



Munich Personal RePEc Archive

Re-examining the link between training and agricultural yield: the case of cocoa farmers in the grand south Cameroon

Ondoua Ondoua, Valerie Hervé and Ntieche, Adamou and Nzepang, Fabrice and Mbondo, Georges Dieudonné

Faculté des sciences économiques et de gestion appliquée, Université de Douala

9 August 2025

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/125689/>
MPRA Paper No. 125689, posted 13 Aug 2025 18:23 UTC

Réexamen du lien entre formation et rendement agricole : cas des cacaoculteurs du grand sud au Cameroun

Ondoua Ondoua Valérie Hervé¹ ; Ntieche Adamou¹; Nzepang Fabrice¹, Mbondo Georges Dieudonné¹

Résumé

L'objectif de cet article est d'évaluer l'effet de la formation des cacaoculteurs sur les rendements des exploitations cacaoyères dans le grand sud du Cameroun. Les données proviennent des enquêtes de l'Office National du Cacao et du Café (ONCC), réalisées en 2019 auprès de 13 601 cacaoculteurs. À l'aide d'un Probit bivarié, les résultats révèlent que la formation agricole accroît de 8,4% la probabilité d'un fort rendement et elle augmente la probabilité de suivre une autre formation agricole. De même, la possession d'une moto augmente de 4,2% la probabilité d'un rendement élevé. En revanche, le niveau d'éducation, l'utilisation intensive d'engrais et la qualité supérieure du cacao réduisent la probabilité de rendement fort. Par ailleurs, la formation accroît la probabilité de rendement fort de 6,9% chez les femmes contre 4,8% chez les hommes. De même, la probabilité des rendements forts est plus élevée chez les femmes éduquées (5,1%) que chez les hommes (3,1%). Enfin, le célibat accroît la probabilité de rendement fort chez les hommes de 4,1% mais reste sans effet chez les femmes. Dans ce sillage, l'étude recommande l'amélioration de la formation agricole des cacaoculteurs dans les OPA et la facilitation de mobilité des cacaoculteurs via la mise sur pieds des modes de transport collectif vers les plantations les plus éloignées.

Mots clés : Rendement agricole, Productivité agricole, Formation, Cacao, Cameroun.

Classification JEL : J24, O12, Q12, Q16, I25.

Re-examining the link between training and agricultural yield: the case of cocoa farmers in the grand south Cameroon

Abstract

This article aims to assess the effect of farmer training on cocoa farm yields in grand south Cameroon. The data comes from surveys conducted in 2019 by the National Cocoa and Coffee Board in Cameroon (NCCB), covering 13,601 cocoa farmers. Using a bivariate Probit model, the results show that agricultural training increases the probability of high yields by 8.4% and raises the likelihood of attending further training. Similarly, owning a motorcycle increases the probability of high yields by 4.2%. On the other hand, education level, intensive fertilizer use, and higher cocoa quality reduce the likelihood of strong yields. Additionally, training boosts the probability of high yields more for women (6.9%) than for men (4.8%). Likewise, educated women have a higher probability of strong yields (5.1%) compared to educated men (3.1%). Finally, being single increases the likelihood of high yields for men by 4.1% but has no effect on women. Based on these findings, the study recommends improving agricultural training for cocoa farmers through producer organizations (OPAs) and facilitating farmers' mobility by establishing collective transport systems to more remote plantations.

Keywords: Agricultural yield, Agricultural productivity, Training, Cocoa, Cameroon.

JEL Classification: J24, O12, Q12, Q16, I25.

Droits d'auteurs : Je certifie avoir le droit de déposer cette contribution sur MPRA.

¹ Faculté des Sciences Economiques et de Gestion Appliquée, Groupe de Recherche en Economie Théorique et Appliquée (Greta), Université de Douala, Cameroun.

