

## UNIVERSITE THOMAS SANKARA

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

# REVUE ECONOMIQUE ET SOCIALE AFRICAINE

## SÉRIES ÉCONOMIE

**Commerce extérieur de l'UEMOA :**  
les frontières communautaires comptent-elles ?

Abdoul Kader S. SOMA & Aline MULLER

**Complémentarité des décisions d'adoption  
des semences améliorées et des engrais chimiques  
chez les producteurs de maïs au Burkina Faso**

Bienlo Annick Marina PARE

**Indice de propagation du Covid-19 au Niger  
et prévision de cas potentiels dans les régions touchées**

Nafiou MALAM MAMAN, Badamassi ABOUBACAR, Ali RABIOU,  
Abdou Hamani ADAMOU, Issa Boureima GUIRE, Wadje Roufaye SAIDOU & Habou ISSA

**Effet de la qualité institutionnelle sur les investissements directs  
étrangers dans les pays de l'UEMOA**

Mouhamadou Lamine DIAL

**Effet des transferts de fonds des migrants sur le bonheur  
des ménages récipiendaires au Togo**

Kokouvi Kunal  MAWUENA & Mawuss  Komlagan Nézan OKE

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

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

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

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

La plupart des numéros précédents (72 numéros) sont disponibles en version électronique sur le site web du CEDRES [www.cedres.bf](http://www.cedres.bf)

La REVUE CEDRES-ETUDES est disponible au siège du CEDRES à l'Université Thomas SANKARA et dans toutes les grandes librairies du Burkina Faso et aussi à travers le site web : [www.cedres.bf](http://www.cedres.bf)

## **DIRECTEUR DE PUBLICATION**

Pr Pam ZAHONOGO, Université Thomas SANKARA (UTS)

## **COMITE EDITORIAL**

Pr Pam ZAHONOGO, UTS Editeur en Chef

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Denis ACCLASATO, Université d'Abomey Calavi

Pr Akoété AGBODJI, Université de Lomé

Pr Chérif Sidy KANE, Université Cheikh Anta Diop

Pr Eugénie MAIGA, Université Norbert ZONGO Burkina Faso

Pr Mathias Marie Adrien NDINGA, Université Marien N'Gouabi

Pr Omer COMBARY, UTS

Pr Abdoulaye SECK, Université Cheikh Anta DIOP

Pr Charlemagne IGUE, Université d'Abomey Calavi

## **SECRETARIAT D'EDITION**

Dr Samuel Tambi KABORE, UTS

Dr Théodore Jean Oscar KABORE, UTS

Dr Jean Pierre SAWADOGO, UTS

Dr Kassoum ZERBO, UTS

## **COMITE SCIENTIFIQUE DE LA REVUE**

Pr Abdoulaye DIAGNE, UCAD (Sénégal)

Pr Adama DIAW, Université Gaston Berger de Saint Louis

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

Pr Albert ONDO OSSA, Université Omar Bongo (Gabon)

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

Pr Youmanli OUOBA, UTS

Pr Kimséyinga SAVADOGO, UTS

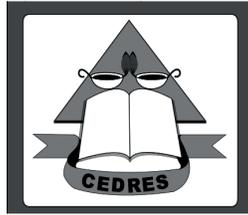
Pr Nasser Ary TANIMOUNE, Université d'Ottawa (Canada)

Pr Noel THIOMBIANO, UTS

Pr Gervasio SEMEDO, Université de Tours

Pr Pam ZAHONOGO, UTS

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



[www.cedres.bf](http://www.cedres.bf)

# **REVUE CEDRES-ETUDES**

Revue Economique et Sociale Africaine

**REVUE CEDRES-ETUDES N°73**

**Séries économie**

**1<sup>er</sup> Semestre 2022**



# SOMMAIRE

## **Commerce extérieur de l'UEMOA : les frontières communautaires comptent-elles ?.....07**

Abdoul Kader S. SOMA & Aline MULLER

## **Complémentarité des décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques chez les producteurs de maïs au Burkina Faso.....55**

Bienlo Annick Marina PARE

## **Indice de propagation du Covid-19 au Niger et prévision de cas potentiels dans les régions touchées.....82**

Nafiou MALAM MAMAN, Badamassi ABOUBACAR, Ali RABIOU,  
Abdou Hamani ADAMOU, Issa Boureima GUIRE,  
Wadje Roufaye SAIDOU & Habou ISSA

## **Effet de la qualité institutionnelle sur les investissements directs étrangers dans les pays de l'UEMOA.....107**

Mouhamadou Lamine DIAL

## **Effet des transferts de fonds des migrants sur le bonheur des ménages récipiendaires au Togo.....148**

Kokouvi Kunalè MAWUENA & Mawussé Komlagan Nézan OKEY

**COMPLÉMENTARITÉ DES DÉCISIONS D'ADOPTION DES  
SEMENCES AMÉLIORÉES ET DES ENGRAIS CHIMIQUES CHEZ LES  
PRODUCTEURS DE MAÏS AU BURKINA FASO**

**Bienlo Annick Marina PARE**

Chercheur, Institut des Sciences des Sociétés/Centre  
National de la Recherche Scientifique et Technologique,  
Burkina Faso, kaboreparemarina@gmail.com

## Résumé

L'objectif de cet article est d'analyser la complémentarité des décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques chez les producteurs de maïs au Burkina Faso. Pour ce faire, un modèle probit bivarié a été estimé sur les données de l'Enquête Permanente Agricole 2013-2014. Les résultats montrent que les décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques sont faiblement complémentaires dans la production du maïs. La superficie, la zone pluviométrique et la subvention sont les variables qui affectent positivement les décisions jointes d'adoption des technologies. Les résultats obtenus impliquent que les politiques agricoles facilitent l'accès à la subvention en intrant, afin d'inciter les producteurs de maïs à adopter les semences améliorées et les engrais chimiques sous forme de paquet technologique.

**Mots clés :** Adoption, semences améliorées, engrais chimiques, probit bivarié, Burkina Faso

## Abstract

The objective of this article is to analyze the complementarity of decisions to adopt improved seeds and chemical fertilizers among maize producers in Burkina Faso. To do this, a bivariate probit model was estimated using data from the 2013-2014 Permanent Agricultural Survey. The results show that decisions to adopt improved seeds and chemical fertilizers are weakly complementary in maize production. Land size, rainfall area and subsidy are the variables that positively affect joint decisions on technology adoption. The results obtained imply that agricultural policies facilitate access to input subsidy, in order to encourage maize producers to adopt improved seeds and chemical fertilizers in the form of technological package.

