

PRODUCTIVITE AGRICOLE ET SECURITE ALIMENTAIRE : UN CADRE THEORIQUE ET ANALYTIQUE

Emmanuel D. YAI*
Jacob A. YABI**
Anne FLOQUET***
Gauthier BIAOU****
Pamphile DEGLA*****

Received: 29/12/2019/ Accepted: 19/12/2020 / Published: 20/09/2021

Corresponding authors: yaيمانuel2@gmail.com

RÉSUMÉ

Bien que la productivité agricole soit souvent associée à la sécurité alimentaire, les liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire sont moins explorés. Cette recherche a pour objectif d'analyser les liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire. Elle est portée sur un échantillon de 240 ménages agricoles sélectionnés aléatoirement dans les communes de Boukoumbé et de Kérou dans le Département de l'Atacora au Bénin. Le système d'équations simultanées est utilisé. Les résultats ont montré que La productivité agricole a diminué l'insécurité alimentaire de 0,6144 et l'insécurité alimentaire a réduit la productivité agricole de 0,1769 au seuil de probabilité de 5 %. L'augmentation de la productivité agricole grâce à des mesures d'accès au crédit agricole, de formation des agriculteurs par les services de vulgarisation, l'accès aux soins de santé en faveur des actifs du ménage agricole, serait un

* Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES)/Université de Parakou. Email : yaيمانuel2@gmail.com, Bénin

** Laboratoires d'Analyses et Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES)/Université de Parakou. Email : ja_yabi@yahoo.com/jacob.yabi@fa-up.bj, Bénin

*** Laboratoire d'Analyse des dynamiques sociales et du Développement (LADyD)/UAC. Email : anneb.floquet@gmail.com, Bénin

**** Université Nationale d'Agriculture. Email: gbiaou@yahoo.fr, Bénin

***** Université de Parakou, Faculté d'Agronomie. Email: pamphile.degla@yahoo.fr

moyen d'utilisation rationnelle des ressources, en vue d'assurer la sécurité alimentaire des ménages.

MOTS CLÉS

Productivité, ménage, sécurité alimentaire, équations simultanées, Bénin.

JEL CLASSIFICATION : P25, P46, C3

AGRICULTURAL PRODUCTIVITY AND FOOD SECURITY : A THEORICAL AND ANALYTICAL FRAMEWORK

ABSTRACT

Although agricultural productivity is often associated with food security, the interlinkages between agricultural productivity and food insecurity are less explored. The objective of this research is to analyse the interlinkages between agricultural productivity and food insecurity. It is based on a sample of 240 randomly selected farm households in the communes of Boukoubé and Kérou in Benin's Atacora Department. The system of simultaneous equations is used. The results showed that Agricultural productivity reduced food insecurity by 0.6144 and food insecurity reduced agricultural productivity by 0.1769 at the 5% probability level. Increasing agricultural productivity through measures such as access to agricultural credit, training of farmers through extension services, access to health care, for agricultural household assets, would be a means of rational use of resources to ensure household food security.

Key words:

Productivity ; food insecurity and causal relationship

JEL CLASSIFICATION : P25, P46, C3

الإنتاجية الزراعية والأمن الغذائي: إطار نظري وتحليلي

على الرغم من أن الإنتاجية الزراعية غالباً ما ترتبط بالأمن الغذائي، فإن العلاقات المتبادلة بين الإنتاجية الزراعية وانعدام الأمن الغذائي لا تزال أقل استكشافاً. يهدف هذا البحث إلى تحليل الروابط المتبادلة بين الإنتاجية الزراعية وانعدام الأمن الغذائي. تم إجراؤه على عينة مكونة من 240 أسرة زراعية تم اختيارها عشوائياً في بلديتي بوكومي وكيرو في مقاطعة أتاكورا في بنين. تم استخدام نظام المعادلات الآنية. أظهرت النتائج أن الإنتاجية الزراعية قللت من انعدام الأمن الغذائي بمقدار 0.6144 وانعدام الأمن الغذائي قلل من الإنتاجية الزراعية بنسبة 0.1769 عند مستوى احتمالية 5%. إن زيادة الإنتاجية الزراعية من خلال تدابير الحصول على الائتمان الزراعي، وتدريب المزارعين من خلال خدمات الإرشاد، والحصول على الرعاية الصحية، لصالح أصول الأسرة الزراعية، ستكون وسيلة لاستخدام ترشيد الموارد لضمان الأمن الغذائي للأسر.

كلمات مفتاحية

إنتاجية؛ انعدام الأمن الغذائي؛ العلاقة السببية.

تصنيف جال P25 P46 C3 :

INTRODUCTION

L'agriculture dans certains pays africains est caractérisée par une baisse des rendements (Jayne et al. 2010 ; Dury et al. 2017). Cette baisse de la production à l'hectare devient progressive, surtout dans les décennies de 1990-2000, de 2000-2010 et celle en cours (Bucekuderhwa et Mapatano, 2013). Comme conséquence, le nombre de ménages souffrant d'insécurité alimentaire s'est accru et une grande partie des populations agricoles, orientés principalement vers le champ, vivent sans satisfaire leurs besoins alimentaires (Dury et Bocoum, 2012; Bucekuderhwa et Mapatano, 2013). Prskawetz *et al.* (2003) montrent l'existence de liens positifs entre l'insécurité alimentaire et la faible productivité agricole en utilisant les statistiques descriptives. La limite fondamentale de leurs études est qu'ils n'ont pas utilisé un modèle économétrique pour établir ces liens.

L'expérience alimentaire du ménage agricole est souvent caractérisée par un accès limité à la nourriture (Daoudi et Bouzid, 2020), avec une insuffisance en qualités nutritives. Les différentes couches du ménage, en particulier les enfants de différents âges et les femmes enceintes, nourrices et en âges de procréer sont victimes de contraintes d'accès aux aliments adéquats. De même, beaucoup d'enfants qui naissent ne parviennent pas à être pris en charge convenablement par leurs parents et sont exposés à l'exclusion sociale sous formes d'abandon scolaire, de placements des enfants ou de mendicité.

Dans le département de l'Atacora et en particulier dans les communes de Boukoumbé et Kérou, les institutions internationales et les organismes de développement reconnaissent que la faim et l'insécurité alimentaire sont les principales caractéristiques du ménage agricole, et se proposent de réduire la proportion de personnes extrêmement pauvres et affamées d'ici 2030 (ODD, 2015). Bien que des projets interviennent dans ces communes depuis les années 1990, le taux de pauvreté et d'insécurité alimentaire reste loin de celui de l'idéal théorique pour atteindre les Objectifs du Développement Durable. Les taux de pauvreté multidimensionnelle respectifs sont 70 et 70,48 % à Boukoumbé et Kérou dans l'Atacora au

Bénin (INSAE, 2016). Au moins 8 ménages sur 10 souffrent d'insécurité alimentaire sévère.

Les liens entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire sont moins explorés du point de vue empirique. Ainsi, cette recherche vise à combler cette lacune, à partir de la question de recherche fondamentale formulée comme suit: l'aggravation de l'insécurité alimentaire est-elle imputable à la faible productivité agricole ? Dès lors, la question de recherche spécifique est: existe-t-il un lien indirect entre la sécurité alimentaire et la productivité agricole ?

Pour répondre à la question de recherche spécifique, cette étude a pour objectif d'analyser les liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire des ménages agricoles des communes de Boukoumbé et de Kérou dans le Département de l'Atacora au Bénin.

1- CADRE THÉORIQUE DES CAUSES DE L'INSÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Deux écoles loin d'être opposées sont nées, sur l'existence du lien causal entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire des ménages agricoles. Il s'agit des orthodoxes et des hétérodoxes.

Pour les économistes d'une vision orthodoxe des relations causales entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire, une hausse de la productivité peut, en théorie, accroître à la fois le revenu des producteurs et le pouvoir d'achat des consommateurs (Barro, 1990; Romer, 1996), grâce à la maîtrise unitaire des coûts de production. La productivité stimule la production et la consommation et constitue, de ce fait, un socle potentiel de la croissance économique, et de la réduction de l'insécurité alimentaire des ménages (Douillet et Girard, 2013; Mankiw, 2004; Vall *et al.* 2017).

Par contre, pour d'autres économistes, porteurs d'une vision hétérodoxe, l'accès universel à une alimentation saine et équilibrée n'est pas systématiquement lié à l'accroissement de la productivité agricole (Graham et Welch, 2000; Haddad, 2000; Gillespie et Kadiyala, 2011; Herforth et Harris, 2014; Dury *et al.* 2015). Ils montrent l'existence de nombreux chemins d'impacts entre l'agriculture et la nutrition. La capacité de la productivité agricole à

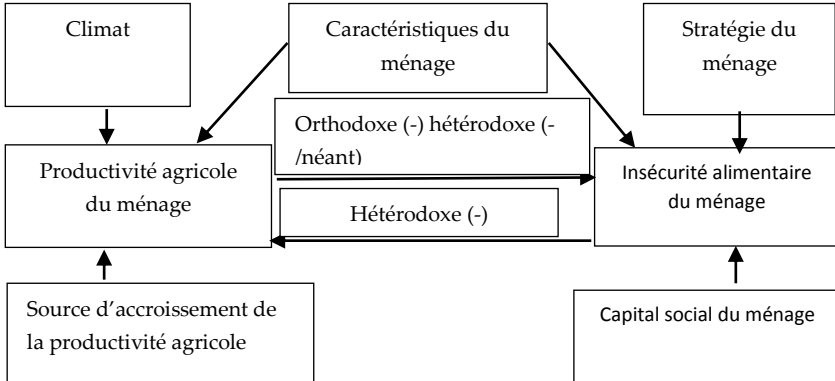
réduire l'insécurité alimentaire dépend du choix opéré par le ménage. Seul le ménage qui priorise l'autoconsommation ou l'achat des aliments serait en sécurité alimentaire (Dury et Bocoum, 2012).

