



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

---

## Facteurs d'adoption de la lutte étagée ciblée au Nord-Bénin

*Adoption factors of the Targeted Staggered Control in Northern-Benin*

**Patrice Cokou Kpadé et Edouard Roméo Mensah**

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/4174>

DOI : 10.4000/economierurale.4174

ISSN : 2105-2581

### Éditeur

Société Française d'Économie Rurale (SFER)

### Édition imprimée

Date de publication : 15 novembre 2013

Pagination : 77-91

ISSN : 0013-0559

### Référence électronique

Patrice Cokou Kpadé et Edouard Roméo Mensah, « Facteurs d'adoption de la lutte étagée ciblée au Nord-Bénin », *Économie rurale* [En ligne], 338 | novembre-décembre 2013, mis en ligne le 15 novembre 2015, consulté le 01 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/4174> ; DOI : 10.4000/economierurale.4174

---

# Facteurs d'adoption de la lutte étagée ciblée au Nord-Bénin

**Patrice Cokou KPADÉ** • Université d'Abomey-Calavi, École nationale supérieure des sciences et techniques agronomiques de Kétou, Bénin  
kpadepatrice1@hotmail.com

**Edouard Roméo MENSAH** • Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), Niamey, Niger  
mensahromeo@hotmail.com

Cet article analyse les facteurs d'adoption d'une technologie alternative de protection du cotonnier, la Lutte étagée ciblée (LEC), ainsi que ceux affectant l'intensité d'adoption de celle-ci au sein des exploitations cotonnières du Nord-Bénin. Identifiés à travers le modèle en deux étapes de Heckman, les facteurs institutionnels et l'appréciation portée sur la qualité des insecticides LEC affectent positivement l'adoption de la LEC alors que la spécialisation en coton freine cette adoption. La fourniture en insecticides LEC seule ne garantit pas la diffusion à grande échelle de la LEC, il faut qu'ils soient livrés à bonne date et que les facteurs institutionnels qui participent à l'application correcte de la technologie soient réunis.

**MOTS-CLÉS** : Bénin, coton, adoption, technologie, LEC

## ***Adoption factors of the Targeted Staggered Control in Northern-Benin***

*This article analyzes the adoption factors of an alternative technology of cotton protection, called Targeted Staggered Control (TSC) and adoption intensity factors among cotton farms in Northern-Benin. Identified through Heckman two-stage procedure, institutional factors and the assessment of the quality of TSC-specific pesticide affect positively TSC adoption, while cotton specialization affects negatively this adoption. Scaling out TSC adoption does not simply depend on the availability of TSC-specific pesticide, but on the delivery of this TSC-specific pesticide at the right time and along with the institutional factors that contribute to the right use of the technology. (JEL: C51, Q12, Q33).*

**KEYWORDS**: Benin, cotton, adoption, technology, TSC

**E**n production agricole, l'évolution récente des méthodes de lutte phytosanitaire contre les ravageurs des cultures repose sur la réduction de l'application des insecticides afin de mieux respecter l'environnement et de baisser les coûts de traitement phytosanitaire, tout en améliorant les rendements. Ce principe est de mise sur le cotonnier en Afrique où les pertes de rendements dues aux attaques des ravageurs sont immenses et considérées comme un facteur de risque auquel les producteurs font face (Vaissayre et Deguine, 1996). La Lutte étagée ciblée (LEC), développée et introduite en Afrique de l'Ouest et du Centre dans

les années 1990, pour mieux contrôler les ravageurs du cotonnier, a été une réponse de la recherche agricole pour prendre en compte les nouveaux défis des modèles de production cotonnière (Silvie *et al.*, 2001 ; Brévault *et al.*, 2009). La LEC est diffusée depuis 1993-94 au Cameroun (Deguine *et al.*, 1993), au Mali (Michel *et al.*, 2000) et au Bénin (Prudent *et al.*, 2007). Même si, au Cameroun, la LEC est déjà en train d'être repensée en Lutte après observation individuelle des chenilles (LOIC) (Brévault *et al.*, 2009), elle reste néanmoins la méthode alternative de protection du cotonnier contre les ravageurs au Bénin.

En effet, la LEC est une méthode de lutte semi-raisonnée assurant une protection de fond du cotonnier avec des doses réduites d'insecticides appliquées de façon calendaire, auxquelles sont associées des interventions complémentaires décidées en fonction des seuils de nuisibilité des ravageurs (Togbé *et al.*, 2012 ; Silvie *et al.*, 2001, 2013 ; Renou *et al.*, 2012). Au Bénin, elle veut remplacer une méthode de protection phytosanitaire conventionnelle reposant sur un programme calendaire régionalisé de six traitements à dates fixes, espacés entre eux de 14 jours. L'application de la LEC au Bénin exige que les deux premiers traitements soient réalisés avec l'endosulfan<sup>1</sup>, les deux traitements intermédiaires avec un binaire acaricide (faible dans le Nord et fort dans le Sud), et les deux derniers traitements avec un binaire aphicide. Dans le Nord-Bénin, la LEC complète est appliquée alors que dans le Centre-Bénin, la LEC partielle est réalisée avec seulement l'application à dose réduite de l'acaricide. La LEC n'est pas testée dans le Sud-Bénin. Des gains de rendement en coton-graine de plus de 300 kg/ha en cas d'utilisation de la technologie ont été rapportés (Silvie *et al.*, 2001). L'adoption généralisée de la LEC apparaît comme une opportunité pour améliorer les revenus des producteurs de coton et assurer une production durable dans un écosystème déjà fragilisé. Ainsi, plusieurs institutions nationales et internationales engagées dans le développement de la production cotonnière au Bénin sont convaincues des avantages de la LEC et de son intérêt pour les petits producteurs.

Au Bénin, les effets dévastateurs de l'utilisation non raisonnée des insecticides sur l'écosystème, sur la santé des producteurs et des membres de leur famille ont été rapportés (Tovignan *et al.*, 2001 ; Sinzogan, 2004). Des phénomènes de résistance au traitement chimique ont été aussi observés, comme le

cas de l'*Helicoverpa armigera* contre les pyréthrinoides (Prudent *et al.*, 2007 ; Brévault *et al.*, 2009 ; Silvie *et al.*, 2001). La LEC apparaît comme une innovation non pas tirée par la demande pour satisfaire les consommateurs mais plutôt par les contraintes techniques d'une production durable du coton. Sur 233 642 hectares de coton cultivé en 2007-2008, la LEC ne couvrait que 18 667 hectares (soit un taux d'adoption d'environ 8 %) avec une variabilité au sein des départements et communes, et 12 % de la superficie totale de coton en 2010 (Silvie *et al.*, 2013).

