

# LE CONDITIONNEMENT ET L'ETIQUETAGE AMELIORENT-ILS LA QUANTITE DE SEMENCES DE MAIS UTILISEES ET LES REVENUS EN AFRIQUE DE L'OUEST ? UNE EVIDENCE DE LA REPUBLIQUE DU BENIN

F. E. MAHOUSSE<sup>1</sup>, P. Y. ADEGBOLA<sup>2</sup>, A. K. N. AOUJJI<sup>3</sup>, A. GOUNDAN<sup>4</sup>, G. BIAOU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National University of Agricultural of Benin, School of Rural Economy, Agricultural-economics and management, 041 BP 13, Republic of Benin, Author's correspondence: Tel: (+229) 97298620, email: eliseemahoussi@gmail.com ;

<sup>2</sup>National Institute of Agricultural Research of Benin (INRAB), 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou ;

<sup>3</sup>University of Abomey-Calavi, Faculty of Agronomic Sciences of the (FSA-UAC). 01BP 526 Cotonou-Benin ;

<sup>4</sup>International Food Policy Research Institute, Dakar Office Senegal

JEL classification : O13; Q16

## RESUME

Cet article, qui relate comment est stimulée la production du maïs à travers la facilitation d'accès aux semences améliorées, analyse les effets du conditionnement avec et sans étiquetage des emballages sur la quantité de semence améliorée de maïs demandée et le revenu annuel agricole des petits producteurs du maïs en république du Bénin. Une approche d'essai de contrôle randomisé (RCT) a été utilisée dans l'optique d'éliminer les biais de sélection et d'avoir un groupe de comparaison approprié. Des méthodes rigoureuses d'estimation mixtes ont été utilisées. Premièrement, nous avons appliqué la pondération du score de propension inverse (IPSW) pour éliminer les biais dus au caractère non aléatoire, et deuxièmement nous avons estimé l'effet de traitement moyen local (LATE) pour contrôler le biais d'endogénéité. Les résultats montrent que le conditionnement avec étiquetage et le conditionnement sans étiquetage ont un impact positif et significatif sur la quantité de semence demandée ainsi que le revenu annuel agricole des petits producteurs de maïs. Ceci confirme le potentiel rôle direct qu'a le conditionnement avec ou sans étiquetage sur l'accroissement de la productivité agricole et l'augmentation du revenu des petits producteurs. Il serait donc impérieux que l'Etat, en attendant de mettre en cohérence les spécifications techniques de l'étiquetage des emballages avec les niveaux d'alphabétisation et d'intérêt des producteurs, renforce le dispositif de suivi et de contrôle de l'introduction des semences améliorées.

**Mots clés :** Semence améliorée, effet moyen de traitement local, maïs, conditionnement, étiquetage.

## ABSTRACT

### ***DO PACKAGING AND LABELING IMPROVE QUANTITY OF MAIZE SEED USED AND INCOME IN WEST AFRICA? EVIDENCE FROM BENIN***

*This paper, which stimulates maize production by facilitating access to improved seed, analyzes the effects of packaging with and without package labeling on the quantity of improved maize seed demanded and the annual farm income of small-scale maize producers in the Republic of Benin, using a randomized control trial (RCT) approach with a view to eliminating selection bias and having an appropriate comparison group. Rigorous mixed methods estimation was used. Firstly, we applied inverse propensity score weighting (IPSW) to eliminate bias due to non-randomness, and secondly we estimated the local average treatment effect (LATE) to control for endogeneity bias. The results show that packaging with labeling and packaging without labeling have a positive and significant impact on the quantity of seed demanded as well as the annual farm income of small-scale maize growers. This confirms the potential direct role of labelled and unlabelled packaging in boosting agricultural productivity and increasing the income of small-scale producers.*

**Keywords:** *Improved seed, local average treatment effect, maize, packaging, labelling*

## INTRODUCTION

L'agriculture, pilier des économies de la plupart des pays en développement, contribue au Bénin, à environ 70% des emplois, 28 % au PIB, 75 % des recettes d'exportation et 15 % des recettes de l'État (MAEP, 2021). Dans le groupe des cultures généralement pratiquées au Bénin, les cultures vivrières, dont le maïs, occupent une place de choix compte tenu de son importance pour la satisfaction des besoins aussi alimentaires que financiers des ménages ruraux. Dans ce rôle important, et tenant compte de la poussée démographique, de la variabilité climatique, des crises alimentaires, etc., l'intensification de cette culture s'avère indispensable. Cette intensification nécessite un recours accru aux intrants agricoles tels que les semences améliorées qui semble être l'une des solutions pour accroître la productivité agricole dans un contexte où la croissance annuelle moyenne de la population en Afrique de l'Ouest augmente. Le rôle des semences améliorées se trouve donc déterminant dans l'accroissement de la productivité agricole et l'amélioration des moyens d'existence des agriculteurs. Nonobstant leur importance et les progrès notables réalisés dans leur développement, l'utilisation à grande échelle des semences améliorées reste mitigée (Eriksson *et al.*, 2018 ; Spielman and Smale, 2017 , and Walker and Alwang, 2015). Entre autres éléments explicatifs de ce constat se trouve l'accessibilité des semences améliorées qui est devenue de ce fait une préoccupation importante pour les agriculteurs toutes les campagnes agricoles. Ainsi, les agriculteurs se trouvent confrontés à plusieurs problèmes pour l'acquisition des semences de qualité et subissent donc des pertes en agriculture lorsque les semences achetées s'avèrent de fausses semences (faible pureté génétique). Il est donc très important d'assurer aux agriculteurs la disponibilité de semences de qualité à des prix abordables et quantités adéquates pour obtenir un meilleur rendement des cultures.

L'autre aspect qui explique la non-utilisation à grande échelle des semences améliorées est l'utilisation des variétés des saisons précédentes et donc le faible taux de renouvellement des semences. Il urge donc de trouver des approches plus efficaces de vulgarisation des semences améliorées (Atlin, 2017 ; and Rajendran Kimenye and McEwan, 2017 ) pour

mieux capter la demande accrue des agriculteurs en semences améliorées (De Roo and Gildemacher, 2016) puisque le renouvellement des semences améliorées de maïs permettrait de diminuer le pourcentage des non-adoptants de 68 à 37 % avec un passage de 3 à 2 ans de taux de renouvellement (AGRA-SSTP, 2019). Tenant compte de ces éléments, la grande préoccupation est de savoir la stratégie à mettre en place pour inciter les petits producteurs à faible revenu à l'achat des semences améliorées de maïs.

L'une des innovations fondamentales pour rendre accessibles les semences améliorées localement aux producteurs à faibles revenus est la réduction de la taille des sacs des semences améliorées puisque les semences sont souvent vendues dans des emballages de grandes tailles (Sperling and Boettiger, 2017). Ces emballages de semences améliorées de grandes tailles (plusieurs kilos) sont généralement sollicités par des grands producteurs emblavant des superficies importantes et disposant de moyens financiers conséquents. Or, les producteurs de maïs du Bénin sont majoritairement des petits producteurs à faibles revenus et emblavant généralement de petites superficies. Ces petites superficies emblavées par les petits producteurs ne leurs permettraient pas de s'acheter par exemple une quantité de 25 kg de semences de maïs, quantité qui est reconnue pour semer environ un hectare (Sperling and Boettiger, 2017). Avoir accès à ces semences dans des paquets de grandes tailles amène donc les petits producteurs à, par exemple, se mettre en groupe pour faire la demande d'un grand emballage de semence améliorée afin de le partager. Dans ces conditions de dépendance des petits producteurs les uns des autres pour constituer un groupe afin de faire la demande demeure une problématique car, si un des petits producteurs se désistait, tous les autres petits producteurs devraient faire face à ce coût supplémentaire ou abandonner l'idée d'achat des semences pour cette campagne agricole. De cet fait, les petits exploitants agricoles constituent un marché largement inexploité et mal desservi (CapitalFM, 2010)". Janey Leakey's LeIdet, une des premières sociétés de semences en Afrique à offrir des petits paquets, trouve à cet effet que les agricultrices ont de la monnaie dans leurs poches, et qu'on peut vendre beaucoup de petits paquets (Thurow, 2012). La réduction de la taille des paquets de semences améliorées se trouve

donc être une possibilité efficace de faciliter l'accès aux semences à ces catégories de producteurs. Ce qui explique le fait que la plupart des entreprises semencières en Afrique emballent les semences dans des emballages de 2 à 10 kg (MacRobert, 2009). Plus les sacs sont petits, plus les petits producteurs ont accès aux semences et pourraient les tester à faible risque. Les ventes des semences en petits emballages facilitent l'accès des agriculteurs aux nouvelles variétés tout en créant aussi une demande de semences certifiées des agriculteurs pour toutes les cultures (Sperling and Boettiger, 2017). Ces constats montrent donc l'importance de la réduction de la taille des emballages de semences améliorées de maïs afin de faciliter leur accès aux petits producteurs dans les pays en développement. Dans cet ordre d'idée, cette étude analyse les effets du conditionnement et de l'étiquetage des emballages des semences améliorées de maïs sur la demande des semences améliorées et le revenu des petits producteurs en République du Bénin. Elle contribue à l'amélioration des connaissances scientifiques en répondant aux questions suivantes : la réduction de la taille des emballages et l'étiquetage des emballages facilitent-ils réellement l'accessibilité des petits producteurs aux semences améliorées ? Les quantités de semence demandées se sont-elles accrues suite à la réduction de la taille des emballages des semences améliorées ? Quels sont les effets induits par ces stratégies sur la quantité de semence améliorée demandée et le revenu des petits producteurs ? La réponse à ces questions paraît importante car elle devrait éclairer les décideurs politiques sur les mesures à prendre pour répondre aux besoins de la grande majorité des producteurs de maïs du Bénin qui sont des petits producteurs à faibles revenus. Cette étude est donc non seulement informative pour les politiques mais aussi un complément pour la connaissance dans la littérature scientifique. Elle vient donner non seulement une idée de la préférence des petits producteurs à faibles revenus en termes de la taille des emballages des semences améliorées de maïs et l'étiquetage des emballages, mais aussi des implications que ces stratégies ont sur la demande des semences améliorées et les revenus des petits producteurs.

