

## **Education, adoption des nouvelles technologies agricoles et productivité des ménages agricoles au Niger.**

## **Education, adoption of new agricultural technologies and productivity of farm households in Niger.**

**GARBA Ibrahim**

Enseignant chercheur

Faculté de Droit, d'Economie et de Gestion

Université Djibo Hamani de Tahoua (Niger)

Laboratoire de Recherche et d'Analyse sur le Développement Economique et Social  
(LARADES)

**igarba70@yahoo.fr**

**Date de soumission :** 21/10/2022

**Date d'acceptation :** 04/01/2023

**Pour citer cet article :**

GARBA.I.(2023). « Education, adoption des nouvelles technologies agricoles et productivité des ménages agricoles au Niger. », Revue Française d'Economie et de Gestion « Volume 4 : Numéro 1 » pp : 151 – 184 .

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons  
Attribution License 4.0 International License



## Résumé

Cette recherche a pour objectif de déterminer l'effet l'éducation sur la productivité des ménages agricoles par le canal de l'adoption des nouvelles technologies agricoles au Niger.

Ainsi, à partir un modèle à changement de régime endogène, appliqué sur les données de l'Enquête sur les Conditions de Vie des Ménages Agricoles (ECVMA, 2011), il ressort que l'adoption des nouvelles technologies agricoles augmente la productivité des ménages agricoles. Cependant, la probabilité d'adoption des nouvelles technologies agricoles est faible mais relativement plus grande en agriculture d'irrigation qu'en agriculture pluviale. L'éducation augmente la probabilité d'adoption. Les ménages agricoles qui adoptent les nouvelles technologies agricoles sont plus productifs avec éducation que lorsqu'ils ne sont pas éduqués. En absence d'éducation, l'adoption des nouvelles technologies agricoles réduit la productivité des ménages agricoles. Ainsi, l'adoption des nouvelles technologies agricole couplée à l'encadrement agricole des ménages agricoles pourrait contribuer à la rehausser la productivité agricole et à réduire la pauvreté et l'insécurité alimentaire au Niger.

**Mots-clés :** éducation ; nouvelles technologies agricoles ; productivité des ménages agricoles ; modèle à changement de régime endogène ; Niger.

## Abstract

This research aims to determine the effect of education on the productivity of farm households through the adoption of new agricultural technologies in Niger.

Thus, from an endogenous switching regression model applied to data from the Survey on the Living Conditions of Farm Households (ECVMA, 2011), it brings out that the adoption of new agricultural technologies increases the productivity of farm households. However, the probability of adoption of new agricultural technologies is low but relatively greater in irrigation agriculture than in rainfed agriculture. Education increases the probability of adoption. Farm households that adopt new agricultural technologies are more productive with education than without education. In the absence of education, the adoption of new agricultural technologies reduces the productivity of farm households. Thus, the adoption of new agricultural technologies coupled with the agricultural supervision or education of farm households could contribute to raising agricultural productivity and reducing poverty and food insecurity in Niger.

**Keywords:** education; new agricultural technologies; productivity of farm households; endogenous switching regression model; Niger.

## Introduction

Au Niger, l'agriculture est caractérisée par une faible productivité. Elle est pratiquée par des ménages agricoles qui n'arrive pas à satisfaire leurs besoins alimentaires et nutritionnels et financiers et sont exposés à une insécurité alimentaire et nutritionnelle chronique (SIMA, 2010). Uniquement 15% des ménages agricoles sont éduqués et la part des ménages agricoles qui adoptent les nouvelles technologies agricoles reste aussi faible, soit 19% pour l'engrais chimique, 8,5% pour les produits phytosanitaires, 3,35% pour les semences améliorées et 23,87% pour la charrue (ECVMA, 2011).

L'utilisation des nouvelles technologies agricoles est marginale dans le processus de production agricole. En effet, selon les données de l'Enquête sur Condition de Vie des Ménages Agricoles effectuée en 2011 (ECVMA,2011), la quantité d'engrais chimiques moyenne utilisée par un ménage agricole est de moins d'un kilogramme par hectare, soit 0,93 kg/ha, alors que la quantité moyenne d'engrais est de 8 kg/ha en Afrique subsaharienne et 100 kg/ha pour le reste du monde (Savado et Mangenot, 2009).

Nous nous demandons alors si la faiblesse de l'éducation ne pourrait pas expliquer cette situation. Pour ce faire, nous cherchons à déterminer l'effet de l'éducation sur la productivité des ménages agricoles, à travers le canal du choix des nouvelles technologies agricoles. Plus précisément, nous posons les questions suivantes : l'adoption des nouvelles technologies améliore-t-elle la productivité des ménages agricoles ? l'éducation favorise-t-elle cette adoption ? L'éducation augmente-t-elle uniquement la productivité des ménages qui adoptent les nouvelles technologies agricoles ?

L'éducation, dans cette recherche, prend en compte la scolarisation des ménages agricoles et l'encadrement agricole que les ménages ont reçu à travers les services de vulgarisation des techniques agricoles fournis par l'Etat et ses partenaires au développement. L'éducation est donc composée de deux variables qui sont la scolarisation et l'encadrement agricole. La prise en compte de ces aspects séparément permet de comparer leurs effets sur la productivité agricole et déterminer si l'encadrement agricole est une pratique à encourager.

L'objectif de cette recherche de déterminer l'effet de l'éducation sur la productivité des ménages agricoles. Il s'agit de montrer que l'éducation favorise l'adoption des nouvelles technologies agricoles qui, à son tour, améliore la productivité de ménages agricoles. Pour atteindre cet objectif, la suite de l'article porte sur principalement points suivants. D'abord, il est présenté une revue de littérature qui met en évidence la relation entre l'éducation et la productivité agricole. Ensuite, il est élaboré une méthodologie et une spécification du modèle

en vue d'une représentation du problème qui est traité. Enfin, les résultats et discussion sont présentés suivis de la conclusion.

## **1. Revue de littérature : Relation entre éducation et productivité**

L'éducation constitue un élément important pour les individus et améliore leur productivité. Ainsi, plusieurs études à la fois théoriques qu'empiriques montrent que l'éducation est un facteur qui améliore la productivité des agents économiques.

### **1.1. Relation théorique entre éducation et productivité**

Pour la théorie du capital humain et celle de la croissance endogène, l'investissement dans l'éducation représente un moyen fondamental pour accroître la production. Tous les pays qui ont connu une croissance durable de leur Produit Intérieur Brut (PIB), ont également connu une grande augmentation de l'éducation et de la formation de leurs travailleurs (Schultz, 1961 ; Becker, 1964 ; Lucas, 1988 ; Barro, 1990 ; Mankiw et al., 1992). Et, cette augmentation de l'éducation a été déterminant dans l'augmentation de la production (Mincer, 1958, 1974 ; Gisser, 1965 ; Grilliches et Mason, 1972). Ces études font remarquer que l'éducation représente la composante importante de la productivité totale des facteurs.

L'éducation améliore les capacités productives des travailleurs en les rendant techniquement plus efficaces, ce qui signifie une augmentation de leur productivité. Pour Welch (1970), l'éducation a deux effets : d'une part, elle agit directement sur l'ouvrier et se traduit par l'augmentation de la productivité, alors que l'usage de toutes les ressources demeure inchangé (l'effet direct sur l'ouvrier) et d'autre part, l'éducation étend ses répercussions sur le processus de prise de décision en affectant les coûts, le niveau d'usage, la combinaison et la productivité des autres facteurs (l'effet d'allocation).

L'éducation favorise l'innovation et l'adoption de nouvelles technologies de production (Nelson et Phelps, 1966). Elle permet aux travailleurs de mieux comprendre les techniques de production du moment et éventuellement de déterminer leurs limites. La détermination de ces limites entraîne une amélioration des techniques de production existantes. L'éducation incite également les travailleurs qui n'innovent pas, à adopter les nouvelles techniques inventées par les autres travailleurs.

Il faut noter que l'hypothèse de la théorie du capital humain et de la théorie de la croissance endogène qui stipule que l'éducation augmente la productivité est remise en cause par beaucoup de théories. Ainsi, pour Arrow et Spence (1973), l'éducation n'est pas un facteur déterminant de la productivité, elle joue une fonction de signal et permet d'estimer les capacités productives potentielles des individus.

Selon Thurow (1975), la productivité ne s'acquiert que durant la pratique de l'activité. Dans le même ordre d'idées, Leibenstein (1966) et Stiglitz (1976) soutiennent que la productivité des travailleurs n'est pas liée à leur niveau d'éducation mais plutôt à leur gain évalué en biens de consommation. Pour ces auteurs, surtout dans les Pays en Développement (PED), plus les individus gagnent en termes de biens de consommation, plus leur productivité augmente.

