique affecte-t-elle positivement la performance économique des exploitations. Le terme d'efficacité environnementale se réfère à l'expansion de la quantité de coton produit, tout en réduisant la quantité de pollution ici les émissions de CO<sub>2</sub>. Ces émissions proviennent de l'utilisation des intrants agricoles. Des niveaux d'efficacité environnementale élevés sont observés au niveau des exploitations émettrices de faibles quantités de CO<sub>2</sub>. L'amélioration du niveau d'efficacité environnementale aurait pour conséquence une réduction des coûts de production et partant, une amélioration de la performance économique.

De ce fait, l'amélioration du niveau de connaissance des producteurs sur les technologies permettant une réduction du niveau des émissions de CO<sub>2</sub> et de leur capacité managériale permettrait d'améliorer la performance économique. Par ailleurs, l'accent doit être mis sur la promotion des technologies de production plus respectueuses de l'environnement et favorisant la réduction des niveaux d'émission et nécessitant un faible coût d'investissement.

L'adoption des pratiques biologiques respectueuses de l'environnement nécessite moins d'investissement et entraînent une réduction des coûts de production et par conséquent une amélioration de la marge brute et de la productivité du capital.

Ces résultats sont conformes à ceux de De Koeijer et al. (2002) qui ont montré qu'il existe une relation positive entre l'efficacité environnementale et l'efficacité technique des producteurs de betterave à sucre. Elles confirment également les travaux de Jan et al. (2012) sur l'effet positif de la performance environnementale sur la performance économique des exploitations laitières en Suisse. Toutefois, considérant les exploitations laitières néerlandaises, Thomassen et al. (2009) ont rapporté une relation négative entre la productivité du travail et la performance environnementale approchée à travers l'utilisation énergétique, le potentiel de réchauffement global et le potentiel d'acidification et un effet positif entre la performance environnementale globale et celle économique.

Les résultats concernant les autres facteurs qui influencent la performance économique montrent que les hommes ont un meilleur niveau de performance économique comparés aux femmes. Ceci serait lié à leur facilité d'accès aux ressources productives, à l'information et à l'éducation. Les résultats révèlent également que les ménages ayant un nombre élevé d'individus ont un faible niveau de productivité.

Ce résultat serait lié à l'inefficacité de la main d'œuvre familiale. Il en découlerait un surcroît de travail. Par ailleurs, les producteurs qui ont plus de contact avec les services de vulgarisation ont un meilleur niveau de performance économique. En effet, l'accès des producteurs aux services de vulgarisation améliore leur capacité managériale à travers les différentes formations délivrées par ces services. Elles fournissent également des informations aux producteurs sur les différentes techniques de production et permettent aussi d'améliorer la capacité d'innovation des producteurs. A cet effet, le contact avec la vulgarisation peut constituer un facteur de performance économique des exploitations.

Concernant le crédit agricole, Le crédit agricole, il constitue une importante source de financement des activités agricoles. Il permet aux producteurs de disposer des ressources financières nécessaires pour l'acquisition des intrants et l'exécution des opérations agricoles à bonne date. A cet effet, l'accès des producteurs au crédit agricole est alors facteur de performance économique.

L'influence positive de la fertilité des sols pourrait s'expliquer par le non (faible) recours aux fertilisants pour la gestion de la fertilité des sols. Le moindre recours à ces intrants favorise une réduction des coûts de production et donc une amélioration de la performance économique.

L'influence positive de la taille des exploitations pourrait s'expliquer par des économies d'échelle pouvant survenir avec les grandes exploitations et favorisant ainsi une réduction des coûts de production (Tey et Brindal, 2014) et donc une amélioration du profit. Il faut également noter qu'une meilleure fertilité des sols favorise une meilleure productivité et donc une amélioration du niveau de la production. Aussi permet-il aux producteurs d'avoir moindre recours aux fertilisants et ainsi réduire les coûts de production. Tous ces facteurs contribuent à une améliorer du niveau de performance économique.

## 5. Conclusion et implications

Cette étude s'est consacrée à l'analyse de la relation entre efficacité environnementale et la performance économique des exploitations de production de coton au Bénin. La performance économique est approchée à travers la marge brute, la productivité du capital et la productivité du travail. La recherche empirique a porté sur un échantillon de producteurs de coton (biologique et conventionnel) du Nord-Bénin sélectionné de façon aléatoire. L'influence mutuelle de l'efficacité environnementale et économique a été analysée en utilisant le coefficient de corrélation de Spearman et la régression économétrique linéaire. Les résultats montrent qu'il existe une relation linéaire positive entre l'efficacité environnementale et la performance économique des producteurs de coton. Les résultats soutiennent ainsi l'hypothèse de Porter selon laquelle la performance environnementale présente un effet positif sur la performance économique des exploitations productrices de coton au Bénin.