Plusieurs études ont abordé les effets de l'adoption des semences améliorées de maïs avec l'utilisation de différentes approches. En effet, Houninvo *et al.* (2019) dans leur étude

sur l'impact de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur le bien-être des petits producteurs au Bénin ont utilisé l'approche double-hurdle combinée avec le modèle de variables instrumentales. De même l'impact de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur le bien-être des producteurs de maïs du Bénin, du Burkina-Faso, de la Côte d'Ivoire et du Mali a été évalué grâce à l'approche d'effet marginal de traitement (MTE) (CORAF/WECARD, 2018). Ahmed *et al.* (2017) en changeant d'approche ont réalisé une étude sur l'impact des variétés améliorées de maïs sur la productivité et le bien-être des exploitations agricoles en combinant la méthode d'appariement des scores de propension (PSM) à la régression endogène par commutation (ESR). Ces approches ont été complétées par la frontière stochastique corrigée pour la sélection de l'échantillon afin de mesurer l'impact sur la productivité agricole. Obayelu et Ajayi (2018) ont quant à eux étudié l'impact économique et les facteurs déterminants de l'adoption de variétés améliorées de maïs dans l'État d'Oyo au Nigeria à l'aide de la statistique descriptive, l'analyse de régression et l'analyse du budget des entreprises standards. Simtowe *et al.* (2019) ont évalué l'impact des variétés de maïs tolérantes à la sécheresse sur la productivité, le risque et les ressources utilisées en Uganda. Les travaux réalisés par Manda (2016) ont utilisé plusieurs approches économétriques telles que la méthode d'appariement des scores de propension (PSM), la régression endogène par commutation (ESR) et la méthode d'ajustement par régression pondérée à probabilité inverse doublement robuste pour évaluer l'impact des variétés améliorées de maïs sur la sécurité alimentaire des ménages dans l'est de la Zambie. Quant à Kassie *et al.* (2014), ils ont étudié l'impact des variétés améliorées de maïs sur la sécurité alimentaire en Tanzanie en s'appuyant sur la méthode d'appariement généralisé des scores de propension (PSM), complétée par une méthode économétrique paramétrique pour vérifier la robustesse des résultats. Dans leur étude sur l'adoption et l'impact des technologies agricoles sur le revenu agricole, Hailu *et al.* (2014) ont examiné l'impact de l'adoption de ces technologies sur le revenu agricole en utilisant le modèle de régression des moindres carrés ordinaires (MCO). Becerril et Abdulai (2010) ont utilisé une approche de correspondance des scores de propension pour analyser l'impact de l'adoption de variétés améliorées de maïs sur le revenu des ménages et la réduction de la pauvreté

au Mexique. A notre connaissance, aucune étude empirique n'a abordé l'impact du conditionnement des produits agricoles, les semences améliorées de maïs en l'occurrence sur la quantité de semence améliorée demandée et le revenu des petits producteurs. Or, le conditionnement qui comprend tous les moyens d'emballer ou de contenir les semences améliorées dans des emballages afin de les protéger durant le stockage, le transport et la distribution selon des quantités données pourrait être d'une grande utilité pour les petits producteurs à faible revenu. Ces emballages du produit sont la dernière étape de la production et jouent un rôle managérial dans les activités de production. Il est vu comme un élément important du marketing mix (Silayoi et Speece, 2004). Le conditionnement dans les emballages est assimilable à une stratégie marketing puisque l'emballage avec les informations qu'il porte est le dernier recours pour atteindre les utilisateurs (producteurs) du produit (Deliya et Parmar, 2012). L'analyse de l'impact du conditionnement sur la décision d'achat du consommateur (producteur) indique que les éléments de l'emballage tels que l'information imprimée sur les emballages, et la taille de l'emballage ont une relation positive et significative avec le comportement d'achat du consommateur (producteur) (Abdullah *et al.* 2013).

Notre étude, compte tenu des insuffisances caractérisées par l'incapacité d'éliminer certains biais à savoir le problème de la sélection sur les inobservables et la non-conformité a appliqué les récents développements en matières d'évaluation d'impact des projets et programmes, l'essai de contrôle randomisé (RCT) en l'occurrence avec les méthodologies connexes que sont le score de propension inverse pondéré (IPWS) et l'effet de traitement moyen local (LATE). Cette approche traite de façon rigoureuse les biais cachés et manifestes à l'étude afin de générer des implications en politique fondées dans le contexte d'un pays en développement comme la république du Bénin.

La suite du papier est organisée ainsi qu'il suit. La section 2 présente le cadre méthodologique qui décrit l'approche conceptuelle du travail et les méthodes d'analyses. La section 3 présente les données et les statistiques descriptives. La section 4 présente les résultats et discussions pendant que la dernière section (5) tire les grandes conclusions de l'article et donne les implications politiques qui découlent du travail.

## METHODOLOGIE

### CONCEPTION EXPERIMENTALE ET DONNEES

En 2015, avec le support financier du Projet d'Amélioration de la Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO), une étude à essai de contrôle randomisé (RCT) a été réalisée par le Programme Analyse de la Politique Agricole (PAPA) et le Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale basé à Agonkanmey (CRAA) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) dans l'ensemble des zones des sept pôles de développement Agricole favorables à la culture de maïs au Bénin, dans le but d'investiguer l'impact des stratégies d'offre des semences sur l'adoption des variétés améliorées de maïs au Bénin. Le processus de réalisation de cette étude s'est déroulé en quatre phases capitales. Une première phase a été faite en vue d'avoir une meilleure connaissance du système semencier Béninois (normes de la production semencière, critères pour être semenciers, différentes variétés produites au Bénin, processus de certification et de commercialisation des semences, etc.) à travers des entretiens avec des acteurs clés du système. Cette phase était suivie de la phase de la collecte des données quantitatives de référence afin de rassembler les caractéristiques socioéconomiques et démographiques nécessaires des producteurs du maïs pour assurer la similarité entre les groupes de contrôle et de traitement. Avant le démarrage de la troisième phase de l'étude, la liste des multiplicateurs de semence améliorée échantillonnés lors de l'étude de référence a servi de base de sondage. Cette phase qui concernait uniquement les multiplicateurs de semences de maïs certifiés consistait à la mise en place du dispositif expérimental. Il s'agissait de la mise à disposition des emballages de conditionnement de différentes tailles avec les étiquettes et les numéros d'attestation de certification obtenus de la Direction du Contrôle et de la Qualité (DCQ) de l'Agence Béninoise de Sécurité Sanitaire des Aliments (ABSSA). L'objectif était que ces multiplicateurs qui sont plus proche des producteurs utilisent ces emballages afin de faciliter l'accessibilité et stimuler la demande en semences améliorées des petits producteurs. La quatrième et dernière phase qui s'est déroulée en 2016 consistait à la collecte des

données de la fin de l'expérimentation non seulement au niveau des traités, mais aussi au niveau des groupes témoins.

Deux principaux dispositifs ont guidé la conception de cette étude. Il s'agit du dispositif prenant en compte les multiplicateurs et le dispositif prenant en compte le système de vulgarisation. Le premier dispositif (au niveau des multiplicateurs) a utilisé une expérience factorielle organisée en blocs aléatoires complet (BAC) ou blocs de Fisher intégrant quatre (4) traitements (semences améliorées, mécanismes de transfert des technologies et Contrôle) avec deux modalités chacun. Le premier groupe T0 représente le groupe de contrôle (contrefactuel) où aucun traitement n'est administré. Le deuxième groupe T1 représente les semences certifiées (T1.1) pour le traitement et les semences locales (T1.2) pour le contrôle. Le troisième groupe qui est l'étiquetage et le scellage (T2) est subdivisé en deux sous-groupes qui sont les emballages étiquetés et scellés (T2.1) et les emballages non étiquetés et non scellés (T2.2) qui représentent le sous-groupe contrôle. Le quatrième et dernier groupe est la contenance T3 des emballages. Ainsi, pour ce groupe la variation de la quantité T3.1 est le premier sous-groupe et la non-variation de la quantité T3.2 le deuxième sous-groupe qui représente le groupe de contrôle. Le choix du premier dispositif s'explique par le fait que le nombre de traitement (04) n'est pas élevé et que les traitements doivent se retrouver dans chaque bloc. Par ailleurs, le BAC (Bloc Aléatoire Complet) a été préféré au BCA (Bloc Complètement Aléatoire) non seulement à cause de la précision et la flexibilité du BAC mais aussi par la non-imposition de restriction quant au nombre de traitements. De même, chacun de ces traitements est subdivisé en niveaux de traitements à l'exception du T0 donnant une expérience de trois facteurs (T1 T2 et T3) à deux modalités, c'est-à-dire un arrangement factoriel  $1 \times 2 \times 2 \times 2$  de traitements dans un dispositif en blocs. Le dispositif est davantage justifié étant donné sa possibilité d'évaluer les effets combinés ou simultanés des niveaux des trois traitements étudiés. Pour le deuxième dispositif, le BAC est également utilisé avec deux traitements (Approche ATDA ex CARDER et Approche IAR4D [PMA]). L'approche ATDA (T0) est considérée comme le contrôle pendant que l'approche IAR4D (PMA) représente le groupe traité. Ce dispositif a été choisi du fait que tous les traitements doivent

être répartis de manière aléatoire dans chaque bloc (les blocs sont identifiés grâce à une typologie réalisée après l'étude de référence. A chaque bloc correspondait donc un type de vulgarisateur identifié. Il offre donc la possibilité de regrouper les traitements aussi uniformes que possibles à l'intérieur des blocs de façon à ce que les différences soient principalement dues à l'effet des traitements.

