

UNIVERSITE THOMAS SANKARA

Centre d'Etudes, de Documentation
et de Recherche Economiques et Sociales (CEDRES)

REVUE ECONOMIQUE ET SOCIALE AFRICAINE

SÉRIES ÉCONOMIE

Efficacité de la contribution de la Banque mondiale à l'amélioration de la croissance économique au Burkina Faso

Ibrahima OUEDRAOGO & Salimata TRAORE

Household resilience strategies in face of armed conflict : the case of Côte d'Ivoire

Flore Marie Hélène DJESSOU

Les déterminants du consentement à payer des agriculteurs pour l'adoption du biochar dans la commune de Loubila au Burkina Faso

Magloire THIOMBIANO & Tibi Didier ZOUNGRANA

EFFETS DE L'EDUCATION SUR LA PAUVRETE AU NIGER

AHAMADOU YACOUBA Mamane Bachir & MALAM MAMAN Maman Nafiou

La REVUE CEDRES-ETUDES « séries économiques » publie, semestriellement, en français et en anglais après évaluation, les résultats de différents travaux de recherche sous forme d'articles en économie appliquée proposés par des auteurs appartenant ou non au CEDRES.

Avant toute soumission d'articles à la REVUE CEDRES-ETUDES, les auteurs sont invités à prendre connaissance des « recommandations aux auteurs » (téléchargeable sur www.cedres.bf).

Les articles de cette revue sont publiés sous la responsabilité de la direction du CEDRES. Toutefois, les opinions qui y sont exprimées sont celles des auteurs.

En règle générale, le choix définitif des articles publiables dans la REVUE CEDRES-ETUDES est approuvé par le CEDRES après des commentaires favorables d'au moins deux (sur trois en générale) instructeurs et approbation du Comité Scientifique.

La plupart des numéros précédents (76 numéros) sont disponibles en version électronique sur le site web du CEDRES www.cedres.bf

La REVUE CEDRES-ETUDES est disponible au siège du CEDRES à l'Université Thomas SANKARA et dans toutes les grandes librairies du Burkina Faso et aussi à travers le site web l'UTS ou par le lien : <https://www.journal.uts.bf/index.php/cedres>

DIRECTEUR DE PUBLICATION

Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA (UTS)

COMITE EDITORIAL

Pr Pam ZAHONOGO, UTS Editeur en Chef

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi

Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé

Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop

Pr Eugénie MAIGA, Université Norbert ZONGO Burkina Faso

Pr Mathias Marie Adrien NDINGA, Université Marien N'Gouabi

Pr Omer COMBARY, UTS

Pr Abdoulaye SECK, Université Cheikh Anta DIOP

Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi

SECRETARIAT D'EDITION

Dr Yankou DIASSO, UTS

Dr Théodore Jean Oscar KABORE, UTS

Dr Jean Pierre SAWADOGO, UTS

Dr Kassoum ZERBO, UTS

COMITE SCIENTIFIQUE DE LA REVUE

Pr Abdoulaye DIAGNE, UCAD (Sénégal)

Pr Adama DIAW, Université Gaston Berger de Saint Louis

Pr Gilbert Marie Aké N'GBO, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)

Pr Albert ONDO OSSA, Université Omar Bongo (Gabon)

Pr Mama OUATTARA, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)

Pr Youmanli OUOBA, UTS

Pr Kimséyinga SAVADOGO, UTS

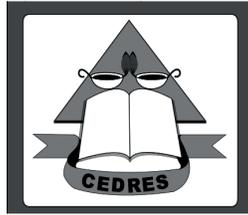
Pr Nasser Ary TANIMOUNE, Université d'Ottawa (Canada)

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Gervasio SEMEDO, Université de Tours

Pr Pam ZAHONOGO, UTS

Centre d'Etudes, de Documentation et de Recherche Economiques et Sociales (CEDRES)



www.cedres.bf

REVUE CEDRES-ETUDES

Revue Economique et Sociale Africaine

REVUE CEDRES-ETUDES N°77

Séries économie

1^{er} Semestre 2024

SOMMAIRE

Efficacité de la contribution de la Banque mondiale à l'amélioration de la croissance économique au Burkina Faso Ibrahima OUEDRAOGO & Salimata TRAORE.....	05
Household resilience strategies in face of armed conflict : the case of Côte d'Ivoire Flore Marie Hélène DJESSOU.....	37
Les déterminants du consentement à payer des agriculteurs pour l'adoption du biochar dans la commune de Loumbila au Burkina Faso Magloire THIOMBIANO & Tibi Didier ZOUNGRANA.....	71
Effets de l'éducation sur la pauvreté au Niger AHAMADOU YACOUBA Mamane Bachir & MALAM MAMAN Maman Nafiou.....	108

Les déterminants du consentement à payer des agriculteurs pour l'adoption du Biochar dans la commune de Loumbila au Burkina Faso

Magloire THIOMBIANO

Doctorant / Université Thomas SANKARA ;

E-mail : maguithiombiano@yahoo.fr

Tibi Didier ZOUNGRANA

Maitre de Conférences, agrégé des facultés
des sciences économiques / Université Thomas SANKARA ;
E-mail : zoungranadidier@yahoo.fr / didier.zoungwana@uts.bf

Résumé

L'article analyse les facteurs explicatifs du Consentement à Payer (CAP) des agriculteurs pour l'adoption du biochar dans la commune de Loumbila au Burkina Faso. Les données utilisées ont été collectées dans le cadre d'un projet pilote auprès de 146 agriculteurs. Le modèle de Heckman a été utilisé pour l'analyse économétrique. Les résultats montrent que les principaux déterminants de la décision de payer pour l'adoption du biochar sont : la séquestration du CO₂ par le biochar, l'augmentation des rendements agricoles, le revenu de l'agriculteur, sa situation matrimoniale et le coût total de production. En ce qui concerne le montant du CAP, les résultats montrent que le revenu de l'agriculteur, son activité principale et sa situation matrimoniale sont les facteurs qui le déterminent.

Les résultats ont permis de connaître les leviers à actionner pour une meilleure adoption de cette technologie verte. Ces résultats suggèrent la mise en place des programmes de sensibilisation à l'endroit des agriculteurs sur le biochar et ses avantages agronomiques et environnementaux. Également, l'accompagnement des agriculteurs dans le développement des activités génératrices de revenu pour accroître leur capacité financière est indispensable.

Mots clés : Biochar, Consentement à payer, Modèle de Heckman, Burkina Faso

Abstract

This article analyses the factors that explain farmers' willingness to pay (WTP) for the adoption of biochar in Loumbila, Burkina Faso. The data used were collected from 146 farmers as part of a pilot project. The Heckman model was used for the econometric analysis. The results show that the main determinants of the decision to pay for the adoption of biochar are CO₂ sequestration by biochar, the increase in agricultural yields by biochar, the farmer's income, marital status and the total cost of production. About the amount of CAP, the results show that the farmer's income, main activity and marital status are the factors that determine it. The results have made it possible to identify the levers to be used to improve the dissemination and adoption of this green technology. The results suggest that awareness-raising programmes should be set up for farmers on biochar and its agronomic and environmental benefits. It is also essential to support farmers in developing income-generating activities to increase their financial capacity.

Keywords: Biochar, willingness to pay, Heckman model, Burkina Faso

JEL Classification : Q15, Q16, Q24, Q55

Introduction

Le secteur agricole en Afrique subsaharienne fait face à un défi majeur, celui de répondre à une demande alimentaire croissante de manière durable (Partey et al., 2016). Ce défi est exacerbé par les effets du changement climatique, qui impactent de manière significative la production agricole dans cette région. Mensah et Frimpong (2018) soulignent que les aléas climatiques comme l'érosion, la sécheresse et les températures extrêmes contribuent à la dégradation de la fertilité des sols et constituent un problème crucial qui limite la productivité des systèmes agricoles des petits exploitants. De plus, dans son rapport, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) note que l'agriculture est l'un des secteurs les plus vulnérables aux conséquences du changement climatique, en raison de sa forte dépendance aux conditions climatiques.

Cependant, il est important de reconnaître que l'agriculture et le changement climatique entretiennent une relation de double causalité. En effet, le changement climatique affecte les rendements agricoles, tandis que certaines pratiques agricoles telles que les cultures extensives sont sources potentielles d'émissions de gaz à effet de serre qui aggravent la situation climatique (Kavitha et al., 2018). Selon le rapport de l'IPCC (2019), l'agriculture et d'autres usages des terres ont représenté environ 13 % des émissions de CO₂, 44 % des émissions de méthane (CH₄) et 82 % des émissions d'oxyde nitreux (N₂O) entre 2007 et 2016, contribuant ainsi à l'accélération du changement climatique.

Face à ces enjeux, l'introduction d'innovations vertes dans le domaine agricole devient essentielle pour réduire l'empreinte environnementale tout en garantissant une production durable. L'introduction et l'adoption de ces innovations peuvent être facilitées ou limitées par certains facteurs.