Ainsi, malgré ses avantages économiques, environnementaux et de préservation de la santé humaine résultant d'une diminution de la dose de matière active épandue et d'une réduction des coûts de production, la LEC reste encore très peu répandue au Bénin. Cette faible extension limite les bénéfices économiques et écologiques espérés de l'adoption de la technologie. Au sein des exploitations, il y a une différenciation quant à l'adoption de la LEC. Les facteurs à leur origine ainsi que ceux expliquant l'adoption ou non de la LEC au niveau des exploitations cotonnières du Bénin ne sont pas encore identifiés à partir d'une recherche socio-économique fine.

Nibouche *et al.* (2003) associaient le manque d'adoption de la LEC au Cameroun à 3 facteurs : à savoir, l'utilisation d'observateurs salariés pour réaliser les comptages d'insectes, la lourdeur des opérations de suivi et de contrôle par l'encadrement, et la faiblesse des économies réalisées liée au faible coût des insecticides. Sinzogan *et al.* (2004) montraient que le manque d'adoption par les petits producteurs des techniques de gestion intégrée des pesticides au Bénin incluant la LEC était principalement lié à 3 facteurs : le non diagnostic des problèmes réels des producteurs par les institutions de recherche agricole, le manque d'interaction entre les techniques proposées par la recherche et le système de production, ou encore les ressources financières limitées des bénéficiaires, et enfin la non-disponibilité des

1. Remplacé, dans le programme de traitement phytosanitaire, par un autre insecticide moins toxique (Thian) depuis la campagne 2008-2009.

intrants externes. L'objectif de cet article est alors de déterminer les facteurs qui affectent l'adoption de la LEC et ceux affectant l'intensité de cette adoption chez les exploitations cotonnières du Nord-Bénin.

### Méthodologie

Les évaluateurs utilisent l'approche contrefactuelle qui est une méthode d'évaluation *ex post* afin d'établir des relations de cause à effet. Dans le cas de la mesure des impacts des technologies de production, l'approche contrefactuelle cherche à évaluer quelle serait la situation si la technologie n'avait pas été adoptée (Mendola, 2007 ; Adeoti, 2009 ; Zepeda, 1994). Établir des relations de cause à effet est souvent complexe en raison des effets indirects induits par d'autres facteurs. Toutefois, cette méthode d'évaluation d'impact reste utilisable lorsqu'il est possible d'établir une situation contrefactuelle adéquate pour mettre en évidence les liens de causalité (Mendola, 2007 ; Adeoti, 2009).

Cette étude repose sur l'approche d'évaluation contrefactuelle pour mettre en évidence des liens de causalité entre les adoptants et les non-adoptants de la LEC dans la zone cotonnière du Nord-Bénin. Ainsi, deux groupes de producteurs, adoptants et non-adoptants ont été retenus parce que les producteurs des zones cotonnières choisissent ou non d'adopter la LEC. Le groupe des non-adoptants, retenu comme contrefactuel, est comparable à celui des adoptants puisque dans les villages de l'étude, les deux groupes présentent, le même degré d'exposition à la technologie (accès au projet de promotion de la LEC et au service public de vulgarisation), des caractéristiques socio-économiques (tailles, âges, niveaux d'instruction, actifs agricoles) et des performances (revenus agricoles et extra agricoles) assez semblables avant l'introduction de la LEC. Ainsi, l'information collectée auprès de ces producteurs permettra aux programmes de promotion de la LEC d'appréhender les réels facteurs

d'adoption de la LEC et de cibler des interventions selon les profils de producteurs.

### 1. Collecte de données

Cette recherche est menée dans le Nord-Bénin qui concentre annuellement plus de 80 % de la production cotonnière. Les données ont été collectées dans cette région dans le cadre de l'exécution du Projet d'évaluation de la recherche sur la LEC en zones cotonnières du Bénin, réalisé de 2007 à 2008. Dans cette perspective, une enquête a été réalisée durant les mois de mai et juin 2008 auprès d'un échantillon total de 300 producteurs de coton. Cet échantillon a été subdivisé en deux groupes : un groupe comportant 150 producteurs qui ont au moins adopté la LEC au cours de la campagne cotonnière 2006-2007 et un autre groupe de 150 producteurs qui n'ont pas encore adopté la LEC jusqu'en 2008. Les adoptants et non-adoptants ont été identifiés avec l'aide des agents d'encadrement exerçant dans les villages ou de certains producteurs leaders. Dans chaque village, le nombre de producteurs adoptants enquêté est identique à celui des non-adoptants. Parmi les 150 adoptants, deux types de comportements sont observés par rapport à l'allocation de la terre à la LEC : un groupe a adopté totalement la LEC alors qu'un autre groupe l'a adoptée partiellement. L'adoption partielle signifie que la LEC n'est pas utilisée sur toute la superficie cotonnière.

Un questionnaire a été ensuite administré individuellement aux deux groupes de producteurs adoptants et non-adoptants afin de récolter des informations relatives à la campagne agricole 2006-2007 et de mesurer l'effet causal de l'adoption de la LEC. Une enquête d'opinion a été d'abord menée auprès des deux groupes pour analyser les raisons d'adoption et de non-adoption de la LEC. Ensuite, des variables socio-économiques du producteur lui-même, celles relatives à la LEC et des variables institutionnelles et de résultats économiques de l'exploitant ont été mesurées (*tableau 1*).