### **1.2.Lien empirique entre éducation et productivité agricole**

De nombreuses études empiriques analysant la contribution de l'éducation dans l'agriculture montrent que le niveau de l'éducation de la main d'œuvre agricole a un impact positif et significatif sur la productivité agricole (Lockeed et al., 1980 ; Moock, 1981 ; Phillips, 1994 ; Weir, 1999 ; Asadullah et Rahman, 2006 ; Huang et Luh, 2009 ; Reimers et Klasen, 2011 ; Djomo et Sikod, 2012). Ainsi, l'éducation peut améliorer la qualité du travail des agriculteurs en leur permettant d'être plus productifs avec les autres actifs de production dont ils disposent. Avoir des taux soutenus de productivité agricole est indispensable pour obtenir une croissance durable du PIB agricole et une réduction de la pauvreté rurale (Banque Mondiale, 2008). Pour cela, les agriculteurs doivent posséder de nouvelles techniques et de savoir-faire en vigueur pour produire de manière efficace afin que l'agriculture puisse jouer son rôle de moteur de développement. Les agriculteurs peuvent donc profiter des avancées en technologies agricoles disponibles pour améliorer leur productivité. Mais, ceci ne peut être possible que si ces agriculteurs sont éduqués ou formés. L'éducation favorise une rapide adoption de nouvelles technologies agricoles par les agriculteurs car elle leur facilite la maîtrise de ces nouvelles technologies. Education permet un ajustement plus rapidement aux changements technologiques. (Foster et Rosenzweig, 1996 ; Pudasaini, 1983 ; Azhar (1991),)

Avec le changement climatique, il est clair que la production agricole ne peut pas se poursuivre de façon efficace avec les pratiques traditionnelles. Les agriculteurs doivent adopter de nouvelles pratiques et de nouveaux intrants qui sont mieux adaptés aux conditions climatiques afin de rendre l'agriculture plus productive. Mais l'adoption de nouvelles techniques n'est possible que si les agriculteurs ont les capacités de les comprendre et de les utiliser. L'acquisition de ces capacités par les exploitants agricoles passe nécessairement par l'éducation et la formation. Pour Archer (1981), l'éducation permet non seulement aux exploitants agricoles une utilisation plus efficiente des ressources, mais aussi elle permet de les aider à faire des choix plus efficaces des moyens de production en adoptant de nouvelles technologies. A ce propos, Huffman (1977) montre, aux Etats-Unis, que l'investissement dans l'éducation permet de réduire le taux de déséquilibre dans l'utilisation des fertilisants par les fermiers. L'éducation

permet aux fermiers de bien comprendre le mode d'emploi de fertilisants et donc de les utiliser de manière plus efficace. Ce qui signifie, pour les exploitants agricoles, un gain en efficacité technique qui se traduit par une augmentation de leur productivité.

L'éducation augmente la productivité agricole des exploitants à travers l'adoption de nouvelles technologies agricoles. Les ménages éduqués sont moins réticents aux changements des pratiques agricoles (Butare, 1991 ; Foster et Rosenzweig, 1996) et l'éducation permet aux ménages agricoles d'avoir une gestion plus efficace dans l'utilisation des intrants agricoles (Archer, 1981 ; Weir et Knight, 2000 ; Cole et Fernando, 2012)

En plus de l'éducation formelle, d'autres formes d'éducation telle que l'alphabétisation améliorent la productivité agricole (Zonon, 2003 ; Egnonto et al., 2007 ; Rehman et al., 2012 ; Li et Ma, 2015). Cependant, Djomo et Sikod (2012) trouvent que la formation reçue par les producteurs ne les rend plus productifs.

Ogundari (2013) note que l'effet positif de l'éducation sur la productivité agricole en Afrique est développé dans plusieurs études. Cependant, la littérature distingue également des études empiriques qui réfutent l'effet positif de l'éducation sur la productivité agricole. Pour certains auteurs, l'éducation a une influence négative sur la productivité agricole (Patrick et Kehrberg 1973 ; Gurgand, 1993 ; 2000 et Benhabib et Spiegel, 1992 ; Kyriacou, 1991). D'autres auteurs tels que Berg (1970), Layard et al. (1971) et Daly (1982) ne sont pas parvenus à décider de la nature du lien entre l'éducation et la productivité.

Pour Schultz (1975), l'effet de l'éducation sur la productivité dépend du milieu et de l'environnement où se pratique l'agriculture. Il note que dans les milieux agricoles technologiquement inchangés, l'éducation n'augmente en rien la productivité. L'éducation n'améliore la productivité que lorsqu'il existe de nouvelles technologies agricoles. Ainsi, l'effet positif de l'éducation est d'autant plus grand que les techniques de production optimales en vigueur progressent plus rapidement (Nelson et Phelps, 1966 ; Benhabib et Spiegel, 1994 ; Islam, 1995).

A l'issue de cette synthèse des travaux, il est envisagé que l'éducation augmente la productivité agricole. Elle améliore la combinaison des facteurs de production, ce qui contribue à accroître la productivité de facteurs. Ainsi, nous faisons l'hypothèse suivante : l'éducation favorise l'adoption de nouvelles technologies agricoles qui à leur tour ont un effet positif sur la productivité des ménages agricoles.

## 2. Méthodologie et spécification du modèle

### 2.1. Modèle à changement de régimes endogène : le modèle de base

Nous utilisons un modèle à changement de régime endogène développé par Lee (1979) et Maddala (1983). Le choix de ce modèle se justifie par le fait que l'adoption d'une nouvelle technologie est une décision qui appartient aux ménages agricoles, il y a donc un problème d'auto-sélection. Ce modèle permet donc de corriger le biais de sélection. En plus, il a un avantage pratique qui est de permettre la détermination en même temps l'effet de l'éducation sur la probabilité d'adoption d'une nouvelle technologie agricole et sur la productivité selon que les ménages adoptent la nouvelle technologie ou non.

Nous faisons l'hypothèse que l'exploitant agricole a le choix entre adopter la nouvelle technologie agricole ou ne pas l'adopter. Chaque exploitant connaît ses caractéristiques et ses capacités productives, ainsi chaque exploitant connaît la productivité potentielle qu'il peut espérer selon qu'il adopte la technologie ou non. Nous faisons également l'hypothèse que l'adoption ou non de la technologie agricole dépend directement de la productivité potentielle escomptée dans chacun des deux régimes. Le travail consiste donc à estimer l'équation structurelle suivante :

$$I_i^* = \delta_0 + \delta_i(Y_i^A - Y_i^N) + \lambda_i V_i - u_i \quad (1)$$

$(Y_i^A - Y_i^N)$  est le différentiel de productivité escomptée,  $V_i$  est un vecteur des variables influençant le choix de l'exploitant pour un régime donné.  $Y_i^A$  est le logarithme de la productivité de l'exploitant  $i$  ayant adopté la nouvelle technologie et  $Y_i^N$  est le logarithme de la productivité de l'exploitant  $i$  n'ayant pas adopté la nouvelle technologie agricole. Nous pouvons donc définir une variable binaire selon que l'exploitant a adopté la technologie ou non :

$$I_i^* = \begin{cases} 1 & \text{si } \delta_0 + \delta_i(Y_i^A - Y_i^N) + \alpha_i V_i > u_i \\ 0 & \text{si non} \end{cases} \quad (2)$$

$I_i^*$  est la fonction d'adoption de la nouvelle technologie agricole. Il prend la valeur 1 si l'exploitant  $i$  adopte la nouvelle technologie et 0 si non.

En se référant à Lee (1979) et Maddala (1983), cette équation peut être estimée à l'aide d'un modèle probit. Pour ce faire, on estime la productivité potentielle en tant qu'adoptant et comme non adoptant.

Dans ce cas présent, on part du principe que cette productivité est déterminée de la manière suivante pour chacun des deux régimes :

$$Y_i^A = X_i^A \beta^A + u_i^A \quad \text{si } I_i^* \geq 0 \quad (3)$$

$$Y_i^N = X_i^N \beta^N + u_i^N \quad \text{si } I_i^* < 0 \quad (4)$$

$X_i^A$  représente les inputs utilisés par l'exploitant  $i$  adoptant la nouvelle technologie et  $X_i^N$  ceux utilisés par l'exploitant  $i$  non-adoptant la nouvelle technologie. Les  $\beta$  sont des paramètres à estimer et les  $u_i$ ,  $u_i^A$  et  $u_i^N$  sont les termes d'erreur aléatoires tels que  $[u_i^A, u_i^N, u_i]^T \rightarrow N(0, \Omega)$ . La matrice variance-covariance des erreurs  $\Omega$  est :

$$\Omega = \begin{bmatrix} \sigma_A^2 & \sigma_{AN} & \sigma_{Au} \\ \sigma_{AN} & \sigma_N^2 & \sigma_{Nu} \\ \sigma_{Au} & \sigma_{Nu} & \sigma_u^2 \end{bmatrix}$$

$\sigma_u^2$  est habituellement normé à 1.

Si  $u_i$  est corrélé avec  $u_i^A$  et  $u_i^N$ , nous obtenons des estimateurs biaisés puisque selon Maddala, les changements sont dits endogènes lorsque dans le modèle, on a :

$$E(u_i^A | I_i^* \geq 0) \neq 0 \text{ et/ou}$$

$$E(u_i^N | I_i^* < 0) \neq 0$$

Comme nous l'avons dit ci-haut, nous sommes donc en présence d'un biais de sélection. En effet, les exploitants décident d'adopter la nouvelle technologie agricole selon leurs capacités et la productivité doit refléter ce choix. Ainsi, les agriculteurs qui ont choisi leur régime vont faire mieux ou aussi bien qu'un agriculteur pris au hasard avec les mêmes caractéristiques (en termes de facteurs de production) selon le processus de sélection. Pour cela, les équations (3) et (4) ne peuvent pas être estimées par la technique des moindres carrés ordinaires. Pour corriger ce problème de sélection, nous allons estimer les équations suivantes :

$$Y_i^A = X_i^A \beta^A - \sigma_{Au} \left( \frac{f_i}{F_i} \right) + \varepsilon_i^A \quad (5)$$

$$Y_i^N = X_i^N \beta^N + \sigma_{Nu} \left( \frac{f_i}{1-F_i} \right) + \varepsilon_i^N \quad (6)$$

Où  $f_i = f(Z_i \mu)$  représente la fonction de densité de la loi normale,  $F_i = F(Z_i \mu)$  représente la fonction de répartition de la loi normale,  $Z_i$  le vecteur de variables exogènes de la forme réduite et  $\mu$  représente les coefficients estimés par le modèle probit de la forme réduite.



Ainsi, les erreurs sont définies :

$$E(u_i^A | I_i^* = 1) = 0$$

$$E(u_i^N | I_i^* = 0) = 0$$

Ainsi, l'estimation se fait en quatre étapes :

Premièrement, on estime la forme réduite du modèle probit.

$$I_i^* = F(Z_i \mu) + \varepsilon_i \quad (7)$$

Deuxièmement, on estime les équations (5) et (6) avec les moindres carrés ordinaires.