Sur le plan théorique, l'adoption et la diffusion des innovations ont été discutées surtout dans le sens de cerner les motivations des adoptants et des facteurs contributifs. La théorie de la diffusion des innovations de Rogers (1962) identifie cinq facteurs clés qui influencent la décision

d'adoption : l'avantage relatif, la complexité, la compatibilité, la testabilité et l'observation. L'interaction de ces facteurs peut avoir un impact significatif sur l'adoption des technologies (Rogers, 1983). La théorie du comportement planifié d'Ajzen (1991) introduit les facteurs psychologiques et sociales dans l'analyse des décisions individuelles. Celle de l'Action Raisonnée (Fishbein et Ajzen, 1975) aide à comprendre comment les croyances et les normes sociales peuvent affecter les intentions d'adoption. La nouvelle microéconomie (Lancaster, 1966) permet de mettre en avant l'importance des attributs des innovations dans le choix des adoptants.

Face au phénomène du changement climatique et au défi d'assurer la sécurité alimentaire dans un contexte marqué par l'appauvrissement des terres agricoles, l'adoption à l'échelle d'innovations vertes est de plus en plus requise pour obtenir une production suffisante et respectueuse de l'environnement. Ainsi, le biochar, ou « *terra preta* », se révèle être une solution prometteuse. Cet amendement de sol riche en carbone, obtenu par pyrolyse de la biomasse en conditions pauvres en oxygène, se distingue des engrais chimiques par son respect de l'environnement (Baskar et al., 2019). En effet, le biochar, lorsqu'il est incorporé dans le sol, peut séquestrer du carbone et réduire les émissions de gaz à effet de serre (Gaunt et Lehmann, 2008 ; Laird, 2008 ; Jatav et al., 2020). Les travaux de Adefeso et Isa (2023) et de Rosário et al. (2023) montrent que les pratiques agricoles vertes (déchets agricoles, compost) agissent positivement sur la production agricole en Afrique du Sud et en Angola.

De plus, l'application de biochar est reconnue pour sa contribution à l'amélioration de la qualité des sols, en augmentant leur pH (Rodriguez et al., 2009), leur capacité de rétention d'humidité (Duku et al., 2011), et en stimulant l'activité de microorganismes bénéfiques (Zheng et al., 2010). Par ailleurs, elle améliore la capacité d'échange cationique (Lehmann, 2007) et la rétention des éléments nutritifs (Paz-Ferreiro, 2014), ce qui augmente significativement les rendements des cultures (Jeffery et al., 2017).

Des études comparatives montrent que l'application du biochar génère de meilleurs rendements que les engrais chimiques (Lele, 2016 ; Mounirou, 2022). Par ailleurs, pour les petits agriculteurs, le biochar s'est révélé être une technologie peu coûteuse qui peut stabiliser le carbone organique, réduire les émissions de gaz à effet de serre (De Gryze et al., 2010), améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol et augmenter le rendement et la productivité des cultures (Jeffery, 2017) et les revenus agricoles.

Cependant, en dépit des avantages multiples du biochar, il y a une faible volonté des agriculteurs d'investir dans cette innovation dans certains pays comme le Burkina Faso. En effet, au Burkina Faso, les engrais chimiques sont toujours fortement utilisés par rapport aux engrais organiques comme le biochar. Selon le rapport produit par AfricaFertilizer (2022), la consommation combinée du NPK et de l'Urée en 2021, était de 187 758 tonnes contre 4 047 tonnes d'engrais organiques. Pourtant, en plus de sa contribution à la santé environnementale, le biochar augmente la productivité des cultures de l'ordre de 50 % à 200 % en zones tropicales (Pronatura, 2015). Plus précisément dans la région du Centre-nord du Burkina Faso, l'utilisation du biochar a entraîné une augmentation des rendements grain du sorgho de 10 à 85 % (Saba et al., 2022). Eu égard à ces performances et le faible niveau d'application de cette innovation verte, il y a nécessité de chercher à comprendre les facteurs pouvant expliquer cette situation.

Quelques études empiriques ont été menées au Burkina Faso sur le biochar (Cissé et al., 2022 ; Lompo et al., 2021 ; Saba et al., 2022). Les travaux de Cissé et al. (2022) ont analysé les performances agronomiques des amendements à base de biochar. Lompo et al. (2021) ont exploré les effets combinés du biochar et du fumier sur les propriétés physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical. Saba et al. (2022) ont examiné la gestion efficiente des nutriments par l'utilisation de biochar et compost dans un système zaï. Toutefois, très peu d'études se sont intéressées au consentement à payer pour l'adoption de cette innovation verte par les agriculteurs ainsi que les facteurs explicatifs y relatifs.

Pourtant, l'analyse du consentement à payer des agriculteurs pour l'adoption de cette innovation et des facteurs explicatifs peut fournir des leviers importants à actionner pour la réussite des politiques agricoles et environnementales au Burkina Faso.

Des travaux empiriques récents se sont penchés sur les déterminants du consentement à payer pour l'adoption d'innovations agroécologiques (Hounnou et al., 2024 ; Agossou et al., 2023 ; Rogers et al., 2022). Ces travaux soulignent l'importance des attributs agronomiques des innovations et des facteurs sociodémographiques et économiques des ménages dans la détermination du consentement à payer des agriculteurs. Cependant, le lien entre les attributs environnementaux des innovations et le consentement à payer des agriculteurs pour leur adoption reste peu exploré. En particulier, pour le biochar, les relations entre ses attributs environnementaux et agronomiques et le consentement à payer des agriculteurs n'ont pas encore été suffisamment étudiées.

Dans ce contexte, un projet pilote a été lancé dans la région du Plateau Central, spécifiquement dans la commune de Loumbila, où des expériences sur le biochar ont débuté en 2018. Ce projet, intitulé « *Production et utilisation de biochar obtenus à partir des résidus agricoles : Application au traitement des eaux domestiques usées et à la fertilisation des sols* », est financé par l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur de Belgique (ARES) et a impliqué 146 agriculteurs sélectionnés aléatoirement.

Depuis la mise en œuvre du projet, il n'y a pas eu d'analyses empiriques sur le CAP des agriculteurs de la zone, l'adoption du biochar et les déterminants du consentement à payer des agriculteurs pour l'adoption du biochar. C'est justement pour combler ce gap que cette recherche ambitionne contribuer à la littérature en examinant les attributs agroéconomiques et environnementaux du biochar en tant que facteurs influençant le consentement à payer de ces agriculteurs. De manière anticipée, la recherche postule que les attributs agroéconomiques (augmentation du rendement agricole) et les attributs environnementaux (séquestration du carbone) sont des déterminants significatifs du consentement à payer des agriculteurs.

L'intérêt de cet article est d'enrichir la littérature économique et de formuler des recommandations à l'endroit des décideurs et des agriculteurs pour une meilleure adoption du biochar dans la commune de Loumbila mais aussi sur l'ensemble du territoire eu égard les contraintes imposées par la variabilité climatique au secteur agricole.

La suite de l'article est structurée en trois sections. La première section présente une revue de littérature théorique et empirique sur les facteurs pouvant influencer l'adoption des innovations vertes. La seconde décrit la méthodologie utilisée ainsi que les données mobilisées, et la dernière discute des résultats obtenus.

1. Revue de littérature

1.1. Revue théorique sur les comportements d'adoption des innovations

Plusieurs théories ont été développées pour expliquer le comportement humain et la prise de décision, telles que la théorie de la diffusion des innovations (DOI), la théorie de l'action raisonnée (TRA), la théorie du comportement planifié (TPB) et le modèle d'acceptation de la technologie (TAM) (Adnan et al., 2019). Cependant, les approches TAM, DOI et TRA se concentrent uniquement sur les croyances ou les attitudes à l'égard de la technologie sans pleinement prendre en compte l'impact des facteurs sociaux et environnementaux (Carillo, 2010). Par conséquent, ces modèles ne rendent peut-être pas pleinement compte du contexte spécifique et des motivations associées à la participation des agriculteurs aux programmes d'adoption des nouvelles technologies. La TPB est l'une des théories les plus utilisées pour expliquer le comportement environnemental (Ajzen, 1991 ; Adnan et al., 2019). Cette théorie fournit un cadre plus complet et est couramment utilisée pour évaluer les facteurs déterminants du comportement.

Il postule que les attitudes, le contrôle comportemental perçu et les normes subjectives influencent le comportement des individus (Ajzen, 1991).

En plus de ces théories, celle de Lancaster (1966) vient révolutionner la théorie microéconomique du consommateur qui associe le choix des consommateurs aux seuls facteurs traditionnels prix et revenu. En effet, pour Lancaster, au-delà de ces facteurs économiques traditionnels, le choix des ménages est influencé par des facteurs non monétaires comme les attributs des biens. C'est ainsi que dans son approche, il indique la possibilité pour un bien de présenter un vecteur d'attributs distincts, eux-mêmes pouvant éventuellement être présents et combinés à d'autres attributs en quantité variable et issus de la consommation d'autres biens. Dans le cadre de cet article, les attributs du biochar peuvent être son potentiel de séquestration du CO₂ et ses propriétés agronomiques. Ces attributs selon Lancaster peuvent influencer la décision des agriculteurs à l'adopter.