Le nombre de blocs expérimentaux (nombre de villages ayant reçu le traitement) a été déterminé grâce à une typologie des villages de la commune. Ainsi, à chaque classe (village) correspond un bloc expérimental tout à fait homogène. L'analyse multivariée et la classification par niveau de prospérité de GRANDIN ont été utilisées pour réaliser la typologie. Seuls les villages qui se ressemblent dans la commune ont constitué les blocs expérimentaux. Les traitements sont répartis de manière aléatoire afin de minimiser le biais de sélection. Cependant, dans une même commune, les traitements sont répétés entre les villages constituant les blocs expérimentaux.

Un total de 224 multiplicateurs ont fait l'objet de la mise en place du dispositif. Il s'agit de 112 producteurs multiplicateurs de semences améliorées pour le PMA/CEF et 112 producteurs multiplicateurs de semences améliorées pour l'approche CARDER. Parmi ces producteurs multiplicateurs au niveau des PMA/CEF et CARDER, 90 avaient reçu l'emballage et 22 n'avaient rien reçus. Des 90 multiplicateurs ayant reçu l'emballage (PMA/CEF et CARDER), 23 recevaient les emballages de 5 kg et 23 les emballages de 10 kg, pendant que 22 recevaient les emballages de 20kg et 22 les emballages de 50kg. Au niveau des multiplicateurs ayant reçus les 23 emballages de 5kg et de 10 kg, 12 avaient des emballages étiquetés et scellés et 11 ne l'avaient pas. Pour les emballages de 20 kg et de 50 kg, 11 multiplicateurs avaient des emballages étiquetés et scellés et 11 ne l'avaient pas. La conception de l'étude était l'essai de contrôle randomisé avec les groupes de traitement et de contrôle suivant la période de 2015 à 2016.

Nous avons utilisé la quantité de semences demandées par les petits producteurs et le revenus issus de la production de maïs de ces derniers comme deux variables résultats pour évaluer l'effet du conditionnement des emballages avec et sans l'étiquetage de ces derniers. Les quantités de semences

demandées et le revenu de ces petits producteurs ont été collectés avant et après l'intervention.

La figure suivante montre le dispositif expérimental de cette étude.

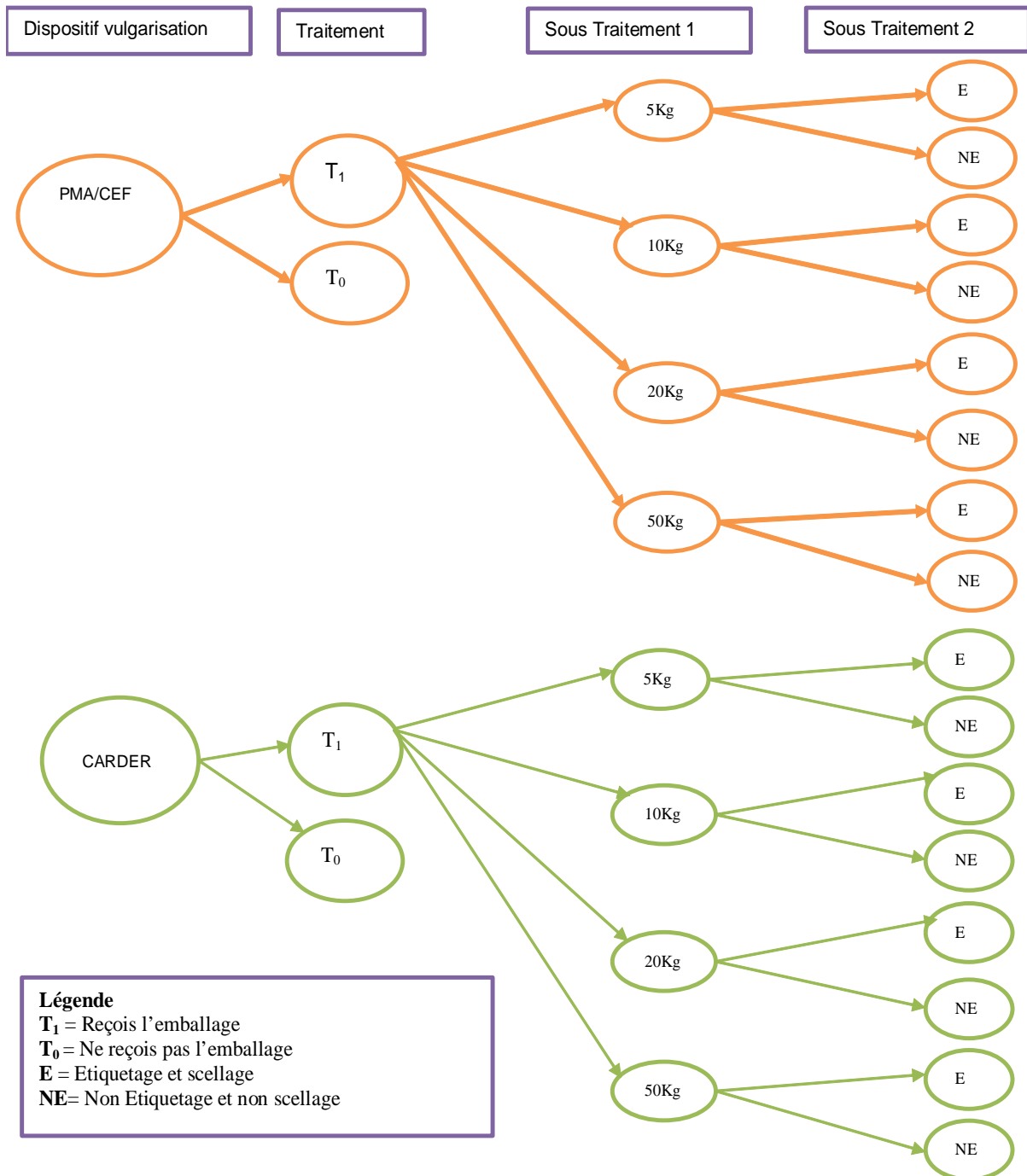


Figure 1 : dispositif expérimental de l'étude.

*Experimental design of the study.*

### TAILLE D'ECHANTILLON, CALCUL DE LA PUISSANCE ET EFFET MINIMUM DETECTABLE

Dans une approche expérimentale, choisir une taille d'échantillon appropriée est essentiel pour détecter l'effet d'une intervention, en supposant qu'il y ait cet effet. La question qui se pose est de savoir si on peut déterminer les effets de l'intervention, même si cette dernière paraît petite aux vues de l'échantillon qu'on a. Ainsi, la puissance de l'expérimentation qui est la probabilité que, pour une taille d'effet, un niveau de significativité statistique donné, et d'autres choix de conception, on peut rejeter l'hypothèse d'effet nulle (Duflo *et al.*, 2008). C'est ce qui nous amène à utiliser l'effet minimum détectable (MDE) (Bloom 1995, 2006) qui est le plus petit effet de traitement réel détecté avec confiance afin de voir la taille minimale de l'effet que doit avoir l'intervention pour qu'on ait des chances, statistiquement, de détecter cet effet

statistiquement différent de 0. Si l'on veut se donner 80 % (ce qui est admis dans la littérature) de chances de détecter un effet avec le seuil conventionnel de 5 % (la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est en fait vraie), on aura huit chances sur dix de détecter une différence de taille d'effet spécifiée (Bloom, 1995 and Duflo *et al.* 2008). Nous choisissons alors la taille de notre échantillon en minimisant les effets d'entraînement potentiels et en tenant compte d'une puissance de 80 % et de 5 % de niveau statistique. L'objectif étant de tester l'hypothèse selon laquelle le conditionnement et l'étiquetage des enveloppes ont un effet sur la quantité de semence améliorée de maïs demandée ainsi que sur le revenu des petits producteurs, la taille de notre échantillon se situe au niveau individuel. Nos variables de résultats étant des variables continues et que l'intervention est assignée au niveau individuel, la formule suivante est utilisée (Djimeu and Houndolo, 2016) pour calculer le MDE :

$$\text{MDE} = (t_1 + t_2) \sigma_y \sqrt{\frac{1}{p(1-p)n}}$$

$$n = \left\{ \frac{1}{p\delta^2} \sigma_y^2 \frac{(t_1+t_2)^2}{-p+1} \right\}$$

Avec  $t_1$  la valeur critique de  $t$  de student du niveau de significativité désiré pour le test ;  $t_2$  la valeur critique de  $t$  de student de la puissance de la conception de l'expérience désirée ;  $\sigma_y$  la variance de la variable résultat,  $p$  la proportion de l'étude qui est assignée aléatoirement au

groupe de traitement ; et  $n$  est la taille de l'échantillon. Le tableau ci-dessous présente la valeur des paramètres que nous avons utilisés pour estimer le MDE pour les deux variables résultats. Le tableau suivant présente la valeur des paramètres utilisés pour estimer le MDE.