Tableau 1. Variables explicatives d'adoption et d'intensité d'adoption

Variable	Description et justification du choix de la variable	Signes attendus
Âge	Variable continue, fournie directement par le producteur. Certains pourront postuler que les producteurs les plus âgés et avec l'expérience accumulée utiliseraient plus la LEC. D'autres pourront postuler que plus les producteurs sont âgés, plus ils trouveraient fastidieux et contraignant le travail associé à la LEC.	+/-
Expérience du producteur	Variable continue, qui renseigne sur le nombre d'années d'expériences du producteur dans la culture cotonnière. La tendance à adopter la LEC pourra être corrélée positivement comme négativement avec l'expérience.	+/-
Superficie totale agricole	Variable continue (en ha) indiquant la superficie totale de l'exploitation (coton et autres cultures) durant la campagne 2006-2007. Plus l'exploitation est grande, plus elle est supposée réceptive à adopter une nouvelle technologie de production.	+
Part de la superficie cotonnière	Variable continue, calculée en faisant le rapport entre la superficie cotonnière et la superficie totale cultivée en 2006-2007. Plus la part de la superficie cotonnière est grande, plus la probabilité d'adopter la LEC est forte.	+
Actifs agricoles	Variable continue, désignant le nombre d'actifs (UTF) ayant exercé sur l'exploitation durant la campagne 2006-2007. Elle est calculée en pondérant le nombre disponible de chaque actif par un coefficient de travail effectif qui tient compte de l'âge et du sexe du membre de la famille (hommes = 1 ; femmes = 0,7 ; enfants = 0,5 ; vieillards = 0,5). L'adoption de la LEC augmenterait le besoin en main-d'œuvre pour le suivi des parcelles. Par conséquent, moins le producteur dispose d'actifs agricoles, moins il adopterait la LEC, et plus il dispose d'actifs agricoles, plus il adopterait la LEC.	+
Appréciation du niveau du prix des insecticides LEC	Variable binaire qui renseigne sur les niveaux d'appréciation des prix des insecticides LEC par les producteurs. Elle prend la valeur 1 si le producteur perçoit un niveau de prix élevé et 0 s'il perçoit un niveau de prix acceptable. Une appréciation élevée du niveau des prix des insecticides LEC peut amener le producteur à refuser la LEC. D'où une corrélation négative entre les niveaux d'appréciation des prix des insecticides LEC et l'adoption de la LEC par les producteurs.	-
Appréciation de la qualité des insecticides LEC	Variable binaire, qui renseigne sur les niveaux d'appréciation des producteurs sur la qualité des insecticides LEC. Elle prend la valeur 1 si les insecticides LEC sont jugés efficaces par les producteurs et 0 s'ils sont jugés inefficaces. Cette variable influence aussi la décision du producteur. Si les insecticides LEC utilisés bénéficient d'une confiance de qualité ou d'efficacité chez le producteur, alors il maintiendrait l'adoption de la technologie. En revanche, si la confiance du producteur en la qualité des intrants n'est pas satisfaite, on assisterait à un refus d'adoption.	+
Disponibilité des insecticides LEC	Variable binaire, qui renseigne sur la disponibilité des insecticides LEC au profit des producteurs. Elle prend la valeur 1 si les insecticides spécifiques LEC sont jugés disponibles par les producteurs et 0 sinon. La disponibilité des insecticides LEC améliore la propension à l'adoption de la LEC par les producteurs.	+
Connaissance de la LEC	Variable binaire qui renseigne si le producteur est informé de l'existence de la LEC. Elle prend la valeur 0 si le producteur n'est pas informé et 1 s'il l'est.	+
Existence d'un projet de promotion de la LEC	Variable binaire permettant de savoir s'il existe dans la région du producteur, un projet de promotion de la LEC. Elle prend la valeur 1 pour une réponse affirmative et 0 pour une réponse négative. En effet, certains producteurs adoptent la LEC à cause de l'intervention d'un projet qui y incite.	+
Formation du producteur sur la LEC	Variable binaire indiquant si le producteur bénéficie de formation sur la LEC parce que sa pratique suppose une certaine expertise pour l'identification et le comptage des ravageurs et la décision à prendre. Elle prend la valeur 1 si le producteur a bénéficié de formation et 0 sinon.	+
Présence d'observateurs endogènes	Variable binaire indiquant la présence d'observateur endogène dans le village ou à proximité pour le suivi des champs du coton et aider le producteur à prendre la décision de traiter. Elle prend la valeur 1 s'il existe un observateur endogène, et 0 sinon. La LEC impose au producteur le suivi régulier de son champ et la reconnaissance des ravageurs, ce qui peut paraître contraignant. La présence ou non d'un observateur endogène peut donc influencer sur la décision d'adopter la LEC. Le producteur adopte facilement la LEC s'il existe dans son milieu un observateur endogène, et adopte moins la LEC en cas d'absence d'observateur endogène.	+

## 2. Analyse descriptive

D'abord, le test de concordance de Kendall a été utilisé pour classer par ordre d'importance les raisons d'adoption et de non-adoption de la LEC avancées par les producteurs lors de l'enquête d'opinion. Il s'agit d'un test non paramétrique qui mesure la concordance de jugement entre les producteurs ayant évalué les raisons et attribue un rang moyen pour chaque raison. Les résultats des tests de concordance de Kendall sont donnés plus loin (cf. *infra*). Ensuite, le test non paramétrique de Kruskal Wallis a été utilisé pour comparer les caractéristiques socio-économiques et de performance des deux groupes d'adoptants et de non-adoptants.

## 3. Analyse économétrique

Les modèles Logit et Probit sont utilisés dans les approches de régression probabiliste des variables discrètes alors que le modèle Tobit est utilisé dans le cas des variables censurées (Greene, 2008). Étant donné que les décisions d'adopter la LEC et son intensité d'adoption sont liées, les variables explicatives retenues sont endogènes. Une des solutions alternatives pour résoudre le problème de sélectivité est de recourir à une modélisation jointe. Un des avantages du modèle en deux étapes de Heckman est de déterminer d'abord les facteurs d'adoption dans la première étape et ensuite, les facteurs de l'intensité d'adoption dans la seconde étape.

Les trois modèles Logit, Tobit et Heckman ont été d'abord testés puis comparés entre eux. Ensuite, le modèle de Heckman a été retenu en raison de la correction du biais de sélection qu'il offre. La probabilité d'adopter la LEC est estimée à travers le Probit de la première étape dont l'équation est décrite dans l'encadré 1.

### Encadré 1. Modèle Probit de la première étape de la procédure de Heckman

$$Y_i^* = \sigma + \delta X_i + u_i$$

Avec :

$Y_i^*$  : la variable latente représentant la propension du producteur  $i$  à adopter la LEC,

$X_i$  : le vecteur des caractéristiques socio-économiques du producteur  $i$ , celles de la LEC et institutionnelles supposées influencer la décision d'adoption de la LEC,

$\sigma, \delta$  : les coefficients,

$u_i$  : l'erreur.

Utilisant la procédure d'estimation du maximum de vraisemblance, une variable appelée ratio de Mills est obtenue comme mentionné dans l'encadré 2.

### Encadré 2. Ratio de Mills de la procédure de Heckman

$$\lambda_i = \frac{\phi(\sigma + \delta X_i)}{\varphi(\sigma + \delta X_i)}$$

Avec :

$\phi$  : la fonction de densité pour une variable normale standard,

$\varphi$  : la fonction de distribution cumulative d'une distribution normale standard,

$\lambda_i$  : le terme de ratio de Mills.

La seconde étape de la procédure de Heckman corrige le biais de sélection. Elle inclut l'inverse du ratio de Mills comme variable dans le modèle. Sous l'hypothèse d'existence de biais, cette variable est significative et justifie que le biais de sélection a été corrigé. L'équation est donnée par la formule décrite dans l'encadré 3.



### Encadré 3. Modèle Tobit de la seconde étape de la procédure de Heckman

$$Z_i^* = \frac{y_i^L}{y_i^T} > 0 = X_i + \frac{1}{\lambda_i}$$

Avec :

$Z_i^*$  : l'intensité d'adoption de la LEC du producteur  $i$  mesurée par le ratio entre la superficie coton en LEC ( $y_i^L$ ) du producteur  $i$  et la superficie cotonnière totale du producteur  $i$  ( $y_i^T$ ),

$X_i$  : le vecteur des caractéristiques socio-économiques du producteur  $i$ , celles de la LEC et institutionnelles supposées influencer l'intensité d'adoption de la LEC. La variable de restriction exclue dans les facteurs affectant l'intensité d'adoption est la connaissance de la LEC car elle est supposée influencer l'adoption mais pas l'intensité d'adoption.