La connaissance de ces facteurs requiert une méthode appropriée. Les réflexions théoriques postulent à la mise en place d'un marché fictif ou hypothétique en vue de révéler les préférences des individus, d'où la méthode d'évaluation contingente. La méthode d'évaluation contingente (MEC) est une méthode basée sur une enquête pour estimer la valeur des biens, des services et des ressources (Champ et al., 2003). C'est aussi une méthode de reconstruction d'un marché hypothétique de biens ou de services pour lesquels il n'existe pas de marché (Baslé, 1995). L'approche consiste à demander à des groupes de personnes correctement définis et concernés par le phénomène étudié s'ils sont prêts à payer (ou à recevoir, s'il s'agit d'une compensation estimée) pour bénéficier (ou renoncer) aux changements de la qualité de l'environnement (Desaigues et Point, 1993).

Basée sur la notion de surplus, la valeur attribuée par les agents économiques aux biens ou services environnementaux est obtenue à travers les préférences révélées par le consentement à payer (CAP) des ménages. La mesure du consentement à payer a été définie par Mâler (1974). Mais l'idée de base est la mesure hicksienne du surplus.

En effet, Hicks (1941) raisonne sur les variations des prix des biens marchands, tandis que Mâler définit des variations compensatoires ou équivalentes de revenus sur des variations de quantités ou de qualité de biens publics environnementaux.

1.2. Revue empirique sur les facteurs explicatifs de l'adoption des innovations agroécologiques

Dans la littérature économique, il existe de nombreux travaux qui ont porté sur les déterminants du consentement des agriculteurs d'adopter des innovations agroécologiques. Certains de ces travaux ont souligné l'importance des attributs des innovations sur la décision des agriculteurs de les adopter (Hounnou et al., 2024 ; Agossou, et al., 2023 ; Rogers et al., 2022).

Ainsi, dans une étude en Tanzanie, Rogers et al. (2022) analysent les déterminants socio-économiques du déploiement du biochar dans les Hautes terres du sud. Les auteurs aboutissent à la conclusion qu'en plus des déterminants classiques, l'amélioration de la structure du sol par le biochar, l'atténuation et la résilience accrue face au changement climatique sont d'autres raisons clés qui ont motivé l'adoption de cette innovation par les producteurs tanzaniens. Au Bénin, Hounnou et al. (2024) ont également analysé l'intention des producteurs de coton d'adopter le biochar comme stratégie d'adaptation au changement climatique et de gestion durable des terres. Ces auteurs trouvent qu'au-delà des facteurs psychosociologiques, les attributs (avantages) du biochar sont des facteurs à prendre en compte dans sa promotion. D'autres résultats ont été trouvés en analysant les déterminants de la volonté des agriculteurs de payer pour des cultivars améliorés de *Macrotyloma geocarpum* (méfaits) *Maréchal et Baudet* au Bénin et au Togo (Agossou, et al., 2023). Les résultats de cette étude montrent que les attributs des cultivars actuellement utilisés par les agriculteurs (faible rendement) est un des facteurs influençant la volonté de payer déclarée par les agriculteurs pour des cultivars améliorés de *Macrotyloma geocarpum*.

Certains travaux ont plutôt mis l'accent sur les facteurs traditionnels. Ainsi, au Burkina Faso, la plupart des travaux se sont penchés sur les facteurs traditionnels et ont abordé respectivement les déterminants de la volonté de payer pour les biopesticides dans la culture de la tomate ; les facteurs influençant la participation des agriculteurs aux programmes de conservation des terres agricoles et leur volonté de payer; et le consentement à payer pour le riz local de qualité (Garané et al., 2023 ; Thiombiano et Ouoba, 2021 ; Ouédraogo et al., 2021). Au Bénin, les travaux ont porté respectivement sur le consentement à payer pour des *mutants de Amaranthus cruentus* et le consentement des agriculteurs à payer les services de vulgarisation agricole (Kpocheme et al., 2023 ; Itoo et al., 2020). De ces travaux, il ressort en général que les facteurs classiques tels que les facteurs sociodémographiques (l'âge, le sexe, la taille du ménage, le niveau d'éducation et la propriété foncière) et les facteurs économiques (revenu, prix, accès au crédit) sont les principaux déterminants de l'intention des agriculteurs d'adopter les innovations agroécologiques. Cependant, ces conclusions ne font pas l'unanimité. En effet, Latawiec et al. (2017) ont analysé la volonté des producteurs d'adopter le biochar dans l'agriculture en Pologne. Les résultats de leur recherche montrent clairement une absence de relation entre les facteurs sociodémographiques introduits (la taille, le niveau d'éducation et l'âge des personnes interrogées) et l'utilisation potentielle du biochar. Il ressort de cette revue que très peu d'études ont mis l'accent sur les facteurs environnementaux dans l'analyse du consentement à payer des agriculteurs dans l'adoption du biochar. Ainsi, cette recherche ambitionne aller au-delà des recherches antérieures en prenant en compte les facteurs environnementaux (séquestration du carbone).

2. Matériel et méthode

2.1. Modèles d'analyse

La méthode d'évaluation contingente (MEC) est une technique d'estimation de la valeur des biens et services environnementaux. Elle peut être utilisée pour tout type de biens, qu'ils aient une valeur d'usage

ou non (Kpocheme et al., 2023). Dans la littérature, contrairement aux méthodes telles que la méthode des prix hédonistes (MPH) et des coûts de transport (MCT) qui ne prennent en compte que des valeurs d'usage, la MEC prend en compte la valeur d'usage et de non-usage, et est la méthode la plus utilisée (Kpocheme et al., 2023). Ainsi dans cet article, cette méthode est utilisée et le modèle d'estimation de Heckman est priorisé au détriment des autres modèles d'estimation comme les modèles Logit, Probit simples ou Multinomiaux. En effet, contrairement à ces modèles, le modèle de Heckman permet de traiter du biais de sélection et donc des problèmes d'endogénéité inhérents à la sélection des individus.

Le modèle de Heckman (1979) comporte deux étapes. La première étape implique une estimation du modèle probit sur l'échantillon complet de la probabilité d'observer un résultat positif (Consentement discrète de l'adoption) tandis que la deuxième étape estime l'intensité du consentement (le montant du CAP).

L'équation de sélection (Eq.1) indiquant si les agriculteurs adoptent ou non le biochar, peut être formulée ainsi qu'il suit :

$$z_i^* = w_i \gamma + \mu_i \quad (1)$$

$$z_i = \begin{cases} 1 & \text{si } z_i^* > 0 \\ 0 & \text{si } z_i^* < 0 \end{cases} \quad (2)$$

La variable observée est z (Disposition à payer ou DAP), décrit la décision d'adopter (elle vaut 1 si l'agriculteur décide d'adopter le biochar, 0 sinon) : la variable latente correspondante est z^* . w_i est un vecteur de variables exogènes traduisant les caractéristiques sociodémographiques du ménage et μ_i le terme d'erreur supposé normalement distribué selon une loi $N(0,1)$.

L'équation (Eq.2) indique le niveau du consentement à payer (CAP) à partir des observations des agriculteurs répondant à $z_i = 1$ et se présente comme suit :

$$y_i = x_i \beta + \varepsilon_i \quad (3)$$

Avec x_i le vecteur des variables explicatives supposées agir sur la détermination du niveau du CAP (y_i), et ε_i un terme d'erreur distribué selon une loi normale $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

Les termes d'erreur des deux équations sont supposés corrélés de telle sorte que l'on a :

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_i \\ \mu_i \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_\varepsilon & \rho\sigma_\varepsilon \\ \rho\sigma_\varepsilon & 1 \end{pmatrix} \right]$$

$$\text{avec } \text{corr}(\mu_i, \varepsilon_i) = \rho$$

(i) Variables du modèle

Plusieurs variables pourraient contribuer à expliquer le consentement à payer d'un agriculteur. Ces variables sont décrites dans les lignes qui suivent.

Age : c'est une variable continue mesurant l'âge du répondant. Il a une incidence sur le CAP pour l'adoption des innovations. Certaines études antérieures ont trouvé une relation positive entre l'âge et le CAP des agriculteurs à adopter les innovations agroécologiques (Kpocheme et al., 2023). Cependant, d'autres travaux ont conclu à une relation négative entre ces deux variables (Garané et al., 2023). Il est donc attendu un effet ambigu de cette variable.

Sexe de l'agriculteur: c'est une variable binaire qui prend 1 si l'agriculteur est un homme et 0 sinon. Le signe attendu de cette variable est positif. En effet, notre présomption est basée sur le fait qu'en général les femmes ont un accès limité aux terres cultivables que les hommes et un revenu aussi inférieur à celui des hommes. Kpocheme et al. (2023) et Itoo et al. (2020) confirment l'existence de cette relation positive entre le sexe et le CAP.

Niveau d'éducation : c'est une variable binaire qui prenant 1 si l'agriculteur est instruit et 0 sinon. Cette variable peut entraîner l'agriculteur à donner un CAP élevé. Certains travaux confirment cela en établissant un lien positif entre le niveau d'éducation et le CAP

(Ouédraogo et al., 2021; Itoo et al., 2020). Un signe positif est alors attendu de cette variable dans cette recherche.