Troisièmement, on utilise les coefficients obtenus pour calculer les productivités espérées de chaque exploitant dans les deux régimes. Le principe suivant permet d'obtenir les productivités espérées selon le régime choisi (Maddala, 1983 p.260) :

$$E(u_i^A | I_i^* \geq 0) = X_i^A \beta^A - \sigma_{Au} \left( \frac{f_i}{F_i} \right) \quad (8)$$

$$E(u_i^N | I_i^* < 0) = X_i^N \beta^N + \sigma_{Nu} \left( \frac{f_i}{1-F_i} \right) \quad (9)$$

Les espérances de productivité avec le régime non choisi par l'exploitant s'écrivent comme suit :

$$E(u_i^A | I_i^* < 0) = X_i^A \beta^A + \sigma_{Au} \left( \frac{f_i}{1-F_i} \right) \quad (10)$$

$$E(u_i^N | I_i^* \geq 0) = X_i^N \beta^N - \sigma_{Nu} \left( \frac{f_i}{F_i} \right) \quad (11)$$

La quatrième étape consiste à estimer la forme structurelle, c'est-à-dire l'équation (3). Pour éviter le problème d'identification, il suffit qu'au moins deux variables dans la forme réduite soient absentes dans l'équation de la forme structurelle.

Les signes des coefficients d'auto-sélection  $\sigma_{Au}$  et  $\sigma_{Nu}$  peuvent se présenter selon quatre cas :

- ❖ *Cas 1* :  $\sigma_{Au} < 0$  et  $\sigma_{Nu} > 0$ . Les exploitants qui adoptent la nouvelle technologie obtiennent une productivité plus élevée que la productivité moyenne si tous les exploitants adopteraient la technologie et ceux qui n'adoptent pas la nouvelle technologie ont une productivité plus grande que la productivité moyenne si tous les ménages n'adopteraient pas la technologie agricole ;
- ❖ *Cas 2* :  $\sigma_{Au} < 0$  et  $\sigma_{Nu} < 0$ . Les exploitants qui adoptent la nouvelle technologie sont plus productifs que la moyenne des exploitants adoptants ou non-adoptants. Ils sont également plus productifs s'ils sont adoptants que s'ils sont non-adoptants. Les non-adoptants sont moins productifs que l'exploitant moyen dans les deux régimes mais ils sont plus productifs s'ils sont non-adoptants que s'ils sont adoptants ;
- ❖ *Cas 3* :  $\sigma_{Au} > 0$  et  $\sigma_{Nu} > 0$ . C'est l'inverse du cas précédent ;

❖ *Cas 4* :  $\sigma_{Au} > 0$  et  $\sigma_{Nu} < 0$ . Selon la définition de  $\sigma_{Au}$  et  $\sigma_{Nu}$ , ce cas est impossible. En

$$\text{effet : } \sigma_{Au} = \frac{\sigma_{AN} - \sigma_A^2}{\sigma} \text{ et } \sigma_{Nu} = \frac{\sigma_N^2 - \sigma_{AN}}{\sigma}.$$

Pour Maddala (1983), le cas 2 survient lorsque  $\sigma_A$  est nettement supérieur à  $\sigma_N$ . Ainsi, les exploitants qui ont les meilleures capacités choisissent le régime qui a la plus forte variance de productivité.

## 2.2. Spécification du modèle

L'effet de l'éducation sur la productivité des ménages agricoles, qui est mesurée par le rapport entre la production agricole et la superficie des parcelles exploitée du ménage, est capté par son impact sur le choix de nouvelles technologies agricoles. Il s'agit concrètement de montrer que l'éducation augmente la probabilité d'utiliser les nouvelles technologies agricoles qui à leur tour accroissent la productivité agricole des ménages.

Suite aux modèles présentés dans la section précédente, nous avons développé des équations à des fins d'estimation dans cette recherche. Ainsi, il est présenté les modèles à changement de régime endogène développés pour l'adoption des nouvelles technologies agricoles selon que les ménages pratiquent l'agriculture pluviale ou l'agriculture d'irrigation.

Les nouvelles technologies agricoles, ce sont des outils, des machines, des techniques et des procédés modernes mis en œuvre dans le domaine de la production agricole. Elles permettraient une augmentation de la productivité des ménages agricoles. Elles désignent le développement et le perfectionnement des moyens de production agricole. Pour Rosier et Berlan (1989), les nouvelles technologies agricoles ont pour objet principal d'accroître la productivité du travail par le jeu combiné d'une mécanisation sophistiquée (automatismes), et de nouveaux procédés d'élévation des rendements (biotechniques).

Leur résultat du point de vue microéconomique est d'accroître la rentabilité des capitaux investis par le biais d'une augmentation des marges tout en modifiant profondément les conditions de travail. Au regard de cette définition, nous pouvons donc considérer comme de nouvelles technologies agricoles : les engrais chimiques, les produits phytosanitaires et les semences améliorées. Ils sont donc utilisés dans cette recherche en qualité de nouvelles technologies agricoles.

L'utilisation des nouvelles technologies agricoles peut augmenter la productivité des ménages agricoles et l'éducation de ces ménages agricoles pourrait favoriser l'adoption de ces nouvelles technologies agricoles. Ainsi, nous utilisons le modèle à changement de régime endogène développés ci haut afin de déterminer l'effet de l'utilisation des nouvelles technologies

agricoles sur la productivité des ménages agricoles et l'impact de l'éducation sur leur adoption par les ménages agricoles. Il s'agit d'estimer les fonctions de productivités des ménages agricoles selon qu'ils adoptent la nouvelle technologie agricole ou non et d'estimer également l'effet de l'éducation sur la fonction de sélection ou de décision, c'est-à-dire sur la probabilité que les ménages agricoles adoptent la nouvelle technologie agricole.

L'effet de l'éducation sur la productivité des ménages agricoles est analysé en séparant l'agriculture pluviale de l'agriculture d'irrigation. Etudier l'effet de l'éducation sur la productivité de l'agriculture de manière globale alors que l'agriculture pluviale et l'agriculture d'irrigation n'ont pas les mêmes caractéristiques, peut comporter des faiblesses dues à l'hétérogénéité des deux types d'agricultures. L'agriculture pluviale comporte plus de facteurs aléatoires et plus de risques de production, elle est donc moins maîtrisée par les ménages agricoles que l'agriculture d'irrigation. L'éducation pourrait ne pas agir de la même manière au niveau de ces deux types d'agriculture.

Il faut préciser que l'analyse porte sur les ménages agricoles et l'éducation est appréhendée par la scolarisation et l'encadrement agricole du chef de ménage agricole. Il faut préciser qu'en ce qui concerne l'agriculture d'irrigation, les ménages agricoles n'ont pas bénéficié de l'encadrement agricole fourni dans le cadre des services de vulgarisation des techniques agricoles. L'éducation ne concernée donc qu'uniquement par la scolarisation en agriculture irriguée. Nous avons considéré l'éducation du chef de ménage agricole en basant sur la définition du ménage. En effet, l'Enquête sur les Conditions de Vie des Ménages Agricoles (ECVMA, 2011) qui a fourni les données utilisées dans cette recherche. C'est une enquête menée par la Banque mondiale en partenariat avec l'Institut National de la Statistique (INS).

❖ En agriculture pluviale, l'équation d'adoption de la nouvelle technologie estimée est :

$$I_i^* = \begin{cases} 1 & \text{si } \delta_0 + \delta_i(\lnproduc_i^A - \lnproduc_i^N) + \lambda_i NT_i > u_i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$\lnproduc_i^A = \beta_0 + \beta_1^A heduc_i + \beta_2^A svmge_i + \beta_3^A X_{NTi} + u_i^A \quad \text{si } I_i^* \geq 0$$

$$\lnproduc_i^N = \beta_0 + \beta_1^N heduc_i + \beta_2^N svmge_i + \beta_3^N X_{NTi} + u_i^N \quad \text{si } I_i^* < 0$$

$$NT_i = \alpha_0 + \alpha_1 heduc_i + \alpha_2 svmge_i + \alpha_3 Z_{NTi} + \varepsilon_i \quad (12)$$

Où  $I_i^*$  est la fonction d'adoption de la nouvelle technologie agricole.

$NT$  est la nouvelle technologie agricole adoptée (l'engrais chimique, les produits phytosanitaires, les semences améliorées ou la charrue).

$X_{NT}$  est l'ensemble des variables de contrôle composé de l'âge, le sexe, les dépenses, le système de culture, la main d'œuvre louée et solidaires, le nombre de membre du ménage, la distance... selon la nouvelle technologie agricole adoptée.

$Z_{NT}$  est égal à  $X_{NT}$  plus d'autres variables telle que la superficie, la fumure... selon la nouvelle technologie agricole adoptée. Il faut noter que l'application du modèle exige qu'il ait au moins une variable de différent dans  $Z_{NT}$  par rapport à  $X_{NT}$ .

- ❖ En agriculture d'irrigation, le modèle d'utilisation d'une nouvelle technologie agricole estimé est :

$$I_i^* = \begin{cases} 1 & \text{si } \delta_0 + \delta_i(\lnproduc_i^A - \lnproduc_i^N) + \lambda_i NT_i > u_i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$\lnproduc_i^A = \beta_0 + \beta_1^A heduc_i + \beta_2^A X_{NTi} + u_i^A \quad \text{si } I_i^* \geq 0$$

$$\lnproduc_i^N = \beta_0 + \beta_1^N heduc_i + \beta_2^N X_{NTi} + u_i^N \quad \text{si } I_i^* < 0$$

$$NT_i = \alpha_0 + \alpha_1 heduc_i + \alpha_2 Z_{NTi} + \varepsilon_i \quad (13)$$

Où  $I_i^*$  est la fonction d'adoption de la nouvelle technologie agricole.

$NT$  est la nouvelle technologie agricole adoptée (l'engrais chimique, les produits phytosanitaires ou les semences améliorées).

$X_{NT}$  est l'ensemble des variables de contrôle composé de l'âge, le sexe, les dépenses, le système de culture, la main d'œuvre louée et solidaires, le nombre de membre du ménage... selon la nouvelle technologie agricole adoptée.