**Keywords :** Adoption, improved seeds, chemical fertilizers, bivariate probit, Burkina Faso

## 1. Introduction

L'augmentation de la productivité agricole nécessite l'utilisation de multiples intrants et technologies qui imposent aux ménages agricoles des décisions d'adoption multidimensionnelles (Abay et al., 2018). Selon Hayami et Ruttan (1998) et Ruttan (2002), les semences améliorées et les engrais chimiques sont des techniques biologiques et chimiques qui économisent la terre. Ils sont conçus pour faciliter la substitution des pratiques de production à forte intensité de main-d'œuvre ou des engrais chimiques à la terre. Les semences améliorées et les engrais chimiques permettent ainsi d'accroître la production agricole (Takahashi et al., 2020). Cependant, les taux d'adoption de ces intrants agricoles sont encore très faibles, même dans les régions où d'importants programmes de subventions ont été introduits pour soutenir la diffusion de ces technologies (Kpadonou et al., 2018).

Au niveau théorique, la théorie néoclassique de l'utilité espérée de Von Neumann et Morgenstern (1944) est l'approche dominante utilisée pour analyser les décisions d'adoption des technologies agricoles. Cette théorie suppose que les agents économiques sont rationnels et évoluent dans un environnement caractérisé par le risque et l'incertitude. Au niveau empirique, de nombreuses études ont permis d'identifier les déterminants de l'adoption des technologies agricoles (Sunding et Zilberman, 2001 ; Ghadim et al., 2005) et les facteurs fréquemment associés à un faible ratio d'adoption concernent l'imperfection de l'information, l'inadéquation du capital humain, les contraintes institutionnelles, l'incertitude et le risque (Mc Guirk et Mundlak, 1991). Cependant, un grand nombre de recherches sur l'adoption des technologies agricoles en Afrique ont ignoré la nature simultanée de certaines décisions d'adoption en considérant une seule technologie (Ogada et al., 2014 ; Ahmed et al., 2017 ; Abay et al., 2018 ; Kpadonou et al., 2018).

L'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques a été analysée par de nombreux auteurs (Chirwa, 2005 ; Zavale et al., 2005 ; Combarry, 2013 ; Martey et al., 2014 ; Salifu et al., 2015), en portant peu d'attention sur la nature complexe de la décision face à ces inputs et leur possible complémentarité. Dans la plupart de ces études, les semences

améliorées et les engrais chimiques sont adoptés de façon indépendante. Greene (2003) souligne que si la simultanéité dans la prise de décision existe, cette approche donne des estimations biaisées, inefficaces et incohérentes. L'aspect complémentaire ou interdépendant des technologies se traduit par le fait que le rendement d'une technologie peut s'accroître avec une utilisation supplémentaire d'une autre technologie (Milgrom et Roberts, 1995). Abay et al. (2018) soutiennent que la détermination de la mesure selon laquelle des technologies peuvent être complémentaires est une étape importante pour comprendre le faible niveau d'adoption de ces dernières.

Au Burkina Faso, les taux d'adoption des semences améliorées de maïs et des engrais chimiques demeurent faibles, bien que ces intrants bénéficient d'une politique nationale de subvention des prix des intrants. Les semences améliorées au sens stricte ne représentent que 11 à 15% des semences utilisées dans la production du maïs (MASA, 2013). Aussi, les doses d'utilisation des semences améliorées de maïs (5,5 kg par hectare) sont largement inférieures aux doses recommandées par hectare (20 Kg) dans le pays (Banque Mondiale, 2013). Les taux d'utilisation des engrais sont également faibles. Koussoubé et Nauges (2015) ont montré que le NPK n'est appliqué en moyenne que sur 35% des parcelles de maïs au Burkina Faso. Ces faiblesses des taux d'adoption de ces innovations agricoles peuvent affecter la production du maïs et la sécurité alimentaire d'une grande partie de la population. En effet, le maïs occupe la deuxième place en termes de production céréalière du pays avec une production estimée à 1 602 525 tonnes au cours de la campagne agricole 2016-2017 (INSD, 2017). Cette culture est pratiquée par 78,6 % des ménages agricoles en saison pluvieuse et sa part dans l'alimentation est estimée à environ 16% (MASA, 2013).

Bien qu'il existe des études réalisées au Burkina Faso sur les déterminants de l'adoption des semences améliorées de maïs et des engrais chimiques (Barry, 2016 ; Sanou et al., 2017 ; Theriault et al., 2018), peu ont analysé la complémentarité entre les technologies (Theriault et al., 2016). Or, Coulibaly et Savadogo (2019) ont montré que l'utilisation de semences améliorées de maïs augmente la probabilité d'avoir accès à des engrais

subventionnés. Le résultat des auteurs montre que les décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques sont dépendantes et ne sauraient donc être estimés séparément. La prise en compte du caractère dépendant des décisions d'adoption des technologies a été effectuée par Theriault et al. (2016) au Burkina Faso, en utilisant un modèle probit multivarié pour analyser les décisions d'adoption de plusieurs stratégies d'intensification agricole dont les semences améliorées et les engrais chimiques. Cependant, ces auteurs ont considéré les semences améliorées et les engrais chimiques comme une technologie unique en les incluant comme une seule variable dans le modèle. Par ailleurs, Theriault et al. (2016) ont considéré trois types de céréales dans leur étude (maïs, sorgho et mil) rendant l'analyse plus vaste. L'étude de ces auteurs ne permet donc pas de quantifier la complémentarité entre les décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques chez les producteurs de maïs au Burkina Faso.

La présente recherche propose de combler ce gap de la littérature en analysant simultanément les décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques chez les producteurs de maïs au Burkina Faso, à l'aide d'un modèle probit bivarié. Les données utilisées sont celles de ménages ruraux, collectées au Burkina Faso au cours de la campagne agricole 2013-2014 dans le cadre de l'Enquête Permanente Agricole (EPA). L'échantillon est composé de 1047 producteurs de maïs. La suite de l'article est organisée en cinq sections. La première section présente la méthodologie. La deuxième section décrit les données et les variables utilisées. L'analyse descriptive des données est présentée dans la troisième section. La quatrième section analyse les résultats de l'adoption simultanée des semences améliorées et des engrais chimiques. La cinquième section conclut l'article en tirant les implications de politique économique.