Taille du ménage : c'est une variable continue correspondant à l'ensemble des membres au sein du ménage de l'agriculteur. Garané et al. (2023) ont trouvé une relation positive entre la taille du ménage et le consentement à payer des agriculteurs pour l'adoption des biopesticides au Burkina Faso. Un signe positif est donc attendu de cette variable.

Statut matrimonial : c'est une variable qui prend 1 si l'agriculteur est marié et 0 sinon. Les agriculteurs mariés ont une forte probabilité de donner un CAP supérieur à celui des producteurs non mariés. En effet, les producteurs mariés, cherchant à améliorer leur niveau de revenu et satisfaire plus aisément aux besoins de leur famille, saisiront l'opportunité d'améliorer la qualité de leurs terres pour de meilleures productions. Shaphan et al. (2020) ont abouti à une relation positive entre la situation matrimoniale et le CAP des agriculteurs pour les aliments à base d'insectes au Kenya. Une relation positive est également attendue.

Surface cultivée : c'est la superficie totale cultivée en hectare. Plus la superficie est grande, plus le coût d'investissement pour son amélioration est élevé. Anugwa et al. (2021) ont trouvé une relation négative entre la superficie du champ et le CAP des agriculteurs. Le signe attendu est de ce fait négatif.

Membre d'une association agricole : c'est une variable qui capte le capital social et prend la valeur 1 si l'agriculteur est membre d'une association et 0 sinon. Les associations agricoles peuvent motiver ses différents membres à adopter les innovations agricoles. Des auteurs comme Hossain et al. (2022) ont trouvé un lien positif entre le CAP de agriculteurs et l'assurance contre les inondations en tant que stratégie d'adaptation au changement climatique dans le nord du Bangladesh. Dans cet article, un signe positif est attendu de cette variable.

Expérience : c'est le nombre d'années d'expérience de l'agriculteur dans l'exploitation de son propre champ. Avec l'expérience, l'agriculteur est sensé acquérir des informations sur ses besoins en matière de production. Itoo et al. (2020) et Hossain et al. (2022) ont abouti à une relation

positive entre le nombre d'années de pratique agricole et le consentement à payer des agriculteurs. Pour la présente recherche, une relation positive est attendue entre ces deux variables.

Propriété foncière : c'est la variable traduisant le fait que l'agriculteur soit propriétaire terrien ou non. L'agriculteur consent plus à investir dans les aménagements pour entretenir et consolider son capital productif terre lorsqu'il en est propriétaire. En effet, le fait d'être propriétaire met l'agriculteur à l'abri des risques d'expropriation après les investissements sur les terres agricoles. Cependant, le fait d'être en location peut très souvent amener l'agriculteur rationnel à investir afin d'avoir de meilleur rendement pour capitaliser. Thiombiano et Ouoba (2021) ont trouvé une relation positive entre la propriété foncière et CAP des agriculteurs pour les programmes de conservation et de protection des terres agricoles au Burkina Faso. Cependant, pour cet article, le signe attendu reste imprécis.

Revenu : approximé dans notre cas par les dépenses de l'agriculteur durant les six derniers mois, il joue un rôle important pour le choix du CAP. Plus, il est élevé, plus l'agriculteur est susceptible de participer au projet et de donner un montant élevé. Thiombiano et Ouoba (2021) ont trouvé une relation positive entre le revenu et CAP des agriculteurs pour les programmes de conservation et de protection des terres agricoles au Burkina Faso. Le signe attendu est par conséquent positif.

Rendement : c'est une variable continue indiquant la production par hectare des agriculteurs. Le signe attendu est positif en considérant que la rationalité de l'agriculteur est de maximiser sa production et son revenu agricoles. Un lien positif entre ces variables a été trouvé dans certains travaux (Agossou et al., 2023). Nous nous attendons alors à un signe positif entre le rendement et le CAP des agriculteurs.

Coût de production : c'est le coût total de production capté à travers les dépenses en imputs. Plus le coût de production est élevé, moins les agriculteurs consentent à payer pour le biochar car cela constitue une dépense supplémentaire. Kpocheme et al. (2023) ont trouvé lien négatif entre le coût de production agricole et le CAP des agriculteurs au Kenya. Un signe négatif est attendu de cette variable.

Augmentation du rendement agricole : c'est une caractéristique agronomique que possède le biochar. Plus les agriculteurs sont soucieux des rendements agricoles, plus ils consentiront à payer pour l'adoption de cette innovation. C'est une variable qui mesure la croyance de l'agriculteur sur la capacité du biochar à faire augmenter le rendement agricole. Elle prend la valeur 1 si l'agriculteur y croit et 0 sinon. Des travaux précédents ont trouvé une relation positive entre les attributs agronomiques de certaines innovations agroécologiques et le CAP des agriculteurs (Latawiec et al., 2017 ; Kpocheme et al., 2023). Un signe positif est attendu de cette variable.

Séquestration du CO₂ : c'est une caractéristique environnementale que possède le biochar (Naisse et al., 2014). Plus les agriculteurs sont soucieux de la protection de l'environnement, plus ils consentiront à payer pour l'adoption de cette innovation. Elle est une variable binaire et prend la valeur 1 si l'agriculteur espère obtenir une séquestration du carbone et 0 sinon. Ainsi, un signe positif est attendu de cette variable. Le tableau 1 présente le dictionnaire des variables du modèle.

Tableau 1 : Présentation des variables de l'analyse

Type de variable	Variable	Nature de la variable	Signe attendu
Variables expliquées			
	DAP 1=accepte, 0= non	Variable binaire	
	CAP (en FCFA)	Variable continue (montant en FCFA)	
Variables explicatives			
Facteurs démographiques du répondant	Âge du répondant : nombre d'années révolues vécues par l'agriculteur	Variable continue	+/-
	Le niveau d'éducation : 1=instruit, 0= non instruit	Variable binaire	+
	Sexe de l'agriculteur : 1=homme, 0=femme	Variable binaire	+
	Taille du ménage :	Variable continue	+

	Situation matrimoniale : 1=marié, 0=célibataire	Variable binaire	+
	Superficie	Variable continue	+
	Membre association 1= oui, 0 =non	Variable binaire	+/-
	Expérience : nombre d'années dans la pratique de l'agriculture de son propre champs	Variable continue	+/-
	Propriété foncière du champ : 1=propriétaire, 0=non		-
Facteurs économiques	Revenu (en FCFA)	Variable continue	+
	Rendement (kg/ha)	Variable continue	+/-
	Coût total de production (en FCFA)	Variable continue	-
Facteurs environnementaux	Séquestration du CO2 : (la croyance de l'agriculteur sur la capacité de séquestration du CO2du biochar) 1= oui, 0= non	Variable binaire	+
	Augmentation du rendement (la croyance de l'agriculteur sur la capacité du biochar) faire augmenter le rendement agricole) 1= oui, 0= non	Variable binaire	+

Source : auteurs

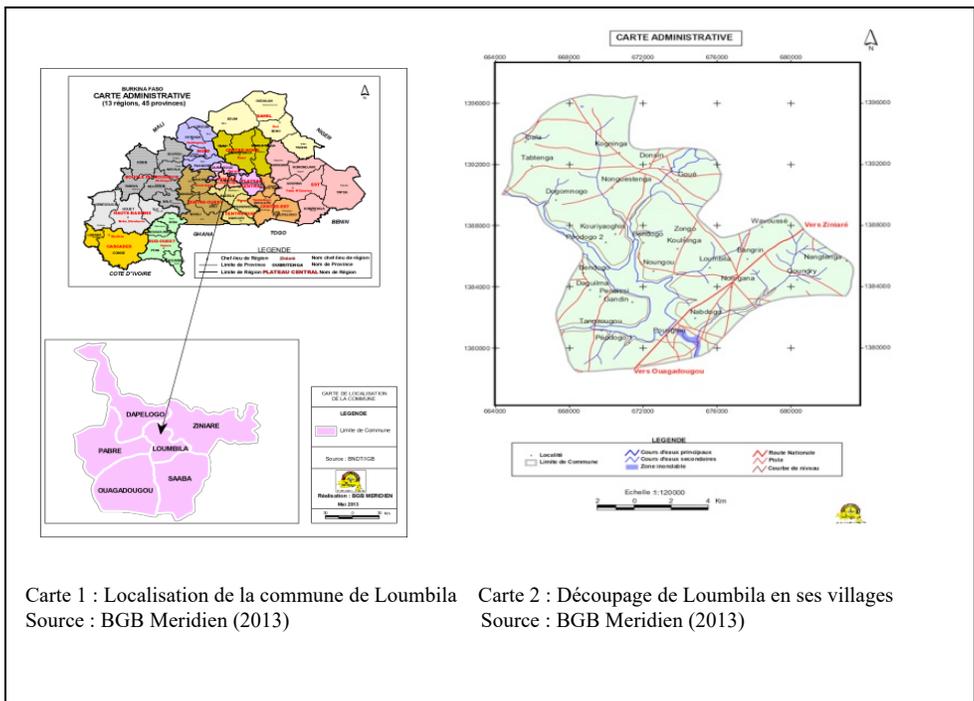
(ii) Modèle empirique

Le modèle empirique se présente comme suit :

$$\begin{aligned}
 & Z_i^* \\
 &= f (ag, sex, niveduc, tailmen, sitm, prop, supf, coult, rev, seques, augredagri) \\
 &+ u_i \\
 & y_i \\
 &= f (ag, sex, niveduc, tailmen, sitm, prop, exper, membrasso, rend, reven, seques, augredagri) \\
 &+ \varepsilon_i
 \end{aligned}$$

2.2. Zone d'étude et source des données

La zone d'étude est la commune de Loumbila, l'une des 302 communes rurales du Burkina Faso. Elle est située dans la Région du Plateau Central, et fait partie des sept (07) communes que compte la province d'Ouhritenga. Elle est située au Nord-Est de la capitale Ouagadougou à une distance de 25kms sur la nationale n°3. Elle couvre au total 31 villages comprenant une population totale de 36 455 habitants selon les résultats définitifs du Recensement Général de la population et de l'Habitat (RGPH) au Burkina Faso de 2019.