En outre, la plupart des auteurs hétérodoxes, depuis les travaux pionniers de Graham et Welch (2000), montrent que l'insécurité alimentaire affecte la productivité agricole par le canal de la nutrition et de la santé du ménage. Pour Gillespie et Kadiyala (2011) et Herforth et Harris (2014), l'insécurité alimentaire affecte la productivité par le canal de l'état de santé.

La particularité des travaux des hétérodoxes est qu'ils sont parvenus à établir un cadre analytique ambivalent entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire. Au contraire, les orthodoxes nient les effets de l'insécurité alimentaire du ménage sur la productivité agricole. Les hétérodoxes concluent qu'il est difficile, voire impossible de réaliser la sécurité alimentaire et nutritionnelle dans une économie suite à l'augmentation de la productivité agricole.

Arslan *et al.* (2017) montrent qu'il existe des caractéristiques du ménage et des conditions climatiques qui constituent des contraintes à l'augmentation de la productivité agricole, et elles deviennent des questions de sécurité alimentaire quand elles s'appliquent en Afrique de l'Ouest (Dury *et al.* 2017). En dépit de ces deux éléments, il existe des facteurs explicatifs d'amélioration de la productivité, tels que l'innovation, la mécanisation, la recherche et développement ; les facteurs qui constituent des freins à son amélioration sont quasi-absents. En outre, il existe également le crédit à l'économie, la vulgarisation, le niveau d'éducation qui accroissent la productivité agricole du point de vue théorique et empirique.

Figure 1. Liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire



Source : Auteurs

2- MÉTHODE D'ANALYSE

2.1- Mesures de la sécurité alimentaire

L'insécurité alimentaire est un concept multidimensionnel dont chaque dimension dispose de composantes complexes. Les différentes techniques de mesure de l'insécurité alimentaire sont à la fois quantitatives et qualitatives. Elles sont regroupées fondamentalement en mesures unidimensionnelles et multidimensionnelles. Néanmoins, il est reconnu dans la littérature que la cause de l'insécurité alimentaire est la contrainte d'accès aux aliments du ménage agricole.

2.1.1. Approches unidimensionnelles de la sécurité alimentaire

La mesure unidimensionnelle de la sécurité alimentaire regroupe quatre approches de mesure : i) approche de fonction de coût calorique ; ii) approche calorique ; iii) approche dépense alimentaire ; iv) approche de capacité de Sen développé par Foster et al. (1984). Les trois premières approches ont en commun un seuil de privation sur lequel est déterminé la situation alimentaire du ménage. La dernière approche permet de déterminer le profil de l'insécurité alimentaire.

La limite fondamentale de l'approche unidimensionnelle est qu'elle réduit l'insécurité alimentaire aux dimensions pécuniaire du

revenu. Or, l'insécurité alimentaire est un phénomène multidimensionnel dont l'approche unidimensionnelle ne permet pas d'appréhender toutes les facettes.

2.1.2. Approches multidimensionnelles de la sécurité alimentaire

La mesure multidimensionnelle de la sécurité alimentaire est regroupée par les approches universelles de mesure de la sécurité alimentaire et les approches d'indice composite (Yaï et al. 2019).

Les approches universelles de mesure de la sécurité alimentaire sont composés de neuf indicateurs identifiés et validés dans la littérature comme les mesures appropriées de l'insécurité alimentaire, au niveau ménage et individuel. Les neuf indicateurs sont regroupés en trois grandes catégories : i) les indicateurs basés sur l'expérience ; ii) les stratégies d'adaptation et iii) la diversité diététique. Chaque indicateur est plus développé dans les travaux de Yai *et al.* (2019).

La dimension responsable de l'insécurité alimentaire est l'accès aux aliments du ménage (Castell et al. 2015). A cet effet, un outil spécifique a été conçu pour analyser l'accès alimentaire des ménages. Or, l'Assistance Technique en Matière de Nourriture et de Nutrition (ATMNN, 2002) a mené une recherche pour explorer si la diversité alimentaire peut servir de proxy pour mesurer le statut de sécurité alimentaire. Le projet ATMNN a identifié par la suite des approches scientifiquement validées, plus faciles et plus conviviales pour mesurer la composante « accès à la sécurité alimentaire de ménages », appelé l'Expérience d'Echelle d'Accès de l'Insécurité Alimentaire des ménages (EEAIA).

L'Expérience d'Echelle d'Accès à l'Insécurité Alimentaire (EEAIA) permettant de qualifier les ménages suivant la nomenclature suivante : ménage en sécurité alimentaire, ménage légèrement en insécurité alimentaire, ménage en insécurité alimentaire modérée et ménage en insécurité alimentaire sévère (Maxwell et al. 2013 ; Smith et al. 2017). Cette approche est beaucoup plus large que l'indice de profondeur de sécurité alimentaire développée par GT, car il prend en compte le ménage en sécurité alimentaire. La limite fondamentale est que toutes les dimensions de la sécurité alimentaire ne sont pas prises

en compte. Autrement dit, elle est utilisée sous l'hypothèse forte que seul l'accès alimentaire qui cause l'insécurité alimentaire du ménage, les autres dimensions étant non affectées (Coates et al. 2007).

Le format de questionnaire type pour calculer le score de l'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire des ménages a été proposé par Coates et al. (2007) dans le cadre du projet ATMNN. Le score d'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire est une mesure continue du degré d'accès à l'insécurité alimentaire du ménage. Il peut être calculé au niveau de chaque ménage en additionnant la somme des codes pour chaque type de question. Le score d'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire a une échelle de 0 à 27. Il prend la valeur zéro si l'ensemble des ménages répond non pour chacune des neuf questions. Le maximum de score pour un ménage est 27.

L'indice composite de la sécurité alimentaire est synthétique et complexe. Il prend en compte les dimensions de la sécurité alimentaire et parfois la dimension nutritionnelle comme un indicateur du bien-être des ménages. Il est basé sur la méthode d'Analyse en Composante Principale (ACP) ou d'Analyse en Composante Multiple (ACM) selon la nature des indicateurs.

L'indice composite d'Alkire et Foster de mesure de pauvreté est adopté pour mesurer l'insécurité alimentaire. Il comprend deux étapes : i) la première étape identifie les ménages en insécurité alimentaire à partir des seuils qui permettent de considérer la série de privation qu'ils subissent ; ii) la seconde étape est l'agrégation qui génère un ensemble de mesures d'insécurité alimentaire ou pauvreté alimentaire (Mo), basée sur les mesures de Foster et al. (1984) traditionnelles, qui peuvent être décomposées pour cibler les ménages les plus en insécurité alimentaire et les dimensions dans lesquelles ils sont le plus privés.

L'indice composite de Sullivan (2002), développé par Etwire et al. (2013) et Amuzu et al. (2018), comprend quatre étapes : i) la définition des indicateurs de chaque composante de l'insécurité alimentaire ; ii) la normalisation de chaque indicateur de composante ; iii) l'agrégation des indicateurs par composante et iv) l'agrégation de l'indice pour l'ensemble des composantes principales.

Aucune technique de construction d'indice composite n'est exempte de critique. Certes, ces indices ont en commun la difficulté dans le choix d'une technique d'agrégation. Pour certains, la technique d'agrégation à pondération égale est la meilleure. Par contre, pour d'autres, c'est la technique de pondération au poids de fréquence. Entre les deux, il y a des intermédiaires qui estiment que les techniques d'ACP ou ACM sont meilleures. En outre la limite fondamentale d'indice d'Alkire et Foster est qu'elle ne tient pas compte de la normalisation comme ceux de Rahman et al. (2005) ; Etwire *et al.* (2013) et Amuzu *et al.* (2018).

2.2- Mesures de productivité agricole

De façon générale, il existe deux types de productivités, à savoir la productivité uni-factorielle et la productivité globale des facteurs (Douillet et Girard, 2013). La sous partie suivante présente les différentes techniques de mesure de chaque type de productivité agricole.

2.2.1. Mesure uni-factorielle de la productivité agricole

La productivité uni-factorielle est définie comme le rapport entre la production et un seul facteur de production (travail, capital, terre). Il existe trois types de productivité uni-factorielle. Il s'agit de : i) la productivité de la main d'œuvre (travail) ; ii) productivité de la terre et iii) le rendement. La productivité de la terre est différente du rendement.