**Tableau 1** : paramètres des hypothèses pour le calcul du MDE.

*Parameter assumptions for MDE calculation.*

$t_1$	1.96
$t_2$	0.84
$p$	0.5
$n$	490
$\sigma_y$ (quantité semence demandée)	0.73
$\sigma_y$ (revenu petit producteur)	1.16

**Tableau 2** : Calcul des MDEs pour les variables résultats continues.

*Calculation of MDEs for continuous outcome variables.*

Taille de l'échantillon	MDEs	
	Quantité semence demandée	Revenu petit producteur
250	0.19	0.47
300	0.17	0.43
350	0.16	0.40
380	0.15	0.38

Les MDEs pour les variables résultats (quantité de semence demandée et le revenu des petits producteurs) sont sensibles à la taille de l'échantillon. Ils sont plus faibles lorsque la taille de l'échantillon est plus importante. Nous avons choisi une taille d'échantillon de 490 producteurs répartis entre les groupes (les producteurs traités pour le premier traitement représentent environ la moitié de la population ; les producteurs traités pour le second traitement représentent le tiers de la population).

#### CADRE ANALYTIQUE ET TECHNIQUE D'ESTIMATION

Ce papier a pour objectif d'estimer ce qu'aurait été la situation des petits producteurs ayant utilisé les emballages de semences conditionnées avec ou sans étiquetage s'ils n'avaient pas adopté cette initiative. Une démarche simple aurait été de faire la différence des quantités de semences demandées par les producteurs bénéficiaires avant et après l'expérience. Cette différence, si elle était positive n'indiquerait à priori pas que l'augmentation de la quantité de semence demandée serait due à l'expérience mise en place à cause de l'existence d'un potentiel biais de sélection

$\beta$  représente l'effet moyen du traitement estimé qui est la différence entre les moyennes attendues de l'échantillon par statut de traitement. En supposant que le terme d'erreur n'est pas lié au traitement, la causalité est établie.

Etant donné le nombre de traitements dans notre étude, la conception expérimentale factorielle paraît appropriée pour tenir compte de la pluralité

$$Y_{ijt} = \alpha + \beta_1 T_1 + \beta_2 T_2 + \beta_3 T_1 T_2 + \beta_4 X_{i(t-1)} + \delta_j + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

Où  $Y_{ijt}$  représente la variable résultat (la quantité de semence demandée dans le modèle 1 et le revenu du producteur dans le modèle 2) de l'individu  $i$  dans la localité  $j$  (PMA/CEF ou CARDER) à la période  $t$  (2015-2016) qui représente le temps entre le démarrage et la fin de l'intervention ; et  $\beta_1$  et  $\beta_2$  sont les coefficients d'intérêt mesurant l'effet des traitements séparés ( $T_1$  conditionnement et étiquetage et  $T_2$  conditionnement sans étiquetage) ;  $\beta_3$  mesure l'effet combiné des traitements ;  $\delta_j$  est l'effet fixe (pour l'unité de randomisation),  $X_{i(t-1)}$  est un ensemble de variables de contrôle individuel retardé d'une

(Diagne, 2003). Pour contrôler ce problème, cette étude a utilisé l'approche d'essais de contrôle randomisés qui permet d'éviter les biais de sélection et d'établir un contrefactuel crédible (Duflo *et al.*, 2008) en utilisant les variables instrumentales (Rubin, 1974 ; Imbens et Wooldridge, 2009). Elle garantit non seulement la similarité (producteurs vivant les mêmes réalités ou externalités pendant la même période) au départ entre les deux groupes (témoin et traité) afin de s'assurer que la seule différence à la fin soit due à l'expérimentation, mais aussi le sens de la causalité à travers l'assignation aléatoire. Cette approche est donc considérée comme la meilleure approche d'évaluation d'impact en raison de sa fiabilité (Karlan and Zinman, 2009).

La spécification empirique la plus souvent utilisée dans ce cas est la suivante :

$$Y_i = \alpha + \beta T + \varepsilon_i \quad (1)$$

Où

$$\hat{E}(Y_i|T) - \hat{E}(Y_i|C) = \hat{\beta} \quad (2)$$

En supposant que

$$E(\varepsilon_i|T) = 0$$

des traitements qui se font simultanément et d'éviter à ce que les variables indépendantes qui affectent une variable dépendante particulière soit corrélées (non orthogonales). Ainsi, l'unité de randomisation dans le cadre de cette étude peut être au niveau de la localité (village) ou au niveau individuel qui prendrait en compte le ménage ou l'individu même. La forme fonctionnelle de l'équation (1) dans ce cas devient :

période car elles ne sont pas concernées par les traitements  $T_1$  et  $T_2$ .

Cette approche, malgré ses qualités et avantages est sujette à des critiques quant à son incapacité d'éliminer les biais d'auto-sélection et les biais dus aux caractéristiques inobservables (Rosebaum and Rubin, 1983 ; Rubin, 1974 ; Imbens, and Wooldridge, 2009 ; Heckman and Vytlacil, 2005). Aussi, la réalisation d'une expérience parfaite n'est-elle pas souvent possible à cause des problèmes de non randomisation de l'échantillon et de la conformité partielle observée lors de la mise en œuvre de l'expérimentation. Quand bien même



les agriculteurs étaient assignés au hasard à des groupes traités et contrôlés, la réception des emballages conditionnés ou non n'a pas été aléatoire. Par ailleurs, il a été difficile de faire adhérer tout le monde au statut qui lui a été attribué, autrement dit, il y a de possibilité que certains sujets non bénéficiaires se donnent les moyens d'accéder à la technologie, tout comme le contraire. Cette situation qui était révélée comme l'un des problèmes associés à la randomisation (Imbens and Angrists, 1994) induit le problème de la non-conformité ou de l'endogénéité dans l'assignation de l'expérimentation. Pour pallier à ce problème et tenant compte de la littérature économétrique sur la corrélation du biais dû à la sélection qui provient du caractère aléatoire de l'affectation des agriculteurs aux groupes de traitement et de comparaison (Imbens and Wooldridge, 2009), nous utilisons à l'image de l'étude de Awotide

Avec  $n$  est la taille de l'échantillon,  $n_1 = \sum_{i=1}^n t_i$  est le nombre de traités et  $\hat{p}(x_i)$  est une estimation cohérente du score de propension évalué à  $x$ . La technique d'estimation des Moindres Carrées Ordinaires (MCO) est utilisée pour estimer les effets moyens de traitements. Par ailleurs, afin de corriger le problème de non-conformité, la méthode des variables instrumentales (IV), la variante de cette méthode permettant d'estimer l'effet moyen du traitement localisé (LATE) introduite par Imbens and Angrist (1994) a été utilisée. L'estimation du LATE s'est basé sur l'estimateur de Abadie (2003) qui généralise l'estimateur de Imbens and Angrist (1994) qui n'exige pas le caractère aléatoire de l'instrument (où l'instrument  $z$  est indépendant de  $Y_{1i}$  et  $Y_{0i}$  conditionnellement à  $x$ ). Cet indicateur exige d'utiliser au moins un instrument  $z$  qui affecte directement le statut de l'utilisation des emballages mais indirectement les résultats  $Y_{1i}$  et  $Y_{0i}$  une fois les variables indépendantes  $x$  contrôlées. Dans cette étude, la variable instrument est la variable connaissance des emballages de semences conditionnées avec ou sans étiquette à travers

et al. (2013) l'IPSW pour fournir un estimateur cohérent de l'effet moyen de traitement (ATE), de l'effet moyen du traitement sur les traités (ATT) et de l'effet moyen sur la population non-traitée (ATU) (Diagne and Demont, 2007 ; Imbens, 2004 ; Lee, 2005). L'IPSW est estimé comme suit :

$$ATE_{\hat{E}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \hat{p}(x_i))y_i}{\hat{p}(x_i)(1 - \hat{p}(x_i))} \quad (4)$$

$$ATT_{\hat{T}} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \hat{p}(x_i))y_i}{(1 - \hat{p}(x_i))} \quad (5)$$

$$ATU_{\hat{T}} = \frac{1}{1 - n_1} \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \hat{p}(x_i))y_i}{\hat{p}(x_i)} \quad (6)$$

les producteurs multiplicateurs de semence améliorée mise en place à travers le dispositif expérimental dans leur zone de résidence. Elle est marquée ( $z$ ) avec  $z = 1$  pour les producteurs connaissant les emballages et  $z = 0$  sinon. Ce choix d'instrument se justifie par le fait que l'accessibilité à toute technologie agricole est précédée par la connaissance de cette dernière, ce qui pourrait influencer par la suite la demande de ces emballages. Toutefois, il est naturel de supposer que la connaissance des emballages n'influence pas directement la quantité de semences améliorées demandées ainsi que le revenu des producteurs puisqu'un producteur peut avoir connaissance sans exprimer la demande des semences améliorées. Ceci est conforme à la définition de l'instrument tel que décrit par Abadie (2003) et Heckman (2010). L'impact moyen pour la sous-population des utilisateurs potentiels des emballages de semences améliorées peut être estimé à partir de la fonction du Local Average Function (Abadie, 2003 ; Lee, 2005) (LARF) définie par  $f(x, t) \equiv E(y|x, at_1 = 1)$  et toute fonction  $g$  de  $(y, x, t)$  qui requiert l'hypothèse d'indépendance conditionnelle au lieu de l'hypothèse à caractère aléatoire de l'estimateur Wald.

$$LATE_{LARF} = \frac{1}{\hat{p}(t_1=1)} = \sum_{i=1}^{n_1} \hat{k}_i \cdot h(y_i, x_i, \hat{\theta}) \quad (7)$$

Avec  $\hat{k}_i = 1 - \frac{z_i}{P(t_1=1)}$  le poids des 'compliers' (8)

$h(y_i, x_i, \hat{\theta}) = f(x, 1, \hat{\theta}) - f(x, 0, \hat{\theta})$  et  $\hat{\theta}$  un paramètre à estimer par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO).