La population cible de cette recherche est constituée des agriculteurs de la commune de Loumbila. Les trois villages (Silmiougou, Nangtenga et Donsin) retenus dans cet article ont été choisis parmi les 31 villages de la zone d'étude exception faite du village ayant accueilli le projet d'expérimentation du biochar. Le choix des villages s'est fondé sur la méthode mixte (raisonnée et aléatoire). En effet, le village de Loumbila a été retiré des 31 villages (choix raisonné) de la commune avant le tirage au sort (choix aléatoire) des trois villages (Silmiougou, Nangtenga et

Donsin) parmi les 30 villages restant de la zone d'étude. Quant à la population cible, elle a été choisie de façon raisonnée. Dans les villages choisis, seuls les agriculteurs ont été interrogés. Cela revient au fait que le biochar leur est adressé et surtout qu'ils sont les mieux informés quant aux problèmes rencontrés dans leur domaine notamment les nuisances environnementales causées.

La taille de l'échantillon est de 146 agriculteurs. Cette taille a été fixée dès le début du projet pilote dans lequel s'insère cet article. En effet, le projet avait pour objectif de comprendre à l'issue de l'expérimentation du biochar, les facteurs pouvant motiver les agriculteurs à consentir à son adoption à travers cette étude de cas. Ainsi, n'ayant pas le poids de chaque village pour pondérer afin de déterminer le nombre d'agriculteurs à enquêter par village, l'échantillon a été reparti de façon égalitaire entre les trois villages.

Le questionnaire utilisé pour la collecte des données s'est inspiré des recommandations du National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) panel de Arrow et al. (1993). La carte de paiement a été utilisée pour la détermination du CAP. Un prétest portant sur 20 agriculteurs a permis de retenir la forme définitive du questionnaire. La structure du questionnaire est normale et est scindée en trois parties :

- la première partie a porté sur les caractéristiques socioéconomiques et démographiques des producteurs, parmi lesquelles : l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, la situation matrimoniale, la taille, l'activité principale, le rendement le revenu etc.,
- la deuxième partie du questionnaire a porté sur la révélation de la disposition et du consentement à payer pour l'adoption du Biochar,
- la troisième partie a porté sur les attributs du biochar susceptibles d'influencer la décision des producteurs à l'adopter.

L'enquête a été réalisée courant mai 2021 et la base de sondage de la mairie de Loumbila a été utilisée pour choisir les villages enquêtés selon une méthode raisonnée.

3. Résultats et discussion

3.1 Statistiques descriptives

Les tableaux 2 et 3 présentent les statistiques descriptives de certaines variables explicatives retenues pour l'analyse économétrique.

Les résultats du tableau 2 montrent que l'échantillon comporte plus de personnes non instruites (56,16%) que de personnes instruites (43,84%). Aussi, l'échantillon est majoritairement composé d'hommes (78,08%) et relativement moins de femmes (21,92%) avec 76,71% des agriculteurs mariés contre 23,29% de célibataires. Enfin, 77,40% des agriculteurs ont répondu favorablement à l'adoption du biochar, contre 22,60% de réponses défavorables.

Tableau 2 : statistiques descriptives des variables qualitatives

Variable		Nombre	Fréquence
Modalité		d'individus	
Niveau d'éducation	Non instruit	82	56,16%
	Instruit	64	43,84%
Sexe	Femme	32	21,92%
	Homme	114	78,08%
Situation matrimoniale	Marié	112	76,71%
	Célibataire	34	23,29%
DAP (biochar)	Oui	113	77,40%
	Non	33	22,60%

Source : auteurs à partir des données collectées en 2021

Comme l'indiquent les résultats du tableau 3, l'âge varie entre 21 et 82 ans avec une moyenne de 41ans. La taille moyenne des ménages des agriculteurs est de 10 personnes avec une taille minimale et maximale, respectivement de 3 et 44 membres. Le revenu et le CAP moyens sont respectivement de 164 212,5 FCFA et de 22 500 FCFA. Les montenats minimum et maximum sont respectivement de 15 000 FCFA et 500 000 FCFA pour le revenu et de 1 500 FCFA et de 50 000 FCFA pour le CAP.

Tableau 3 : statistiques descriptives des variables quantitatives

Variable	Minimum	Moyenne	Maximum
Age	21	41	82
Taille du ménage	3	10	44
Revenu	15 000	164 212,5	500 000
CAP	1 500	22 500	50 000

Source : auteurs à partir des données collectées en 2021

3.2. Résultats de l'estimation

Le tableau 4 présente les résultats de l'estimation du modèle de Heckman. Les résultats indiquent une significativité globale du modèle (Prob > chi2 = 0.0000). En outre, le coefficient du ratio de Mills est significativement différent de zéro au seuil de 10%. Ce qui indique que le modèle de sélection est approprié pour cette analyse et les estimateurs obtenus sont plus efficaces que ceux des moindres carrés ordinaires (MCO).

Par ailleurs, les coefficients estimés sont significatifs, sans biais et peuvent être utilisés pour la prédiction des CAP des agriculteurs pour l'adoption du biochar. La significativité de l'inverse du ratio de Mills (λ) montre que la décision de révéler le montant à payer (DAP) n'est pas indépendante de la décision de contribuer financièrement au projet d'adoption du biochar (CAP).

(i) Variables affectant la disposition à payer (DAP)

Les facteurs tels la séquestration du carbone et l'augmentation attendue du rendement agricole sont statistiquement non nuls au seuil de 5% et influencent positivement la décision à payer des agriculteurs. Cela s'explique par le fait que les agriculteurs se préoccupent des problèmes environnementaux qui se font ressentir sur l'état des rendements dont 88,36% des répondants jugent à la baisse au regard des conditions climatiques peu favorables. Ce résultat confirme ceux trouvés par Garané

et al. (2023), Kpocheme et al. (2023) et Hounnou et al. (2024) respectivement au Burkina Faso et au Bénin.

Le revenu influence positivement la décision à payer des agriculteurs et est également significatif au seuil de 5%. Une augmentation du revenu de 1 FCFA augmente la probabilité de l'agriculteur de payer pour l'adoption du biochar. Le signe du revenu confirme l'hypothèse de la rationalité des agriculteurs quant à la consommation des biens normaux et permet de conclure à la normalité du biochar en tant que bien de consommation intermédiaire des agriculteurs. Ce résultat est en phase avec ceux trouvés par Garané et al. (2023) et Thiombiano et Ouoba (2021) dans leurs travaux au Burkina Faso.

La propriété foncière est statistiquement non nulle au seuil de 10% et elle influence positivement la décision à payer des agriculteurs pour l'adoption du biochar. Les agriculteurs qui jouissent de la propriété de leur champ sont plus disposés à payer pour l'adoption du biochar. Cela s'explique par le fait qu'être propriétaire met l'agriculteur à l'abri des risques d'expropriation et par conséquent l'encourage à investir sur son terrain à travers l'adoption de nouvelles technologies agricoles comme le biochar pour entretenir et consolider son capital productif terre. Ce résultat est en phase avec celui trouvé par Thiombiano et Ouoba (2021) au Burkina Faso.

La situation matrimoniale est également statistiquement non nulle au seuil de 1% et influence positivement la décision à payer des agriculteurs. Les agriculteurs mariés sont plus enclins à payer pour adopter le biochar comparativement aux agriculteurs non mariés. Cette influence peut s'expliquer par le fait qu'un agriculteur marié est plus enclin à adopter le biochar pour enrichir ses terres agricoles et espérer augmenter sa production agricole pour subvenir aux besoins alimentaires et non alimentaires de son ménage. En effet, une plus grande production permet à l'agriculteur d'améliorer le niveau de ses revenus et répondre plus aisément aux besoins vitaux de son ménage. Ce résultat est en phase avec celui trouvé par Shaphan et al. (2020) au Kenya.