2.2.2. Mesures de la productivité Globale des facteurs

La productivité globale des facteurs est mesurée par quatre approches. Il s'agit de l'approche comptable ou économique ; de l'approche paramétrique ; de l'approche non paramétrique et de l'approche d'indices. Le recours à une approche dépend de la nature des données et surtout de la spécificité de la technologie utilisée.

Cependant, il faut noter que le problème de pondération, de mesure et d'agrégation reste crucial dans l'utilisation des indices pour estimer la productivité. A ce titre, Griliches et Jorgenson (1969)

indiquent que les erreurs les plus importantes faites dans ces analyses, découlent d'une mauvaise agrégation des données qui conduit à des mesures biaisées de la rente implicite du capital et du travail. Si une telle démarche est possible au niveau de la firme, il serait regrettable de ne pas y attacher un contenu économique plus fort et de s'interroger sur la technologie de production et le comportement du producteur. Cette approche par les indices ne permet pas, de façon spécifique, d'y relier une vraie notion d'efficacité qui considère la manière dont les biens sont produits. Les approches paramétrique et non paramétrique comblent ces lacunes.

2.3- Méthodes de collecte des données

2.3.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude s'est déroulée dans les communes de Boukoumbé et Kérou, situées dans le Département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin qui s'étend sur une superficie de 20 499 km² (INASE, 2016). Située au Nord-Ouest du Département de l'Atacora, la commune de Boukoumbé est localisée entre 10° et 10°40' de latitude Nord et 0°74' et 1°30' de longitude Est et couvre une superficie de 1 036 km², dont 342 km² sont cultivables, soit environ 33 %. Elle est limitée au Nord-Est par la commune de Tanguiéta, au Nord-Ouest par celle de Coby, au Sud par la commune de Natitingou, à l'Est par la commune de Toucountouna et à l'Ouest par la République du Togo. La commune de Boukoumbé est caractérisée par une saison pluvieuse d'avril à octobre, d'une saison sèche allant de novembre à mars et est sous un climat de type soudano-guinéen. La pluviosité moyenne annuelle est de 1100 mm et la température moyenne annuelle est de 26,8 °C. Les sols de la commune de Boukoumbé sont de type ferrugineux tropical lessivé. La végétation de Boukoumbé est de type forêt claire et savane arborée et arbustive. La commune compte une population de 82 450 habitants (INSAE, 2016).

Située au Nord-Est du Département de l'Atacora, la commune de Kérou est limitée au Nord par la République du Burkina Faso, à l'Est par les communes de Banikoara et de Gogounou dans le Département de l'Alibori, au Sud-Est par la commune de Sinendé et au Sud par la

commune de Péhunco. A l’Ouest, elle fait frontière avec la commune de Kouandé et au Nord-Ouest elle est limitée par la commune de Tanguiéta. La commune compte une population de 89 265 habitants (INSAE, 2016). Le climat de la commune est de type soudano-guinéen ; il est caractérisé par une seule saison de pluie, allant de mi-avril à mi-octobre, et une seule saison sèche allant de mi-octobre à mi-avril. La commune enregistre une pluviométrie moyenne de 1 000 mm et une température moyenne annuelle de 27,8 °C. En ce qui concerne les sols, la commune en compte trois types, à savoir : les sols ferrugineux tropicaux, les sols ferralitiques et les sols hydromorphes. La végétation de la commune est dominée par une savane arborée.

2.3.2. Collecte des données

Un échantillon de 240 ménages agricoles a été choisi de façon aléatoire, à raison d’un quota de 120 ménages par commune. Le nombre de village par arrondissement a été calculé par le rapport du nombre de ménage à enquêter sur le maximum du Responsable d’une Unité de Production (RUP) par ménage (Tableau 1). Dans chaque hameau, des concessions ayant au moins un RUP comme Chef de Ménage (CM) ont été choisies au hasard. Les données ont été collectées à l’aide d’un questionnaire modulaire au cours de la période du 15 octobre au 5 novembre 2018.

Tableau 1: Répartition de l’échantillon par arrondissement

Communes	Arrondissement	Ménage agricole	Ménage enquêté	RUP	Village
Kérou	Kérou	4 071	58	10	6
	Brignamaro	2 238	30	10	3
	Firou	1 739	16	10	2
	Koabagou	508	16	10	2
	Total	8 556	120	-	13
Boukoumbé	Boukoumbé	2 599	25	10	3
	Tabota	1 887	16	10	2
	Manta	1 836	16	10	2
	Dipouli	942	16	10	2
	Natta	1 547	16	10	2
	Korontiére	946	16	10	2
	Koussoucingou	433	15	10	2
	Total	10 190	120	-	15
Total			240		28

Source : Auteurs

2.4- Modèles économétriques des liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire

Le cadre analytique de l'étude (figure 1) a montré qu'il existe une relation causale ambivalente entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire. La revue identifie deux types de modélisation : i) le modèle à équations simultanées et ii) le modèle à équation structurelle.

En outre, les équations simultanées sont utilisées lorsque la cause d'endogénéité a pour origine la simultanéité entre les variables endogènes ou nombre d'équations du modèle. Par contre, le modèle à équation structurelle est utilisé lorsque les deux variables sont liées par le terme d'erreur. Ainsi, dans le cadre de cette étude le modèle à équations simultanées est approprié.

2.4.1. Approche économétrique utilisée

Le cadre analytique suppose que l'endogénéité est causée par la simultanéité (Acemoglu et al., 2001). Ainsi, le modèle des liens de causalités réciproque entre la productivité agricole et la sécurité alimentaire est construit sur la base des travaux de Waters (1999) et de Falloul et Saadallah (2014).

Notons PTF_i^* le niveau de productivité agricole du ménage, i est la variable supposée endogène. PTF_i^* est une fonction linéaire de quelques-unes ou de toutes les variables exogènes du système d'équations (X_i) et aussi d'une ou plusieurs variables exogènes Y_i , liées exclusivement à l'équation de la productivité agricole (équation 1). A partir du cadre analytique, le modèle explicatif des déterminants de la productivité agricole déduit est :

$$PTF_i^* = X_i\beta_i + Y_i\delta_i + \alpha_i in_e_acces_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

PTF_i^* est le score d'efficacité obtenu par la Méthode d'Enveloppement des Données (MED) ; X_i est le vecteur des caractéristiques du Chef de ménage ; Y_i , est le vecteur des déterminants de la productivité agricole et $in_e_acces_i$ est la variable d'intérêt mesurant l'insécurité alimentaire du ménage i ; ε_i est le terme d'erreur. La forme fonctionnelle du modèle est :

$$scoreftch_i = \beta_0 + \beta_1 age_i + \beta_2 instruit_i + \beta_3 Taille_i + \beta_4 groupe_i + \beta_5 herbicid_i + \beta_6 maladi_f_i + \beta_7 suptot_i + \beta_8 suptot2_i + \beta_9 vulga_i + \beta_{10} contrat_i + \beta_{11} semence_i + \beta_{12} sechretard_i + \beta_{13} mecanisation_i + \beta_{14} EAI_i + u_i \quad (2)$$

Où, β_i est le vecteur des paramètres à estimer, u_i est le terme d'erreur et i est le ménage agricole. Le score d'efficacité technique du ménage ($scoreftch_i$) est la variable à expliquer, variable fractionnée comprise entre 0 et 1. Les variables explicatives du modèles sont: l'âge du Chef de ménage (age_i), le niveau d'instruction du Chef de ménage ($instruit_i$), l'appartenance à un groupement ($groupe_i$), la quantité des herbicides utilisés ($herbicid_i$), la présence d'un maladi_f dans le ménage ($maladi_f_i$), la superficie totale emblavée par le ménage ($suptot_i$), le carré de la superficie ($suptot2_i$), le contact d'un actif avec le service de vulgarisation ($vulga_i$), le contrat agricole informel ($contrat_i$), la source d'approvisionnement en semence ($semence_i$), la sècheresse ou le retard de pluie ($sechretard_i$), la mécanisation ($mecanisation_i$) et l'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire (EAI_i), variable d'intérêt du modèle.