## Raisons et facteurs d'adoption de la LEC

### 1. Raisons d'adoption ou non de la LEC évoquées par les producteurs

Le tableau 2 classe par ordre d'importance les six principales raisons d'adopter partiellement ou totalement la LEC évoquées par les 150 adoptants. La première raison est la réduction des coûts de traitement résultant de la diminution de la dose de Sherphos. Ce résultat va dans le même sens que celui de Fok et Xu (2010) qui montrent que la réduction du coût de traitement phytosanitaire est un facteur déterminant de l'adoption de la technologie. Si cette raison est essentielle, néanmoins, Nibouche *et al.* (2003) soulignent que l'économie réalisée de matières actives, varie d'un pays à un autre et selon les types d'insecticides. Elle atteint 40 à 50 % selon les pays (Silvie *et al.*, 2001) : près de 50 % au Mali (Michel *et al.*, 2000), près de 44 % pour l'organophosphoré acaricide, 31 %

pour le pyréthrinolide de synthèse et environ 10 % pour l'organophosphoré aphicide en Centrafrique (Nibouche *et al.*, 2003). La deuxième raison d'adopter la LEC est la meilleure qualité de coton-graine qui en résulte. C'est donc un facteur de compétitivité et de différenciation sur le marché qui est recherché. Plus le coton-graine récolté est de bonne qualité, plus forte est la probabilité qu'il soit classé en 1<sup>er</sup> choix et plus le revenu espéré est élevé à cause du différentiel de prix de vente en faveur du coton-graine de 1<sup>er</sup> choix. Le coton LEC est souvent de 1<sup>er</sup> choix et bénéficie d'une prime de qualité.

La troisième raison est l'efficacité des insecticides LEC. En effet, ceux-ci assureraient la destruction immédiate des ravageurs. Cette efficacité des insecticides LEC (Sherphos et les produits sur seuils) tend à les préférer par rapport aux produits de traitement conventionnel. La quatrième raison vient des faibles dégâts sur l'environnement et de la préservation de la santé humaine. En effet, avec la réduction de la dose de matière active et du nombre de traitements, la LEC préserve la biodiversité et surtout la santé humaine. La cinquième raison est la recherche de gain de rendement en coton-graine assuré par la LEC, tel que rapporté (Silvie *et al.*, 2001).

La sixième raison est la distribution des insecticides LEC par un projet de promotion. Cette raison signifie que l'adoption de la technologie tient aux institutions qui la portent comme le Projet d'amélioration et de diversification des systèmes d'exploitation qui a, à partir de 1998, mis en place un dispositif d'appui comprenant l'approvisionnement en insecticides, l'encadrement des producteurs, la formation des producteurs et des producteurs-relais sur le terrain, et la distribution de matériel pour la pratique de la LEC. D'autres projets de promotion de la LEC, comme le projet 1000s+ exécuté par le Centre international de fertilité des sols et de développement



agricole (IFDC) de 2006 à 2009 et le Projet *Cotton made in Africa* exécuté par la Coopération technique allemande de 2006 à 2010, ont incité à l'adoption de la LEC dans les zones cotonnières du Bénin. Cette relation de dépendance entre l'adoption de la LEC et l'existence de projets de développement agricole pose un problème de durabilité sur le plan organisationnel dès lors que l'adoption de la technologie prendra fin si le projet arrive à terme.

D'autres raisons ont été évoquées par les adoptants. Certains producteurs ont adopté la LEC car le voisin l'a fait et a obtenu de bons rendements, information qui provient soit d'une observation directe (effet démonstration) soit fournie par les voisins eux-mêmes à d'autres. D'autres producteurs ont adopté la technologie car les leaders ou les membres de leur réseau socioprofessionnel l'ont déjà adoptée. Ces raisons d'adoption de la LEC au Nord-Bénin mettent en évidence l'« effet de voisinage » ou l'« effet tâche d'huile » dans le processus de prise de décision des producteurs. Par ce canal de diffusion de la LEC, c'est le rôle de l'apprentissage social (*social learning*) par lequel le comportement du voisin affecte la décision d'adopter une innovation technologique d'un autre individu qui est souligné (Weber, 2012 ; Mercer, 2004). Effectivement, l'effet de voisinage joue positivement si la technologie apporte un succès observable pour inciter les voisins à la pratiquer (Weber, 2012). Les producteurs apprennent moins de leurs voisins si la performance de la technologie dépend des caractéristiques non observées des voisins (Munshi, 2004). Ces caractéristiques observables de la LEC par les voisins sont le gain de rendement en coton-graine qui se traduit par une augmentation du revenu à l'hectare et par l'utilisation moindre d'insecticide dont la conséquence est la réduction des coûts de traitement phytosanitaire. Néanmoins, les contraintes liées au comptage des ravageurs, au suivi

des seuils de contamination du cotonnier, les difficultés d'approvisionnement en insecticides LEC peuvent jouer négativement sur l'adoption de la LEC par les voisins. L'adoption en lien avec le réseau socioprofessionnel met en jeu la confiance au leader du réseau social auquel le producteur est membre dans le même village. En d'autres termes, le capital social joue favorablement sur la probabilité d'adopter les innovations agricoles par les petits producteurs (van Rijn *et al.*, 2012 ). Le capital social garantit l'information et la confiance, donnant plus de certitude aux producteurs sur la technologie proposée. Le comportement d'adoption du groupe peut avoir des effets sur le comportement individuel d'adoption d'une technologie par les producteurs (Munshi, 2004 ; Moser et Barrett, 2006).

De même, les 150 non-adoptants ont aussi classé par ordre croissant d'importance, les raisons personnelles de la non-motivation à adopter la LEC (tableau 2). Les trois premières raisons sont d'ordre institutionnel, à savoir la formation du producteur sur son application pratique, la disponibilité des insecticides spécifiques et l'information relative à l'existence même de la LEC. Vient enfin le comportement de réticence à adopter une nouvelle technologie par certains producteurs parce qu'il y a des coûts fixes à supporter (formation de soi-même et des autres travailleurs, temps d'apprentissage, acquisition de nouveaux matériels) pour adopter une nouvelle technologie. Cette dernière raison souligne que les coûts d'entrée découragent souvent l'adoption de nouvelles technologies par les petits producteurs et jouent un rôle important dans la relation entre taille des exploitations et adoption de technologies agricoles. Ainsi, le coût d'adoption peut s'avérer élevé pour certains producteurs et justifie leur comportement à continuer avec la méthode de protection conventionnelle.