Enfin, le coût total de production s'est avéré être un discriminant de la décision des agriculteurs à payer pour l'adoption du biochar.

En effet, le coût total de production est significatif à 10%, et affecte négativement la probabilité des agriculteurs de décider de payer pour l'adoption du biochar. Si la mise en œuvre du biochar engendre des coûts de production supplémentaires, cela va désinciter l'agriculteur à adopter le biochar.

(ii) Variables affectant le consentement à payer (CAP)

Les résultats du tableau 4 montrent que seul le revenu s'est avéré être un déterminant du montant du consentement à payer des agriculteurs. En effet, le revenu influence positivement le montant du consentement à payer des agriculteurs au seuil de 10%. Une augmentation du revenu de l'agriculteur entraîne une hausse du montant du consentement à payer. L'adoption du biochar nécessite un minimum d'investissement et le fait que l'agriculture dispose de ressources financières, l'incite à s'engager à la mise en œuvre de la technique du biochar dans son exploitation agricole. Aussi, les agriculteurs anticipent sur les revenus futurs qu'ils généreraient de l'adoption du biochar. Ce résultat est conforme à la théorie économique selon laquelle le revenu est en relation positive avec la demande en général et avec la demande d'innovation en particulier. Ce résultat est confirmé par les conclusions de Gulseven (2020) en Turquie.

Tableau 4 : Résultats d'estimation du modèle de Heckman

Variabes	DAP	CAP
âge	0. 018 (0.177)	0. 004 (0.406)
sexe	0. 159 (0.746)	-0. 207 (0.213)
niveau d'éducation	0. 570 (0.260)	0. 001 (0.989)
taille ménage	0. 014 (0.603)	-0.001 (0.818)
situation matrimoniale	1.274*** (0.002)	0. 191 (0.298)
propriété foncière	1.929*	-0.371

	(0.089)	(0.339)
superficie	0.036	
	(0.835)	
Coût de production	-0.369*	
	(0.079)	
rendement		-0.425
		(0.273)
membre association		-0.049
		(0.681)
expérience		-0.006
		(0.306)
revenu	0.757**	0.958***
	(0.025)	(0.000)
séquestration du carbone	1.639***	-0.199
	(0.012)	(0.454)
augmentation des rendements agricoles	0.923***	0.007
	(0.020)	(0.953)
constante	-9.537***	-0.511
	(0.001)	(0.632)
Observation		146
Prob > F		0.000
Mills lambda		0.488*
		(0.093)
Rho		1.000
Sigma		0.488

Légende : * significativité à 10%, ** significativité à 5%, *** significativité à 1%

Source : Auteurs à partir des résultats de l'estimation avec stata

4. Analyse de robustesse

Pour tester la robustesse des résultats, le modèle de processus mixte conditionnel (Conditional mixed-process, CMP) a été estimé (Tableau 5) pour sa capacité à modéliser les processus séquentiels et à traiter des problèmes d'endogénéité. Les résultats de l'estimation montrent une significativité globale du modèle ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.0000$). La significativité de antahrho à 10% montre que le problème d'endogénéité a été traité. Les résultats obtenus de ce modèle sont donc robustes.

Les résultats montrent également que les déterminants de la décision des agriculteurs à payer pour l'adoption du biochar sont la séquestration du carbone et augmentation de rendement agricole, plus d'autres facteurs sociodémographiques et économiques comme l'âge de l'agriculteur, son revenu et sa situation matrimoniale.

En ce qui concerne le montant du CAP, les résultats montrent que les facteurs comme la situation matrimoniale de l'agriculteur, son activité principale et son revenu sont ses principaux déterminants. Une explication de l'effet positif de la situation matrimoniale sur le CAP est qu'un couple peut combiner leurs ressources financières, rendant l'investissement dans le biochar plus faisable. Cela peut inclure le partage des coûts ou le soutien dans l'apprentissage de l'usage et la production du biochar. Le résultat obtenu de l'activité principale serait dû au fait que l'agriculteur voit au biochar une opportunité d'améliorer son activité principale, source première de son revenu.

Les résultats de ce modèle permettent de consolider les résultats issus de l'estimation de base avec le modèle Heckman à deux étapes. En effet, tout comme les résultats de Heckman, les résultats du CMP montrent que les attributs du biochar (séquestration du carbone et augmentation de rendement agricole) sont statistiquement non nuls au seuil de 1%, et affectent positivement la décision des agriculteurs à payer pour l'adoption du biochar. L'augmentation du rendement n'a pas un pouvoir explicatif du CAP mais garde un signe positif, ce qui présage de son potentiel à jouer sur le paiement des agriculteurs.

Tableau 5 : Analyse de robustesse (Modèle de processus mixte conditionnel)

Variables	DAP	CAP
dap		-0.255* (0.088)
âge	0.012 (0.255)	0.003 (0.434)
sexe	0.793*** (0.009)	
niveau d'éducation	0.405 (0.315)	0.132 (0.412)
taille ménage	-0.013 (0.582)	-0.006 (0.435)
situation matrimoniale	0.917*** (0.007)	0.366* (0.073)
propriété foncière	1.531* (0.059)	
activité principale	0.761 (0.128)	0.425* (0.071)
rendement		0.017 (0.756)
revenu	0.756** (0.016)	1.084*** (0.000)
séquestration du carbone	0.999** (0.011)	
augmentation des rendements agricoles	1.069*** (0.003)	0.298 (0.987)
constante	-5.449*** (0.000)	-1.148* (0.051)
Observation		146
Prob > F		0.000
LR chi (19)		159,08
antahrho		0.753* (0.064)
rho		0.637

* significativité à 10%, ** significativité à 5%, *** significativité à 1%

Source : Auteurs à partir des résultats de l'estimation avec stata

Conclusion et implications

La présente recherche a utilisé la méthode d'évaluation contingente (MEC) et le modèle de Heckman pour analyser les facteurs susceptibles d'influencer le consentement à payer des agriculteurs dans le cadre de l'adoption du biochar dans la commune de Loumbila. Elle a nécessité la collecte de données à travers un questionnaire qui a été administré à 146 agriculteurs concernés par un projet pilote. Les résultats trouvés montrent que les principaux déterminants de la décision à investir sur le biochar sont : la séquestration du CO₂ par le biochar, l'augmentation des rendements agricoles, le revenu de l'agriculteur, la situation matrimoniale de l'agriculteur et le coût total de production. En outre, les résultats montrent que le revenu de l'agriculteur, son activité principale et sa situation matrimoniale influencent le montant du CAP.

De ces résultats, il ressort que certains facteurs démographiques, économiques et environnementaux influencent les choix d'adoption du biochar par les agriculteurs. En effet, cette innovation verte permet d'améliorer les rendements agricoles tout en tenant compte de l'environnement à travers la séquestration du CO₂. Il est par ailleurs ressorti que les agriculteurs célibataires consentent moins à payer que les mariés.

Les résultats de cet article ont permis de connaître les leviers à actionner pour une meilleure vulgarisation et adoption de cette technologie verte. Ces résultats suggèrent la mise en place des campagnes de sensibilisation sur le biochar et ses bienfaits agronomiques et environnementaux à l'endroit des agriculteurs (séquestration du carbone, augmentation durable du rendement agricole et des revenus). En outre, des politiques visant le développement des activités génératrices de revenu sont nécessaires pour accroître les capacités financières des agriculteurs.

Références

- Adefeso, I.B. and Isa, Y. M. (2023). Economic feasibility of refuse derived fuel production from agricultural biomass waste in Durban, South Africa, *International Journal of Environment and Waste Management*, 31(2), pp 135-156, <https://doi.org/10.1504/IJEW.2023.130545>.
- Adnan, N., Nordin, S., Bahruddin, M., & Tareq, A. (2019). "A state-of-the-art review on facilitating sustainable agriculture through green fertilizer technology adoption: Assessing farmers behavior". *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 86, p 439-452.
- AfricaFertilizer (2022). Aperçu des statistiques sur les engrais Burkina faso 2017 – 2021. <https://api.hub.ifdc.org/server/api/core/bitstreams/bc622ba0-6d42-400e-838c-b66fc2e5d02a/content>.
- Agossou, A., N'Danikou, S., Hotègni, V., Kakpo, T., Coulibaly, M., Oselebe, H., & Achigan-Dako, E. (2023). Déterminants de la volonté des agriculteurs de payer pour des cultivars améliorés de *Macrotyloma geocarpum* (méfaits) Maréchal et Baudet au Bénin et au Togo. *Frontiers in sustainable food systems*, DOI 10.3389/fsufs.2023.1180961.
- Ajzen, I. (1995). "The theory of planned behavior". *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 50 (2), pp. 179-211.
- Anugwa, I., Onwubuya, E., Chah, J., Abonyi, C., & Nduka, E. (2021). Farmers' preferences and willingness to pay for climate-smart agricultural technologies on rice production in Nigeria. *Climate Policy*, DOI: 10.1080/14693062.2021.1953435.
- Arrow, K. J. (1993). Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation.
- Baskar, G., Kalavathy, G., Aiswarya, R., & Ebenezer, A. (2019). Advances in bio-oil extraction from nonedible oil seeds and algal biomass. In Azad K (ed.), *Advances in eco-fuels for a sustainable environment*, Woodhead Publishing, pp. 187–210. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102728-8.00007-3>.