L'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire du ménage a une échelle de score comprise entre 0 et 27. Ce score a été rendu binaire. Le modèle du facteur explicatif de l'insécurité alimentaire inspiré de la thèse des économistes orthodoxes et du cadre analytique est défini comme suit :

$$\frac{P_i}{1-P_i} = e^{(X_i\gamma_i + Z_i\theta_i + \omega_i TE_{CRS_i} + \vartheta_i)} \quad (3)$$

Où P_i désigne la probabilité du ménage d'être en insécurité alimentaire ; X_i , désigne le vecteur des variables caractéristiques du ménages ; Z_i désigne le vecteur des variables stratégiques de survie et du capital social et TE_{CRS_i} la productivité agricole du ménage i . La transformation logarithmique donne le modèle définit comme suit :

$$EAI_i = X_i\gamma_i + Z_i\theta_i + \omega_i TE_{CRS_i} + \vartheta_i \quad (4)$$

Ainsi, la forme fonctionnelle du modèle est définie comme suit :

$$EAI_i = \alpha_0 + \alpha_1 sex_cm_i + \alpha_2 age_i + \alpha_3 age2_i + \alpha_4 instruit_i + \alpha_5 enfant_i + \alpha_6 enfant2_i + \alpha_7 adulte_i + \alpha_8 supviv_i + \alpha_9 supviv2_i +$$

$$\alpha_{10} \text{contrat}_i + \alpha_{11} \text{srevenu}_i + \alpha_{12} \text{ventact}_i + \alpha_{13} \text{emprnat}_i + \alpha_{14} \text{scoreftch}_i + v_i \quad (5)$$

Où, α_i est le vecteur des paramètres à estimer ; v_i est le terme d'erreur et i est le ménage agricole. L'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire (EAI_i) est la variable à expliquer ; binaire prenant un (1) si le ménage a de contrainte d'accès en aliments (ménage en insécurité alimentaire) et zéro (0) si non. Les variables explicatives du modèle sont : le sexe du Chef de ménage (sex_cm_i), l'âge du Chef de ménage (age_i), le carré de l'âge du Chef de ménage ($age2_i$), le niveau d'instruction du Chef de ménage ($instruit_i$), le nombre d'enfants dans le ménage ($enfant_i$), le carré du nombre d'enfants dans le ménage ($enfant2_i$), le nombre d'adultes dans le ménage ($adulte_i$), la superficie emblavée en cultures vivrières par le ménage ($supviv_i$), le carré de la superficie ($supviv2_i$), le contrat agricole informel ($contrat_i$), le nombre de sources de revenu ($srevenu_i$), la vente des actifs agricoles ($ventact_i$), l'emprunt des vivriers ($emprnat_i$) et le score d'efficacité technique du ménage ($scoreftch_i$).

Il a été construit le modèle des liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire à partir du modèle de l'insécurité alimentaire du ménage (1) et celui de la productivité agricole (4) comme suit :

$$\begin{cases} PTF^*_i = X_i\beta_i + Y_i\delta_i + \alpha_i \text{in_e_acces}^*_i + \varepsilon_i & (a) \\ \text{in_e_acces}^*_i = X_i\gamma_i + Z_i\theta_i + \omega_i \text{TE_CRS}_i + \vartheta_i & (b) \end{cases} \quad (6)$$

A partir du système d'équations, les variables observées PTF^*_i et in_e_acces_i se comportent à la fois comme variable explicative et variable à expliquer dans le système d'équations. La forme fonctionnelle est celle des modèles 2 et 5.

2.4.2. Choix des variables

Des caractéristiques du ménage, il ressort de la littérature que l'âge, le niveau d'instruction, la taille du ménage, l'appartenance à un groupement et l'existence d'un malade dans le ménage sont les principaux déterminants de la productivité agricole.

L'âge du chef de ménage mesure son effort fourni dans la production agricole. Ainsi, Sigue et al. (2019) montrent que les chefs

de ménages moins âgés ont des capacités physiques pour diversifier leur culture, dans un contexte où l'outil de production agricole utilisé est peu performant. Nous espérons un signe positif et statistiquement significatif du coefficient de l'âge du chef de ménage.

Les chefs des ménages instruits ont de meilleures aptitudes à appliquer et à diffuser les conseils des services de vulgarisation et par ricochet, améliorent la productivité agricole (Ndjadi et al. 2019). Ainsi, on postule un signe positif et statistiquement significatif du coefficient de la variable « instruction du chef de ménage ».

La taille du ménage fournit de la main-d'œuvre familiale et constitue une augmentation de la productivité agricole lorsque le ménage compte un nombre important des actifs agricoles (Folefack et al. 2012). Nous postulons un signe positif et statistiquement significatif du coefficient de la variable « taille du ménage ».

L'appartenance à une organisation (groupement) facilite l'accès à l'information et aux bonnes pratiques qui boostent la productivité globale des facteurs (Issoufou et al. 2017). Nous espérons un signe positif et statistiquement significatif du coefficient de la variable «groupement».

Le ménage ayant des personnes fréquemment malades dépense plus par rapport à leurs homologues n'ayant pas de personnes fréquemment malades (Lepage et al. 2011). Nous espérons un effet négatif et statistiquement significatif du coefficient de la variable « maladi du ménage ».

L'utilisation des herbicides réduit le temps du travail agricole aux ménages agricoles et améliore la productivité globale des facteurs. Nous espérons un signe positif et statistiquement significatif du coefficient de la variable « herbicide ».

La semence améliorée constitue une source d'amélioration de la productivité agricole (Douillet et Girard, 2013 ; Meughoyi, 2015 et Tesfaye et al. 2016). Nous postulons un signe positif et statistiquement significatif du coefficient de la variable « semence ».

La superficie emblavée en ha par le ménage : les études théoriques et empiriques suggèrent une relation négative entre la taille d'une ferme et la productivité agricole ; c'est-à-dire plus la taille d'une ferme

est grande, plus celle-ci est inefficace. Piette (2006) teste l'existence d'une relation négative entre la productivité agricole et la taille de la ferme au Brésil à l'aide des moindres carrés ordinaires et montre un coefficient négatif et statistiquement significatif de la variable « taille de l'exploitation ».

Toutefois, ce résultat est contrasté du point de vue théorique et empirique. Pour les néoclassiques, il ne devrait pas y avoir de corrélation entre la productivité agricole et la taille de la ferme (Bhalla et Roy, 1988). Par contre, Benjamin (1995) montre que l'accès au sol de qualité inobservable peut inverser la relation négative.

En outre, dans la zone de recherche, les ménages ont des contraintes d'accès au sol de qualité et mutent vers les réserves pour s'attribuer des terres. Cela a permis d'introduire le carré de la superficie dans la zone pour capter son effet non linéaire sur la productivité. Par suite, on postule un signe négatif du coefficient de la variable superficie et un effet positif du coefficient de la variable superficie au carré, tous deux statistiquement significatifs.

Le contact des producteurs avec les agents d'encadrement agricole : il donne accès aux informations relatives au climat, aux bonnes pratiques agricoles qui facilitent l'adaptation au climat et l'efficacité dans l'utilisation des ressources (Douillet et Girard, 2013 ; Yabi et al. 2016). Nous postulons un signe positif et statistiquement significatif du coefficient de la vulgarisation.

Le contrat agricole informel est un alternatif pour accéder au crédit agricole. Bellemare et Novak (2016) montrent une relation positive et statistiquement significative, entre le contrat agricole informel et la productivité agricole. Nous espérons un signe positif et statistiquement significatif du coefficient du contrat agricole.

La mécanisation agricole : Mazoyer et Roudart (2009) et Side et Havard (2015) trouvent que le ménage qui utilise un outil de production performant accroît sa productivité agricole. Nous espérons un signe positif et significatif du coefficient de la mécanisation.

Les pluies tardives ou sécheresses : elles nécessitent l'adoption de nouvelles pratiques agricoles qui est coûteuse pour les ménages nucléaires (Hansen, 2002 ; Arslan et al. 2017). Ainsi, on postule une

corrélation négative et statistiquement significative entre les changements climatiques et la productivité agricole.

L'échelle d'accès à l'insécurité alimentaire réduit la productivité agricole du ménage (Graham et Welch, 2000 ; Haddad, 2000 ; Herforth et Harris, 2014). Ainsi, nous postulons un signe négatif et statistiquement significatif du coefficient de la dite variable.

Des caractéristiques du ménage il ressort, de la synthèse des travaux empiriques, que le sexe du chef du ménage, l'âge du chef de ménage, l'instruction formelle du chef de ménage, le nombre d'enfants dans le ménage, le nombre d'adultes dans le ménage et la superficie des cultures vivrières sont les principaux déterminants de l'insécurité alimentaire.

Onasanya et Obayelu (2016) montrent que le ménage dirigé par un homme a moins de chance d'être en insécurité alimentaire que celui dirigé par une femme. Le coefficient de la variable « sexe » est négatif et statistiquement significatif.

Omonona et Agoi (2007) montrent que l'effet de l'âge du chef de ménage sur l'incidence de la sécurité alimentaire a la forme de U renversé jusqu'au seuil d'âge de 60 ans. Cela a permis d'introduire l'âge et le carré de l'âge pour capter cet effet. Le coefficient de l'âge est négatif et celui du carré est positif et les deux sont statistiquement significatifs.

Amao et Ayanttoye (2017) montrent que dans le ménage où le chef de ménage est non instruit, ce ménage a plus de chance d'être en insécurité alimentaire par rapport à son homologue instruit. Nous affirmons que le coefficient de la variable « instruction du chef de ménage » est négatif et statistiquement significatif.

Le ménage ayant un effectif important d'adultes dispose de main-d'œuvre non salariale et il accroît sa production alimentaire. Un signe négatif et statistiquement significatif du coefficient de la variable « adulte » est attendu.

Olaoye et al. (2016) montrent que le ménage ayant un nombre d'enfants inactifs dans son exploitation, a plus de chance de plonger dans l'insécurité alimentaire. Ce résultat est contrasté du point de vue théorique par Malthus et Boserup, et de celui empirique (Smith et al. 2017). Ainsi, il a été introduit dans le modèle le nombre d'enfants et le

carré d'enfants, pour capter le seuil maximum à partir duquel le nombre d'enfants devient une opportunité pour le ménage.