Tableau 2. Hiérarchisation des raisons d'adoption et de non-adoption de la LEC

Hiérarchisation des raisons d'adoption de la LEC			Hiérarchisation des raisons de non-adoption de la LEC		
Raisons	Rang moyen	Ordre	Raisons	Rang moyen	Ordre
Réduction des coûts de traitement	1,79	1	Absence de formation sur la LEC	2,79	1
Meilleure qualité de coton-graine	3,12	2	Indisponibilité des insecticides LEC	2,82	2
Efficacité des insecticides LEC	3,85	3	Ignorance de l'existence de la LEC	2,88	3
Faibles dégâts sur l'environnement	3,97	4	Réfractaire à l'adoption d'une innovation technologique	3,24	4
Meilleur rendement en coton-graine	4,03	5	Autres raisons	3,27	5
Distribution des insecticides LEC par un projet de promotion	4,23	6			
Autres raisons	7	7			
N = 17 ; W de Kendall =0,52 ; Khi-deux = 53,97 ; Probabilité = 0,00			N = 78 ; W de Kendall =0,04 ; Khi-deux = 11,10 ; Probabilité = 0,03		

Source : les auteurs.

## 2. Caractéristiques comparées des adoptants et non-adoptants

La surface totale cultivée, la part de la superficie cotonnière et la part du revenu coton différencient significativement les non-adoptants, les adoptants partiels et totaux (tableau 3). En effet, les exploitations agricoles étudiées sont très dépendantes du coton qui leur procure l'essentiel de leur revenu agricole. La part du revenu du coton représente en moyenne 72 % du revenu agricole annuel au sein de l'échantillon total : près de 74 % pour les non-adoptants, 67 % pour les adoptants partiels et 71 % pour les adoptants totaux. Les comportements différenciés observés par rapport à l'adoption de la LEC dérivent aussi de facteurs liés à la technologie elle-même comme l'appréciation de la qualité des insecticides spécifiques utilisés pour contrôler et maîtriser la nuisibilité des ravageurs et de facteurs institutionnels. En effet, contrairement aux non-adoptants, les adoptants partiels ou totaux sont presque tous satisfaits de la qualité des insecticides LEC. Ils ont presque tous eu l'information sur l'existence de la LEC, bénéficié des services d'appui d'un projet ou d'une Organisation non gouvernementale (ONG)

de promotion de la LEC, ou reçu des formations sur sa pratique.

Le nombre total d'actifs agricoles n'est pas un facteur de différenciation des trois types d'exploitation. En revanche, rapporté à l'unité de superficie totale cultivée, des différences significatives s'observent : le nombre d'actifs est de 0,68 Unité de travail familial (UTF)/ha pour les non-adoptants, 0,38 UTF/ha pour les adoptants partiels et 0,79 UTF/ha pour les adoptants totaux. Ainsi, le nombre d'actifs agricoles, qui se présente comme le principal facteur limitant, ne peut justifier à lui seul l'adoption ou non de la LEC. Néanmoins, dans la catégorie des adoptants, plus le nombre d'UTF/ha est élevé, plus l'adoption est importante. Ce résultat souligne le rôle structurant que jouent les actifs agricoles familiaux dans le fonctionnement et l'organisation des petites exploitations agricoles, ce qui est en cohérence avec les résultats de Asfaw *et al.* (2011) qui estiment que la disponibilité des actifs agricoles incite à l'adoption de la technologie proposée. D'après Couty (1991), le contrôle et la gestion rationnelle du facteur limitant poussent souvent les producteurs à adopter de nouvelles technologies de production de manière à maximiser sa productivité.

Tableau 3. Caractéristiques comparées des exploitations

Variables	ADOPTION				Échantillon total (n = 300)
	Non LEC (n = 150)	LEC Partielle (n = 42)	LEC totale (n = 108)	Test de Kruskal Wallis	
Âge	36,71	37,07	36,01	0,86	36,51
Connaissance de la LEC	0,37	1,00	0,98	84,39***	0,68
Existence d'un projet de promotion de la LEC	0,40	0,93	0,83	48,27***	0,63
Formation du producteur en LEC	0,06	0,95	0,83	147,21***	0,46
Appréciation de la qualité des insecticides LEC	0,59	0,93	0,92	24,93***	0,75
Actifs agricoles	4,08	5,35	3,77	4,28	4,15
Part du revenu coton	0,74	0,67	0,71	0,88**	0,72
Part de la superficie cotonnière	0,41	0,44	0,37	5,61*	0,40
Présence d'observateurs endogènes	0,18	0,17	0,30	5,74*	0,22
Appréciation du niveau des prix des insecticides LEC	0,42	0,31	0,47	2,40	0,42
Revenu agricole annuel <sup>2</sup>	1 718 786	2 466 761	742 276	2,93	1 471 959
Superficie totale cultivée	9,34	20,14	6,88	34,96***	9,97
Actifs agricoles par superficie totale cultivée	0,68	0,38	0,79	19,51***	0,68

Note : \*\*\*Significatif au seuil de 1%

\*\*Significatif au seuil de 5%

\*Significatif au seuil de 10 %

Source : les auteurs.

Il existe une différence de rendement en coton-graine entre les adoptants et les non-adoptants. Les non-adoptants ont un rendement moyen en coton-graine plus faible : 1,22 tonne/ha contre 1,69 tonne/ha pour les adoptants, soit un gain moyen supplémentaire de 0,46 tonne/ha<sup>3</sup> par rapport aux non-adoptants. Ces résultats confirment que l'adoption de la LEC génère un gain de rendement de plus de 0,30 tonne/ha, tel que rapporté par Silvie *et al.* (2001, 2013).

2. Exprimé en FCFA (1 € = 655,957 FCFA) et calculé par la somme de tous les produits agricoles vendus par le producteur au cours de la campagne 2006-2007 pondérés par leur prix de vente de la même période, et des services agricoles marchands (travail salarié, location de matériel agricole à des tiers, etc.).

3. En 2007-2008, le prix de vente du coton-graine 1<sup>er</sup> choix était de 180 000 FCFA/tonne. Le gain de revenu agricole généré par cette différence de rendement est alors de 82 800 FCFA/ha.

### 3. Différences d'intensité d'adoption de la LEC au sein des exploitations

L'intensité d'adoption<sup>4</sup> de la technologie, mesurée par le ratio entre superficie coton LEC et superficie cotonnière totale cultivée, différencie les adoptants. Environ 72 % des 150 adoptants l'ont totalement adoptée comme nouvelle méthode de protection en délaissant entièrement la méthode conventionnelle de protection, tandis que 28 % l'ont couplée au traitement classique. Ainsi, comme l'indiquent nos résultats, chez les adoptants totaux, une nouvelle technologie de production vient éliminer entièrement une ancienne en termes de « destruction créatrice ». Ces adoptants totaux ont presque tous, l'information

4. L'intensité d'adoption varie de 0 à 1. Elle est égale à 0 si le producteur est non-adoptant ; 1 si le producteur est adoptant total ; et strictement comprise entre 0 et 1 si le producteur est adoptant partiel.

sur l'existence de la technologie, 83 % ont bénéficié des services d'appui d'un projet de promotion de la LEC, 83 % ont reçu des formations sur la LEC et 92 % sont satisfaits de la qualité des insecticides LEC.