1. Introduction

Le cacao, culture stratégique représentant environ 10% du PIB agricole mondial (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023), a connu une croissance significative de sa production, passant de 1,2 million de tonnes en 1960 à 5,5 millions de tonnes en 2024 (International Cocoa Organization [ICCO], 2024). En Afrique subsaharienne, principal bassin de production, la filière constitue environ 20 % des exportations agricoles (Banque Mondiale [BM], 2022), cette expansion reste marquée par des disparités régionales. Bien que la production y ait fortement augmenté, de 700 000 tonnes en 1960 à 4,2 millions de tonnes en 2024, elle demeure vulnérable aux fluctuations du marché mondial et à des contraintes structurelles persistantes. Le Cameroun, en particulier, occupe une place de choix dans cette dynamique avec une production estimée à 300 000 tonnes en 2024 (contre 80 000 tonnes en 1960). Il se classe au premier rang mondial en termes de qualité de cacao et au cinquième rang mondial des pays producteurs de cacao (environ 6% de la production mondiale), derrière la Côte d'Ivoire, le Ghana et l'Équateur (Office National du Cacao et du Café [ONCC], 2024 ; ICCO, 2025). Cette performance repose en grande partie sur l'implication de plus de 600 000 petits producteurs, qui tirent l'essentiel de leurs revenus de cette culture, laquelle représente environ 30% des exportations agricoles nationales (MINADER, 2023). On observe que la demande mondiale de produits cacaoyers a connu une progression soutenue, tirée par l'industrie chocolatière et l'émergence de nouveaux marchés asiatiques. Selon l'ICCO (2024), la demande annuelle dépasse désormais 5 millions de tonnes, avec une croissance moyenne de 2,5% par an depuis 2010. En Afrique subsaharienne, la demande a fortement progressé, passant d'environ 200 000 tonnes dans les années 1970 à près d'1,8 millions de tonnes en 2024 (BM, 2024) sous l'effet de l'urbanisation et du développement des industries locales de transformation. Cette croissance, soutenue par une consommation régionale en hausse, représente désormais plus de 30% de la demande mondiale contre 10% il y a 50 ans. Au Cameroun, la demande est passée de moins de 20 000 tonnes dans années 1970 à environ 120 000 tonnes en 2024 (INS, 2020 ; CICC, 2022), grâce à l'essor des unités de broyage et à une plus grande intégration de la filière. Cette pression accrue a accéléré l'industrialisation et la mécanisation de la filière, notamment via l'adoption de variétés à haut rendement et l'introduction de technologies post-récolte.

Depuis les années 1970, les prix mondiaux du cacao ont été marqués par une forte volatilité, influencée par la dynamique de l'offre et de la demande, la financiarisation des marchés agricoles, les politiques de régulation et les aléas climatiques (effets de réchauffement). Le prix du kilogramme de fèves est passé de moins de 1,67 USD (équivalent à moins de 1 000 FCFA) dans les années 1970 à 4,17 USD (2 500 FCFA) en 1985, avant de chuter à 2 USD (1 200 FCFA) dans les années 1990. Au début des années 2000, le prix a connu une reprise progressive pour atteindre un niveau historique de 8,33 USD (5 000 FCFA) en 2024 et début 2025. Ces cours sont principalement déterminés par les marchés à terme de Londres (ICE Futures Europe) et de New York (ICE Futures U.S.)².

Les prix d'achat au producteur en Afrique (autour de 1 500–2 000 FCFA/kg, soit 2,50–3,30 USD/kg) restent bien inférieurs aux cours mondiaux (jusqu'à 5 000 FCFA/kg, soit 8,30 USD/kg en 2024), en raison des marges absorbées par les intermédiaires et des coûts logistiques (ONCC, 2024). Cependant, au Cameroun plus spécifiquement, les coûts de production moyens sont estimés entre 3,33 USD et 4,17 USD par kilogramme (soit 2 000 à 2 500 FCFA), ce qui ne laisse aux producteurs qu'une marge nette ne dépassant généralement pas 30% du prix de vente (ONCC, 2024). Cette situation limite considérablement leur capacité à investir dans la modernisation de leurs exploitations. Pour faire face à ces défis, plusieurs innovations ont été introduites ces dernières années dans la filière cacaoyère

² Les prix observés sur ces marchés sont principalement influencés par l'offre et la demande mondiales, notamment en Afrique de l'Ouest, les conditions climatiques, les politiques économiques des pays producteurs (comme la fixation de prix minimaux en Côte d'Ivoire et au Ghana) et la spéculation des traders.

camerounaise. On note notamment la **formation**, puis l'adoption de variétés améliorées comme les clones TRC et SNK³, plus résistants et productifs, la promotion active des bonnes pratiques agricoles, et les débuts d'une mécanisation avec l'introduction d'équipements comme les pulvérisateurs motorisés et les séchoirs solaires. Ces innovations visent à améliorer la productivité et la qualité tout en réduisant les coûts de production à moyen et long terme. De ce fait, notre étude se focalise sur la relation entre la formation et la productivité agricole.

Par ailleurs, la faible productivité des cacaoculteurs demeure un enjeu économique majeur, notamment en Afrique subsaharienne. C'est ainsi qu'au Cameroun, Essoungong et al. (2023) montrent que 68 % des producteurs ont bénéficié de formations agro-techniques, avec une productivité moyenne estimée à 515 kg/ha/an, en forte hausse par rapport aux 400 kg antérieurement utilisés comme référence. L'étude souligne également que l'accès à la formation, aux intrants et au crédit est largement déterminé par la qualité du service et les caractéristiques socio-économiques, ce qui explique d'importantes disparités territoriales dans les rendements. Dès lors, il est nécessaire de réexaminer le lien entre formation et productivité, notamment dans le Grand Sud du Cameroun⁴, où seulement 32 % des producteurs ont bénéficié de programmes d'encadrement technique ces cinq dernières années (MINADER, 2023).