Chege et al. (2016) démontrent que, plus un ménage augmente la taille de son exploitation plus faible est sa chance d'être en insécurité alimentaire. Nous espérons un signe négatif et statistiquement significatif du coefficient de la superficie des céréales.

Butault et Réquillart (2012) montrent que l'extension de la surface cultivée par actif n'est ni possible dans tous les contextes, ni favorable à la réduction de l'insécurité alimentaire. Ainsi, il a été introduit dans le modèle la superficie en ha et le carré de superficie emblavée par le ménage, pour capter l'effet non linéaire attendu en forme de U de la superficie en ha, sur l'insécurité alimentaire du ménage.

Concernant les stratégies de survie développées par le ménage, Mahnken et Hadrich (2018) trouvent que le ménage ayant une source de revenu diversifiée a moins de chance d'être en insécurité alimentaire. Ainsi, il est espéré un signe négatif et statistiquement significatif du coefficient du nombre de sources de revenus du ménage.

Bellemare et Novak (2016) montrent que le contrat agricole améliore la sécurité alimentaire du ménage et constitue une alternative crédible au ménage d'accéder au crédit. En conséquence, on postule un effet négatif et statistiquement significatif du contrat agricole informel sur l'insécurité alimentaire du ménage.

La vente des actifs agricoles permet au ménage d'avoir des ressources monétaires pour s'acheter des biens alimentaires à court terme. Mais à long terme, elle constitue une forme de destruction de l'appareil productif du ménage et augmente la chance du ménage d'être en insécurité alimentaire (Yaï et al, 2020(b)). Nous espérons un signe positif et statistiquement significatif.

S'agissant du capital social, Olawuyi et Olawuyi (2015) et Yaï et al (2020(a)) montrent que l'emprunt des vivriers des ménages en soudure comme une alternative d'accès aux vivriers, permet au ménage de survivre et de sortir de l'insécurité alimentaire. Ainsi, nous postulons un signe négatif et statistiquement significatif du coefficient de la variable «emprunt en nature».

La productivité agricole, mesurée par le score d'efficacité technique, réduit systématiquement la productivité agricole selon les économistes d'une vision orthodoxe. Ainsi, il est attendu un signe négatif et significatif du coefficient du score d'efficacité technique.

Le tableau 2 présente la nature des variables exogènes et leur signe respectif pour chaque modèle. En outre, les variables endogènes du modèle (signe attendu) : Insécurité alimentaire prenant 1 si le score d'échelle d'accès du ménage à l'insécurité alimentaire est supérieur à 0 et 0 sinon (-) et productivité agricoles (-) (voir Figure 1).

Tableau 2: Variables exogènes du modèle à équations simultanées

Variables	Modalité	Signes
Variables exogène de l'équation des déterminants de la productivité agricole		
Age en année	Valeur trouvée	-
Instruction	Instruction prenant 1 si le chef de ménage a le niveau primaire et 0 sinon	+
Taille du ménage	Valeur trouvée	+
Groupement	Groupement prenant 1 si membre actif agricole du ménage est membre d'un groupement d'intérêt économique ou social et 0 sinon	+
Herbicide utilisé en litre par ha	Valeur trouvée	+/-
Maladif du ménage	Maladif prenant 1 si un membre du ménage tombe fréquemment malade et 0 sinon	-
Superficie totale du ménage en ha	Valeur trouvée	-
Carré de superficie totale en ha	Valeur trouvée	+
Vulgarisation	Vulgarisation prenant 1 si un membre actif agricole du ménage a un contact avec le service de vulgarisation et 0 sinon	+
Contrat agricole informel	Contrat agricole informel prenant 1 si un membre du ménage a emprunté de l'argent auprès des individus pour la production agricole du ménage et 0 sinon	+
Semence améliorée	Semence prenant 1 si le ménage s'approvisionne auprès des structures spécialisées et 0 sinon	+
Sécheresse ou retard de	Sécheresse prenant 1 si un membre du	-

Variables	Modalité	Signes
pluie	ménage a connu de la sécheresse ou un retard de pluie et 0 sinon	
Mécanisation	Mécanisation prenant 1 si le ménage utilise houé et daba pour la production agricole et 0 sinon	+
Variables exogènes des déterminants de l'insécurité alimentaire		
Sexe	Sexe prenant 1 si le chef de ménage est un homme et 0 sinon	+/-
Age en année	Valeur trouvée	-
Carré de l'âge	Valeur trouvée	+
Instruction	Instruction prenant 1 si le chef de ménage a le niveau primaire et 0 sinon	
Enfants du ménage	Valeur trouvée	+
Carré de l'enfant	Valeur trouvée	+
Adultes du ménage	Valeur trouvée	-
Superficie céréale (ha)	Valeur trouvée	-
Carré de superficie	Valeur trouvée	+
Contrat agricole informel	Contrat agricole informel prenant 1 si un membre du ménage a emprunté de l'argent pour la production agricole auprès d'un commerçant et 0 sinon	-
Le nombre de source de revenu	Valeur trouvée	-
Consommation du fruit	La consommation du fruit dans le ménage prenant 1 si le ménage n'a pas l'habitude de consommer le fruit et 0 sinon	+
Vente actif	La vente de l'actif productif par un membre du ménage pour l'achat des biens alimentaires prenant 1 et 0 sinon	+
Emprunt en nature	Emprunt en nature prenant 1 si un membre du ménage a emprunté des produits vivriers pour la consommation alimentaire du ménage et 0 sinon	+

Source : Auteurs à partir du cadre analytique de l'étude

3- RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1- Résultats

3.1.1. Estimation de la productivité agricole des ménages étudiés

Le score d'efficacité technique obtenu est d'environ 0,48 suivant les rendements d'échelle constant et décroissant et de 0,81 suivant le

rendement d'échelle variable. Cela indique que chaque ménage dispose d'une marge de plus de 0,51 d'utilisation des ressources actuelles pour atteindre le niveau d'efficacité égale à un (1) (Tableau 3).

Tableau 3 Estimation de la productivité agricole des ménages agricoles étudiés

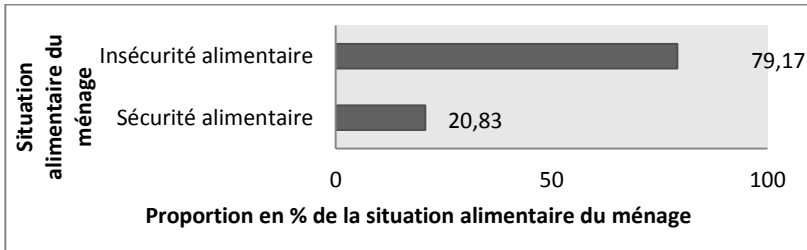
Variable	effectif	moyenne	Déviati on standard	min	max
Score d'efficacité technique suivant le rendement d'échelle constant	240	0,488	0,235	0,142	1
Score d'efficacité technique suivant le rendement d'échelle variable	240	0,807	0,145	0,409	1
Score d'efficacité technique suivant le rendement d'échelle décroissant	240	0,488	0,235	0,142	1

Source : Auteurs à partir des résultats d'estimation

3.1.2. Estimation de l'insécurité alimentaire des ménages agricoles

Il ressort de l'analyse de la figure 2 que plus de 79 % des ménages enquêtés sont en insécurité alimentaire contre seulement 20,83% en sécurité alimentaire.

Figure 2 : Estimation de la situation alimentaire du ménage



Source : Auteurs à partir des résultats d'estimation

3.1.3. Test d'endogénéité

Le test de Breusch-Pagan permet de détecter, non seulement l'hétéroscédasticité mais aussi la cause de cette hétéroscédasticité. Les résultats du premier test de Breusch-Pagan ont montré que la

probabilité attachée à la statistique de chi2 est de 0,0324 inférieure au seuil critique de 5 % (Tableau 4). Il y a hétéroscédasticité des erreurs.

Les résultats du second test effectué sans la variable explicative ont montré que la probabilité attachée à la statistique de chi2 est de 0,1264 supérieure au seuil critique de 5 %. Il y a hétéroscédasticité des erreurs. Il y a endogénéité causée par la simultanéité. Ainsi, l'estimateur des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) n'est pas consistant.

Tableau 4. Test d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan

Premier cas : degré de liberté z est égale à l'estimateur de la variable à expliquer \hat{y} , soit $z = \hat{y}$	
Statistique de chi2 calculée	Valeur de probabilité attachée
Chi2(1)= 4,58**	Prob > chi2 = 0,0324
Second cas : degré de liberté z est égale au vecteur X des variables explicatives du modèle, soit $z = X$	
Statistique de chi2 calculée	Valeur de probabilité attachée
Chi2 (14)	Prob > chi2 = 0,1264
légende : *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$	

Source : Auteurs à par des résultats d'estimation

3.1.4. Estimation des liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire des ménages étudiés

L'équation 1 du modèle contient $k=13$ variables exogènes, et $m=2$ variables endogènes. Le nombre de variables exogènes du modèle est $K=24$ variables exogènes du modèle et $M=2$ variables endogènes. soit $K-k= 11$ et $m-1=1$. On constate que $K - k > m - 1$, soit $11 > 1$. Par conséquent, l'équation 1 est sur-identifiée.