Par contre, chez les adoptants partiels, l'intensité moyenne d'adoption dans ce sous-groupe est de 0,43. Ces adoptants partiels ont également tous l'information sur l'existence de la technologie, 93 % bénéficient des services d'un projet de promotion de la LEC, 95 % ont reçu des formations sur la LEC et 93 % jugent satisfaisante la qualité des insecticides LEC. Les comportements des adoptants partiels répondent à une logique de rationalité économique et de gestion des risques liés au choix technologique. L'adoption partielle est un comportement de minimisation des risques et d'apprentissage. Le producteur, en situation d'incertitude, peut chercher à minimiser les risques de l'adoption de la technologie LEC en lui allouant une partie seulement de la superficie cotonnière et l'autre partie à la méthode conventionnelle. La perception du niveau de risque associé à la LEC n'est pas la même au sein des adoptants et explique différents niveaux d'intensité d'adoption. Aussi, le fait que la LEC qui est proposée n'a pas de passé et que le producteur lui-même n'a pas l'expérience et l'expertise nécessaire, il tente de minimiser les risques à travers son comportement prudentiel et d'apprentissage (*learning by doing*).

Il existe une différence significative entre la superficie totale cultivée, la part de la superficie en coton et la part du revenu coton entre les adoptants totaux et partiels (tableau 3). Le nombre d'actifs agricoles par unité de surface cotonnière est au moins deux fois supérieur chez les adoptants totaux : 2,60 contre 1,04 chez les adoptants partiels. Or la pratique de la LEC est exigeante en travail, le facteur le plus limitant. Bien que le revenu coton par unité de surface cotonnière soit plus élevé en cas d'adoption totale, 259 044

FCFA/ha<sup>5</sup> en raison du niveau élevé des rendements en coton-graine<sup>6</sup> contre 172 775 FCFA/ha<sup>7</sup> en cas d'adoption partielle, le besoin intensif en travail pour le suivi des parcelles et le comptage des ravageurs n'est pas compensé par la rémunération apportée par la technologie : 188 356 FCFA/ UTF<sup>8</sup> contre 200 308 FCFA/UTF<sup>9</sup> en cas d'adoption partielle. Ainsi, dans le cas de la LEC au Bénin, la productivité du facteur travail n'est donc pas maximisée par l'adoption totale de la technologie. Ce qui peut expliquer le degré faible d'adoption chez les adoptants partiels puisque, selon Couty (1991), c'est le critère d'efficacité qui explique l'adoption des technologies agricoles.

#### 4. Facteurs externes aux exploitations explicatifs de l'adoption et de l'intensité d'adoption

Les variables institutionnelles comme l'existence d'un projet de promotion de la LEC, la formation du producteur en LEC, la présence d'observateurs endogènes, la connaissance de la LEC et d'autres variables comme la disponibilité en insecticides LEC, l'appréciation de la qualité des insecticides LEC, la part de la superficie cotonnière affectent significativement l'adoption de la LEC alors que seule la disponibilité en insecticides LEC affecte son intensité d'adoption (tableau 4). Nos estimations montrent que les producteurs

5. Moyenne calculée en divisant le revenu coton par la superficie coton de chaque adoptant total.

6. Les adoptants totaux de la LEC la couplent souvent avec la gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS). Le suivi des parcelles cottonniers et le contrôle des ravageurs sont plus rigoureux. Ce qui permet d'améliorer le rendement qui peut atteindre 3 tonnes à l'hectare.

7. Moyenne calculée en divisant le revenu coton par la superficie cotonnière de chaque adoptant partiel.

8. Moyenne calculée en divisant le revenu coton par le nombre d'actifs agricoles de chaque adoptant total.

9. Moyenne calculée en divisant le revenu coton par le nombre d'actifs agricoles de chaque adoptant partiel.

qui bénéficient des services d'appui d'un projet, d'une ONG ou d'une institution de promotion de la LEC, ou encore d'observateurs endogènes adoptent plus facilement la LEC. En effet, l'existence d'une ONG de promotion ou d'un observateur endogène dans le village donne plus de confiance aux producteurs sur l'application correcte de la technologie. Elle fait bénéficier les producteurs des services d'appui-conseil sur l'identification et le comptage des ravageurs, sur la décision de traiter et les quantités nécessaires d'insecticides à apporter. Ces deux variables institutionnelles agissent en altérant les coûts d'accès à la technologie et informent plus généralement sur le lien entre adoptants de technologies agricoles et services d'encadrement agricole comme le soulignent différents travaux (Muzari *et al.*, 2012 ; Asfaw *et al.*, 2011).

Nos résultats suggèrent aussi que la formation favorise l'adoption de la LEC. La place de la formation pour l'adoption de la LEC au Bénin confirme que sa diffusion à grande échelle dans les zones cotonnières en Afrique de l'Ouest reste conditionnée par les possibilités d'encadrement et de formation (Michel *et al.*, 2000). En effet, la formation est nécessaire pour le suivi des parcelles, pour l'identification et le comptage des ravageurs, ainsi que pour l'estimation de leurs dégâts (Silvie *et al.*, 2001 ; Togbé *et al.*, 2012). Pour cela, Prudent *et al.* (2007) ont indiqué que l'apprentissage et la formation des producteurs à travers l'approche *Farmers Field Schools* est un facteur de motivation qui détermine l'adoption des techniques de gestion intégrée dont la LEC.

D'après nos analyses, la connaissance de l'existence de la LEC à travers l'information et la vulgarisation, fait augmenter son adoption. En effet, un producteur ne peut adopter une technologie que s'il sait qu'elle existe, qu'elle est disponible et qu'elle procure des avantages comparés aux coûts de son acquisition et de sa pratique. Le degré d'accès à l'information se caractérise par des visites

d'agents de vulgarisation et de recherche, par des démonstrations en milieu réel ou par des contacts avec les supports médiatiques. Le manque de sensibilisation pour démontrer, informer et mettre en confiance le producteur sur les avantages comparatifs de la LEC freine l'élan de son adoption. Ce résultat renseigne plus sur l'effet positif du contact avec la vulgarisation ou l'information sur l'adoption des technologies agricoles (Muzari *et al.*, 2012 ; Asfaw *et al.*, 2011, Simtowe, 2011 ; Ouma et De Groote, 2011).

On constate que, plus le producteur juge bonne la qualité des insecticides LEC, plus il adopte la technologie. Ainsi, une attention est accordée à la qualité des insecticides LEC fournis par les distributeurs privés, faisant d'eux des acteurs incontournables pour la généralisation à grande échelle de la LEC au Bénin (Togbé *et al.*, 2012 ; Prudent *et al.*, 2007).