## 2. Méthodologie

### 2.1. Modélisation des décisions d'adoption

La théorie de l'utilité espérée (Von Neumann et Morgenstern, 1944 ; Savage, 1954) est l'approche standard de la modélisation du comportement des agents économiques en matière d'adoption des innovations. Le principe fondamental de la théorie de l'utilité espérée est que le comportement du décideur est entièrement déterminé par ses préférences sur les distributions de probabilités et sur les conséquences de ses actions. Le producteur peut adopter ( $i = 1$ ) ou ne pas adopter ( $i = 0$ ) la technologie. Le producteur choisira d'adopter la technologie si l'utilité espérée sous l'adoption est supérieure à l'utilité espérée en l'absence d'adoption, ce qui se traduit par l'équation 1 :

$$E[U(\pi^1)] > E[U(\pi^0)]$$

La théorie de la maximisation de l'utilité espérée suppose simplement que les sujets ont des préférences stables, qui ne changent pas avec le temps ou les conditions du choix. De façon empirique, la décision du producteur est définie comme un choix discret pour la technologie considérée. Lorsqu'il s'agit d'analyser la relation entre deux ou plusieurs technologies, chaque technologie ne peut être estimée séparément à l'aide d'un modèle de régression univarié que si et seulement s'il y a hypothèse de non corrélation des choix. Cependant, dans cet article, il convient de prendre en compte les interactions entre les technologies considérées car il est recommandé fortement que l'utilisation des semences améliorées de maïs soit combinée avec des doses adéquates d'engrais chimiques (Banque mondiale, 2013). Pour ces raisons, la décision du producteur est estimée comme un choix discret en utilisant un modèle Probit bivarié.

### 2.2. Le modèle Probit bivarié

Le modèle Probit bivarié permet de prendre en compte l'interdépendance et l'endogénéité des technologies, en estimant simultanément deux variables binaires qui peuvent être corrélées. Ce modèle a été utilisé par des auteurs tels que Ogada et al. (2014) et Abay et al. (2018) dans l'analyse des décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais

chimiques. Suivant ces auteurs, les décisions d'adoption des semences améliorées de maïs et des engrais chimiques au Burkina Faso sont chacune supposées être déterminées par une variable latente  $Y^*$  qui représente la différence entre l'utilité de l'agriculteur due à l'adoption des technologies et l'utilité en cas de non adoption.  $Y^*$  est inobservable et sa valeur dépend d'une série de variables  $X_i$ .

La variable dichotomique  $Y$  observée est liée à la variable latente  $Y^*$  par la relation suivante :

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{si } Y^* > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} )$$

Si  $Y^* > 0$ , l'individu a suffisamment d'incitations à adopter la nouvelle technologie et la variable dichotomique prend la valeur 1.

Soit  $M = 2$  le nombre de technologies à adopter. Le modèle Probit bivarié à 2 équations pour un individu  $i$  se présente de la manière suivante :

$$Y_{im}^* = \beta' X_{im} + \varepsilon_{im} \quad (3)$$

$$\text{et } Y_{im} = 1 \text{ si } Y_{im}^* > 0 \text{ et } 0 \text{ sinon} \quad (4)$$

avec  $m = 1, 2$ . Les  $\varepsilon_{im}$  sont les termes d'erreur qui suivent une loi normale bivariée, chacun avec une moyenne égale à zéro et une matrice de variance-covariance  $\Sigma$ . La matrice de variance-covariance prend la valeur de 1 sur la diagonale principale et est égale aux corrélations ( $\rho_{jk} = \rho_{kj}$ , la covariance entre  $j$  et  $k$  est identique à celle entre  $k$  et  $j$ ) sur les éléments non diagonaux. Lorsque  $\rho_{jk} = \rho_{kj} = 0$ , il n'y a pas de complémentarité ou d'interdépendance entre l'adoption des différentes technologies considérées.  $X_i$  représente les facteurs socio-économiques et institutionnels et  $\alpha_i$  le coefficient associé aux facteurs socio-économiques et institutionnels. Le modèle Probit bivarié est estimé par la méthode du maximum de vraisemblance.

## **3. Présentation des données et description des variables utilisées**

### **3.1. Présentation des données**

Les données utilisées dans ce travail sont celles de ménages ruraux, collectées au Burkina Faso dans le cadre de l'Enquête Permanente Agricole (EPA). Cette enquête est mise en œuvre par la Direction de la Prospective et des Statistiques Agricoles et Alimentaires (DPSAA) du Ministère en charge de l'Agriculture. L'EPA est une enquête par sondage de portée nationale qui couvre les 45 provinces du pays selon le découpage administratif. Cette enquête permanente vise principalement à estimer les productions des provinces et du pays pour chaque culture. Elle permet également de faire des prévisions de récoltes céréalières afin d'établir un bilan céréalier prévisionnel, de faire des estimations de stocks résiduels paysans, de suivre l'évolution du paradigme sécurité alimentaire, et d'évaluer les performances du secteur agricole.

Les données de l'enquête permanente agricole sont obtenues à partir de deux sources. La première source est l'enquête par sondage sur les ménages agricoles, réalisée auprès d'un échantillon de villages et de ménages répartis dans les 45 provinces du pays, et la seconde source est l'enquête administrative sur les bas-fonds aménagés et les périmètres irrigués. Les unités d'observations de l'enquête permanente agricole sont les exploitations agricoles de type ménages agricoles. Le champ d'observation concerne l'ensemble des ménages agricoles du Burkina Faso, excepté les ménages vivant dans les communes urbaines (chefs-lieux de provinces et communes de plein exercice). Pour la collecte des données de l'EPA, le ménage a été défini comme un groupe de personnes généralement unies par des liens de sang ou de mariage, logeant habituellement ensemble, produisant ensemble, et dont l'autorité budgétaire relève au moins théoriquement d'une seule personne appelée chef de ménage. Le ménage agricole est un ménage dans lequel un ou plusieurs membres entretiennent des parcelles pour le compte du ménage (le ménage peut être constitué d'une seule personne).

Les données utilisées dans ce travail sont celles de la campagne agricole 2013-2014. Le choix de la campagne 2013-2014 se justifie par le fait qu'elle correspond à la base de données la plus récente qui comporte l'ensemble des informations sur les quantités de facteurs de production utilisés. La spéculation choisie est le maïs en raison de son importance dans la production céréalière du pays et des faibles niveaux d'adoption de semences améliorées et d'engrais chimiques enregistrés dans la production. Par ailleurs, le maïs est une culture ayant bénéficié d'une politique de subvention des prix des semences améliorées et des engrais chimiques afin d'accroître le taux d'adoption de ces intrants. L'échantillon obtenu après apurement de la base de données est constitué de 1047 ménages.

### 3.2 Définition des variables utilisées pour l'estimation de l'adoption des innovations

Le modèle d'adoption est estimé simultanément pour les semences améliorées de maïs et les engrais chimiques (NPK et/ou urée) utilisés dans la production du maïs. Les différentes décisions d'adoption sont représentées par des variables binaires. La décision d'adoption des semences améliorées de maïs est représentée par une variable binaire notée *semence améliorée* = 1 si l'agriculteur a adopté la semence améliorée, et 0 sinon. La décision d'adoption des engrais chimiques dans la production du maïs est représentée par une variable binaire notée *Engrais chimiques* = 1 si l'agriculteur a adopté au moins l'un des deux types d'engrais chimique (NPK, urée), et 0 sinon. Les variables pouvant affecter la décision d'adoption de ces technologies sont relatives aux facteurs socio-économiques, démographiques et institutionnels (sexe, âge, éducation, accès au crédit, subvention, revenu non agricole, organisation paysanne, superficie, zone pluviométrique).