$Z_{NT}$  est égal à  $X_{NT}$  plus d'autres variables telle que la superficie, la fumure... selon la nouvelle technologie agricole adoptée. Il faut noter que l'application du modèle exige qu'il ait au moins une variable de différent dans  $Z_{NT}$  par rapport à  $X_{NT}$ .

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Effet de l'adoption des nouvelles technologies agricoles sur productivité des ménages agricoles

Avant d'établir un lien entre l'éducation et le choix des nouvelles technologies agricoles, il est important de déterminer, tout d'abord, l'effet de l'utilisation des nouvelles technologies agricoles sur la productivité des ménages agricoles. Il s'agit de comparer la productivité des ménages agricoles qui utilisent les nouvelles technologies agricoles et celle des ménages qui ne les utilisent pas. Puis, de comparer la productivité des ménages agricoles qui auraient adopté ces nouvelles technologies agricoles à leur productivité s'ils ne les avaient pas adoptées. Nous confrontons également la productivité des ménages agricoles qui n'auraient pas adopté les nouvelles technologies agricoles à leur productivité s'ils les avaient adoptées. La simulation de

ces différents scénarios permet de saisir l'impact de l'utilisation des nouvelles technologies agricoles sur la productivité agricole des ménages selon le type de l'agriculture pratiquée.

Suite aux estimations des modèles d'adoption des nouvelles technologies agricoles, nous avons prédit les productivités des ménages agricoles selon qu'ils ont adopté les technologies ou non. Les résultats reportés dans le tableau 1 révèlent que l'adoption des nouvelles technologies agricoles améliore la productivité des ménages en agricultures d'irrigation. Ils montrent que la productivité moyenne des ménages agricoles s'ils adoptaient les nouvelles technologies agricoles serait supérieure à la productivité moyenne des ménages agricoles s'ils ne les adoptaient pas. Par contre, les prédictions des productivités agricoles montrent qu'en agriculture pluviale, l'adoption des nouvelles technologies a un effet mitigé sur la productivité des ménages agricoles. Ainsi, il ressort que l'adoption des nouvelles technologies agricoles constitue un moyen sûr d'augmentation de la productivité en agriculture d'irrigation, mais pas en agriculture pluviale. L'effet de l'adoption des nouvelles technologies agricoles est proportionnellement plus grand en agriculture d'irrigation qu'en agriculture pluviale.

En agriculture pluviale, si tous les ménages utilisaient l'engrais chimique, la productivité moyenne serait de 2012,36 kg/ha, contre 71,82 kg/ha si tous les ménages agricoles ne les utilisaient pas. En agriculture d'irrigation, si tous les ménages agricoles adoptaient les semences améliorées, la productivité serait de 66437,98 kg/ha, contre une productivité de 6255,75 kg/ha s'ils n'avaient pas tous adopté les semences améliorées. Si les ménages agricoles qui n'utilisaient pas les engrais chimiques les auraient utilisés, leur productivité moyenne en agriculture pluviale serait de 3817,36 kg/ha et parallèlement, si les ménages agricoles qui utilisent les engrais chimiques ne les auraient pas utilisés, leur productivité agricole moyenne serait de 92,87 kg/ha.

On constate également que l'utilisation des engrais chimiques en agriculture pluviale permettrait atteindre une productivité de 2012,36 kg/ha, contre une productivité réelle de 283,36 kg/ha (annexe 1). Pour l'agriculture d'irrigation, la productivité serait de 14062,17 kg/ha si les ménages utilisaient les engrais chimiques contre la productivité actuelle qui de 9724,25 kg/ha. Ces résultats montrent que l'utilisation de l'engrais chimique permet aux ménages agricoles d'augmenter beaucoup plus leur productivité qu'il soit en agriculture pluviale ou en agriculture d'irrigation. L'adoption de l'engrais chimique améliore davantage la productivité des ménages en agriculture d'irrigation qu'en agriculture pluviale.

L'adoption des produits phytosanitaires en agriculture pluviale entraînerait une productivité de 12625,01 kg/ha pour les ménages, contre une productivité actuelle de 283,36 kg/ha. En

agriculture irriguée, l'utilisation des produits phytosanitaires permettrait d'obtenir une productivité de 98033,5 kg/ha contre une productivité de 9724,25 kg/ha. En agriculture pluviale, lorsque tous les ménages font recours aux produits phytosanitaires, la productivité serait de 12625,01 kg/ha alors que si aucun ménage n'utilisait les produits phytosanitaires, la productivité pluviale serait de 152,55 kg/ha. On remarque également que lorsque les ménages agricoles qui n'adoptaient pas les produits phytosanitaires les auraient adoptés, leur productivité atteindrait 14988,84 kg/ha contre une productivité de 155,67 kg/ha. Il ressort aussi que l'effet de l'adoption des produits phytosanitaires est proportionnellement plus grand en agriculture irriguée qu'en agriculture pluviale.

Les ménages agricoles qui adoptent les semences améliorées sont plus productifs que ceux qui ne les adoptent pas, quelle que soit l'agriculture pratiquée. En effet, en agriculture pluviale, la productivité moyenne des ménages qui adoptent les semences améliorées est de 228,25 kg/ha contre 13,25kg/ha pour les ménages qui ne les adoptent pas. Pour l'agriculture d'irrigation, l'adoption des semences améliorées entraînerait une productivité 66437,98 kg/ha contre une productivité de 6255,75 kg/ha si les ménages n'adoptaient pas les semences améliorées.

La simulation montre également que si tous les ménages agricoles qui utilisaient les semences améliorées ne les auraient pas utilisées, leur productivité en agriculture pluviale serait de 20,37 kg/ha. Les résultats montrent également que si tous les ménages agricoles qui n'utilisaient pas les semences améliorées les auraient utilisées, leur productivité de l'agriculture pluviale atteindrait 233,47 kg/ha.

Cependant, on remarque que l'utilisation des semences améliorées permet d'avoir une productivité supérieure à la productivité réelle uniquement en agriculture d'irrigation. En effet, une adoption effective des semences améliorées en agriculture pluviale permettrait d'avoir une productivité agricole de 233,39 kg/ha qui est inférieure à 283,36 kg/ha. Mais en agriculture irriguée, l'utilisation effective des semences améliorées engendrerait une productivité de 66437,98 kg/ha qui est supérieure à 9724,25 kg/ha. Ces résultats suggèrent qu'une utilisation effective des semences améliorées n'est pas optimale en agriculture pluviale alors qu'en agriculture d'irrigation, l'adoption des semences améliorées par tous les ménages augmenterait la productivité.

Il ressort globalement de l'analyse que l'adoption des nouvelles technologies agricoles améliore la productivité des ménages agricoles qu'il soit en agriculture pluviale ou en agriculture d'irrigation. Les ménages agricoles gagneraient plus en termes de productivité en utilisant l'engrais chimique, les produits phytosanitaires, les semences améliorées lorsqu'ils pratiquent

l'agriculture irriguée. Mais, en agriculture pluviale, seule utilisation de l'engrais chimique et les produits phytosanitaires permettent d'avoir un niveau plus élevé de productivité des ménages agricoles.

Toutefois, la chance que les ménages agricoles adoptent les nouvelles technologies agricoles dans leur processus de production est faible et varie selon le type d'agriculture et la technologie. Mais, on assiste à une utilisation plus importante de nouvelles technologies agricoles en agriculture d'irrigation qu'en agriculture pluviale. En effet, la probabilité qu'un ménage agricole adopte une nouvelle technologie agricole est 15,39 % en agriculture pluviale et 38,52 % en agriculture d'irrigation. De façon spécifique, la probabilité qu'un ménage agricole utilise de l'engrais chimique dans son processus de production en agriculture d'irrigation est de 68,19% contre 21,43% en agriculture pluviale. Cependant, il faut noter que ce sont pour les produits phytosanitaires et les semences améliorées que cette probabilité est très faible, soient respectivement 8,3% et 3,31% en agriculture pluviale. Pour l'agriculture irriguée, les probabilités sont 31,67% et 15,71% respectivement pour l'adoption des produits phytosanitaires et les semences améliorées.

**Tableau N°1 : Simulation des Productivités des ménages selon les technologies agricoles adoptées**

Scénarios	Productivités (kg/ha)		Probabilités d'adopter les technologies (%)	
	Agriculture pluviale	Agriculture d'irrigation	Agriculture pluviale	Agriculture d'irrigation
Les ménages utilisant l'engrais chimique	19,27	7297,85		
Les ménages n'utilisant pas l'engrais chimique	110,19	51282,45	21,43	68,19
Si tous les ménages utilisaient l'engrais chimique	2012,36	14062,17		
Si tous les ménages n'utilisaient pas l'engrais chimique	71,82	18651,32		
Si tous les ménages utilisant l'engrais chimique ne l'auraient pas utilisé	92,87	20831,58		
Si tous les ménages n'utilisant pas l'engrais chimique l'auraient utilisé	3817,36	19070,94		
Les ménages utilisant les produits phytosanitaires	123,36	5560,12		
Les ménages n'utilisant pas les produits phytosanitaires	155,67	163985,2	8,37	31,67
Si tous les ménages utilisaient les produits phytosanitaires	12625,01	98033,5		
Si tous les ménages n'utilisaient pas les produits phytosanitaires	152,55	10268,15		
Si tous les ménages utilisant les produits phytosanitaires ne les auraient pas utilisés	152,97	17730,82		



Si tous les ménages n'utilisant pas les produits phytosanitaires les auraient utilisés	14988,84	115239		
Les ménages utilisant les semences améliorées	228,25	17527,79		
Les ménages n'utilisant pas les semences améliorées	13,25	101676,8	3,31	15,71
Si tous les ménages utilisaient les semences améliorées	233,39	66437,98		
Si tous les ménages n'utilisaient pas les semences améliorées	15,21	6255,75		
Si tous les ménages utilisant les semences améliorées ne les auraient pas utilisées	20,37	6055,21		
Si tous les ménages n'utilisant pas les semences améliorées les auraient utilisées	233,47	88730,79		
Productivité moyenne réelle des ménages agricoles	283,36	9724,25		
		15,39		

**Source :** auteur à partir des données de l'ECVMA/2011

### **1.1. Education et adoption des engrais chimiques**

L'adoption des engrais chimiques permet aux ménages agricoles d'améliorer leur productivité agricole. Cependant, la proportion des ménages agricoles qui adoptent les engrais chimiques dans leur activité de production est faible en agriculture pluviale, soit 19% (voir annexe 2). Et en agriculture irriguée, cette proportion est de 68,53% (annexe 3). Nous avons donc procédé à une étude économétrique des fonctions de productivité et de choix des engrais chimiques afin de déterminer les impacts de l'éducation sur le choix des engrais chimiques et sur les productivités des ménages selon qu'ils utilisent les engrais chimiques ou non. L'estimation des fonctions de productivité est faite selon que les ménages adoptent les engrais chimiques ou non. Elle donne directement l'effet de l'éducation sur la fonction de sélection c'est-à-dire sur la probabilité que les ménages utilisent les engrais chimiques.