L'équation 2 du modèle contient $k=14$ variables exogènes et $m=2$ variables endogènes. Le nombre de variables exogènes du modèle est $K=24$ variables exogènes du modèle et $M=2$ variables endogènes. soit $K-k= 10$ et $m-1=1$. On constate que $K - k > m - 1$, soit $10 > 1$. Par conséquent, l'équation 2 est sur-identifiée. Chaque équation étant sur-identifiée, alors on peut conclure que le modèle est sur-identifié.

On note deux méthodes d'estimation des modèles à équations simultanées: les méthodes à information limitée et les méthodes à information complète. Les premières consistent à estimer équation par

équation. Les secondes considèrent le modèle dans sa globalité, lorsque toutes les équations sont sur-identifiées, et estiment les paramètres (Falloul et Saadallah, 2014). D'où l'utilisation de la technique d'estimation des méthodes à informations complètes par la méthode des triple moindres carrés (TMC).

En outre, il ressort de l'équation de la productivité agricole que la probabilité de 0,0001 attachée à la statistique de Chi2 est inférieure à 1 %. Le coefficient de détermination ajusté est de 0,1223. Cela indique que le modèle est globalement significatif et que les variables explicatives ont expliqué la productivité agricole du ménage à environ 12 %. De même, les résultats de l'équation d'insécurité alimentaire ont montré que la probabilité 0,0000 attachée à la statistique de Chi2 est inférieure à 1 %. Cela indique que l'équation d'insécurité alimentaire du ménage est globalement significative (Tableau 5) Par conséquent, le modèle à équations simultanées est valide.

Tableau 5. Test de significativité globale du modèle à équations simultanées

Equation	Observation	Paramètres	R-carré	Chi2	Probabilité
Productivité agricole	240	14	0,1223	42,0600	0,0001
Insécurité alimentaire	240	14	0,1626	58,4700	0,0000

Erreur-type dans la parenthèse ; légende : *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Source : Auteurs à partir des estimations

Les résultats de l'équation (a) ont montré que l'âge du chef de ménage, le ménage ayant un membre fréquemment malade, la superficie vivrière emblavée par le ménage, le carré de la superficie, le contact du ménage avec le service de vulgarisation, le contrat agricole informel et l'insécurité alimentaire du ménage, sont des facteurs explicatifs de la productivité agricole. On constate que la variable d'intérêt « *insécurité alimentaire* » a un signe négatif et statistiquement significatif au seuil de probabilité de 5 %. Cela indique que le ménage en insécurité alimentaire diminue sa productivité agricole.

L'analyse des résultats de l'équation (b) d'insécurité alimentaire a montré que : l'âge du Chef de ménage; le carré de l'âge du Chef de ménage; le nombre d'enfants dans le ménage; le carré de l'enfant dans

le ménage; la superficie des cultures vivrières du Chef de ménage; le carré de la superficie des cultures vivrières; le contrat agricole; l'emprunt en nature des vivriers pour la consommation alimentaire du ménage; le nombre de sources de revenus du ménage; la vente des actifs productifs du ménage et la productivité agricole du ménage, sont les principaux déterminants de l'insécurité alimentaire du ménage. On constate que la variable d'intérêt «*productivité agricole*», a un signe négatif et statistiquement significatif à 5%. Cela indique que toute augmentation d'une unité de la productivité agricole entraîne une diminution de la probabilité du ménage d'être en insécurité alimentaire de 0,6144 (Tableau 6).

Tableau 6. Liens entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire

Equations simultanées des liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire des ménages agricoles			
Equation de la productivité agricole	coefficient	erreur-type	P-value
Age (année)	0,0019*	(0,0011)	0,065
Instruction du Chef de ménage	-0,0142	(0,0310)	0,648
Taille du ménage	0,0005	(0,0035)	0,891
Appartenance à un groupement	0,0207	(0,0292)	0,479
Herbicide utilisé (litre par ha)	-0,0001	(0,0001)	0,513
Maladif du ménage	-0,0745**	(0,0297)	0,012
Superficie totale emblavée en (ha)	-0,0251***	(0,0087)	0,004
Carré de superficie totale (ha)	0,0009***	(0,0003)	0,001
Vulgarisation	0,0686**	(0,0298)	0,022
Contrat agricole informel	0,0528*	(0,0303)	0,081
Semence	0,0002	(0,0002)	0,196
Sécheresse ou retard de pluie	-0,0344	(0,0458)	0,453
Mécanisation agricole	0,0197	(0,0386)	0,610
Echelle d'accès à l'insécurité alimentaire	-0,1769**	(0,0844)	0,019
Constante	0,6497	(0,1054)	0,000
Equation de l'insécurité alimentaire	coefficient	erreur-type	p-value
Sexe du Chef de ménage	-0,0608	(0,0835)	0,466
Age du Chef de ménage (année)	-0,0182*	(0,0101)	0,071
Carré de l'âge	0,0002**	(0,0001)	0,047
Instruction du Chef de ménage	0,0451	(0,0535)	0,399
Nombre d'enfants dans le ménage	0,0671***	(0,0246)	0,006
Carré de l'enfant	-0,0044***	(0,0015)	0,003
Nombre d'adultes dans le ménage	0,0089	(0,0182)	0,623
Superficie céréale (ha)	-0,0767**	(0,0365)	0,036
Carré de superficie (ha)	0,0332***	(0,0111)	0,003

Equations simultanées des liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire des ménages agricoles			
Contrat agricole informel	0,1543***	(0,0508)	0,002
Nombre de sources de revenu	-0,1164***	(0,0442)	0,009
Vente de l'actif productif	0,1527**	(0,0683)	0,025
Emprunt des produits vivriers	0,0119**	(0,0532)	0,025
Score d'efficacité technique	-0,6144**	(0,3010)	0,044
Constante	1,3931	(0,2789)	0,000

Erreur-type dans la parenthèse ; légende : ***p< 0,01, **p< 0,05, *p < 0,1

Source : Auteurs à partir des estimations

3.2- Discussion

Les résultats ont montré que l'effet de la productivité agricole sur l'insécurité alimentaire est négatif et statistiquement significatif au seuil de probabilité de 5%. Ces résultats corroborent la thèse des orthodoxes, selon laquelle une hausse de la productivité agricole réduit systématiquement l'insécurité alimentaire des ménages (Barro, 1990 ; Romer, 1996; Douillet et Girard, 2013 ; Mankiw, 2004; Vall et al., 2017).

En outre, les effets de la productivité agricole sur l'insécurité alimentaire sont également contrastés (Dury et al., 2017). Gómez et al. (2013) et Berti (2015) montrent que, dans les pays où la productivité agricole est la plus élevée il y a une amélioration de la consommation calorique à la différence de ceux ayant une productivité agricole faible. Deaton et Drèze (2009); Dury et Bocoum (2012) et Sibhatu et al. (2015) ont montré que dans les régions à forts excédents agricoles, malgré l'accroissement de la productivité agricole, le taux de l'insécurité alimentaire est élevé. Toutefois, les résultats obtenus sont conformes à la thèse des orthodoxes.

Les résultats ont montré également que l'effet causal de l'insécurité alimentaire sur la productivité agricole est négatif et statistiquement significatif au seuil de probabilité de 5 %. Ce résultat confirme la thèse des hétérodoxes selon laquelle l'insécurité alimentaire réduit systématiquement la productivité agricole (Graham et Welch, 2000; Haddad, 2000; Gillespie et Kadiyala, 2011; Herforth et Harris, 2014; Dury et al., 2015).

En outre, la plupart des auteurs hétérodoxes, depuis les travaux pionniers de Graham et Welch (2000), ont souligné que l'insécurité

alimentaire affecte la productivité agricole par le canal de la nutrition et de la santé du ménage. Pour Gillespie et Kadiyala (2011) ; Herforth et Harris (2014), l'insécurité alimentaire affecte la productivité agricole par les biais de mauvais état de santé des membres du ménage. Il ressort des résultats de cette étude, l'existence de liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire des ménages agricoles étudiés.

En outre, il existe des caractéristiques du ménage telles que l'âge, le nombre d'enfants, la taille de l'exploitation qui ont influencé significativement l'insécurité alimentaire et corroborent les travaux de Arslan et al. (2017). Le contrat agricole informel augmente la probabilité du ménage d'être en insécurité alimentaire. Yaï et al. (2020(b)) montrent que le crédit n'est pas mauvais en soi, mais ce sont les modalités de prêt et/remboursement qui expliquent cet effet positif sur l'insécurité alimentaire. Ce résultat contraste avec ceux de Bellemare et Novak (2016).