**Sexe**, c'est une variable binaire qui prend la valeur 1 si le chef de ménage est de sexe masculin, et 0 s'il est de sexe féminin. Les ménages agricoles dirigés par les hommes sont plus enclins à adopter les innovations agricoles (Ogada et al., 2014 ; Abay et al., 2018). L'effet anticipé de la variable sexe est donc positif. **Age**, c'est une variable quantitative discrète

exprimée en nombre d'années révolues. L'âge peut avoir des effets mitigés sur l'adoption des innovations. Les agriculteurs plus âgés peuvent avoir plus d'expériences, plus de ressources ou d'autorité qui leur donneraient plus de motivation pour adopter les nouvelles technologies. Par contre, il se peut que les jeunes agriculteurs soient plus susceptibles d'adopter les nouvelles technologies à cause de leur meilleure ouverture d'esprit sur le monde ou de leur niveau d'éducation plus élevé. En considérant l'exemple des semences améliorées, Zavale et al. (2005) et Akinbode et Bamire (2015) ont trouvé une relation négative entre l'âge et l'adoption des innovations. Cependant, Barry (2016) a montré que l'âge affecte positivement l'adoption de la technologie. L'effet attendu de l'âge sur l'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques peut être positif ou négatif.

**Éducation**, est définie par une variable binaire égale à 1, si le chef de ménage sait lire et écrire en langue française ou dans une langue locale quelconque, et 0 sinon. C'est un élément du capital humain essentiel à tout processus de développement. Le capital humain exerce un effet positif sur l'amélioration de l'habileté de l'agriculteur, qui en retour contribue significativement à expliquer l'adoption de l'innovation (Sunding et Zilberman, 2001). Au Burkina Faso, des études empiriques ont globalement montré un effet positif des indicateurs du capital humain sur la décision d'adoption des innovations agricoles (Sidibé, 2005 ; Combarry, 2013 ; Sanou et al., 2017). Par conséquent, l'éducation du chef de ménage devrait avoir un effet positif sur la probabilité d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques. **Crédit**, est défini par une variable binaire égale à 1 si le chef de ménage a accès au crédit et 0, sinon. L'accès au crédit augmente le capital financier de l'agriculteur et affecte sa capacité à obtenir les nouvelles technologies agricoles. Au Burkina Faso, où la plupart des ménages ruraux sont confrontés à des contraintes de liquidité, le crédit est essentiel pour l'acquisition des technologies. Combarry (2013) montre que l'accès au crédit a un effet positif significatif sur la probabilité d'adoption des engrais chimiques. Cette relation positive entre le crédit agricole et l'adoption des technologies a été mise en évidence par Sanou et al. (2017). Ainsi, les producteurs qui ont accès au crédit auraient plus d'incitation à adopter les innovations.

**Subvention**, c'est une variable binaire égale à 1 si le chef de ménage a obtenu des intrants subventionnés, et 0 sinon. La subvention des intrants permet de résoudre la contrainte financière liée à l'achat des facteurs de production. Selon Simtowe (2006) et Wiredu et al. (2015), la subvention a un effet positif sur la probabilité d'adoption des technologies. **Revenu non agricole**, c'est une variable continue qui représente le revenu annuel obtenu à partir des activités hors agricoles. Le revenu non agricole est un indicateur de la diversification des sources de revenu du ménage agricole et augmente le capital financier de ce ménage. Plus l'agriculteur a un revenu non agricole, plus il résout ses contraintes financières et plus sa probabilité d'adopter des nouvelles technologies agricoles augmente (Ayenew et al., 2020). Cependant, il existe des évidences empiriques d'un effet négatif du revenu non agricole sur l'adoption des technologies agricoles (Thuo et al., 2014 ; Wiredu et al., 2015). L'effet attendu de cette variable peut être positif ou négatif.

**Organisation paysanne**, c'est une variable binaire égale à 1 si le chef de ménage est un membre d'une organisation paysanne, et 0 sinon. L'appartenance à une organisation paysanne facilite la circulation d'informations entre les membres du groupe, notamment les informations sur la rentabilité et la disponibilité des nouvelles technologies. De nombreux auteurs tels que Combarry (2013), Barry (2016), Sanou et al. (2017) et Ahmed et al. (2017) ont montré qu'un agriculteur membre d'une organisation paysanne aura une plus forte probabilité d'adopter les nouvelles technologies agricoles. L'effet attendu est donc positif. **Superficie**, elle représente la superficie de la parcelle de maïs en hectares. La superficie peut avoir des effets positifs (Barry, 2016 ; Abay et al., 2018) ou négatifs (Nkonya et al., 1997 ; Martey et al., 2014) sur l'adoption des technologies.

**Zone pluviométrique**, c'est une variable binaire égale à 1 s'il s'agit d'une zone à forte pluviométrie (zone soudanienne du pays avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 900 et 1200 millimètres), et 0 s'il s'agit d'une zone à pluviométrie moyenne ou faible (zone soudano-sahélienne et zone sahélienne du pays avec une pluviométrie annuelle moyenne inférieure à 900 millimètres). La zone pluviométrique est un

indicateur des potentialités agricoles de la région. Pour Combarry (2013), les potentialités agricoles affectent positivement l'adoption des innovations. Nous anticipons une relation positive entre les caractéristiques pluviométriques de la zone de production et l'adoption des technologies. L'ensemble des variables utilisées ainsi que les signes escomptés de chacune de ces variables sur le comportement d'adoption sont résumés dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Description des variables utilisées et signes escomptés**

<b>Variables</b>	<b>Descriptions</b>	<b>Signes attendus</b>
<b>Sexe</b>	Variable binaire qui prend la valeur 1 si le chef de ménage est de sexe masculin, et 0 s'il est de sexe féminin	+
<b>Age</b>	Variable quantitative discrète exprimée en nombre d'années révolues	+/-
<b>Éducation</b>	Variable binaire égale à 1, si le chef de ménage sait lire et écrire en langue française ou dans une langue locale quelconque, et 0 sinon.	+
<b>Crédit</b>	Variable binaire égale à 1 si le chef de ménage a accès au crédit et 0, sinon	+
<b>Subvention</b>	Variable binaire égale à 1 si le chef de ménage a obtenu des intrants subventionnés, et 0 sinon	+
<b>Revenu non agricole</b>	Variable continue qui représente le revenu annuel obtenu à partir des activités hors agricoles	+/-
<b>Organisation paysanne</b>	Variable binaire égale à 1 si le chef de ménage est un membre d'une organisation paysanne, et 0 sinon	+
<b>Superficie</b>	Variable continue égale au nombre d'hectares emblavés en maïs	+/-
<b>Zone pluviométrique</b>	Variable binaire égale à 1 s'il s'agit d'une zone à forte pluviométrie et 0 s'il s'agit d'une zone à pluviométrie moyenne ou faible	+