Les résultats des estimations des équations 12 et 13, avec l'engrais chimique comme nouvelle technologie agricole adoptée, reportés dans le tableau 2 montrent que le modèle à changement de régime est adéquat pour analyser le lien qui existe entre l'éducation, l'adoption des engrais chimiques et la productivité des ménages agricoles. En effet, en agriculture pluviale, les  $\rho_0$  et  $\rho_1$  qui représentent les coefficients de corrélation entre l'équation de sélection et le terme d'erreur de chacune des équations de productivité, sont significatifs ( $\rho_0 = 0,963$  avec un écart type de 0,0106 et  $\rho_1 = 0,781$  avec un écart type de 0,027) et traduisent ainsi l'importance de biais de sélection. Ceci qui implique qu'il existe des facteurs inobservables qui influencent l'adoption des engrais chimiques et la productivité dans le même sens. Les estimations montrent également qu'il existe une indépendance jointe des trois équations à savoir l'équation de productivité avec les engrais, l'équation de productivité sans les engrais et l'équation de sélection des engrais (Le test de ratio de vraisemblance :  $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0000$ ).

L'analyse des équations de sélection ou d'adoption montre que la scolarisation augmente la probabilité que les ménages adoptent les engrais chimiques quel que soit le type de l'agriculture pratiquée. Ainsi, les ménages agricoles dont le chef est instruit ont plus de chances d'utiliser les engrais chimiques que les ménages agricoles avec un chef non instruit. L'impact positif de la scolarisation sur le choix des engrais chimiques peut s'expliquer par le fait que la scolarisation permet aux ménages agricoles d'être plus ouverts aux changements et mieux s'adapter à l'évolution des techniques de production agricole.

Les résultats montrent également, en agriculture pluviale, que la scolarisation a un impact positif sur la productivité des ménages agricoles si ces derniers utilisent les engrais chimiques mais que son impact sur la productivité est négatif si les ménages n'utilisent pas les engrais

chimiques. Ceci confirme l'hypothèse selon laquelle, le rendement de l'éducation dépend de la modernisation du milieu (Pudasaini, 1983 ; Azhar, 1991). Ainsi, lorsque les ménages agricoles adoptent les engrais chimiques, la scolarisation leur permet d'augmenter leur productivité de 0,49% par rapport à la productivité moyenne et pour les ménages agricoles qui n'adoptent pas les engrais chimiques, la scolarisation entraîne une baisse de leur productivité de 1,71% par rapport à la productivité moyenne.

En ce qui concerne l'encadrement agricole fourni aux ménages dans le cadre des services de vulgarisation des techniques agricoles, il a un impact positif sur l'adoption des engrais chimiques des ménages agricoles. L'analyse montre que les ménages agricoles qui n'en ont pas bénéficié ont moins de chance d'adopter les engrais chimiques. Cependant, l'analyse montre également que les ménages agricoles qui n'ont pas reçu de l'encadrement agricole ont une productivité inférieure à celle de ceux qui en ont bénéficié quel que soit le régime. En effet, lorsque les ménages ne profitent pas de l'encadrement agricole, leur productivité agricole est inférieure de 2,33% s'ils n'utilisent pas les engrais chimiques et l'écart est de 16,02% si les ménages utilisent les engrais chimiques. Ce résultat montre que l'utilisation des engrais chimiques par les ménages sans encadrement agricole réduit davantage leur productivité. Lorsqu'un ménage manque d'encadrement agricole, il est donc préférable pour lui de ne pas adopter les engrais chimiques. L'encadrement agricole constitue un moyen efficace d'améliorer la productivité agricole des ménages.

Il ressort de l'analyse que l'éducation (la scolarisation et l'encadrement agricole) favorise l'adoption des engrais chimiques par les ménages agricoles. Et, comme l'adoption des engrais chimiques améliore la productivité, alors l'éducation permet aux ménages agricoles de rehausser leur productivité en les poussant à adopter les engrais chimiques.

Au-delà de l'éducation, on constate aussi que les produits phytosanitaires ont un impact positif sur l'adoption des engrais chimiques par les ménages agricoles quel que soit le type de l'agriculture considérée. En effet, la probabilité d'utiliser les engrais chimiques est supérieure pour les ménages qui utilisent les produits phytosanitaires. Il existe alors une certaine complémentarité entre l'utilisation des engrais chimiques et celle des produits phytosanitaires. Les caractéristiques démographiques telles que l'âge du chef de ménage et la taille du ménage ont une influence négative sur la chance que le ménage adopte les engrais chimiques en agriculture d'irrigation. Pour l'agriculture pluviale, l'âge favorise l'adoption des engrais chimiques mais la taille du ménage agricole diminue la chance que le ménage utilise les engrais chimiques. Plus les ménages cultivent une grande superficie, plus ils ont tendance à utiliser les

engrais chimiques. Cependant, la grande superficie réduit la productivité agricole que les ménages ont recours aux engrais chimiques ou non.

**Tableau N°1** : Estimation des modèles de l'adoption de l'engrais chimique

Variables	Productivité Sans les engrais chimiques		Productivité avec les engrais chimiques		Probabilité d'adopter les engrais chimiques	
	Agriculture pluviale	Agriculture d'irrigation	Agriculture pluviale	Agriculture d'irrigation	Agriculture pluviale	Agriculture d'irrigation
hage	-0,0016 (0,0025)	-0,0133 (0,0116)	-0,0013 (0,0061)	-0,0001 (0,0096)	0,0010 (0,0024)	-0,0158** (0,0076)
hhsiz	-0,0176 (0,0142)	0,2159 (0,2127)	-0,0720** (0,0289)	0,0679 (0,1300)	-0,0335*** (0,0121)	-0,0098 (0,0362)
hgend	-0,5369*** (0,1478)	2,2245*** (0,8089)	-0,0446 (0,3335)	0,4122 (0,7652)	0,2220* (0,1296)	0,3456 (0,6296)
heduc	-0,0171 (0,0986)	-0,1974 (0,5346)	0,0049 (0,2108)	-0,3600 (0,3884)	0,2499* (0,1509)	0,09345 (0,3143)
educgend	0,0864** (0,0342)		-0,1097* (0,0594)			
svmge	-0,0233 (0,1035)		-0,1602 (0,2185)		-0,0801 (0,0941)	
ldalim	0,1648* (0,1000)	0,7601* (0,4179)	0,2675 (0,2299)	-0,1061 (0,3071)	-0,2099** (0,0950)	0,2593 (0,2714)
ldnalim	0,0471 (0,0673)		0,0111 (0,1454)		0,0134 (0,0610)	
dsolid	-0,2006** (0,0872)		-0,0381 (0,1414)			
lsyscult	0,0188 (0,0782)	-0,8470* (0,4827)	-0,4761*** (0,1800)	0,1826 (0,3065)	-0,1496** (0,0756)	
dlotrav	-0,4035*** (0,0792)		-0,1657 (0,1682)		0,1295* (0,0719)	
lnmbremge	-0,3428*** (0,0702)	-0,3384 (0,3069)	0,1010 (0,1303)	-0,0597 (0,1913)		
Intjmge	0,1705*** (0,0317)		-0,0106 (0,0645)			
phyto	0,4525***	0,3454	0,9023***	-0,3197	0,9006***	0,4984**

	(0,1456)	(0,4921)	(0,2372)	(0,2705)	(0,1037)	(0,2380)
	0,0506		-0,0691			
ldist	(0,0374)		(0,0578)			
fum		-0,0772		0,1893	0,3993***	0,0772
		(0,3005)		(0,2398)	(0,0527)	(0,2020)
educphyto		-0,3339		0,1578	-0,0387**	
		(1,0514)		(0,5284)	(0,0170)	
bruli					0,1168**	
					(0,0458)	
eductrani					-0,0142	
					(0,0181)	
educsema						-1,4895***
						(0,5004)
		0,0183		0,3126	0,0027	0,2443
sema		(0,4079)		(0,3442)	(0,1128)	(0,3476)
					0,0613	
trani					(0,0583)	
		-0,8513***		-0,5407***	0,3929***	0,0389
lsuper		(0,0977)		(0,0666)	(0,0246)	(0,0589)
	1,1920	-5,0192	4,2627	9,0225**	-1,4812	-3,0271
cons	(1,1604)	(5,3420)	(2,6616)	(4,1430)	(1,1296)	(3,5685)
L'importance du biais de sélection						
	Agriculture pluviale			Agriculture d'irrigation		
rho0	0,9630*** (0,0106)			0,0660 (0,5887)		
rho1	0,7816*** (0,0276)			-0,9513*** (0,0432)		
	LR test of indep. eqns. : chi2(2) = 214,19 Prob > chi2 = 0.0000			LR test of indep. eqns. : chi2(2) = 13,02 Prob > chi2 = 0,0015		

**Source :** auteur à partir des données de l'ECVMA/2011 ; \*\*\* significativité à 1%, \*\* significativité à 5%, \* significativité à 10% ; (.) représente l'écart type.