Les variables utilisées pour le score de propension dans cette étude sont des variables qui sont censées ne pas subir de changement dans le temps. Autrement dit, ce sont des variables qui, prises au départ de l'intervention, ne connaîtront pas de changement suite à la mise en place de l'expérimentation. Ces variables dans cette étude sont choisies dans les données de références. Il s'agit notamment du sexe, du contact avec les structures de vulgarisation, l'âge, et la taille du ménage. Cette expérience est mise en place dans les milieux ruraux dans l'espérance d'exposer les petits producteurs à l'utilisation des semences améliorées certifiées de bonne qualité, de rendre disponibles ces semences dans des rayons très réduits dans des emballages dont les contenances en termes de quantités seraient abordables pour les producteurs. Ce faisant, la productivité du maïs pourrait s'accroître engendrant une augmentation du revenu du ménage.

#### STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET DONNEES

Les données utilisées dans cette étude proviennent de l'étude expérimentale mise en œuvre par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) à travers le " Programme Analyse de la Politique Agricole " (PAPA). Elle a été menée dans toutes les zones favorables à la culture du maïs dans les sept Pôles de Développement Agricole (PDA) du Bénin (précisément dans 49 des 77 communes). Le tableau 3 présente les statistiques descriptives et le test d'équilibre pour l'ensemble de l'échantillon et pour les groupes de contrôle et de traitement avec des tests de comparaison de moyenne avec les données de référence de l'expérimentation. En moyenne, les répondants sont relativement jeunes (42 ans), plus de la moitié (54 %) ayant reçu une éducation formelle

et un taux d'alphabétisation relativement faible (34 %). La population des répondants est majoritairement masculine (96 %), la taille moyenne des ménages étant d'environ 4 membres. Plus de la moitié des répondants (62 %) sont en contact avec des structures de vulgarisation pour obtenir des informations sur les nouvelles technologies agricoles. Très peu de producteurs ont accès au crédit (13 %), et ont reçu une formation spécifique sur l'utilisation des semences améliorées (36 %). La distance à parcourir pour acquérir des semences améliorées par les petits producteurs est relativement courte. Cela peut s'expliquer par le fait que les multiplicateurs de semences améliorées choisis dans le cadre du dispositif mis en place résident dans la localité des producteurs. La quantité moyenne de semences améliorées utilisées est d'environ 95 kg contre une quantité moyenne de semences utilisées qui est d'environ 73 kg pour un rendement moyen de 3624 kg/ha. Le revenu annuel moyen des producteurs de maïs est de 278928,7 XOF (461,04 \$) dans le groupe de contrôle, contre 260446,2 XOF (430,49 \$) et 324280,4 XOF (536,00 \$) pour les producteurs bénéficiaires ayant utilisé les semences conditionnées étiquetées (T\_1) et les semences conditionnées non étiquetées (T\_2), respectivement. Les emballages non étiquetés semblent donc contribuer à l'augmentation de revenus des producteurs, ce qui reste à confirmer par des tests appropriés. La superficie moyenne ensemencée, qui est de 2,36 ha, est plus élevée pour les producteurs résidant dans la zone des producteurs multiplicateurs par rapport à ceux qui résident dans des zones où il n'y a pas de producteurs multiplicateurs. Il est à espérer que ces quantités de semences améliorées utilisées par les petits producteurs reflètent l'impact du dispositif mis en place sur les variables de résultats qui nous intéressent.

**Tableau 3** : Intégrité expérimentale : tests d'équilibre sur les variables des données de référence.*Experimental integrity: equilibrium tests on reference data variables.*

	Ensemble	Contrôle	Traitement 1	Traitement 2	t-test/Chi2	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(2) # (3)	(2) # (4)
<b>Variables quantitatives</b>						
Age (Âge au dernier anniversaire)	42,3 (10,5)	42,7 (10,1)	41,31 (10,5)	42,04 (11,93)	0,28	0,15
Taille de ménage (nombre de personnes en charge du ménage)	4,33 (3,41)	4,58 (3,04)	4,2 (4,15)	3,83 (3,62)	-0,33	1,22
Expérience en production de maïs (nombre d'années où le producteur produit pour lui-même)	15,94 (9,92)	16,44 (9,96)	15,50 (10,18)	14,88 (10,09)	-1,41	1,18
Quantité de semences demandées (Kg/ha)	94,76 (58,08)	90,65 (56,15)	100,85 (60,69)	108,03 (63,07)	-1,54	-2,22***
Quantité de semences utilisées (Kg/ha)	72,70 (69,87)	69,87 (83,83)	82,98 (82,26)	72,53 (46,41)	-0,17*	-0,67
Rendement du maïs (kg/ha)	3624,34 (4342,1)	3379,22 (2594,41)	3549,77 (3000,63)	4203,15 (7243,14)	-0,15	1,29
Revenu annuel de la production du maïs (XOF)	277951,7 (326354,1)	278928,7 (355326,3)	260446,2 (267359,9)	324280,4 (320649,9)	0,81	-1,78*
Superficie emblavée avec les semences améliorées (ha)	2,36 (2,07)	2,25 (1,82)	2,37 (2,23)	2,96 (2,36)	-0,03	-0,82***
<b>Variables catégorielles</b>						
Sexe (1 = homme ; 0 = femme)	0,96 (0,19)	0,98 (0,12)	0,96 (0,19)	0,92 (0,27)	0,00	6,31**
Education formelle (1 = Oui ; 0 = Non)	0,54 (0,49)	0,50 (0,50)	0,58 (0,49)	0,62 (0,48)	1,50	3,83*
Alphabétisation (1 = Oui ; 0 = Non)	0,34 (0,47)	0,31 (0,46)	0,38 (0,48)	0,34 (0,47)	1,83	0,00
Contact avec services de vulgarisation (1 = Oui ; 0 = Non)	0,62 (0,48)	0,63 (0,48)	0,57 (0,49)	0,65 (0,47)	2,93*	0,72
Accès aux crédits (1 = Oui ; 0 = Non)	0,13 (0,34)	0,12 (0,32)	0,18 (0,38)	0,16 (0,37)	4,57**	1,39
Formation spécifique sur les semences améliorées 1 = Oui ; 0 = Non	0,36 (0,48)	0,37 (0,48)	0,30 (0,46)	0,42 (0,49)	3,57*	2,43
Distance du lieu d'approvisionnement (1= faible ; 2 = moyenne ; 3 = élevée)	1,91 (0,88)	1,90 (0,86)	1,89 (0,90)	1,95 (0,92)	2,33	2,38

## RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 4 présente les résultats de l'impact du conditionnement et de l'étiquetage sur la quantité de semences améliorées de maïs utilisées et sur le revenu annuel tiré de la

production de maïs des ménages agricoles. En partant de l'hypothèse que l'approche de l'essai contrôlé randomisé (RCT) est parfaite avec une conformité totale, la façon la plus simple d'obtenir l'impact est de faire la différence entre les résultats moyens des petits agriculteurs traités et non traités. Pour le premier traitement

Le taux de change de 1 \$ en XOF = 605

( $T_1$ ), une différence positive, mais non statistiquement significative de 9,09 kg de la quantité de semences améliorées utilisées a été observée entre les producteurs qui ont utilisé des semences améliorées de maïs conditionnées et étiquetées et les producteurs du groupe de contrôle. D'autre part, une différence négative, mais non significative du revenu agricole annuel des ménages (XOF - 26286,93 ou 43,45 \$) a été observée entre les deux groupes. Pour le deuxième traitement ( $T_2$ ), contrairement à  $T_1$  en ce qui concerne le revenu des petits producteurs, une différence positive et statistiquement significative de 14,10 kg a été observée dans la quantité de semences améliorées utilisées par les petits producteurs traités et les producteurs témoins, et une différence positive et significative de 62224,45 XOF (102,85 \$) dans le revenu des petits

producteurs traités et des groupes témoins. Il est donc plausible de conclure que les emballages non étiquetés ont un impact positif non seulement sur la quantité de semences utilisées par les petits producteurs, mais aussi sur leur revenu agricole annuel provenant de la production de maïs. Il est donc compréhensible que, dans ces conditions, la mesure la plus appropriée ayant un effet positif sur la quantité de semences utilisées ainsi que sur le revenu consiste à réduire la taille des emballages afin de permettre aux petits producteurs d'accéder plus aisément aux semences pour augmenter leurs quantités utilisées et améliorer leurs revenus de la production de maïs. Cela pourrait s'expliquer non seulement par le niveau d'instruction et d'alphabétisation de ces petits producteurs, mais aussi par le manque d'importance accordée aux messages figurant sur les emballages.