**Source : Construit par l'auteur**

## 4. Analyse descriptive des données

Les données présentées dans le tableau 2, montrent que 11,36% des chefs de ménages producteurs de maïs adoptent les semences améliorées. Ce résultat est conforme à celui du MASA (2013), qui estime que le taux d'adoption de la semence améliorée de maïs au Burkina Faso représente entre 11 et 15%. Les semences améliorées ne sont donc pas encore utilisées par de nombreux producteurs de maïs. Plus de 80% des producteurs burkinabè sont encore tributaires du système traditionnel de production de semences basé sur la pratique familiale d'utilisation d'une partie de la récolte précédente comme semence à la prochaine campagne. Ils ne sont pas suffisamment sensibilisés sur les avantages liés à l'utilisation des semences des variétés améliorées générées par la recherche (CORAF, 2015). En ce qui concerne les engrais chimiques, les données montrent que 56,16% des producteurs de maïs adoptent au moins le NPK ou l'urée. Ce résultat indique que près de la moitié des producteurs de maïs n'utilisent pas d'engrais chimiques dans leur activité agricole.

Les données indiquent que les chefs de ménage sont des personnes adultes, dont l'âge moyen est de 50,35 ans. Il y a une forte dominance des hommes au niveau des chefs de ménage. Près de 97,23% des chefs de ménages producteurs de maïs sont de sexe masculin. L'une des caractéristiques principales du chef de ménage est sa reconnaissance par les autres membres du ménage comme principal preneur de décision au sein du ménage. En ce sens, les femmes détiennent très peu de pouvoir de décision au sein des ménages. Ces résultats sont conformes à ceux de l'INSD (2015) obtenus dans le cadre de l'enquête multisectorielle continue qui a montré qu'à tous les âges, ce sont les hommes qui dominent par leurs effectifs au niveau des chefs de ménage. La faiblesse du niveau d'éducation se traduit par le fait que seuls 23,40% des chefs de ménage savent lire et écrire. L'INSD (2015) a également obtenu des conclusions similaires en montrant que le taux d'alphabétisation des chefs de ménage en milieu rural est seulement de 23,2%.

**Tableau 2 : Statistiques descriptives des variables socio-économiques, démographiques et institutionnelles**

Variables	Moyennes ou proportions	Écarts-types
Adoption des semence améliorées (%)	11,36	
Adoption des engrais chimiques NPK ou urée (%)	56,16	
Age du chef de ménage (en années)	50,35	14,07
Sexe (% des chefs de ménage hommes)	97,23	
Éducation (% des chefs de ménage qui savent lire et écrire)	23,40	
Appartenance aux organisations paysannes (%)	33,61	
Accès au crédit agricole (%)	14,32	
Subvention de semences (%)	08,78	
Subvention d'engrais chimiques (%)	07,54	
Superficie (en hectares)	0,561	0,630
Appartenance à une zone à forte pluviométrie (%)	31,13	
Revenu non agricole (en Franc CFA)	111571,1	445599,1

**Source : Auteur à partir des données de l'EPA 2013-2014**

Les statistiques montrent également que les producteurs de maïs ne sont pas tous membres d'une organisation paysanne. Le taux d'adhésion aux organisations paysannes est de 33,61%. Les variables institutionnelles qui sont analysées font référence au crédit agricole et à la subvention en intrants agricoles, notamment les semences améliorées et les engrais chimiques. Ainsi, les producteurs de maïs ont des difficultés pour accéder au crédit agricole. Seulement 14,32% des producteurs ont obtenu du crédit pour leurs activités agricoles. Ces difficultés sont encore plus sévères avec les subventions aux intrants. Les producteurs de maïs ayant obtenu une subvention de semence ne représentent que 8,78% des producteurs. La proportion de ceux qui ont obtenu des engrais chimiques subventionnés est de 7,54%. L'analyse des superficies indique que le maïs est cultivé sur de petites superficies, avec une moyenne de 0,56 hectare par chef de ménage. Ce résultat montre que les exploitations de maïs sont de type familial. Les exploitations de type entrepreneurs agricoles, dotées de grandes superficies et orientées vers le marché sont en nombre très faible. Plus du tiers des producteurs de maïs (31,13%) exercent leur activité dans une zone à forte pluviométrie (pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 900

et 1200 millimètres). Les chefs de ménage qui exercent une activité non agricole gagnent un revenu non agricole annuel moyen de 111571,1 FCFA.

## **5. Résultats du modèle d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques**

Avant de procéder à l'estimation du modèle, il est nécessaire d'effectuer un test de multicolinéarité entre les variables choisies. Les résultats du test de multicolinéarité présentés en annexe indiquent que la multicolinéarité ne pose pas de problème, et que le modèle d'adoption des technologies peut être estimé à l'aide des variables choisies. Les résultats de l'estimation économétrique du modèle Probit bivarié d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques sont résumés dans le tableau 3. Le test du ratio de vraisemblance indique que le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%. Le résultat de ce test implique qu'il existe au moins un coefficient de chaque équation qui est différent de zéro. Les tests de signification individuelle des paramètres indiquent que les variables explicatives ont des effets significatifs différents sur les probabilités d'adopter conjointement les semences améliorées de maïs et les engrais chimiques.

L'existence et la nature du lien entre l'adoption de semences améliorées et celle des engrais chimiques sont déterminées par l'importance et le signe du coefficient de corrélation des termes d'erreur dans les deux équations. Ainsi, une relation positive suggère un lien de complémentarité entre les décisions d'adoption des technologies, tandis qu'un signe négatif indique un lien de substitution. La significativité du coefficient de corrélation des termes d'erreur des équations présentés dans le tableau 3 suggère que le modèle probit bivarié est une meilleure spécification pour les données observées. La relation entre l'adoption des semences améliorées et celle des engrais chimiques est très significative. Un coefficient de corrélation différent de zéro entre les décisions d'adoption de deux technologies suggère qu'il existe des facteurs non observables affectant les deux choix et révèle une interdépendance entre l'adoption des technologies. Le coefficient de corrélation obtenu (0,366) signifie que les variables

explicatives incluses dans les modèles affectent de manière conjointe l'adoption de semences améliorées et celle des engrais chimiques. Les décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques sont donc complémentaires. Ce résultat est proche de celui Abay et al. (2018) obtenu en Éthiopie. Cependant, la relation entre les deux décisions d'adoption des technologies est faible. Les producteurs de maïs qui adoptent les semences améliorées ont une faible probabilité (36,6%) d'adopter les engrais chimiques et vice versa. Ce résultat révèle que les semences améliorées et les engrais chimiques sont faiblement adoptés sous forme de paquet technologique. Cette faible adoption sous forme de paquet technologique peut s'expliquer par de nombreux facteurs dont le coût de ces intrants agricoles et les contraintes institutionnelles.