La part de la superficie cotonnière agit en diminuant la probabilité d'adoption de la LEC. Ainsi, les exploitations spécialisées en coton n'adoptent pas la LEC et continuent d'appliquer la méthode de protection conventionnelle. Divers facteurs peuvent l'expliquer. En effet, l'incitation faible à l'adoption de la technologie surgirait de la présence de barrière à l'entrée. La pratique de la LEC nécessite du temps, de la formation et du travail pour le contrôle, le comptage et le traitement avec précision que ne trouveraient pas facilement les exploitations spécialisées en coton. Les exploitations moins spécialisées trouveraient plus facilement ce temps de travail supplémentaire pour appliquer correctement la LEC. Ce résultat met ainsi en évidence que l'adoption d'une technologie de production peut être freinée par le coût supplémentaire de travail alors qu'elle peut être incitée parce qu'elle fait épargner ce coût (McBride et Daberkow, 2003 ; Batz *et al.*, 1999 ; Caffey et Kazmierczak, 1994).

Aussi, l'incitation faible des producteurs moins spécialisés en coton à adopter

Tableau 4. Facteurs affectant l'adoption et l'intensité d'adoption de la LEC

Variables explicatives	Modèle en deux étapes de Heckman						Logit simple (Adoption)		Tobit simple (Adoption et intensité d'adoption)	
	Probit obtenu en 1 <sup>re</sup> étape (Adoption)			Tobit obtenu en 2 <sup>e</sup> étape (Intensité d'adoption)			Coefficient	P value	Coefficient	P value
	Coefficient	P value		Coefficient	P value					
Constante	-2,544**	0,012		0,788**	0,021		-4,628**	0,024	-3,597***	0,001
Existence d'un projet de promotion de la LEC	0,880*	0,054		0,015	0,897		1,642**	0,030	0,112***	0,710
Formation du producteur en LEC	3,246***	0,000		0,033	0,855		6,301***	0,000	2,412***	0,000
Présence d'observateurs endogènes	1,085**	0,025		0,048	0,576		2,301***	0,009	0,990***	0,001
Âge du producteur	-0,019	0,265		0,001	0,862		-0,041	0,297	-0,010	0,526
Expérience du producteur	0,008	0,674		-0,001	0,903		0,017	0,714	0,004	0,796
Actifs agricoles	-0,043	0,263		-0,009	0,576		-0,092	0,294	-0,023	0,486
Disponibilité en insecticides LEC	-1,080**	0,018		-0,110*	0,071		-2,129**	0,015	-1,380***	0,000
Appréciation de la qualité des insecticides LEC	1,063 ***	0,002		0,034	0,818		1,738**	0,031	1,165***	0,001
Appréciation du niveau des prix des insecticides LEC	0,135	0,706		0,052	0,405		0,455	0,544	0,389	0,103
Superficie totale cultivée	0,003	0,765		-0,004	0,508		0,007	0,731	-0,009	0,171
Part de la superficie cotonnière	-0,270**	0,011		0,017	0,288		-0,532***	0,009	-0,016	0,803
Connaissance <sup>10</sup> de la LEC	3,291***	0,000					6,430***	0,000	3,060***	0,000
Ratio de Mills				-0,789 ***	0,000					
Wald Chi2 (12)	78,85									
Pseudo R2	0,79			0,68			0,79		0,52	

Note : \*\*\*Significatif au seuil de 1 %      \*\*Significatif au seuil de 5 %      \*Significatif au seuil de 10 %

Source : les auteurs.

10 Variable de restriction exclue parmi les variables affectant l'intensité d'adoption de la LEC.



la LEC pourrait résulter de facteurs structurels comme la part de la superficie cotonnière. Ainsi, comme le soulignent Fok et Xu (2010), les exploitations agricoles dont les facteurs structurels ne leur permettent pas de tirer profit d'une technologie ne l'adoptent pas. La probabilité faible d'adoption des exploitations spécialisées en coton pourrait résulter également de l'aversion au risque, considérée comme un élément important de résistance à l'adoption d'une technologie agricole (Koundouri et al., 2006). Prudent et al. (2007) montrent que certains producteurs sont très attachés à la pratique traditionnelle et sont réfractaires au changement. Ces producteurs spécialisés en coton et moins enclins à adopter la LEC sont caractérisés par une rationalité limitée dans laquelle le poids des habitudes de production conventionnelle de coton renforce les barrières à l'adoption de la LEC.

Enfin, seule la disponibilité en insecticides LEC freine à la fois l'adoption et l'intensité d'adoption de la LEC. Ce résultat suggère ainsi que la fourniture en insecticides spécifiques seule ne garantit pas la diffusion à grande échelle de la LEC, il faut qu'il soit livré à bonne date et que les autres facteurs qui participent à l'application correcte de la technologie soient aussi réunis (formation, information, encadrement, main-d'œuvre).

Les différents tests effectués pour expliquer l'adoption de la LEC indiquent les mêmes facteurs pour le modèle Probit comparés aux estimations du Logit. En revanche, les estimations issues de la seconde étape de la procédure de Heckman et celles du Tobit montrent une différence pour la variable, part de la superficie cotonnière qui n'est pas significative dans le Tobit. Dans la seconde étape de la procédure, le ratio de Mills est significatif à 1 %, justifiant ainsi que le biais de sélection a été corrigé. Enfin, le pseudo-R<sup>2</sup>, égal à 0,79 pour la première étape et à 0,68 pour la seconde étape de la procédure de Heckman est plus élevé que celui du Tobit (0,52).

\*

\*\*

L'objectif de cet article était d'analyser les facteurs d'adoption et ceux affectant l'intensité d'adoption de la LEC dans les exploitations cotonnières du Nord-Bénin. L'article confirme que l'adoption de la LEC au Bénin est positivement influencée surtout par les facteurs institutionnels et l'appréciation portée par les producteurs sur la qualité des insecticides LEC alors que cette adoption est négativement affectée par la part de la superficie cotonnière et la disponibilité en insecticides LEC. En d'autres termes, les exploitations qui adoptent la LEC sont peu spécialisées en coton et font de la diversification agricole afin de minimiser les coûts et risques associés à l'adoption d'une nouvelle technologie de production. Nos résultats mettent en évidence aussi que seule la disponibilité en insecticides LEC n'incite pas à intensifier l'adoption de la technologie, soulignant ainsi que sa généralisation à grande échelle reste dépendante de l'ensemble des facteurs, surtout institutionnels, qui accompagnent son application correcte.