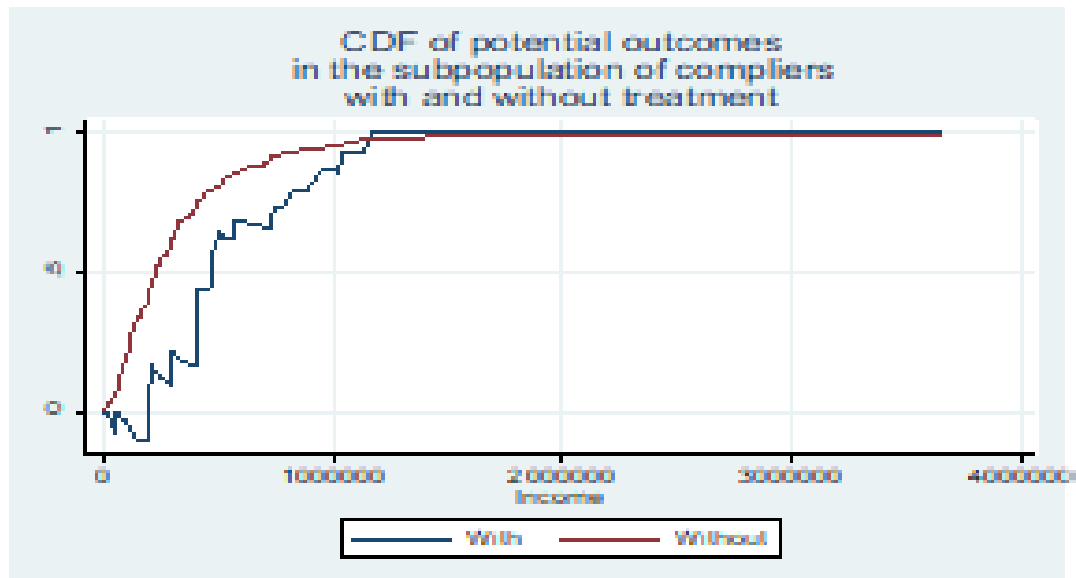
**Tableau 4** : Impact du conditionnement et de l'étiquetage sur les quantités de semences utilisées et sur les revenus de la production de maïs des petits producteurs.

*Impact of packaging and labeling on quantities of seed used and on income from small-scale maize production.*

	Quantité de semences utilisées		Revenu annuel total issu de la production de maïs	
	Parameter	Robust std. Error	Parameter	Robust std. Error
Estimation par différence de moyenne de l'échantillon observé				
$T_1$				
Différence moyenne	9,09	6,12	-26286,93	29557,35
Traités	102,71***	5,17	260446,2***	21591,21
Contrôles	93,62***	3,27	286733,1***	20185,56
$T_2$				
Différence moyenne	14,10**	2,08	62224,45*	34490,21
Traités	107,15***	17,72	324280,4***	29581,8
Contrôles	93,05***	30,08	262055,9***	17733,92
LATE par l'estimateur LARF				
$T_1$	25,40***	0,04	4612,59***	1,64
$T_2$	30,53***	0,01	61886,92***	92,05

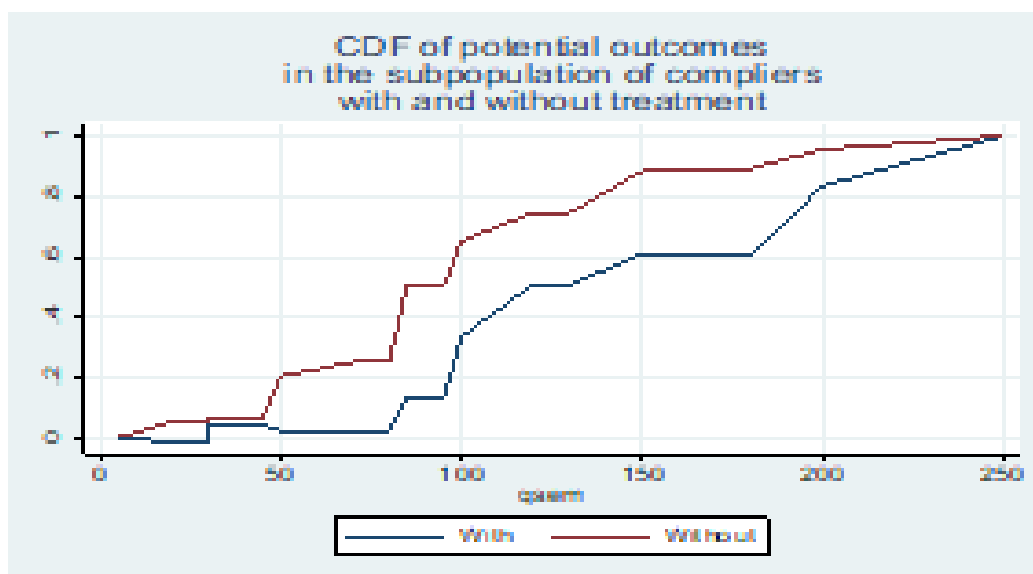
Légende : \*\*\*P < 0,01, \*\*P < 0,05, \*P < 0,1

T\_1 = Conditionnement avec étiquetage ; T\_2 = Conditionnement sans étiquetage



**Figure 2** : Fonction de distribution cumulative des résultats potentiels de revenus dans la sous-population des compliers avec et sans traitement.

*Cumulative distribution function of potential income outcomes in the compliers subpopulation with and without treatment.*



**Figure 3** : Fonction de distribution cumulative des résultats potentiels de la quantité de semences utilisées dans la sous-population des compliers avec et sans traitement.

*Cumulative distribution function of potential results for quantity of seed used in the compliers subpopulation with and without treatment.*

Le LATE capte les effets induits sur la quantité de semences utilisées et le revenu annuel de la production de maïs des producteurs par le changement exogène de l'instrument, l'exposition au conditionnement et l'étiquetage de l'emballage en raison du changement de

comportement des producteurs de maïs. Il n'est identifié que pour la sous-population des producteurs dont le comportement dans l'utilisation des semences améliorées aurait changé à la suite de l'exposition au dispositif introduit. Le résultat de l'estimation LATE montre

que les revenus tirés de la production de maïs et la quantité de semences améliorées utilisées sont plus élevés chez les producteurs qui ont adopté les semences améliorées emballées suivant les différents formats (figures 2 et 3). En d'autres termes, alors qu'environ 50 % des producteurs qui ont adopté les semences améliorées emballées suivant les différents formats ont un revenu annuel de la production de maïs inférieur ou égal à environ 500 000 XOF (826,45 \$), les producteurs qui n'ont pas adopté les semences améliorées emballées suivant les différents formats à ce même niveau (50 %) ont un revenu annuel de la production de maïs inférieur ou égal à environ 200 000 XOF (330,58 \$). De même, environ 60 % des producteurs qui ont adopté les semences améliorées emballées suivant les différents formats utilisent une quantité inférieure ou égale à environ 150 kg de semences améliorées, tandis que les producteurs qui n'ont pas adopté les semences améliorées emballées suivant les différents formats utilisent une quantité inférieure ou égale à environ 100 kg de semences améliorées. Afin de disposer d'un estimateur cohérent de l'impact du conditionnement et de l'étiquetage des emballages sur la quantité de semences utilisées et le revenu de la production de maïs des petits producteurs, l'estimation LATE de l'estimateur LARF a été utilisée. Le résultat de cette estimation indique un impact positif et significatif du conditionnement avec ou sans étiquetage sur la quantité de semences améliorées utilisées et le revenu annuel issu de la production de maïs des petits producteurs. En effet, un impact positif et significatif de 25,40 kg et 30,53 kg de la quantité de semences améliorées utilisées a été observé respectivement à la suite d'un conditionnement avec étiquetage et un conditionnement sans étiquetage. L'impact sur la quantité de semences améliorées utilisées est donc plus intéressant lorsque le conditionnement est fait sans étiquetage. Cela pourrait signifier que l'accès limité aux semences améliorées de maïs limiterait, si toutes les conditions sont remplies, la productivité agricole des producteurs de maïs. Ainsi, le mode de vente en détail qui se traduit par la réduction de la taille des emballages de semences améliorées de maïs disponible dans un environnement proche est un élément important à prendre en compte dans la définition de la stratégie d'offre des semences améliorées de maïs au Bénin afin de garantir l'accessibilité des semences aux petits producteurs à faibles revenus. Cette mesure devrait être consolidée par l'amélioration des services de vulgarisation. La même tendance est observée dans le revenu

annuel de la production de maïs des petits producteurs. En effet, les estimations montrent un impact positif et statistiquement différent de 0 de 4612,59 XOF (7,62 \$) pour le conditionnement avec étiquetage et de 61886,92 XOF (102,29 \$) pour le conditionnement sans étiquetage sur le revenu de la production de maïs des petits producteurs. Ces résultats, conformes à nos attentes, indiquent que l'accès aux semences conditionnées avec étiquetage a augmenté le revenu de la production de maïs des petits producteurs de 4612,59 XOF (7,62 \$) tandis que les semences conditionnées sans étiquetage ont induit une augmentation du revenu des petits producteurs de 61886,92 XOF (102,29 \$). Ces résultats sont conformes à ceux de Awotide *et al.* (2011) et de Awotide *et al.* (2013) qui ont trouvé un impact positif et statistiquement significatif sur le revenu des producteurs de riz à la suite de la mise en place d'un dispositif expérimental de subvention des bons de semences de riz à ces derniers. Comme on pouvait s'y attendre, le niveau d'éducation des petits producteurs n'est pas assez élevé pour leur permettre de mieux apprécier les informations figurant sur les emballages. Avec ce niveau d'éducation, les informations marquées sur les emballages n'ont aucune importance pour les producteurs et ne garantissent donc pas la fiabilité ou non des semences améliorées achetées. L'essentiel pour eux est donc de réduire la taille des emballages de semences améliorées pour leur permettre d'y accéder financièrement. Il est alors essentiel d'améliorer le système de formation agricole et rurale, notamment le renforcement des capacités des producteurs et des multiplicateurs afin qu'ils perçoivent mieux l'importance et l'utilité de ces informations très capitales. Ce faisant, le niveau d'éducation des producteurs pourrait être influencé par leurs opinions (Chianu *et al.*, 2006).