Les résultats de l'estimation des déterminants de l'adoption des technologies révèlent que la superficie, la zone pluviométrique et la subvention sont les variables qui affectent de façon simultanée les décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques. La superficie de la parcelle affecte positivement et significativement la probabilité d'adopter simultanément ces technologies. Un accroissement de 1 hectare supplémentaire de la superficie de la parcelle de maïs augmente la probabilité d'adopter les semences améliorées de maïs de 0,038. De même, un accroissement de 1 hectare supplémentaire de la superficie de la parcelle de maïs augmente la probabilité d'adopter les engrais chimiques de 0,281. Ce résultat est proche de ceux de Ogada et al. (2014) et Abay et al. (2018) obtenus respectivement au Kenya et en Éthiopie. Ces résultats signifient que les exploitations agricoles qui accroissent leurs superficies cultivées ont plus d'incitation à adopter les semences améliorées et les engrais chimiques. En effet, plus les exploitations augmentent leurs superficies, plus ils espèrent une production élevée, mais ces derniers s'exposent davantage aux effets du changement climatique. Dans un contexte de changement climatique, les producteurs seront amenés à adopter plus d'intrants permettant d'améliorer la qualité du sol et d'augmenter les rendements. En effet, Kansime et al. (2014) montrent que les agriculteurs utilisent un certain nombre de technologies ou pratiques dont les semences améliorées et les

engrais en réponse aux variations saisonnières des conditions climatiques. Ce qui leurs permet de réduire la variabilité des rendements.

Les résultats économétriques indiquent également que l'appartenance d'un producteur supplémentaire à une zone à forte pluviométrie (pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 900 et 1200 millimètres) augmente la probabilité d'adopter les semences améliorées de maïs de 0,058 et celle des engrais chimiques augmente de 0,174. Cela s'explique par le fait que le maïs est une culture qui exige de bonnes conditions pluviométriques. Lorsque le producteur se situe dans une zone qui satisfait ces conditions, il aura une plus forte incitation à adopter les innovations agricoles, car il a une certaine assurance que son investissement en intrants ne sera pas vain. La subvention est une variable qui affecte significativement la probabilité d'adoption des différentes technologies. En effet, l'obtention d'une semence subventionnée par un producteur qui n'en bénéficiait pas augmente la probabilité d'adopter les semences améliorées de 0,140. Ce résultat se rapproche de celui de Simtowe (2006) qui montre que l'accès gratuit aux inputs affecte positivement l'adoption du maïs hybride. Par ailleurs, lorsqu'un producteur supplémentaire obtient une subvention en engrais chimique, cela augmente la probabilité d'adopter cet engrais chimique de 0,190. L'effet positif de la subvention sur l'adoption des technologies s'explique théoriquement par les effets prix et revenu. L'effet prix est lié à une baisse du prix des semences améliorées et des engrais chimiques qui conduit à une utilisation plus élevée de ces intrants. En ce qui concerne l'effet revenu, la subvention apparaît comme un transfert de fonds qui réduit les contraintes budgétaires des agriculteurs.

**Tableau 3 : Résultats de l'estimation de l'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques par le probit bivarié**

	Adoption des semences améliorées		Adoption des Engrais chimiques	
	Effets marginaux	Erreurs-types	Effets marginaux	Erreurs- types
Sexe	-0,0060	0,0593	-0,0517	0,07719
Age	-0,0003	0,0007	-0,0011	0,00099
Éducation	0,0689***	0,0211	0,0347	0,03403
Organisation paysanne	-0,0107	0,0220	0,1130***	0,03224
Accès au Crédit	0,0091	0,0278	0,0233	0,04673
Superficie	0,0382***	0,0140	0,2819***	0,02791
Zone pluviométrique	0,0585***	0,0195	0,1747***	0,02964
Revenu non Agricole (en 10 milliers de Francs CFA)	0,000073	0,00019	0,00077*	0,00039
Subvention de semence	0,1408***	0,0253		
Subvention d'engrais			0,1903***	0,05589
Coefficient de corrélation		0,366***	0,0708	
Nombre d'observations		1047		
LR chi2(18)		= 253,99		
Prob > chi2		= 0,0000		

\*\*\* significatif à 1%, \*\* significatif à 5% et \* significatif à 10%.

**Source : Auteur à partir des données de l'EPA 2013-2014**

Selon les résultats obtenus, l'éducation affecte uniquement la décision d'adoption des semences améliorées de maïs. La capacité d'un producteur supplémentaire à lire et écrire entraîne un accroissement de la probabilité d'adopter les semences améliorées de 0,068. Ce résultat traduit toute l'importance du capital humain dans l'ouverture d'esprit des producteurs aux nouvelles technologies. Ce résultat est conforme à de nombreuses études réalisées sur l'adoption des semences améliorées de maïs (Sanou et al., 2017 ; Akinbode et Bamire, 2015 ; Teferi et al., 2015). Les variables qui n'affectent significativement que l'adoption des engrais chimiques sont l'appartenance des producteurs à une organisation paysanne et le revenu non agricole. L'appartenance des producteurs à une organisation paysanne a un effet positif et significatif sur la probabilité d'adopter les engrais chimiques. Lorsqu'un producteur supplémentaire devient membre d'une organisation paysanne, sa probabilité d'adopter au moins le NPK ou l'urée augmente de 0,113. Ce résultat est conforme à ceux de Combarry (2013) et Ahmed et al. (2017). L'organisation paysanne est en effet un indicateur du capital social du producteur. Lorsque les producteurs sont regroupés en groupement ou organisation, il devient plus facile pour eux d'avoir des engrais et de bénéficier d'informations et de formations.

Le revenu non agricole du ménage est une variable qui affecte significativement la probabilité d'adopter les engrais chimiques, mais dont l'effet marginal est très faible. Une augmentation du revenu non agricole de 10000 francs CFA supplémentaires, augmente la probabilité d'adopter les engrais chimiques de 0,0007 au seuil de 10%. Ce résultat signifie que les producteurs de maïs s'appuient faiblement sur le revenu des activités non agricoles pour accroître leur investissement en engrais chimiques. Toutefois, les activités non agricoles permettent aux producteurs de diversifier et d'accroître leur source de revenu. Ce résultat est contraire à celui de Mathenge et Smale (2013) qui ont montré que les revenus non agricoles des producteurs de maïs au Kenya sont négativement associés aux quantités d'engrais appliquées.