Les résultats de l'étude ont montré que le ménage ayant moins de sources de revenu a plus de chance d'être en insécurité alimentaire par rapport à celui ayant plusieurs sources de revenu. Ce résultat est proche de celui de Mahnken et Hadrich (2018). En outre, les résultats indiquent que le nombre d'enfants dans le ménage a un effet sur l'insécurité alimentaire suivant une distribution en forme de U renversée. Cela indique que lorsque le nombre d'enfants dans le ménage est de huit, la probabilité pour ce dernier d'être en insécurité alimentaire augmente de 0,0671. Au-delà de huit enfants, la probabilité pour le ménage d'être en insécurité alimentaire diminue de 0,0044.

Ces résultats ont montré que le nombre d'enfants dans le ménage ne constitue pas toujours une menace pour la sécurité alimentaire comme le pensait Malthus. L'enfant devient une opportunité pour les ménages à partir d'un seuil estimé à huit. Ainsi, ressort-il des entretiens réalisés que dans les ménages comptant plus de 8 enfants, ces derniers sont considérés comme une opportunité d'affaires en les utilisant comme les bons bergers ou en les plaçant dans les foyers riches pour générer de ressources monétaires en faveur de leurs familles. Ces résultats sont similaires de ceux obtenus par Smith et al. (2017).

Par ailleurs, il ressort de cette recherche que la superficie totale emblavée a un effet de seuil sur la productivité agricole suivant une distribution en forme de U. Cela signifie que lorsque le ménage augmente d'un hectare la superficie totale emblavée jusqu'à atteindre une superficie totale de 16 hectares, la productivité agricole baisse de 0,0288 unité. Au-delà 16 hectares de superficie totale emblavée, le niveau de la productivité agricole augmente de 0,0091 unité.

Les résultats obtenus ont montré que « le ménage ayant emblavé une superficie totale inférieure à seize (16) hectares, voit sa productivité agricole diminuer », confirme la loi malthusienne de la décroissance des rendements marginaux (Bhalla et Roy, 1988) et similaires à ceux de Piette (2006). Par contre, au-delà de 16 hectares, la relation est inversée et confirme les résultats de Benjamin (1995) qui a démontré une relation positive entre la productivité agricole et la taille de la ferme.

Les résultats ont montré qu'au fur et à mesure que le Chef de ménage grandit d'année en année, la productivité agricole augmente de 0,0019 au seuil de 10 %. Les résultats de cette étude sont proches de ceux de Nerman (2015), où la houe et la daba sont les principaux outils.

Théoriquement, la relation positive entre la vulgarisation et la productivité agricole trouve son origine dans les travaux pionniers des critiques sur le capital humain de Becker (1964). Pour cet auteur, plus un individu est instruit, plus il dispose des aptitudes et talents qui améliorent sa productivité quand il travaille pour lui-même ou pour autrui (Ait Soudane et Ouallal, 2020).

Par contre, pour Arrow (1973), le niveau d'instruction n'améliore pas la productivité du travail. Il considère le niveau d'instruction comme un filtre pour accéder aux formations supérieures. Spence (1973) souscrit à la pensée de Arrow (1973), selon laquelle, le niveau d'instruction n'a rien avoir avec la productivité du travail.

Arrow (1962 ; 1973) met l'accent sur l'apprentissage par la pratique. Pour cet auteur, la technologie peut être diffusée au grand nombre par une minorité, c'est-à-dire les plus instruits. En effet, environ 87 % environ des chefs des ménages agricoles de l'échantillon de cette recherche sont sans niveau de scolarisation. La seule

alternative pour améliorer leur productivité agricole est l'accompagnement par le suivi régulier des Agents techniques. Les résultats obtenus sont proches de ceux de Side et Havard (2015) ; Yabi et al. (2016) ; Issoufou et al. (2017) et Sigue et al. (2019).

Les résultats ont montré que le fait d'avoir un membre tombant fréquemment malade parmi les enfants, diminue la probabilité du ménage d'être productif. Nos résultats corroborent ceux de Lepage et al. (2011), montrant une relation positive entre l'efficacité productive du ménage et la santé physique des actifs agricoles.

CONCLUSION

Cette étude a pour objectif d'analyser les liens réciproques entre la productivité agricole et l'insécurité alimentaire des ménages agricoles du Département de l'Atacora au Bénin. Portée sur 240 ménages sélectionnés aléatoirement, ses résultats ont montré que la productivité agricole a diminué l'insécurité alimentaire de 0,6144 et l'insécurité alimentaire a réduit la productivité agricole de 0,1769 au seuil de probabilité de 5 %. Les facteurs tels que l'insécurité alimentaire, la superficie emblavée et le maladié du ménage réduisent la productivité agricole, tandis que l'insécurité alimentaire est en partie liée au nombre d'enfants, au contrat agricole informel, à l'emprunt des vivriers et à la vente des actifs agricoles. L'augmentation de la productivité agricole grâce à des mesures d'accès au crédit agricole, de formation des agriculteurs par les services de vulgarisation, l'accès aux soins de santé en faveur des actifs du ménage agricole, serait un moyen d'utilisation rationnelle des ressources dans le processus de production, en vue d'assurer la sécurité alimentaire des ménages.

Références bibliographiques

- Acemoglu D., Johnson, S., and Robinson J. A., (2001).** The Colonial Origins of Comparative Development : An Empirical Investigation. *The American Economic Review*, 91(5), 1369–1401.
- Ait Soudane J., and Ouallal F., (2020).** Capital Humain - Notion et

Concept: Revue de littérature. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 46(2), 122–130.

Amao J.O., and Ayanttoye K., (2017). Analysis of food insecurity status among farming households in North Central Nigeria. *International Journal of Advance Agricultural Research*, 5, 10–22.

Amuzu J., Kabo-Bah, A.T., Jallow B.P., and Yaffa S., (2018). Households' livelihood vulnerability to climate change and climate variability: A case study of the Coastal zone, the Gambia. *Journal of Environment and Earth Science*, 8(1), 35–46.

Arrow K. J., (1973). Higher Education as a Filter. *Journal of Public Economics*, 2, 193–216.

Arrow K. J., (2010). The Economic Learning Implications of by Doing. *The Review of Economic Studies Ltd.*, 29(3), 155–173.

Arslan A., Belotti F., and Lipper, L., (2017). Smallholder productivity and weather shocks: Adoption and impact of widely promoted agricultural practices in Tanzania. *Food Policy*, 69, 68–81.

Barro J. R., (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. *The Journal of Political Economy*, 98(5), 24.

Becker G. S., (1964). *Human Capital*. (C. U. Press, Ed.) (2nd ed.). New York, 1975.

Bellemare M.F., and Novak L., (2016). Contract Farming and Food Security. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(2), 357–378.

Benjamin D., (1995). Can unobserved land quality explain the inverse productivity relationship? *Journal of Development Economics*, 46, 51–84.

Berti P. R., (2015). Relationship between production diversity and dietary diversity depends on how number of foods is counted. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(42), 1.

Bhalla, S., and Roy, P., (1988). Mis-Specification in Farm Productivity Analysis: The Role of Land Quality. *Oxford Economic Papers*, 40(1), 55–73.

Bucekuderhwa C., and Mapatano S., (2013). Comprendre la dynamique de la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire au Sud-Kivu. *La Revue Électronique En Sciences de l'environnement*, 17, 31.

Butault J-P., and Réquillart V., (2012). L'agriculture et l'agroalimentaire français à la recherche d'une compétitivité perdue.

INRA Sciences Sociales, 4(5), 1–4.

Castell G.S., Rodrigo C.P., de la Cruz J.N., and Bartina J. A., (2015). Household food insecurity access scale (HFIAS). *Nutrición Hospitalaria*, 31(3), 272–278.

Chege J. M., Lemba J. K., Semenye P. P., and Muindi E., (2016). Influence of Household Characteristics on Food Security Status of Smallholder Farmers in Kilifi. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 12(1), 1–10.

Coates J., Swindale A., and Bilinsky P., (2007). Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) for Measurement of Food Access: Indicato. *Washington, D.C.: Food and Nutrition Technical Assistance Projet 2 (FANTA.2)*, 3(August), 36.

Daoudi A., and Bouzid A., (2020). La sécurité alimentaire de l'Algérie à l'épreuve de la pandémie de la COVID-19. *Les Cahiers Du Cread*, 36(3), 185–207.

Deaton, A., and Drèze, J., (2009). Food and Nutrition in India: Facts and Interpretations. *Economic & Political Weekly*, xlv(7), 42–65.

Deitchler M., Ballard T., Swindale A and Coates J., (2011). Introducing a Simple Measure of Household Hunger for Cross-Cultural Use. *Food and Nutrition Technical Assistance 2 (FANTA.2)*, 12(1), 16.

Douillet M., and Girard P., (2013). Productivité agricole : des motifs d' inquiétude ? (I) Les concepts. *Fondation Pour l'Agriculture et La Ruralité Dans Le Monde*, 1(7), 12.

Dury S., Alpha, A., and Bichard A., (2015). The Negative side of the agricultural-nutrition impact pathways: A literature review. *World Food Policy*, 2(1), 78–100.

Dury S., and Bocoum I., (2012). Le « paradoxe » de Sikasso (Mali) : pourquoi « produire plus » ne suffit-il pas pour bien nourrir les enfants des familles d'agriculteurs ? *Cahier Agriculture*, 21(5), 324–336.