- Baslé, M.A. (1995). Problèmes généraux de transposition de la méthode d'évaluation contingente au cas de services collectifs publics et sociaux. *Politiques et management public*, vol.13, n 2(1995),p.109-127.doi:10.3406/pomap.1995.2050.
- Carillo, K. (2010). Théorie sociocognitive dans la recherche sur les SI – Revue de la littérature, critique et programme de recherche. *ACIS 2010 Proceedings*. 66.
- Champ, P. A, Boyle K. 1., Brown T. C. (2003). *A Primer on Nonmarket Valuation*, Kluwer Academie Publishers, The Netherlands, 576 p.
- Cragg, J. G. (1971). Some Statistical Models for Limited Dependent Variables with Applications to the Demand for Durable Goods. *Econometrica*, 829-44.
- Danso-Abbeam, G., Dagunga, G., & Sedem Ehiakpor, D. (2019). Adoption of Zai technology for soil fertility management: evidence from Upper East region, Ghana. *Journal of Economic Structures*, doi.org/10.1186/s40008-019-0163-1.
- De Gryze, M. Cullen, L. Durschinger, J. Lehmann, D. Bluhm, and J. Six, “Evaluation of opportunities for generating carbon offsets from soil sequestration of biochar,” in An issues paper commissioned by the Climate Action Reserve, 2010, <http://www.terraglobalcapital.com/press/Soil>.
- Desaigues, B. et Point, P. (1993). *Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement*, Paris, Economica, 1993, 317 p.
- Duku, H. M., Gu, S. et Hagan, E. B. (2011). Biochar production potentials in Ghana a review, *Renewable and Sustainable Energy Review*. 15, 3539 à 3551, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.05.010>, 2-S2.0-79960229621.
- Feder, G., Just, E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of Agricultural Innovation in Developing Countries: A Survey. *world bank staff working papers* (542), 1-50.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

- Garané, M., De Leener, P., Ouédraogo, S., Gaspart, F., Legrève, A., Somda, I., & Toé, P. (2023). Volonté de payer pour des biopesticides pour la culture de au Burkina Faso. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, Vol.11 (2), pp. 57-73.
- Gaunt J. et Lehmann J. (2008). Bilan énergétique et émissions associées à la séquestration du biochar et à la production de bioénergie par pyrolyse, *Environmental Science and Technology*. 42, 4152 à 4158, <https://doi.org/10.1021/es071361i>, 2-S2.0-44449160515.
- Gulseven, O. (2020). Estimation des facteurs de demande et de la volonté de payer pour une assurance agricole. *Journal australien de recherche en ingénierie, Revues SCIE*.
- Heckman, J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*. 153-161.
- Hicks J., (1941), The rehabilitation of consumer's surplus, *Review of Economics Studies*, vol 8,p. 108-116
- Hossain, M., Alam, G., Fahad, S., Sarke, T., Moniruzzaman, M., & Rabbany, M. (2022). La volonté des petits exploitants agricoles de payer pour l'assurance contre les inondations en tant que stratégie d'adaptation au changement climatique dans le nord du Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, [HYPERLINK "https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130584" \t "_blank" \o "Persistent link using digital object identifier" doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130584.](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130584)
- Hounnou, E., Houessou, A., Kasim, O., & Yabi, J. (2024). Intention des producteurs de coton d'adopter le biochar comme stratégie d'adaptation au changement climatique et de gestion durable des terres au Bénin. *Journal de production plus propre* , 438 (2024) 140685.
- IPCC. (2014). Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulner ability. Part A: global and sectoral aspects. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada Y, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN,. *MacCracken S, Mastrandrea PR (eds), Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Inter governmental Panel on Climate Change*.

- Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA.
- IPCC. (2019). Résumé à l'intention des décideurs, Changement climatique et terres émergées: rapport spécial du GIEC sur le matique et terres émergées: rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable . *des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres*. In: Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Masson-Delmotte V, Pörtner H-O, Roberts DC, Zhai P, Slade R, Connors S, van Diemen R, Ferrat M, Haughey E, Luz, S, Neogi S, Pathak M, Petzold J, Portugal Pereira J, Vyas P, Huntley E, Kissick K, Belkacemi M, Malley J. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA; 2014.
- Ito, R., Zossou, E., Okry , F., & Vodouhe, S. (2020). Consentement des Agriculteurs à Payer les Services de Vulgarisation agricole : cas des vidéos de formation. *Sciences Naturelles et Agronomie*, Vol.10 (No.2) : 23-30.
- Jamison, D., & Lau, L. (1982). *Farmer Education and Farmer Efficiency*, Baltimore : the John Hopkins University Press, pp.311 p. réf.162.
- Jatav, H., Singh, S., Jatav, S., Rajput, V., Parihar, M., Mahawer, S., & Singhal, R. (2020). Applications of Biochar for Environmental Safety || Importance of Biochar in Agriculture and Its Consequence. 10.5772/intechopen.87828 (Chapter7), doi:10.5772/intechopen.93049
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A., Van Groenigen, J., Hungate, B., & Verheije, F. (2017). Biochar boosts tropical but not temperate crop yields. *Environmental Research Letters*, 12 053001DOI 10.1088/1748-9326/aa67bd.
- Kavitha, B., Reddy, P., Kim, B., Lee, S., Pandey, S., & Kim, K. (2018). Avantages et limites de l'amendement au biochar dans les sols agricoles : une revue. *Journal Environ Manag Khonjeune*, 227: 146–154.
- Kpocheme , A., Logozo , C., Acacha- Acakpo , H., & Ahoton , L. (2023). Evaluation économique et consentement à payer pour des mutants de *Amaranthus cruentus* sélectionnés au Bénin. *Ann, UP Série Sci. Nat. Agron*, Vol.13 (No.1) : 1-12.

- Kumar, A., Bhattacharya, T., Shaikh, W. A., Roy, A., Chakraborty, S., Vithanage, M., & Biswas, J. K. (2023). Multifaceted applications of biochar in environmental management: a bibliometric profile. *Review*, 5: 11 <https://doi.org/10.1007/s42773-023-00207-z>.
- Lancaster K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, vol. 74, pp. 132-157.
- Laird D. A. (2008). La vision du charbon de bois : un scénario gagnant-gagnant pour produire simultanément de la bioénergie, séquestrer en permanence le carbone, tout en améliorant la qualité des sols et de l'eau, *Journal of Agronomy*. 100, n° 1, 178-181, <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0161>, 2-S2.0-38349105697.
- Latawiec, A. E., Królczyk, J. B., Kubo'n, M., & Szwedziak, K. (2017). Volonté d'adopter le biochar dans l'agriculture : Le point de vue du producteur, 9, 655; doi:10.3390/su9040655
- Lehmann, J. (2007). A handful of carbon. *Nature*, 447, 143-144
- Lele, B., Lejoly, J., & Kachaka, C. (2016). Effet de l'application d'engrais minéral complet NPK et de biochar sur les performances de la culture pure du manioc et de l'association manioc maïs dans les conditions du plateau des Batéké en République Démocratique du Congo (RDC). *TROPICULTURA*, 34,1,4755.
- Liobikienė, G., & Dagiliūtė, R. (2021). Les aspects positifs des énergies renouvelables contribuent-ils à la volonté de payer plus pour l'énergie verte? *Énergie*, Volume 231, 15, 120817.
- Lompo , D., Balboné , B., & Sori, S. (2021). Effets combinés du biocharbon et du fumier sur les propriétés physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical sous culture de mil en zone semi aride du Burkina Faso. *J Appl Biosci*,
HYPERLINK
"https://www.ajol.info/index.php/jab/issue/view/21246" Vol. 157 No. 1, 997-5902.
- Manka'abusi, D., Lompo, D., Steiner, C., Ingold, M., Akoto-Danso, E., Werner, S., . . . Buerkert, A. (2020). Émissions de dioxyde de carbone et d'azote gazeux provenant des sols amendés au biochar sous eaux usées

- irriguées Production maraîchère urbaine du Burkina Faso et du Ghana. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 500-516.
- Mâler K.G (1974). *Environmental Economics: A Theoretical Inquiry* John Hopkins University Press, Baltimore, MD
- Mensah, A. & Frimpong, K. (2018). Biochar and/or Compost Applications Improve Soil Properties, Growth, and Yield of Maize Grown in Acidic Rainforest and Coastal Savannah Soils in Ghana. *International Journal of Agronomy*, vol. 2018, ID de l'article 6837404, 8 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6837404>.
- Mounirou, M. M. (2022). Effet comparé de la fertilisation à base de biochar, engrais organique et engrais chimique sur les éléments minéraux et la production de l'oignon (*Allium cepa* L.). *European Scientific Journal*, ESJ, 18 (24), 47. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n24p47>
- Naisse, C., Girardin, C., Lefevre, R., Pozzi, A., Maas, R., Stark, A., Rumpel, C. (2014). Effect of physical weathering on the carbon sequestration potential of biochars and hydrochars in soil. *Global Change Biology Bioenergy*. doi: 10.1111/gcbb.12158.
- Nyangau, P., Muriithi, B., Diiro, G., Akutse, K., & Subramanian, S. (2020). Farmers' knowledge and management practices of cereal, legume and vegetable insect pests, and willingness to pay for biopesticides. *International Journal of Pest Management*, 68 :3, 204-216, DOI : 10.1080 HYPERLINK "https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1817621" /09670874.2020.1817621.
- Ouédraogo, M., Demont, M., & N'Dour, M. (2021). Consentement à payer pour le riz local de qualité au Burkina Faso : une analyse par la méthode des enchères expérimentales. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* , 16(4): 337-354.
- Partey, S., Saito, K., Preziosi, R., & Robson, G. (2016). Biochar use in a legume-rice rotation system: effects on soil fertility and crop performance. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (2):199-215.
- Paz-Ferreiro, J., Lu, H., Fu, S., Méndez, A. et Gascó, G. (2014). Utilisation de la phytoremédiation et du biochar pour assainir les sols pollués par les

métaux lourds : une revue, *Solid Earth*. 5, n° 1, 65-75,
<https://doi.org/10.5194/se-5-65-2014>, 2-S2.0-84894196704.