## 1.2. Education et adoption des produits phytosanitaires

Les ménages agricoles utilisent aussi des produits pour désherber et désinfecter les cultures afin d'améliorer leur productivité. Il s'agit des produits phytosanitaires qui sont les herbicides, les fongicides et les pesticides. L'utilisation des produits phytosanitaires dévient importante dans la production en agriculture pluviale. Ils sont pratiqués par 8,50% des ménages agricoles avec

une quantité moyenne de 4.36 litres par ménage (annexe 2) et 30,46% en agriculture irriguée (annexe 3). L'utilisation de ces produits est nouvelle et constitue une avancée dans le processus de production agricole des ménages.

A partir des estimations des équations d'adoption 12 et 13, lorsque les produits phytosanitaires sont adoptés, on constate qu'en agriculture pluviale, les coefficients de corrélation  $\rho_0$  et  $\rho_1$  entre la sélection de produits phytosanitaires et les erreurs des équations de productivité selon que les ménages adoptent les produits phytosanitaires ou non sont positifs, mais seulement  $\rho_0$  est significatif. Ainsi, les ménages qui utilisent les produits phytosanitaires ont une productivité inférieure à celle qu'un ménage pris au hasard dans l'échantillon aurait pu avoir à savoir 9724.25 kg/ha (voir annexe 4) et si ces ménages n'utilisaient pas les produits phytosanitaires, ils auraient une productivité meilleure comparativement à celle qu'a un ménage pris de façon aléatoire.

Les résultats des estimations des équations d'adoption des produits phytosanitaires sont résumés dans le tableau 3. Ils montrent que la scolarisation permet d'augmenter la probabilité d'utiliser les produits phytosanitaires en agriculture pluviale confirmant ainsi la thèse de Nelson et Phelps (1966), Benhabib et Spiegel (1994) et Islam (1995) selon laquelle l'éducation favorise l'adoption de nouvelles techniques de production agricole. Par contre, en agriculture d'irrigation, l'éducation diminue la chance que les ménages agricoles adoptent les produits phytosanitaires pour produire. Cependant, lorsque l'on combine l'éducation des ménages aux utilisations de l'engrais chimique et la semence améliorée, il ressort que ces interactions augmentent significativement la probabilité que les ménages adoptent les produits phytosanitaires.

Les résultats révèlent également que l'encadrement agricole reçu par les ménages entraîne un accroissement de probabilité d'adopter les produits phytosanitaires pour les ménages agricoles. Ainsi, lorsque les ménages agricoles n'ont pas bénéficié de l'encadrement agricole, la chance d'adopter les produits phytosanitaires diminue par rapport à la chance que les ménages bénéficiant de cet encadrement agricole utilisent les produits phytosanitaires.

En agriculture pluviale, la scolarisation améliore la productivité lorsque les ménages adoptent les produits phytosanitaires. Cette amélioration de la productivité s'élève à 97,66% par rapport à la productivité moyenne. Ce résultat montre que l'éducation agit mieux sur la productivité lorsqu'elle est combinée avec l'utilisation des nouvelles technologies agricoles.

En s'intéressant aux effets que peuvent avoir l'adoption des engrais chimiques sur l'adoption des produits phytosanitaires, il ressort que l'absence de l'utilisation des engrais chimiques

entraîne une baisse de la probabilité d'adopter les produits phytosanitaires. L'adoption des engrais chimiques et celle des produits phytosanitaires sont donc positivement liées.

**Tableau N°2** : Estimation des modèles de l'adoption des produits phytosanitaires

Variables	Productivité	Sans les	Productivité	avec les	Probabilité d'adopter les	
	produits phytosanitaires	produits phytosanitaires	produits phytosanitaires	produits phytosanitaires	produits phytosanitaires	produits phytosanitaires
	Agriculture	Agriculture	Agriculture	Agriculture	Agricultur	Agriculture
	pluviale	d'irrigation	pluviale	d'irrigation	e pluviale	d'irrigation
	-0,0008	-0,0208**	-0,0044	-0,0180*		-0,0194***
hage	(0,0019)	(0,0089)	(0,0068)	(0,0100)		(0,0068)
	-0,0948**	-0,0178	-0,0774	0,1199***		
hysize	(0,0369)	(0,0452)	(0,1162)	(0,0314)		
	-0,8553***		-0,7594*		-0,1223	-0,7598
hgender	(0,1011)		(0,4347)		(0,1807)	(0,6196)
	0,1435***		0,1289			
eqadu	(0,0537)		(0,1671)			
	0,1932		-0,9365			
heduc_sv	(0,2086)		(0,5883)			
	-0,1272	-0,7965*	0,9766*	-0,5094	0,3235*	-1,2620***
heduc	(0,1950)	(0,4159)	(0,5634)	(0,4455)	(0,1707)	(0,4176)
	-0,0452	0,5567**	0,8123**	-0,5033	0,7953***	0,3035
eng	(0,0784)	(0,2624)	(0,3214)	(0,3364)	(0,0968)	(0,2217)
	-0,0634		0,5674*		0,0653	
svmge	(0,0825)		(0,3057)		(0,1192)	
	0,3853***	0,2776**	0,4938	-0,7359*	0,0001	0,0744
ldalim	(0,0732)	(0,4116)	(0,3082)	(0,4253)	(0,1083)	(0,2422)
	-0,0688	0,5448**	-0,3954**	0,3276	-0,1483*	0,4439***
ldnalim	(0,0493)	(0,2334)	(0,2019)	(0,2662)	(0,0766)	(0,1660)
	-0,7955***	-0,3556***	-0,9571***	-0,7810***	-0,0300	0,2606***
lsuper	(0,0276)	(0,0718)	(0,1229)	(0,0846)	(0,0460)	(0,0546)
	0,1349		-0,0155			
llnbrecult	(0,0898)		(0,2617)			

	0,1315	0,6306*	0,4003	-0,5002	0,3055***	0,0982
syscult	(0,0864)	(0,3812)	(0,3103)	(0,4168)	(0,0940)	(0,2917)
	0,0493		0,2989*			
Inmbremge	(0,0525)		(0,1742)			
	-0,1556**		-0,1578			
dsolid	(0,0705)		(0,2206)			
	-0,1790		-1,1042			
lhypo_p	(0,3364)		(1,2888)			
	0,2831***		-0,2651		-0,0942	
lpro_p	(0,0486)		(0,1991)		(0,0963)	
	0,0657		0,5950		0,6444**	
lloca_p	(0,0486)		(0,6085)		(0,2556)	
	-0,5209***		-0,7701***			
dlotrav	(0,0583)		(0,1735)			
		0,3012		0,7987***		0,2675
fum		(0,2604)		(0,2687)		(0,1971)
		0,4801		-1,3126**		1,1571**
educsema		(0,7403)		(0,6559)		(0,5156)
					-0,0127	
educgend					(0,0330)	
					-0,0117	
eductrani					(0,0246)	
					-0,0512**	1,1782***
educeng					(0,0234)	(0,3577)
Inbreparcel					-0,1251	
					(0,0959)	
					-0,0945	
trani					(0,0909)	
					0,0022	
sema					(0,1658)	
	8,6638***	-1,8635	16,079***	14,645***	2,9014**	-5,7090**
cons	(0,9059)	(5,0694)	(3,6721)	(4,8593)	(1,2022)	(2,8859)



L'importance du biais de sélection		
	Agriculture pluviale	Agriculture d'irrigation
rho0	0,9511*** (0,0296)	0,9789*** (0,0253)
rho1	0,1104 (0,1450)	-0,9722*** (0,0314)
	LR test of indep. eqns. : chi2(2) = 7,02 Prob > chi2 = 0,0299	LR test of indep. eqns. : chi2(2) = 28,11 Prob > chi2 = 0,0000

**Source :** auteur à partir des données de l'ECVMA/2011 ; \*\*\* significativité à 1%, \*\* significativité à 5%, \* significativité à 10% ; (.) représente l'écart type.

### 1.3. Education et adoption des semences améliorées

Les semences améliorées sont les semences issues des laboratoires et qui seraient mieux adaptées aux conditions climatiques du pays. Elles seraient plus appropriées pour une production agricole plus efficace. Elles sont des substituts des semences locales traditionnellement connues par les ménages agricoles. Leur utilisation implique que les ménages renoncent à utiliser une partie ou toutes les semences locales. Ce qui constitue pour les ménages agricoles une innovation dans leur système de production. Leur adoption comporte un risque pour les ménages et n'est donc pas très répandue dans l'agriculture.

Au Niger, en agriculture pluviale, seulement 3,35% (annexe 2) des ménages utilisent des semences améliorées. En agriculture d'irrigation, les semences améliorées ne représentent que 15,23% (annexe 3) des semences utilisées par les ménages. Elles permettent aux ménages d'améliorer considérablement leur productivité agricole en agriculture d'irrigation mais en agriculture pluviale, leur adoption entraîne une baisse la productivité agricole (tableau 1). On cherche alors à savoir si l'éducation joue un rôle dans cette faible utilisation des semences améliorées. Comme il a été précisé, le taux de l'éducation des ménages agricoles est faible, il est de 15% en agriculture pluviale (ECVMA, 2011) et 14,72% en agriculture irriguée (annexe 3). Pour connaître le rôle de l'éducation, nous avons estimé les modèles d'adoption des semences améliorées qui sont donnés par les équations 12 et 13.

Les résultats de l'estimation du modèle 12 sont présentés dans le tableau 4. Ils révèlent qu'en agriculture pluviale, la scolarisation a un impact négatif sur la probabilité de choisir les semences améliorées. Ainsi, la probabilité d'adopter les semences améliorées d'un ménage dont le chef est scolarisé est inférieure à celle d'un ménage avec un chef non scolarisé. Ce résultat peut s'expliquer par le caractère méfiant et sceptique que l'éducation crée chez l'individu. L'éducation permet aux individus de mieux gérer le risque lié à leur activité et donc dans cette

optique, les ménages agricoles scolarisés sont réticents en ce qui concerne l'adoption des semences améliorées car une fois ces semences améliorées utilisées, les ménages ne peuvent plus reculer en cas de mauvaise surprise. Le coût lié au choix des semences améliorées est donc très élevé et la rationalité des ménages scolarisés freine ainsi ce choix surtout que les résultats montrent qu'en agriculture pluviale, l'utilisation des semences améliorées n'augmente pas la productivité (tableau 1).