Dury S., Vall E., and Imbernon J., (2017). Production agricole et sécurité alimentaire en Afrique de l' Ouest. *Cahier Agriculture*, 26(1).

Etwire P. M., Al-Hassan R., Kuwornu J.K.M., and Osei-Owusu Y., (2013). Application of Livelihood Vulnerability Index in Assessing Vulnerability to Climate Change and Variability in Northern Ghana.

Journal of Environment and Earth Science, 3(2), 157–170.

Falloul M.E., and Saadallah A., (2014). Estimation d'un modèle à équations simultanée des variables macroéconomiques au Maroc. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 11(2), 339–355.

Folefack D. P., Sale A., and Wakponou A., (2012). Facteurs affectant l'utilisation de la fumure organique dans les exploitations agricoles en zone sahélienne du Cameroun. *Afrique Science*, 08(2), 22–33.

Foster J., Greer J., and Thorbecke E., (1984). A Class of Decomposable Poverty Measures. *Econometrica*, 52(3), 761–766.

Gillespie S., and Kadiyala S., (2011). Exploring the Agriculture-Nutrition Disconnect in India. In IFPRI (Ed.), *Leveraging Agriculture for Improving Nutrition & Health, Internatioanl Conference* (Vol. 20, pp. 1–4). in New Dhelhi, India.; Washington, DC 20006-1002 USA.

Gómez M.I., Barrett C.B., Raney T., Pinstруп-andersen P., Meerman J., Croppenstedt A., Lowder S., Carisma B. and Thompson B., (2013). Post-Green Revolution food systems and the triple burden of malnutrition. *Food Policy*, 42(13), 129–138.

Graham R.D., and Welch, R. M., (2000). A conceptual framework for assessing agriculture-nutrition linkages. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(4, The United Nations University.), 361–373.

Griliches Z., and Jorgenson D. W., (1969). The Explanation of Productivity Change. *The Review of Economic Studies*, 3(99), 29–64.

Haddad L., (2000). A conceptual framework for assessing agriculture–nutrition linkages. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(4), 367–373.

Hansen J. W., (2002). Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture : issues , approaches , challenges. *Agricultural Systems*, 74, 309–330.

Herforth A., and Harris J., (2014). Understanding and Applying Primary Pathways and Principles. Brief#1. *Improving Nutrition Throuth Agriculture Technical Brief Series*. Arlington, VA: USAAID/Strengthening Partnerships, Results and Innovations in Nutrition Globally (SPRING) Projet, (March), 16.

INSAE. (2016). *Cahier des villages et quartiers de ville Département de l'ATACORA, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE)*. Cotonou, Bénin, 123 p.

- Issoufou O.H., Boubacar S., Adam T., and Yamba B., (2017).** Determinants de l'adoption et impact des variétés améliorées sur la productivité du mil au Niger. *African Crop Science Journal*, 25(2), 207.
- Jayne T.S., Mather D., and Mghenyi E., (2010).** Principal Challenges Confronting Smallholder Agriculture in Sub-Saharan Africa. *World Development*, 38(10), 1384–1398.
- Lepage F., Couderc J. P., Perrier J-P., and Parent D., (2011).** Transfert: les déterminants de la performance des exploitations agricoles familiales. *Economie Rurale*, 324, 3–17.
- Mahnken C.L., and Hadrich J., (2018).** Does Revenue Diversification Improve Small and Medium-Sized Dairy Farm Profitability? *Choices*, 33(4), 1–5.
- Mankiw G., (2004).** Chapter 1: Ten principles of economics. In *Principles of Economics* (de Boeck, p. 790).
- Maxwell D., Coates, J., and Vaitla B., (2013).** How Do Different Indicators of Household Food Security Compare? Empirical Evidence from Tigray. *Feinstein International Center, Tufts University: Medford, USA.*, 1, 26.
- Mazoyer M., and Roudart, L., (2009).** Des agricultures manuelles à la motorisation lourde: des écarts de productivité considérables. *Grain de Sel*, 48, 1.
- Meughoyi T. C., (2015).** Semences améliorées et productivité agricole des exploitations familiales agricoles au Cameroun. In *Conférence sur « Accélérez la productivité agricole: la technologie et l'innovation, les actifs, l'accès au financement » au Cameroun* (pp. 1-13.).
- Ndjadi S., Mugumaarhahama Y., Chuma B. G., and Vwima, N. S., (2019).** Déterminants de la performance des exploitations agricoles à Kabare, Sud-Kivu, Est de la République Démocratique du Congo. *Agronomie Africaine*, 31(2), 199–212.
- Nerman M., (2015).** Households Income-Generating Activities and Marginal Returns to Labour in Rural Tanzania. *Journal of African Economies*, 24(3), 367–389.
- ODD. (2015).** *Objectifs de développement durable (ODD)*: Sous région d'Afrique de l'Ouest, 91 p.
- Olaoye T., Adebola K. A. O., and Oladiran, J. O., (2016).**

- Determinants of Food Security in Ogbomoso Agricultural Zone. *International Journal of Research & Development Organisation*, 2(1), 7–11.
- Olawuyi, S.O., and Olawuyi, T. D., (2015).** Social Capital Formation : The Missing Link Among Food Crops Farmers in Osun State , Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences (JETEMS)*, 6(7), 181–189.
- Omonona B.T., and Agoi G. A., (2007).** An Analysis of Food Security Situation Among Nigerian Urbain Households : Evidence From Lagos State, Nigeria. *Jouranl of Central European Agriculture*, 8(3), 397–406.
- Onasanya O. A., and Obayelu O. A., (2016).** Determinants of Food Security Status of Maize-Based Farming Households in Southern Guinea Savannah Area of Oyo State, Nigeria. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(5), 411–417.
- Piette F., (2006).** *Les déterminants de la productivité agricole dans le nord-est du Brésil: Une investigation sur la relation négative entre la productivité et la taille des fermes.* Université de Montréal.
- Prskawetz A., Winkler-dworak M., & Feichtinger, G., (2003).** Production, distribution and insecurity of food: a dynamic framework. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14, 317–337.
- Rahman T., Mittelhammer R.C., and Wandschneider P., (2005).** Measuring the Quality of Life across Countries : A Sensitivity Analysis of Well-being Indices. *World Institute for Development Economics Research*, 5(6), 34.
- Romer D., (1996).** Chapter 3 Beyond the Solow Model: New Growth Theory. In S. L (Ed.), *Advanced Macroeconomics* (1st Ed, p. 528). United States of America.
- Sibhatu K.T., Krishna V.V., and Qaim M., (2015).** Production diversity and dietary diversity in smallholder farm households. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(34), 10657–10662.
- Side C.S., and Havard M., (2015).** Développement durablement la mécanisation pour améliorer la productivité de l’agriculture familiale en Afrîque Subsaharienne. *International Journal of Advanced Studies and Research in Afric*, 6(1&2), 34–43.
- Signe H., Labiyi K., Issaka J.A., Yabi J.A., and Biao G., (2019).** Effet des composantes de la technologie microdose sur la performance

économique et financière des exploitations agricoles du Kouritenga et du Zondoma au Burkina Faso. *Journal African Crop Science*, 27(3), 331–349.

Smith M.D., Rabbitt M.P., and Cleman-Jensen A., (2017). Who are the World's Food Insecure? New Evidence from the Food and Agriculture Organization's Food Insecurity Experience Scale. *World Development*, 20(1), 11.

Spence M., (1973). Job Market Signaling. *Quarterly Journal Of Economics*, 87(3), 355–374.

Sullivan C., (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 30(7), 1195–1210.

Tesfaye S., Bedada B., and Mesay Y., (2016). Impact of Improved Wheat technology adaption on productivity and income in Ethiopia. *African Crop Science Journal*, 24(Supplement s1), 127–135.

Vall E., Marre-cast, L., and Kamgang J., (2017). Chemins d'intensification et durabilité des exploitations de polyculture-élevage en Afrique subsaharienne: contribution de l'association agriculture-élevage. *Cahier Agriculture*, 26(1), 12.

Waters H. R., (1999). Measuring the impact of health insurance with a correction for selection bias: A case study of Ecuador. *Health Economics and Econometrics*, 8, 473–483.

Yabi J.A., Bachabi F. X., Labiyi I.A., Ode C.A., and Ayena R. L., (2016). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 779–792.

Yäï D.E., Floquet A., Biaou G., and Yabi Jacob A. J., (2019). Approche d'Enveloppement des données de mesure de la productivité agricole et l'insécurité alimentaire du ménage agricole au Bénin: Article de synthèse. *Les Mélanges En l'honneur Du Professeur Titulaire Emérite Albert J. Nouhouayi*, 1(1), 279–299.

Yäï D.E., Yabi J.A., Biaou G., Floquet A., and Degla P., (2020b). Productivité agricole et sécurité alimentaire des ménages agricoles du Bénin: Approche des orthodoxes. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29(4), 1199–1215.

Yaï, D.E., Yabi, J. A., Biau G., Floquet A. and Degla P., (2020a). Productivité agricole et sécurité alimentaire des ménages agricoles du Département de l'Atacora au Bénin. *Revue Africaine d'Environnement et d'AAgriculture*, 3(2), 17–27.