Pronatura. (2015). Brève historique du biochar.
<http://www.pronatura.org/fr/biochar/>

Randriamanana, N. E., Randriamboavonjy, J. C., Raharimalala, L. E., Rarojason, N. J., & Andriambinintsoa, R. T. (2023). Rentabilité agro-économique d'un fertilisant biologique à base du biochar en culture de variétés de haricot nain (*Phaseolus Vulgaris*). *AFRIMED AJ –Al Awamia*, (139). p. 105-126.

Rodriguez, L., Salazar, P. and Preston, T.R. (2009). Effect of Biochar and Biodigester Effluent on Growth of Maize in Acid Soils. *Livestock Research for Rural Development*, 21, Article No. 110.
<http://www.lrrd.org/lrrd21/7/rodr21110.htm>

Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*, New York/London.

Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations*, (3rd ed.), New York, Free Press

Rogers, P., Fridahl, M., Yanda, P., Hansson, A., Pauline, N., & Haikola, S. (2022). Déterminants socio-économiques du déploiement du biochar dans le Hautes terres du sud de la Tanzanie. *Energie*, 15, 144.
<https://doi.org/10.3390>.

Rosário, J., Quintas, M., Chiteculo, V., Velho, J.S., Muhepe, S., Morais, B. and Sapanga, N. (2023). Factors affecting the adoption of compost use by small farmers in Angola: the case of Benguela province, *Progress in Industrial Ecology, an International Journal*, 16(1-3), pp 161–175, 2023 <https://doi.org/10.1504/PIE.2023.132691>

Saba, F., Sawadogo, H., Cornelis, J.T., Ouedraogo, A.K., Cissé, D., Coulibaly, R., Nacro, H. (2022). Gestion efficiente des nutriments par l'utilisation de biochar et compost dans un système zai au centre-nord du Burkina Faso. *Agronomie Africaine* 34 (1) : 101 - 115.

Shaphan, Y., Macharia, J., Gracieux, M., Kassie, M., Ekési, D., Van Loon, J., Tanga, C. (2020). Connaissances et volonté des petits exploitants agricoles de payer pour les aliments à base d'insectes au Kenya, *PLoS*

ONE, HYPERLINK "<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230552>"
doi.org/10.1371/journal.pone.0230552.

Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York, Toronto, London: McGraw-Hill Book Company.

Tabassum, A., & Jabir, A. (2020). Facteurs influant sur la volonté des consommateurs de payer pour des produits alimentaires de santé et de mieux-être. *Journal de recherche agricole et alimentaire*, HYPERLINK "<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100076>" \t "_blank" \o "Persistent link using digital object identifier" <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100076>.

Thiombiano, N., Ouoba, Y., (2021). Factors affecting farmer participation and willingness to pay for farmland conservation and protection programs in Burkina Faso. *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 17(1), 81–98

Zheng, W., Sharma, B. K. et Rajagopalan, N. (2010). *Utilisation du biochar comme amendement du sol pour l'agriculture durable*, 2010, ministère de l'Agriculture de l'Illinois, Illinois, États-Unis, rapport de terrain.

Annexe

Tableau A.1 : Analyse de robustesse

Mixed-process regression					Number of obs = 146	
Log likelihood = -103.63799					LR chi2(19) = 159.08	
					Prob > chi2 = 0.0000	
	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
dap						
ag	.0128389	.0112861	1.14	0.255	-.0092815	.0349593
sex	.7931251	.3022873	2.62	0.009	.2006528	1.385597
sitma	.9179026	.3420316	2.68	0.007	.247533	1.588272
taimen	-.0137308	.0249521	-0.55	0.582	-.0626361	.0351745
nivduc	.4050704	.4032591	1.00	0.315	-.3853028	1.195444
prof	.7619579	.5003853	1.52	0.128	-.2187792	1.742695
prop	1.531568	.8126767	1.88	0.059	-.0612487	3.124385
augrendagri	1.069186	.3550615	3.01	0.003	.3732781	1.765093
sequesco2	.9996638	.3955215	2.53	0.011	.2244559	1.774872
revenu	.7567077	.3130289	2.42	0.016	.1431823	1.370233
_cons	-5.449572	1.302343	-4.18	0.000	-8.002117	-2.897028
cap						
dap#	-.255132	.1493705	-1.71	0.088	-.5478928	.0376287
ag	.0036013	.0046058	0.78	0.434	-.0054259	.0126285
nivduc	.1327897	.161866	0.82	0.412	-.1844618	.4500413
taimen	-.0068234	.0087341	-0.78	0.435	-.0239419	.0102951
sitma	.3664121	.2043827	1.79	0.073	-.0341707	.7669949
prof	.4253131	.2358585	1.80	0.071	-.036961	.8875873
augrendagri	.2482397	.1813662	1.37	0.171	-.1072315	.6037109
rend	.0175446	.0563881	0.31	0.756	-.092974	.1280633
revenu	1.084997	.1558235	6.96	0.000	.7795887	1.390406
_cons	-1.148099	.5883612	-1.95	0.051	-2.301265	.0050681
/lnsig_2	-.642285	.2113083	-3.04	0.002	-1.056442	-.2281283
/atanrho_12	.7537975	.4069716	1.85	0.064	-.0438523	1.551447
sig_2	.5260889	.111167			.3476908	.7960221
rho_12	.637409	.241623			-.0438242	.914024

Tableau A.2 : Estimation du modèle Heckmann

		Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
Heckman selection model -- two-step estimates (regression model with sample selection)				Number of obs =	125		
				Selected =	101		
				Nonselected =	24		
				Wald chi2(12) =	121.25		
				Prob > chi2 =	0.0000		
cap							
ag		.0039264	.0045594	0.86	0.389	-.0050098	.0128626
sex		-.2096675	.151453	-1.38	0.166	-.5065099	.0871749
nivduc		.0045701	.1034728	0.04	0.965	-.1982329	.2073731
sitma		.159475	.1642096	0.97	0.331	-.1623699	.4813199
superficie		.0494524	.0353493	1.40	0.162	-.019831	.1187358
membrasso		-.010198	.113202	-0.09	0.928	-.2320697	.2116738
prop		-.3960014	.3371575	-1.17	0.240	-1.056818	.2648151
experience		-.0075502	.0053758	-1.40	0.160	-.0180866	.0029861
sequesco2		-.117335	.252632	-0.46	0.642	-.6124846	.3778145
augrendagri		-.0054876	.1141337	-0.05	0.962	-.2291856	.2182104
revenu		.9289742	.0984917	9.43	0.000	.735934	1.122014
rende		.3579047	.3707457	0.97	0.334	-.3687434	1.084553
_cons		-.5074345	.9398912	-0.54	0.589	-2.349587	1.334718
dap							
ag		.0200365	.0135637	1.48	0.140	-.0065478	.0466207
sex		.246436	.5021451	0.49	0.624	-.7377502	1.230622
nivduc		.6566909	.5266699	1.25	0.212	-.3755632	1.688945
sitma		1.307445	.4081509	3.20	0.001	.507484	2.107406
prop		1.968453	1.050374	1.87	0.061	-.0902428	4.027149
taimen		.0179556	.0290307	0.62	0.536	-.0389434	.0748547
revenu		.7235077	.3442439	2.10	0.036	.048802	1.398213
coutt		.4205208	.2117023	1.99	0.047	.0055919	.8354497
rende		-1.409409	1.403659	-1.00	0.315	-4.16053	1.341713
sequesco2		1.668565	.6255296	2.67	0.008	.44255	2.894581
augrendagri		.9300387	.4008921	2.32	0.020	.1443046	1.715773
_cons		-7.64132	3.267837	-2.34	0.019	-14.04616	-1.236478
/mills							
lambda		.4264421	.257265	1.66	0.097	-.0777881	.9306723
rho		0.97097					
sigma		.4391917					