La LEC comme nouvelle technologie de production a été développée dans un réseau d'acteurs à intérêts économiques divergents. Certains producteurs, compte tenu des objectifs économiques et de facteurs structurels, souhaitent disposer de la LEC pour bénéficier de ses avantages. Les distributeurs privés d'intrants développent une résistance à la large diffusion de la LEC car tirant moins de bénéfices sur les quantités d'intrants vendus. La diffusion de la LEC se heurte alors aux intérêts des distributeurs privés d'intrants, appelant à la mise en place d'une innovation technologique plus appropriée associant acteurs et institutions, qu'ils soient privés ou publics pour sécuriser l'approvisionnement en insecticides LEC en amont et favoriser véritablement la diffusion totale de la technologie proposée. ■

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adeoti A. (2009). Factors Influencing Irrigation Technology Adoption and its Impact on Household Poverty in Ghana. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, vol. 109, n° 1, p. 51-63.
- Asfaw S., Shiferaw B., Simtowe F., Gebretsadik Haile M. (2011). Agricultural technology adoption, seed access constraints and commercialization in Ethiopia. *Journal of Development and Agricultural Economics*, vol. 3, n° 9, p. 436-447.
- Batz F. J., Peters K. J., Janssen W. (1999). The Influence of Technology Characteristics on the Rate and Speed of Adoption. *Agricultural Economics*, n° 21, p. 121-130.
- Brévault T., Couston L., Bertrand A., Thézé M., Nibouche S., Vaissayre M. (2009). Sequential pegboard to support small farmers in cotton pest control decision-making in Cameroun. *Crop Protection*, n° 28, p. 968-973.
- Caffey R. H., Kazmierczak R. F. (1994). Factors Influencing Technology Adoption in a Louisiana Aquaculture System. *Journal of Agriculture and Applied Economics*, n° 26, p. 264-274.
- Couty P. (1991). L'agriculture africaine en réserve : réflexions sur l'innovation et l'intensification agricoles en Afrique tropicale. *Cahiers d'Études Africaines*, n° 121-122, p. 65-81.
- Deguine J. P., Ekukole G., Amiot E. (1993). La lutte étagée ciblée: un nouveau programme de protection insecticide en culture cotonnière au Cameroun. *Coton et Fibres Tropicales*, n° 48, p. 99-119.
- Fok M., Xu N. (2010). L'intégration technologique et le développement du secteur semencier : deux facteurs de la diffusion du coton- Bt dans la vallée du fleuve Yangtsé. *Économie rurale*, n° 317, p. 40-56.
- Greene H. W. (2008). *Econometric Analysis*. 6th Edition, Pearson Education, New York University, 1178 p.
- Koundouri P., Nauges C., Tzouvelekas V. (2006). Technology adoption under production uncertainty: theory and application to irrigation technology. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 88, n° 3, p. 657-670.
- McBride W. D., Daberkow S. G. (2003). Information and the Adoption of Precision Farming Technologies. *Journal of Agribusiness*, vol. 21, n° 1, p. 21-38.
- Mendola M. (2007). Agricultural technology adoption and poverty reduction: A propensity-score matching analysis for rural Bangladesh. *Food Policy*, n° 32, p. 372-393.
- Mercer D. E. (2004). Adoption of agroforestry innovations in the tropics: A review. *Agroforestry Systems*, vol. 61-62, n° 1-3, p. 311-328.
- Michel B., Togola M., Tereta I., Traoré N. N. (2000). La lutte contre les ravageurs du cotonnier au Mali : problématique et évolution récente. *Cahiers Agriculture*, n° 9, p. 109-115.
- Moser C. M., Barrett C. B. (2006). The complex dynamics of smallholder technology adoption: The case of SRI in Madagascar. *Agricultural Economics*, n° 35, p. 373-388.
- Munshi K. (2004). Social learning in a heterogeneous population: Technology diffusion in the Indian green revolution. *Journal of Development Economics*, vol. 73, n° 1, p. 185-213.
- Muzari W., Gatsi W., Muvhunzi S. (2012). The Impacts of Technology Adoption on Smallholder Agricultural Productivity in Sub-Saharan Africa: A Review. *Journal of Sustainable Development*, vol. 5, n° 8, p. 69-77.
- Nibouche S., Beyo J., Djonnewa A., Goipaye I., Yandia A. (2003). La lutte étagée ciblée a-t-elle un avenir en Afrique centrale ? In Jamin J. Y., Seiny Boukar L., Floret C. (éds.), *Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*, Actes du colloque, Garoua, Cameroun, 27-31 mai 2002, Montpellier CIRAD, 9 p.
- Ouma J. O., De Groote H. (2011). Determinants of improved maize seed and fertilizer adoption in Kenya. *Journal of Development and Agricultural Economics*, vol. 3, n° 11, p. 529-536.

- Prudent P., Loko S., Deybe D., Vaissayre M. (2007). Factors limiting the adoption of IPM practices by cotton farmers in Benin: a participatory approach. *Experimental Agriculture*, n° 43, p. 113-124.
- Renou A., Togola M., Téréta I., Brévault T. (2012). First steps towards "green" cotton in Mali. *Outlooks on Pest Management*, vol. 23, n° 4, p. 173-176.
- Silvie P., Renou A., Vodounnon S., Bonni G., Adegnika M. O., Héma O., Prudent P., Sorèze J., Ochou Ochou G., Togola M., Badiane D., Ndour A., Akantetou P. K., Ayeva B., Brévault T. (2013). Threshold-based interventions for cotton pest control in West Africa: What's up 10 years later? *Crop Protection*, n° 43, p. 157-165.
- Silvie P., Deguine J. P., Nibouche S., Michel B., Vaissayre M. (2001). Potential of threshold-based interventions for cotton pest control by small farmers in West Africa. *Crop Protection*, n° 20, p. 297-301.
- Simtowe F. (2011). Determinants of Agricultural Technology adoption: the Case of Improved Pigeonpea Varieties in Tanzania. *MPRA*, 41329, n° 14, p. 1-30.
- Sinzogan A. A. C., Van Huis A., Kossou O. K., Jiggins J., Vodouhè S. (2004). Farmers' knowledge and perception of cotton pests and pest control practices in Benin: results of a diagnostic study. *NJAS*, vol. 52, n° 3/4, p. 285-303.
- Togbé C. E., Zannou E. T., Vodouhè S. D., Haagsma R., Gbèhounou G., Kossou D. K., van Huis A. (2012). Technical and institutional constraints of a cotton pest management strategy in Benin. *NJAS*, n° 60-63, p. 67-78.
- Tovignan S., Vodouhè S., Dinham B. (2001). Cotton pesticides cause more deaths in Benin. *Pesticides News*, n° 52, p. 12-14.
- Vaissayre M., Deguine J. P. (1996). Programmes de protection du cotonnier en Afrique francophone: Évolution des aspects techniques. *Phytoma-La Défense des végétaux*, n° 489, p. 26-29.
- Van Rijn F., Bulte E., Adegunle A. (2012). Social capital and agricultural innovation in Sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, n° 108, p. 112-122.
- Weber J. G. (2012). Social learning and technology adoption: the case of coffee pruning in Peru. *Agricultural Economics*, n° 43, supplement, p. 73-84.
- Zepeda L. (1994). Simultaneity of Technology Adoption and Productivity. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 19, n° 1, p. 46-57.