## 6. Conclusion

Les semences améliorées et les engrais chimiques sont des technologies biologiques et chimiques essentielles à l'accroissement de la productivité agricole, dont les taux d'adoption demeurent très faibles dans de nombreux pays en Afrique de l'Ouest. Au Burkina Faso, les recherches menées sur l'adoption de ces technologies ont ignoré la nature simultanée des décisions d'adoption en les estimant de façon séparée. L'utilisation d'un modèle Probit bivarié sur un échantillon de 1047 producteurs de maïs de l'Enquête Permanente Agricole 2013-2014, a permis d'analyser la complémentarité des décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques chez les producteurs de maïs au Burkina Faso.

Les résultats de l'estimation économétrique montrent que les décisions d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques sont complémentaires. Cependant, la relation entre les deux décisions d'adoption des technologies est faible. Les producteurs de maïs qui adoptent les semences améliorées ont une faible probabilité d'adopter les engrais chimiques. Ce résultat révèle que les semences améliorées et les engrais chimiques sont faiblement adoptés sous forme de paquet technologique. La superficie, la zone pluviométrique et la subvention sont les variables qui affectent positivement les décisions simultanées d'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques. Ces résultats indiquent que les exploitations agricoles qui accroissent leurs superficies cultivées ont plus d'incitation à adopter les semences améliorées et les engrais chimiques, particulièrement dans un contexte de variations des conditions climatiques. Aussi, lorsqu'un producteur se situe dans une zone de bonnes potentialités agricoles, il aura une plus forte incitation à adopter ces technologies. Enfin, l'obtention de la subvention en semences améliorées et engrais chimiques incite à l'adoption de chacune de ces technologies.

Les résultats ont également montré que l'éducation affecte positivement la décision d'adoption des semences améliorées de maïs. Ainsi, le capital humain joue un rôle important dans l'ouverture d'esprit des producteurs aux nouvelles technologies. Par ailleurs, l'appartenance des producteurs à une organisation paysanne et le revenu non agricole affectent positivement

l'adoption des engrais chimiques. En effet, l'organisation paysanne est un indicateur du capital social du producteur. Lorsque les producteurs sont regroupés en groupement ou organisation, il devient plus facile pour eux d'avoir des engrais, et de bénéficier d'informations et de formations. L'effet positif du revenu non agricole montre que les activités non agricoles et celle de la production du maïs ne sont pas concurrentes. Cependant, les producteurs de maïs s'appuient faiblement sur le revenu des activités non agricoles pour accroître leur investissement en engrais chimiques.

Les résultats obtenus permettent de tirer plusieurs implications en termes de politique agricole. Ainsi, il est nécessaire de promouvoir l'adoption des semences améliorées et des engrais chimiques sous forme de paquet technologique en raison de la relation de complémentarité entre ces technologies. Afin de permettre une forte corrélation entre l'adoption de ces technologies, les politiques doivent mettre l'accent à la fois sur les variables qui agissent conjointement sur les décisions d'adoption de ces deux technologies, mais également agir sur les variables qui influencent l'une ou l'autre de ces technologies. Dans ce sens, les politiques doivent permettre une facilitation de l'accès des producteurs à la subvention en semences améliorées et en engrais chimiques et mettre l'accent sur l'amélioration du niveau d'éducation des agriculteurs. Aussi, les politiques de renforcement du capital humain par l'alphabétisation sont à promouvoir. Des mesures incitatives à l'adhésion des producteurs agricoles aux groupements ou organisations paysannes sont nécessaires afin de renforcer le capital social de ces derniers.

## References bibliographiques

Abay K. A., Berhane G., Taffesse A. S., Abay K., and Koru B., (2018), « Estimating input complementarities with unobserved heterogeneity: Evidence from Ethiopia », *Journal of Agricultural Economics*, 69(2), 495-517.

Ahmed M. H., Geleta K. M., Tazeze A., Mesfin H. M., and Tilahun E. A., (2017), « Cropping systems diversification, improved seed, manure and inorganic fertilizer adoption by maize producers of eastern Ethiopia », *Journal of Economic Structures*, 6.

Akinbode W. O., and Bamire A. S., (2015), « Determinants of adoption of improved maize varieties in Osun State, Nigeria », *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 7(3), 65-72.

Aynew W., Lakew T. and Kristos E. H., (2020), « Agricultural technology adoption and its impact on smallholder farmer's welfare in Ethiopia », *African Journal of Agricultural Research*, 15(3), 431-445.

Banque Mondiale, (2013), « *Burkina-Faso : Indicateurs de l'Agro-business* », Washington, DC.

Barry S., (2016), « Déterminants socioéconomiques et institutionnels de l'adoption des variétés améliorées de maïs dans le Centre-Sud du Burkina Faso », *Revue d'Economie Théorique et Appliquée*, 6(2), 221-238.

Chirwa E. W., (2005); « Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in Southern Malawi », *Development Southern Africa*, 22(1), 1-12.

Combarry O. S., (2013), « Décisions d'adoption et d'intensification de l'utilisation des engrais chimiques dans la production céréalière au Burkina Faso », *Revue CEDRES-Etudes*, 56, 22-35.

CORAF, (2015), « *Lettre d'information bimestrielle pour la recherche et le développement agricoles en Afrique de l'ouest et du centre N0 80* ».

Coulibaly A. D. and Savadogo K., (2019), « Does fertilizer subsidy increase maize productivity in Burkina Faso? », *Development in Practice*, 30(3), 283-296.

De Bourmont M., (2012), « La résolution d'un problème de multicollinéarité au sein des études portant sur les déterminants d'une publication volontaire d'informations: proposition d'un algorithme de décision simplifié basé sur les indicateurs de de Belsley, Kuh et Welsch (1980) », *Comptabilités et innovation*, hal-00691156.

Ghadim A. K., Pannell D. J., and Burton M. P., (2005), « Risk, uncertainty, and learning in adoption of a crop innovation », *Agricultural Economics*, 33, 1-9.

Greene W., (2003), « *Econometric Analysis, 5th edn* », New York: New York University.

Hayami Y. and Ruttan V. W., (1998), « *Agriculture et développement, une approche internationale* ». Paris: INRA.

INSD, (2015), « *Enquête multisectorielle continue (EMC) 2014, Caractéristique sociodémographique de la population* », Burkina Faso. Institut National de la Statistique et de la Démographie / Ministère de l'Économie, des Finances et du développement.