Les résultats des déterminants du revenu annuel tiré de la production de maïs et de la quantité de semences améliorées utilisées par les petits producteurs, tels que révélés par l'estimation du LARF, sont présentés dans le tableau 5. L'estimation LARF comprend des termes interactifs et non interactifs. Pour cette étude, nous avons utilisé les termes non interactifs qui sont les variables indépendantes qui expliquent la variation de la quantité de semences améliorées utilisées et du revenu annuel tiré de la production de maïs par les petits producteurs. Les résultats montrent que des variables telles que le nombre d'années d'expérience dans la production de maïs, le rendement du maïs et la superficie emblavée avec les semences

améliorées déterminent positivement et significativement le revenu des petits producteurs de maïs lorsque les emballages sont conditionnés et étiquetés. Cela signifie que plus les petits producteurs ont d'expérience dans la production de maïs, plus ils sont en mesure d'allouer efficacement des ressources, dont les superficies emblavées avec des semences améliorées, ce qui entraînera une augmentation du rendement et des revenus de la production de maïs pour les petits producteurs. De même, il est observé que la variable distance du producteur par rapport au lieu d'approvisionnement influence négativement et de manière significative le revenu des petits producteurs du maïs lorsque les emballages sont conditionnés et étiquetés. Cela signifie que plus la distance que les petits producteurs doivent parcourir pour acquérir des semences améliorées est grande, plus leur revenu tiré de la production de maïs baisse. La stratégie selon laquelle les

multiplicateurs de semences améliorées doivent résider dans des zones proches des producteurs est donc justifiée. Lorsque les emballages sont conditionnés sans étiquetage, les variables rendement du maïs et la superficie emblavée avec les semences améliorées déterminent positivement et significativement le revenu issu de la production de maïs par les petits producteurs. Ceci est contraire à la variable distance parcourue par le petit producteur pour acheter les semences améliorées qui influence négativement et significativement le revenu issu de la production de maïs de ces derniers. Cela signifie que, tout comme les emballages conditionnés et étiquetés, les emballages conditionnés non étiquetés contribuent à l'augmentation des revenus de la production de maïs lorsque la distance à parcourir pour acheter la semence est faible et que la superficie de terre emblavée avec des semences améliorées et le rendement du maïs augmentent.

**Tableau 5 :** Coefficients estimés du LARF pour le revenu annuel issu de la production de maïs et la quantité de semences utilisées.

*Estimated LARF coefficients for annual income from maize production and quantity of seed used.*

Variables	Revenu		Quantité de semences utilisées	
	T1	T2	T1	T2
Traitements	60988,61 (63755,03)	4695,50 (66494,89)	25,04 (20,21)	31,08* (18,60)
Age2	-1,02 (13,72)	-1,02 (12,94)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Taille totale du ménage	2934,12 (2916,85)	2232,94 (3020,85)	-0,38 (0,92)	0,07 (0,84)
Expérience en production de maïs	3406,73** (1418,56)	1930,56 (1379,85)	0,41 (0,45)	0,17 (0,39)
Rendement du maïs (kg/ha)	75,00*** (2,70)	71,63*** (2,77)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Sexe	-37171,77 (60991,13)	61590,68 (85054,46)	30,94 (19,34)	15,53 (23,80)
Education formelle	-16231,65 (22728,18)	10240,39 (21662,39)	7,97 (7,20)	10,34* (6,06)
Alphabétisation	25646,02 (21628,03)	6673,59 (21826,59)	3,23 (6,85)	-1,97 (6,10)
Contact avec services de vulgarisation	-29586,55 (26826,03)	11001,15 (23375,87)	-5,56 (8,51)	2,29 (6,54)
Accès aux crédits	-27287,25 (27264,75)	-1685,01 (27094,33)	13,91 (8,64)	13,28* (7,58)
Formation spécifique sur les semences améliorées	26417,28 (23391,03)	15745,34 (22465,98)	4,73 (7,41)	-10,16 (6,28)
Distance du lieu d'approvisionnement	-22208,72* (13130,73)	-21309,49* (12738,38)	-3,00 (4,16)	-5,49 (3,56)
Superficie emblavée avec les semences améliorées	103216,1*** (5280,02)	106758,5*** (5785,82)	12,69*** (1,67)	17,17*** (1,62)
Constance	-175279,1*** (81277,48)	-292900,5*** (90269,68)	30,68 (25,77)	51,52** (25,26)
Observations	227	245	227	245
Prob > F	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Légende : \*\*\*P < 0.01, \*\*P < 0.05, \*P < 0.1

En ce qui concerne la quantité de semences utilisées par les petits producteurs, les variables éducation formelle, accès au crédit et superficie emblavée avec les semences améliorées influencent positivement et significativement la quantité de semences utilisées par les petits producteurs lorsque les emballages de semences sont conditionnés sans être étiquetés. Cela signifie que, plus le niveau d'éducation formelle des jeunes augmente, plus la quantité de semences utilisées par eux augmente. Ce résultat est conforme à ceux de Mathenge *et al.*, (2012) qui ont trouvé un impact positif et significatif du maïs hybride sur le revenu des petits producteurs au Kenya et aux résultats d'Olounlade *et al.* (2020) qui ont constaté que la participation au contrat agricole est une incitation à améliorer le revenu des petits producteurs de riz au Bénin. De même, plus le crédit disponible pour les petits producteurs est important, plus ils utiliseront davantage de semences améliorées et augmenteront également la superficie emblavée avec des semences améliorées. Houeninvlo *et al.* (2019) ont constaté que l'accès au crédit avait un impact positif sur l'adoption de semences améliorées de maïs au Bénin. En outre, la superficie emblavée avec les semences améliorées de maïs est la seule variable qui influence positivement la quantité de semences améliorées utilisées lorsque les emballages sont conditionnés et étiquetés. Cela signifie qu'une augmentation de la superficie emblavée avec les semences améliorées entraîne une augmentation de la quantité de semences utilisées.

## CONCLUSION ET IMPLICATIONS POLITIQUES

Cette étude a évalué les effets du conditionnement avec et sans étiquetage des emballages de semences améliorées de maïs sur la quantité de semences utilisées et le revenu annuel tiré de la production de maïs des petits producteurs dans toutes les zones favorables à la production du maïs au Bénin. La conception de l'étude a adopté une approche d'essai de contrôle randomisé (RCT) afin d'éliminer les biais de sélection et de disposer d'un groupe de comparaison approprié. La différence entre les scores moyens des groupes de traitement et de contrôle n'a pas pu être utilisée en raison de la partialité aléatoire de l'administration du traitement. Pour contourner cette difficulté, et surtout pour estimer les effets cohérents de

l'utilisation des emballages avec ou sans étiquetage, nous avons utilisé l'effet de traitement moyen local (LATE) pour éliminer le biais d'endogénéité résultant du non-respect du traitement dans les ménages de certains petits agriculteurs. Les résultats montrent que lorsque les emballages sont conditionnés sans étiquetage, les producteurs traités ont en moyenne un revenu annuel issu de la production de maïs plus élevé et une plus grande utilisation des semences améliorées que les producteurs non traités. Un impact positif, mais non significatif a été observé sur la quantité de semences utilisées et le revenu annuel de la production de maïs des petits producteurs lorsque les emballages sont conditionnés avec des étiquettes. Le résultat du LARF, qui a une interprétation causale en ce qui concerne le conditionnement avec ou sans étiquetage, révèle que le conditionnement avec étiquetage a augmenté la quantité de semences améliorées utilisées de 25,40 kg et le revenu annuel issu de la production de maïs d'environ 4612,59 XOF (7,62 \$). De même, le conditionnement sans étiquetage a augmenté la quantité de semences améliorées utilisées de 30,53 kg et le revenu annuel issu de la production de maïs de 61886,92 XOF (102,29 \$). Le conditionnement sans étiquetage a donc un impact plus important et positif sur les revenus annuels issus de la production de maïs et sur la quantité de semences améliorées utilisées par les petits producteurs que le conditionnement avec étiquetage. On peut dire que les emballages non étiquetés sont de nature pro-analphabète et donc adaptés aux petits producteurs qui sont souvent peu instruits ou, s'ils le sont, sont très souvent limités au niveau primaire. L'élimination des biais cachés et manifestes et du problème de la non-conformité permet d'affirmer que le conditionnement avec ou sans étiquetage peut réduire les souffrances des petits agriculteurs en termes d'accès aux semences améliorées tout en améliorant leurs revenus et en réduisant ainsi leur niveau de pauvreté. Sur la base de ces conclusions, il est recommandé de capitaliser cette approche mise en œuvre par le PPAO et que des mesures similaires soient poursuivies par le Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche à travers ses directions techniques (la Direction de la Production Végétale en particulier) afin d'assurer la fourniture de semences améliorées dans des contenances accessibles et donc à des prix abordables dans les zones périphériques à un



grand nombre de petits producteurs à faibles revenus. Ainsi, cette approche, si elle est correctement mise en œuvre, permettrait de promouvoir plus efficacement le développement agricole de la production de maïs en République du Bénin et le bien-être de ses populations. Il serait donc intéressant pour l'Etat, en attendant de mettre en place un programme d'intensification du niveau d'alphabétisation des producteurs, de renforcer le dispositif de contrôle d'introduction des semences améliorées informelles sur le marché.