Ces résultats indiquent que la recherche de l'efficacité environnementale qui allie réduction des nuisances environnementales (ici les émissions de CO<sub>2</sub>) et augmentation du rendement est bénéfique pour les producteurs et vise à améliorer leur performance économique. Il en est de même pour l'adoption des pratiques respectueuses de l'environnement. Ces résultats constituent des outils d'aide à la décision pouvant encourager les producteurs dans la prise en compte de l'environnement dans leur processus de prise de décision afin d'améliorer leur niveau de rentabilité et de compétitivité.

A cet effet nous recommandons d'abord un renforcement des capacités des producteurs par les services de vulgarisation en places à travers des campagnes de sensibilisation, d'éducation et de formations sur les pratiques respectueuses de l'environnement favorisant une réduction des nuisances environnementales toute en tenant compte de leurs conditions actuelles. Par ailleurs, la mise en place d'un système d'information environnementale permettrait également aux producteurs la prise en compte de l'environnement dans leur processus de production. Aussi, une assistance des producteurs sur les technologies respectueuses de l'environnement par les pouvoirs publics en places faciliterait-elle l'adoption de ces technologies par les producteurs.

Cette étude a montré l'évidence de l'hypothèse de Porter au niveau de la production cotonnière au Nord-Bénin. Toutefois, la relation peut varier d'une région à une autre, d'une filière et d'un secteur à un autre. Ces divergences peuvent conduire à différentes mesures ou stratégies en faveur de l'environnement. Ainsi, d'autres recherches sur la relation entre la performance environnementale et économique doivent être conduites au niveau d'autres filières ou d'autres secteurs d'activités en vue de la mise en place d'une politique environnementale efficace adaptée à chaque secteur d'activité. Par ailleurs, des aspects sociaux peuvent être intégrés pour tenir compte des trois (03) dimensions du développement durables.

## Références bibliographique

- Adanacioglu, H., & Olgun, A. (2012). Evaluation of the Efficiency of Organic Cotton Farmers: A case study from Turkey. *Bulg. J. Agric. Sci*, 18(3), 418-428.
- Amarmath, J., & Sridhar, V. (2012). An economic analysis of organic farming in Tamil Nadu, India. *Bangladesh Journal of Agricultural Economics*, 8(1; 2), 33-51.