INSD, (2017), « *Annuaire Statistique 2016* », Institut National de la Statistique et de la Démographie / Ministère de l'Économie, des Finances et du développement, Ouagadougou, Burkina Faso.

Kansiime K., Shisanya A. and Wambugu K., (2014), « Effectiveness of technological options for minimising production Risks under variable climatic conditions in eastern Uganda », *African Crop Science Journal*, 22(4), 859 - 874.

Koussoubé E., and Nauges C., (2015), « Returns to fertilizer use: does it pay enough? Some new evidence from sub-Saharan Africa ». *Tech. rep., DIAL Working Paper DT 07*.

Kpadonou R. A., Barbier B., Owiyo T., Denton F. and Rutabingwa F., (2018), « Manure and adoption of modern seeds in cereal-based systems

in West African drylands: linkages and (non) complementarities », *Natural Resources Forum, a United Nations Sustainable Development Journal (NRF)*, 43(1), 41-55.

Martey E., Wiredu A. N., Etwire P., Fosu M., Buah S. S., Bidzakin J., Ahiabor B. D. K., and Kusi F., (2014), « Fertilizer Adoption and Use Intensity Among Smallholder Farmers in Northern Ghana: A Case Study of the AGRA Soil Health Project », *Sustainable Agriculture Research*, 3(1), 24-36.

MASA, (2013), « *Situation de référence des principales filières agricoles au Burkina Faso* », Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire, Ouagadougou, Burkina Faso.

Mathenge M. K. and Smale M., (2013), « Off-farm Income and Fertilizer Investments By Smallholder Farmers in Kenya », *Invited paper presented at the 4th International Conference of the African Association of Agricultural Economists, September 22-25, Hammamet, Tunisia*.

Mc Guirk A. and Mundlak Y., (1991), « Incentives and constraints in the transformation of Punjab agriculture ». *International Food Policy Research Institute research report 87*.

Milgrom P., and Roberts J., (1995), « Complementarities and fit strategy, structure, and organizational change in manufacturing », *Journal of Accounting and Economics*, 19(2-3), 179–208.

Nkonya E., Schroeder T. and Norman D., (1997), « Factors affecting adoption of improved maize seed and fertilizer in northern Tanzania », *Journal of Agricultural Economics*, 48(1), 1-12.

Ogada M. J., Mwabu G., and Muchai D., (2014), « Farm technology adoption in Kenya : A simultaneous estimation of inorganic fertilizer and improved maize variety adoption decisions », *Agricultural and Food Economics*, 2, 1-18.

Ruttan V. W., (2002), « Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints », *Journal of Economic Perspectives*, 16(4), 161–184.

Salifu H., Alhassan A. and Salifu K., (2015), « Determinants of Farmers Adoption of Improved Maize Varieties in the Wa Municipality », *American International Journal of Contemporary Research*, 5(4), 27-35.

Sanou B., Savadogo K. and Sakurai T., (2017), « Determinants of Adoption and Continuous Use of Improved Maize Seeds in Burkina Faso », *Jpn. J. Agric. Econ.*, 19, 21-26.

Savage L. J., (1954), « *The Foundations of Statistics* », New York: John Willey and Sons.

Sidibé A., (2005), « Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso », *Agricultural Water Management*, 71, 211–224.

Simtowe F., (2006), « Can Risk-aversion towards fertilizer explain part of the non-adoption puzzle for hybrid maize? Empirical evidence from Malawi », *MPRA Paper*(1241).

Sunding D. and Zilberman D., (2001), « The agricultural Innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector », *Handbook of agricultural economies*, 1, 207-261.

Takahashi K., Muraoka R. and Otsuka K., (2020), « Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature », *Agricultural Economics*, 51, 31–45.

Teferi A., Philip, D. and Jaleta M., (2015), « Factors that affect the adoption of improved maize varieties by smallholder farmers in Central Oromia Ethiopia », *Developing Country Studies*, 5(15).

Theriault V., Smale M. and Haider H., (2016), « How Does Gender Affect Sustainable Intensification of Cereal Production in the West African Sahel? Evidence from Burkina Faso », *World Development*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.003>

Theriault V., Smale M. and Haider H., (2018), « Economic incentives to use fertilizer on maize under differing agro-ecological conditions in Burkina Faso », *Food Security*, 10, 1263–1277.

Thuo M. W., Bravo-Ureta B. E., Obeng-Asiedu K. and Hathie I., (2014), « The Adoption of Agricultural Inputs by Smallholder Farmers : The Case of an Improved Groundnut Seed and Chemical Fertilizer in the Senegalese Groundnut Basin », *The Journal of Developing Areas*, 48(1), 61-82.

Von Neumann J. and Morgenstern O., (1944), « *Theory of Games and Economic Behavior* », Princeton University Press.

Wiredu A. N., Zeller M. and Diagne A., (2015), « What Determines Adoption of Fertilizers among Rice-Producing Households in Northern Ghana? », *Quarterly Journal of International Agriculture*, 54(3), 263-283.

Zavale H., Mabaya E. and Christy R., (2005), « Adoption of Improved Maize Seed by Smallholder Farmers in Mozambique », *Department of Applied Economics and Management Cornell University*.

## Annexe: Diagnostic de la multicollinéarité

Du point de vue statistique la multicollinéarité peut être détectée en calculant le Facteur d'Inflation de la Variance (VIF). La statistique VIF nous donne un aperçu de la part de la variance d'une variable indépendante qui n'est pas liée aux autres variables explicatives. Un problème de multicollinéarité est relevé dès lors qu'un VIF présente une valeur supérieure ou égale à 10 ou lorsque la moyenne des VIF est supérieure ou égale à 2 (De Bourmont, 2012). Dans le cas contraire, l'impact de la multicollinéarité n'est pas inquiétant et toutes les variables indépendantes peuvent donc être conservées pour les estimations du modèle.

**Tableau A.1. Résultat du diagnostic de la multicollinéarité**

Variable	VIF	Sqrt VIF	Tolerance	R Squared
Sexe	1,01	1,01	0,988	0,011
Age	1,10	1,05	0,906	0,093
Education	1,10	1,05	0,906	0,093
Organisation paysanne	1,31	1,15	0,761	0,238
Accès au crédit	1,27	1,13	0,784	0,215
Superficie	1,16	1,08	0,859	0,140
Zone pluviométrique	1,10	1,05	0,909	0,090
Revenu non Agricole	1,01	1,00	0,990	0,009
Subvention de semence	1,14	1,07	0,874	0,125
Subvention d'engrais	1,16	1,08	0,861	0,139
Mean VIF	1,14			

**Source : Auteur à partir des données de l'EPA 2013-2014**

Tous les facteurs d'inflation de la variance sont inférieurs à 2, ce qui indique que la multicollinéarité n'est pas un problème.