Concernant l'encadrement agricole, il a un impact positif sur le choix des semences améliorées. La probabilité d'adopter les semences améliorées par les ménages agricoles qui n'ont pas bénéficié de l'encadrement agricole baisse par rapport à la probabilité des ménages agricoles qui en ont bénéficié. Les ménages qui adoptent les semences améliorées et qui n'ont pas reçu de l'encadrement agricole ont une productivité inférieure de 76.28% à la productivité des ménages qui ont bénéficié de l'encadrement agricole. L'adoption des semences améliorées à elle seule, ne suffit pas pour augmenter la productivité. Il faut que les ménages agricoles aient bénéficié au préalable d'un encadrement sur les techniques d'utilisation.

Contrairement à l'agriculture pluviale, les résultats de l'estimation du modèle 13 présentés dans le tableau 4 révèlent qu'en agriculture d'irrigation, l'éducation augmente la probabilité que les ménages agricoles adoptent les semences améliorées. En effet, lorsque le chef du ménage agricole est éduqué, la probabilité qu'il adopte les semences améliorées est supérieure à celle dont le chef du ménage agricole n'est pas éduqué. Ce résultat montre que l'éducation a un impact positif sur la productivité des ménages à travers son influence positive sur l'adoption des semences améliorées qui à leur tour ont un effet positif sur la productivité en agriculture irriguée.

Il ressort de l'analyse que plus les dépenses alimentaires des ménages agricoles sont grandes, plus la chance qu'ils adoptent les semences améliorées baisse et cela quel que soit le type d'agriculture. En plus, quel que soit le régime, l'augmentation des dépenses alimentaires diminue la productivité des ménages par rapport à la productivité moyenne.

En agriculture d'irrigation, la chance d'utiliser les semences améliorées augmente lorsqu'on passe d'un ménage qui n'utilise pas les produits phytosanitaires à un ménage qui les adopte. Par contre, en agriculture pluviale, l'adoption des produits phytosanitaires a tendance à influencer négativement l'utilisation des semences améliorées. Les ménages agricoles ont tendance à arbitrer entre utiliser les semences améliorées ou adopter les produits phytosanitaires. Cependant, l'adoption de produits phytosanitaires accroît la productivité des ménages lorsqu'ils utilisent les semences améliorées et baisse la productivité si les ménages

n'adoptent pas les semences améliorées. Cette baisse représente 31,01% par rapport à la productivité moyenne.

**Tableau N°3** : Estimation des modèles de l'adoption des semences améliorées

Variables	Productivité Sans les	Productivité avec les	Probabilité d'adopter les			
	semences améliorées	semences améliorées	semences améliorées			
	Agricultur e pluviale	Agricultur e pluviale d'irrigatio n	Agricultur e pluviale d'irrigation	Agricultur e pluviale	Agricultur e d'irrigatio n	
hage	0,0008 (0,0013)	-0,0168** (0,0069)	-0,0092 (0,0080)	-0,0159 (0,0245)	0,0150 (0,0092)	
hysize	-0,0513** (0,0252)	0,0140 (0,1311)	-0,2710* (0,1540)	0,2993 (0,4218)	0,0133 (0,1829)	
hgender	0,4231*** (0,0705)	1,5171** (0,6440)	-0,8918** (0,4402)	1,3613 (1,4734)	0,0937 (0,2153)	-0,6856 (0,7078)
eqadu	0,0764** (0,0359)	0,0345 (0,1954)	0,4400 (0,2269)	-0,6779 (0,5716)	0,1710 (0,2628)	
heduc	0,0308 (0,0484)	-0,5033* (0,2736)	-0,5732 (0,4402)	-1,4633 (1,1042)	-0,3630* (0,1918)	1,0811*** (0,3658)
svmge	0,0287 (0,0524)	-	-0,7628** (0,3039)	-	-0,1694 (0,1496)	
ldalim	0,2781*** (0,0439)	0,1788 (0,2276)	0,1643 (0,2865)	1,5363** (0,7599)	-0,0070 (0,1393)	-0,8224** (0,3636)
lsuper	0,8597*** (0,0182)	0,5647*** (0,0513)	0,8645*** (0,1109)	-0,4793*** (0,1470)	-0,0394 (0,0567)	-0,2023** (0,0867)
fum	-	-	-	-	0,4203 (0,2759)	
raisem	-	-	-	-	0,8521*** (0,3163)	

	0,0164		0,2583		0,0707	
dsolid	(0,0486)		(0,3212)		(0,1595)	
	-		-			
	0,1694***		0,7058***		-0,0349	
dlotrav	(0,0401)		(0,2658)		(0,1231)	
	-0,0168		-0,0305		-0,0107	
lneqp	(0,0267)		(0,1621)		(0,0771)	
	-0,3101**		0,0746		-0,2644	0,6421**
phyto	(0,0661)		(0,3472)		(0,1772)	(0,3050)
	0,0296		-0,1874		-0,2055	
eng	(0,0471)		(0,3002)		(0,1340)	
	0,0661		0,8042***		-0,0060	
trani	(0,0413)		(0,2730)		(0,1359)	
	-0,4433*				-7,8395	
lhypo_p	(0,2343)				(82249)	
lprodmoye	0,5750***		0,4818***			
n	(0,0131)		(0,0731)			
					0,2447***	
ldnalim					(0,0901)	
					0,1665	-0,3560
syscult					(0,1142)	(0,3445)
					-0,1303	
lpro_p					(0,0802)	
					0,3918**	
lloca_p					(0,1622)	
	7,7908***	3,8326	7,7030*	-10,836	-3,9575**	8,0076*
cons	(0,6206)	(3,0780)	(4,3687)	(9,3623)	(1,6946)	(4,6309)
L'importance du biais de sélection						
	Agriculture pluviale			Agriculture d'irrigation		
rho0	-0,0213 (0,2161)			-0,4701** (0,2343)		
rho1	0,9116*** (0,0962)			-0,8677*** (0,2839)		

---

LR test of indep. eqns. : chi2(2)    LR test of indep. eqns. : chi2(2) =    5,10  
 = 5,44    Prob > chi2 = 0,0657    Prob > chi2 = 0,0781

---

**Source :** auteur à partir des données de l'ECVMA/2011 ; \*\*\* significativité à 1%, \*\* significativité à 5%, \* significativité à 10% ; (.) représente l'écart type.

### Conclusion

Cette recherche s'est intéressée à l'effet de l'éducation sur la productivité des ménages agricoles à travers l'adoption des nouvelles technologies agricoles, qui sont les engrais chimiques, les produits phytosanitaires et les semences améliorées en agriculture pluviale et en agriculture d'irrigation. Premièrement, il a été question de déterminer l'impact de l'adoption de nouvelles technologies agricoles sur la productivité des ménages agricoles. Et, deuxièmement, l'analyse a porté sur l'effet de l'éducation sur l'adoption des nouvelles technologies agricoles.

Il ressort de l'analyse que l'éducation augmente l'efficacité des ménages agricoles mais que cette augmentation est plus importante en agriculture d'irrigation. L'adoption des nouvelles technologies agricoles améliore la productivité agricole des ménages en agriculture d'irrigation. En agriculture pluviale l'adoption des engrais chimiques et des produits phytosanitaires permet d'améliorer la productivité agricole mais que l'utilisation des semences améliorées diminue la productivité des ménages agricoles. Toutefois, la probabilité que les ménages agricoles adoptent les nouvelles technologies agricoles est faible même si elle est relativement plus grande en agriculture d'irrigation qu'en agriculture pluviale.

L'analyse montre que l'éducation augmente la probabilité que les ménages adoptent les nouvelles technologies agricoles excepté pour les semences améliorées en agriculture pluviale et les phytosanitaires en agriculture d'irrigation. En plus, les résultats montrent que les ménages agricoles qui adoptent les technologies agricoles sont plus productifs lorsqu'ils sont éduqués que s'ils ne le sont pas. Lorsque les ménages agricoles ne bénéficient pas d'une éducation, l'adoption de nouvelles technologies agricoles réduit leur productivité. L'éducation favorise donc globalement l'adoption de nouvelles technologies agricoles qui à leur tour ont un impact positif sur la productivité agricole. Il existe un effet multiplicateur de l'éducation (scolarisation et encadrement agricole) sur la productivité du ménage agricole lorsqu'il adopte les nouvelles technologies agricoles. Cet effet multiplicateur est constaté par le fait que les ménages agricoles avec éducation qui adoptent les nouvelles technologies agricoles sont plus productifs que les ménages agricoles sans éducation qui adoptent les nouvelles technologies agricoles.

Cette recherche présente des résultats qui pourraient contribuer à améliorer la productivité agricole. Cependant, il serait plus intéressant d'analyser la dynamique de l'effet de l'éducation sur la productivité agricole surtout avec la relative bonne performance de l'agriculture de ces dernières années.