- Ambec, S. and P. Barla, (2005). Quand la réglementation environnementale profite aux pollueurs Survol des fondements théoriques de l'hypothèse de Porter, 21p.
- Audsley, E., Stacey, K., Parsons, D., & Williams, A. (2009). Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. Prepared for Crop Protection Association, Cranfield University.
- Binta Ba, A., & Barbier, B. (2015). Economic and environmental performance of organic farming system compared to conventional farming system: A case farm model to simulate the horticultural sector of the Biayes region in Senegal. *J. Horticulture*, 2(4), 152.
- Bonou-zin R.D.C., Allali A. and Fadlaoui A. (2019). Environmental Efficiency of Organic and Conventional Cotton in Benin. *Sustainability* **2019**, 11, 3044; doi:10.3390/su11113044.
- Cuesta, R., Lovell, C., & Zoffio, J. (2009). Environmental Efficiency Measurement with Translog Distance Functions: A Parametric Approach. *Economical Economics*, 68(8), 2232-2242.
- De Koeijer, T., Wossink, G., Struik, P., & Renkema, J. (2002). Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers. *Journal of Environmental Management*, 66, 9-17. doi:10.1006/jema.2002.0578
- Dyer, J., & Desjardins, R. (2006). Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Biosystem Engineering*, 93(1), 107-118.
- Eyhorn, F., Ramakrishnan, M., & Mäder, P. (2007). The viability of Cotton-Based organic farming systems in India. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 5(1), 25-38.
- Fernandez, C., Koop, G., & Steel, M. F. (2002). Multiple-Output Production with Undesirable Outputs: An Application to Nitrogen Surplus in Agriculture. *Journal of the American Statistical Association*, 97, 432-442.
- Foltz, J., & Lang, G. (2003). The adoption and impact of management intensive rotational grazing (MIRG) on Connecticut dairy farms. *Renew. Agric. Food. Syst.*, 20(4), 261-266. doi:10.1079/RAF2005127
- Horvathova, E. (2010). Does environmental performance affect financial performance? A meta-analysis. *Ecological Economics*, 70(1), 52-59.
- Horváthová, E. (2012). The impact of environmental performance on firm performance: Short-term costs and long-term benefits? *Ecological Economics*, 84, 91-97. Récupéré sur <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.10.001>
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2015. Les échanges extérieurs du Bénin en 2014, grands traits du commerce extérieur au Bénin, 26p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)(2007). In: Pachauri R. K. and Reisinger A. (eds.) *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC, (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme* H.S. Eggleston L. Buendia K. Miwa T. Ngara and Tanabe K. (Eds). Institute for Global Environmental Strategies Tokyo Japan.
- Jan, P., Dux, D., Lips, M., Alig, M., & Dumondel, M. (2012). On the link between economic and environmental performance of Swiss dairy farms of the alpine area. *Int J Life Cycle Assess*, 17, 706-719. doi:10.1007/s11367-012-0405-z
- Kavitha, V., Chandran, K., & Kavitha, B. (2013). Economic analysis of organic and Bt farming of cotton in Erode District Of Tamil Nadu. *Global Journal of bioscience and biotechnology*, 2(3), 313-316.
- Kramer, K., Moll, H., & Nonhebel, S. (1999). Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 72, 9-16.
- Lakhal, S., Sidibé, H., & H'Mida, S. (2008). Comparing conventional and certified organic cotton supply chains: the case of Mali. *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 7(3), 243-255.
- Lankoski. (2000). Determinants of environmental profit: An analysis of the firm-level relationship between environmental performance and economic performance. Doctoral dissertations, Helsinki University of Technology Institute of Strategy and International Business.
- Macedo, I., Seabra, J., & Silva, J. (2008). Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy*, 32, 582-595.
- Musshof, O., Hirschauer, N., & Herink, M. (2009). When should (shouldn't) one use Data Envelopment Analysis. *Agrarwirtschaft*, 58, 114-124. Récupéré sur : [https://ageconsearch.umn.edu/record/134175/files/2\\_Problemstrukturen.pdf](https://ageconsearch.umn.edu/record/134175/files/2_Problemstrukturen.pdf)
- Njuki, E., Bravo-Ureta, E., & D., M. (2016). The Good and the Bad: Environmental Efficiency in Northeastern U.S. Dairy farming. *Agricultural and Resource Economics Review*, 45(1), 22-43.
- PASCIB, (Plateforme des Acteurs de la société Civile du Bénin) (2013). *La filière coton au Bénin : Regard et analyses prospectives de la société civile*. Cotonou: Les bulletins de Cotonou.
- Porter, M. (1991). America's green strategy. *Scientific American*, 264(4), 96.

- Porter, M., & van der Linde, C. (1995). Towards a new conception of the environmental-competitiveness relationship. *J. Econ. Perspect.*, 9, 97-118.
- Repar, N., Jan, P., Nemecek, T., Dux, D., & Doluschitz, R. (2018). Factors Affecting Global versus Local Environmental and Economic Performance of Dairying: A Case Study of Swiss Mountain Farms. *Sustainability*, 10(2940), 21. doi:10.3390/su10082940
- Sodjinou, E. (2011). Poultry-Based Intervention as Tool for Poverty Reduction and Gender Empowerment: Empirical Evidence from Benin. PhD thesis, Institute of Food and Resource Economics, Faculty of Life Science, University of Copenhagen, Denmark.
- Tey, Y. S., & Brindal, M. (2014). Factors Influencing Farm Profitability. *Sustainable Agriculture Reviews*, 235-255. doi:10.1007/978-3-319-09132-7\_5
- Thomassen, M., Dolman, M., van Calker, K., & de Boer, I. (2009). Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farm. *Ecological Economics*, 68, 2278-2284.
- Wagner, M., Phu, N., Azomahou, T., & Wehrmeyer, W. (2002). The relationship between the environmental and economic performance of firms: and empirical analysis of the European paper industry. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 9(3), 133-146.
- Xiaomei, L., & Kotelko, M. (2003). An integrated manure utilization system (imus): its social and environmental benefits. The 3rd international methane and nitrous oxide mitigation conference, (Lecture No.: AG056). Beijing, China, 17-21 November.
- Zhao X. et Sun B., (2016). The influence of Chinese environmental regulation on corporation innovation and competitiveness. *Journal of Cleaner Production* 112 : 1528-1536