## REFERENCES

- Abadie, A. 2003. Semi-parametric instrumental variable estimation of treatment response models. *J. Econom.* 113(2), 231-263
- Abdullah, M. Kalam, A., and Akterujjaman, S.M. 2013. Packaging Factors Determining Consumer Buying Decision'. *International Journal of Humanities and Management Sciences*. Volume 1, Issue 5 (2013) ISSN 2320-4036; EISSN 2320-4044
- AGRA, (2018). Available at: <https://agra.org/program-development-and-innovation/developing-africas-seed-systems/> (accessed on 20 January 2020)
- Ahmed, M. H., Geleta, K. M., Tazeze, A. and Andualem, E. 2017. The Impact of improved maize varieties on farm productivity and wellbeing: evidence from the East Hararghe Zone of Ethiopia. *Development Studies Research*, (4)1: 9-21, DOI: 10.1080/21665095.2017.140039
- Atlin, G.N. 2017 Delivering higher rates of genetic gain to farmers in the developing world through genomics-assisted breeding. Presented at the Managing Global Resources for a Secure Future. Annual Meeting 22-25 October 2017, Tampa, Florida
- Awotide, B. A., Karimov, A., Diagne, A., and Nakelse, T. 2013. The impact of seed vouchers on poverty reduction among smallholder rice farmers in Nigeria. *Agricultural Economics* 44 (2013) 647-658
- Becerril, J. and Abdulai, A. 2010. The Impact of Improved Maize Varieties on Poverty in Mexico: A Propensity Score-Matching Approach. *World Development*, 38 (7): 1024- 1035
- Bloom, H. S. 1995. Minimum Detectable Effects: A Simple Way to Report the Statistical Power of Experimental Designs. *Evaluation Review*, 19(5), 547-556
- Bloom, H. S. 2006, August. The Core Analytics of Randomized Experiments for Social Research. MDRC Working Papers on Research Methodology (1-41). New York: MDRC
- Capital FM Correspondent. "Kenyan Farmers Access Smaller Seed Packets." *CapitalFM*. 26 March 2010. Web
- CORAF/WECARD, 2018. Impact de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur le bien-être des maïsiculteurs au Bénin, au Burkina-Faso, en Côte d'Ivoire et au Mali. *Rapport Régional*. Centre National de Spécialisation sur le Maïs (CNS-Maïs), Bénin. 59p
- De Roo, N. and Gildemacher, P. (Eds) 2016. Promoting sustainable seed sector development. Available at: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/394115>
- Deliya, M.M. M., and Parmar, J. M. B. 2012. Role of Packaging on Consumer Buying Behavior-Patan District', *Global Journal of Management and Business Research*, 12(10), pp. 49-6
- Diagne, A. 2003. Evaluation de l'impact. Synthèse des développements méthodologiques récents, ADRAO/Conakry, p. 15
- Diagne, A., Demont, M., 2007. Taking a new look at empirical models of adoption: average treatment effect estimation of adoption rate and its determinants. *Agric. Econ.* 37(2-3), 201-210
- Djimeu, E. W., and Houndolo D-G. 2016. Power calculation for causal inference in social science : sample size and minimum detectable effect determination. 3ie impact evaluation manual, 3ie Working Paper 26. New Delhi : International Initiative for Impact Evaluation (3ie)
- Duflo, E., Glennerster, R., and Kremer, M. 2008. Using Randomization in Development Economics Research: A Toolkit. *Handbook of Development Economics*, 4, 3895-3962
- Eriksson, D.M., Akoroda, G., Azmach, M., Labuschagne, M., Mahungu, N., and Ortiz, R. 2018. Measuring the impact of plant breeding on sub-Saharan African staple crops. *Outlook on Agriculture* 47(3): 163-180
- Hailu, B. K., Abrha, B. K., and Weldegiorgis K. A. 2014. Adoption and impact of agricultural technologies on farm income: evidence from southern Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Food and*

- Agricultural Economics, 2 (4): 91-106
- 18th August 2012
- Heckman, J. 2010. Building bridges between structural and program evaluation approaches to evaluating policy. *J Econ Lit Am Econ Assos* 48(2):356-398
- Heckman, J.J and Vytlacil, E.J. 2007. Econometric evaluation of social programs, Part I: causal models, structural models and econometric policy evaluation
- Houeninvo, H. G., Quenum, C.V.C., and Nonvide, G.M.A. 2019. Impact of improved maize variety adoption on smallholder farmers' welfare in Benin, *Economics of Innovation and New Technology*, DOI: 10.1080/10438599.2019.1669331
- Imbens G.W., and Wooldridge, J.M. 2009. Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. *J. Econ. Lit.* 47(1):5-86.
- Imbens, G. (2004). Nonparametric estimation of average treatment effects under exogeneity: a review. *Rev. Econ. Stat.* 86(1), 4-29
- Imbens, G.W. and Angrist, J.D. 1994. Identification and estimation of local Average Treatment Effects. *Econometrica.* 62:467-476
- Karlan, D. and Zinman, J. 2009. Observing Unobservables: Identifying Information Asymmetries With a Consumer Credit Field Experiment. *Econometrica*, November, 77(6), pg. 1993-2008
- Kassie, M., Jaleta, M. and Mattei, A. 2014. Evaluating the impact of improved maize varieties on food security in Rural Tanzania: Evidence from a continuous treatment approach. *Food Security*, 6: 217-230
- Lee Myoung, Jae., 2005. *Microeconometrics for Policy, Programme and Treatment Effects*, Advanced Texts in Econometrics. Oxford University Press, New York
- MacRobert, J.F. 2009. *Seed Business Management in Africa*. Harare, Zimbabwe: CIMMYT (2009) Print
- Manda, J. 2016. *Econometric Analysis of Improved Maize Varieties and Sustainable Agricultural Practices (SAPs) in Eastern Zambia*. Ph.D Thesis, Wageningen University, Wageningen, Netherland, 175 p
- Mathenge, M. K., Smale, M., and Olwande, J. 2012. The Impact of Maize Hybrids on Income, Poverty, and Inequality among Smallholder Farmers in Kenya. Paper presented at the Pre-Conference Workshop on "Innovations in impact assessment of agricultural research: Theory and practice," Meetings of the International Association of Agricultural Economists (IAAE), Foz do Iguacu, Brazil,
- Mathenge, M. K., Smale, S., and Olwande, J. 2012. The Impact of Maize Hybrids on Income, Poverty, and Inequality among Smallholder Farmers in Kenya. MSU International Development Working Paper 126 November 2012. Department of Agricultural, Food, and Resource Economics Department of Economics MICHIGAN STATE UNIVERSITY East Lansing, Michigan 48824
- Obayelu, A.E. and Ajayi, D.O. 2018. Economic impact and determinants of adoption of improved maize production technologies. *Journal of Agricultural Sciences*, 63 (2): 217-228
- Olounlade, O. A., Li, G-C., Kokoye, S. E. H., Dossouhoui, F.V., Akpa, K.A.A., Anshiso, D., and Gauthier, B. 2020. Impact of Participation in Contract Farming on Smallholder Farmers' Income and Food Security in Rural Benin: PSM and LATE Parameter Combined. *Sustainability* 2020, 12, 901; doi:10.3390/su12030901
- Rajendran S, Kimenye LN and McEwan M 2017 Strategies for the development of the sweetpotato early generation seed sector in eastern and southern Africa. *Open Agriculture* 2: 236-243
- Rosenbaum, P.R., and Rubin, D. R. 1983. The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects," *Bometrika* 70, 41-55
- Rubin, D. 1974. Estimating causal effects of treatments in randomized and non-randomized studies. *J. Edu. Psychol.* 66(5), 688-701
- Silayoi, P. and Speece M. 2004. Packaging and Purchase Decisions. An Explanatory study on the Impact of involvement level and time pressure. *British Food Journal* 106, 607 - 628
- Simtowe, F., Amondo, E., Marenja, P., Rahut, D., Sonder, K., and Erenstein, O. 2019. Impacts of drought-tolerant maize varieties on productivity, risk, and resource use: Evidence from Uganda. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104091>
- Singh, H., & Chand, R. 2011. The Seeds Bill, 2011: Some reflections. *Economic and Political Weekly*, XLVI(51), 22-25
- Singh, R.P. and Singh, S. 2016. Optimising seed replacement rates in jharkhand: present scenario, challenges and opportunities. *Jharkhand Journal of Development and Management Studies* XISS, Ranchi, Vol. 14, No.2, June 2016, pp. 6987-7007

Sperling, L. and Boettiger, S. 2017. Impact of selling seed in small packs: evidence from legume sales. AgPartnerXchange, 6p

Spielman DJ and Smale M. 2017 Policy options to accelerate variety change among smallholder farmers in South Asia and Africa South of the Sahara. IFPRI Discussion

Paper 1666. Washington, D.C. Available at: <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/131364>

Thurow, R. The Last Hunger Season: A Year in an African Farm Community on the Brink of Change. New York: Perseus. 2012 Print.