## Annexes

### Annexe N°1 : Caractéristiques de la production en agriculture pluviale

Variables	Moyennes	Ecart types
Production (kg)	633.51	821.41
Production moyenne (kg)	185.03	408.65
Productivité (kg/ha)	283.36	707.42

Source : auteur à partir des données de l'ECVMA/2011

### Annexe N°2 : Proportion des ménages agricoles selon l'utilisation des intrants en agriculture pluviale

Variables	Oui	Quantité moyenne
Fumure	54,10	-
Engrais	19,00	5.03 (kg)
Phytoprotecteurs	8,50	4.36 (litres)
Brulis	32,81	-
Solidarité	16,19	-
Location	30,53	-
Moto	7,78	-
Semence améliorée	3,35	-
Traction animale	23,87	-

Source : auteur à partir des données de l'ECVMA/2011

### Annexe N°3 : Utilisation d'intrants et taux d'éducation des chefs des ménages agricoles en agriculture d'irrigation

Variables	Oui (%)	Non (%)
Utilisation d'intrants		
Semences améliorées	15,23	84,77

Raison d'utilisation de la semence : rendement	52,28	47,77
Utilisation de l'engrais chimique	68,53	31,47
Utilisation des produits phytosanitaires	30,46	69,54
Niveaux d'éducation des chefs des ménages agricoles		
Scolarisation	14,72	85,28

**Source :** auteur à partir des données de l'ECVMA/2011

#### **Annexe N°4 : Caractéristiques de ménages agricoles en agriculture d'irrigation**

<b>Variables</b>	<b>Moyennes</b>	<b>Ecart types</b>
Superficie de l'exploitation agricole du ménage (ha)	1,03	1,49
Production agricole du ménage (kg)	2061,67	2793,42
Productivité agricole du ménage (kg/ha)	9724,25	16572,42

**Source :** auteur à partir des données de l'ECVMA/2011

#### **Bibliographique**

Archer, A. (1981), « L'Éducation des Fermiers, leur Age et la Productivité des Intrants Agricoles selon la Dimension des Fermes Laitières : le cas de la Région "04", Québec », *L'Actualité économique*, vol. 57, No. 1, pp. 113-127.

Arrow, K.J. (1973), « Higher Education as a Filter », *Journal of Public Economics*, Vol. 2, No. 3, pp. 193-216.

Asadullah, N. et S. Rahman (2006), « Farm Productivity and Efficiency in Rural Bangladesh : The Role of Education Revisited », *International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia*.

Azhar, R. A. (1991), « Education and Technical Efficiency during the Green Revolution in Pakistan », *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 39, No. 3, pp. 651-665.

Banque Mondiale (2008), « *L'Agriculture au Service du Développement* », Rapport sur le Développement dans le Monde.

Barro, R. J. (1990), « Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth », *Journal of Political economy*, 98 (5), pp. 103-25.

Becker, G. S. (1962), « Investment in Human Capital : A Theoretical Analysis », *The Journal of Political Economy*, Vol. 70, Issue, Part 2 : Investment in Human Beings, pp. 9-49.

Benhabib, J. et M. M. Spiegel (1992), « The Role of Human Capital in Economic Development : Evidence of Aggregate Cross-Country and Regional U. S. Data », *C. V. STARR Center for Applied Economics*, 46.

- Berg, I. (1970), « *Education and Jobs : The Great Training Robbery* », Har Monsworth, Penguin.
- Butare, T. (1991), « Education et productivité dans les secteurs traditionnels : une Analyse empirique », *Économie & prévision. L'économie du développement*, No. 97, pp. 35-48.
- Cole, S. A. et A. N. Fernando (2012), « The Value of Advice : Evidence from Mobile Phone-Based Agricultural Extension » *Havard Business School, Working Paper*, 13-047.
- Daly, A. (1982), « The contribution of Education to Economic Growth in Britain : A Note on the Evidence », *National Institute Economic Review*, No 101, pp. 48-56.
- Egnonto, K-T., H. Kpotogbé et K. Komi (2007), « Impact Des Politiques D'alphabetisation Sur La Production Et La Securite Alimentaires Au Togo » *AAAE Conference proceedings*, 567-571.
- Foster, A. D. et M. R. Rosenzweig (1996), « Association Technical Change and Human-Capital Returns and Investments : Evidence from the Green Revolution », *The American Economic Review*, Vol. 86, No. 4, pp. 931-953.
- Gisser, M. (1965), « Schooling and the Farm Problem », *Econometrica*, Vol. 33, No. 3, pp. 582-592.
- Griliches, Z. et W. M. Mason (1972), « Education, Income, and Ability », *The Journal of Political Economy*, Vol. 80, No. 3, Part 2 : Investment in Education : The Equity-Efficiency Quandary pp. 74-103.
- Gurgand, M. (2000), « Sait-on Mesurer le Rôle Economique de l'Education ? » *Revue Française d'Économie*, vol. 15, No. 2, pp. 121-156.
- Gurgand, M. (1993), « Education et Production Agricole en Côte d'Ivoire » *Revue d'Économie et du Développement*, 4, pp. 37-53.
- Huffman, W. E. (1977), « Allocative Efficiency : The Role of Human Capital », *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 91, No. 1, pp. 59-79.
- Huang, F-M., Y-H. Luh (2009), « The Economic Value of Education in Agricultural Production : A Switching Regression Analysis of Selected East Asian Countries », *Contributed Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Beijing, China, August 16-22*.
- Islam, N. (1995), « Growth Empirics : A Panel Data Approach », *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 110, No. 4, pp. 1127-1170.



- Kyriacou, G. A. (1991), « Level and Growth effects of Human Capital: A Cross-Country Study of the Convergence Hypothesis », *C.V. STTARR Center for Applied Economics*, Working Paper 26.
- Layard A, R., J. Sargan, M. Ager, et D. Jones (1971), « *Qualified Manpower and Economic Performance* ». Allen Lane, The Penguin Press, London.
- Leibenstein H. (1966), « Allocative Efficiency versus X-Efficiency », *American Economic Review*, pp. 392-415.
- Lee, L-F. (1979), « Identification and Estimation in Binary Choise Modèls with Limited (Censored) Dependent Variables », *Econometrica*, Vol. 47 (4), pp. 977-996.
- Li, Z. et Y. Ma (2015), « Rural Education, Technological Progress and Productivity Growth in China's », *International Conference of Agricultural Economist (ICAE)*.
- Lin, J. Y. (1991), « Education and Innovation Adoption in Agriculture : Evidence from Hybrid Rice in China » *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 73, No. 3, pp. 713-723.
- Lockheed, M. E., T. Jamison et L. J. Lau (1980), « Farmer Education and Farm Efficiency : A Survey », *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 29, No. 1, pp. 37-76.
- Lucas, R. E. Jr. (1988), « On The Mechanics of Economic Development », *Journal of Monetary Economics* 22, 3-42. North-Holland.
- Maddala, G. S. (1983), « Limited-Dependent and Qualitative Variables in Economics », *New York : Cambridge University Press*, pp. 257-91.
- Mincer, J. (1974), « Progress in Human Capital Analysis of the Distribution of Earnings », *NBER*, Working Paper No. 53.
- Mincer, J. (1958), « Investment in Human Capital and Personal Income Distribution » *Journal of Political Economy*, Vol. 66, No. 4 ; pp. 281-302.
- Moock, P. R. (1981), « Education and Technical Efficiency in Small-Farm Production », *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 29, No. 4, pp. 723-739.
- Nelson, R. R. et E. S. Phelps (1966), « Investment in humans, technological diffusion, and economic » *The American economic review*, vol. 56, No. 1/2, pp. 69-75.
- Ogundari, K. (2013), « The Paradigm of African Agricultural Efficiency, 1967-2012 : What Does Meta-Analysis Reveal ? », *Paper presented at the 2013 NZARES Conference : Lincoln University-Canterbury, New Zealand*.
- Patrick, G. F. et E. W. Kehrberg (1973), « Costs and Returns of Education in Five Agricultural Areas of Eastern Brazil », *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 55, No. 2, pp. 145-153.

- Phillips, J. M. (1994), « Farmer Education and Farmer Efficiency : A Meta-Analysis », *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 43, No. 1, pp. 149-165.
- Pudasaini, S. P. (1983), « The Effects of Education in Agriculture : Evidence from Nepal », *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 65, No. 3, pp. 509-515.
- Rehman, K. N. et K. Jangraiz et T. Muhammad (2012), « The Role of Education in Agricultural Productivity in Khyber Pakhtunkhwa (1975-2008) » *MPRA Paper*, No. 51911.
- Reimers, M. et S. Klasen (2011), « Revisiting the Role of Education for Agricultural Productivity », *Discussion papers, Ibero America Institute for Economic Research*, No. 214.
- Rosier, B. et J. Berlan (1989), « Les nouvelles technologies agricoles comme production sociale » *Economie rurale*, N°192-193, pp. 23-28.
- Savadogo, K. et P. Mangenot (2009), « *The cotton sector in BURKINA FASO : Performance, Crisis and the Way Forward* », Draft final report.
- Schultz, T.W. (1975), « The Value of the Ability to Deal with Disequilibria », *Journal of Economic Literature*, 13 (3).
- Schultz, T. W. (1961), « Investment in Human Capital » *The American Economic Review*, Vol. 51, No. 1, pp. 1-17.
- Sikod, F. et J. M. N. Djomo (2012), « The Effects of Human Capital on Agricultural Productivity and Farmer's Income in Cameroon », *International Business Research* Vol. 5, No. 4, pp. 149-160.
- SIMA (2010), « *Etude sur la transmission des fluctuations et le calcul des prix de parité du riz et du maïs au Niger* », Rapport final.
- Stiglitz, J. E. (1976), « The Efficiency Wage Hypothesis, Surplus Labour, and the Distribution of Income in L. D. C », *Oxford Economic Papers*, New Series, Vol. 28, No. 2, pp.185-207.
- Thurow, L. C. (1975), « Education and Economic Equality », *The Public Interest*, No. 28.
- Weir, S. et J. Knight (2000), « Adoption and Diffusion of Agricultural Innovations in Ethiopia : The Role of Education », *Centre for the Study of African Economies*, WPS2000-5.
- Weir, S. (1999), « The Effects of Education on Farmer Productivity in Rural Ethiopia », *WPS* 99-7.
- Welch, F. (1970), « Education in Production » *Journal of Political Economy*, Vol. 78, No. 1, pp. 35-59.
- Zonon, A. (2003), « Education et productivité des agriculteurs : cas des producteurs céréalières du Burkina Faso », *Rapport d'étude*, Numero 51.