Ainsi, l'objectif est de réexaminer les effets de la formation en termes d'éducation sur la productivité agricole des cacaoculteurs, en tenant en compte des dynamiques économiques, sociales et institutionnelles. La suite de cette étude s'articule en quatre parties : une revue de la littérature, la méthodologie, l'analyse des résultats, et une conclusion.

2. Revue de la littérature

La productivité agricole, souvent mesurée par le rendement à l'hectare, constitue une forme d'évaluation couramment mobilisée dans les analyses économiques (Bravo-Ureta et al., 1997 ; Coelli et al., 2005). Ce rendement est étroitement lié à la formation des producteurs, comme l'illustre la théorie classique du capital humain, selon laquelle l'investissement dans les compétences améliore l'efficacité individuelle (Schultz, 1961 ; Becker, 1964). Cette relation est renforcée par la théorie de l'apprentissage par la pratique, qui soutient que la formation développe la capacité des producteurs à adopter, adapter et utiliser les innovations technologiques (Arrow, 1962 ; Rosen, 1974). En outre, la théorie des capacités insiste sur l'autonomisation des individus, considérant que la formation ne se limite pas à la transmission de savoirs, mais renforce la liberté de choix et la capacité d'innovation selon les contextes (Sen, 1999). Cette approche rejoint les travaux récents sur le « farmer empowerment ⁵ », notamment en Afrique subsaharienne, où la formation apparaît comme un levier de transformation économique et sociale. Dans une perspective plus systémique, les approches institutionnalistes et néo-schumpétériennes révèlent que la formation est un maillon essentiel des systèmes d'innovation agricole, interconnectée avec la recherche, les services de vulgarisation, les politiques publiques et les organisations de producteurs (Davis et al., 2007 ; Agwu et al., 2008). Ces travaux insistent sur l'importance cruciale des interactions entre les acteurs et de la qualité des dispositifs de formation.

³ Les clones TRC (Tropical Research Center) et SNK (Société Nationale de Recherche Agricole ou Kéké) sont des variétés de cacaoyers améliorées, sélectionnées localement pour leur haut rendement, leur résistance aux maladies et leur précocité (mise à fruit dès 2-3 ans). Utilisés au Cameroun et en Afrique de l'Ouest, ils sont intégrés dans les programmes de replantation et d'intensification pour renforcer durablement la productivité cacaoyère.

⁴ On y retrouve 7 des 10 régions : Centre, Est, Littoral, Nord-Ouest, Ouest, Sud-Ouest et Sud.

⁵ L'autonomisation des agriculteurs est un concept qui désigne le processus par lequel les agriculteurs gagnent en confiance, en capacités de décision, en accès aux ressources, et en contrôle sur leur production et leur choix agricoles.

Sur le plan empirique, de nombreux travaux ont mis en évidence une influence significative de la formation sur les rendements agricoles. En effet, les premières études menées entre les années 1960 et 1980 estimaient qu'une année supplémentaire de scolarité pouvait entraîner une augmentation de 5 à 10 % des rendements (Lockheed et al., 1980). Cette relation s'est précisée dans les décennies suivantes, notamment dans les années 1990 et 2000, où il a été montré que les formations techniques pouvaient générer des gains de productivité de 15 à 20 % (Asare et al., 2009). Une étude réalisée par la FAO, l'IFPRI et le programme PIM dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest a démontré que des modèles de formation agricole ciblés peuvent accroître de manière notable la productivité et la rentabilité des exploitations (FAO et al., 2022). Une méta-analyse à grande échelle en Afrique de l'Est (Mponji et al., 2024) confirme que l'éducation, l'accès aux intrants et aux services d'extension, ainsi que l'appartenance à des organisations paysannes, jouent un rôle décisif dans l'adoption de technologies et les performances agricoles. En Afrique de l'Ouest, des hausses de rendement de 30 à 50 % ont été observées à la suite de programmes de formation (Gockowski et Sonwa, 2011). Si les premières analyses mettaient surtout l'accent sur les capacités cognitives (Schultz, 1961 ; Becker, 1964), les études récentes soulignent davantage l'importance des compétences techniques spécifiques, telles que la gestion intégrée des ravageurs, la taille ou l'entretien des vergers. Parallèlement, d'autres recherches montrent que les écoles paysannes peuvent entraîner des hausses de rendement comprises entre 17 et 29 %, lorsqu'elles reposent sur des approches participatives comme l'Endogeneous Switching Regression-ESR (Kamdem, 2018). Les résultats obtenus au Burkina Faso ou dans des programmes structurés comme Cacao-Trace, où les rendements ont progressé jusqu'à 40 %, vont dans le même sens (Bationo, 2022). De surcroît, l'évolution des méthodes pédagogiques joue un rôle facilitateur. Le passage des formations théoriques à des dispositifs pratiques fondés sur l'apprentissage expérientiel s'est avéré déterminant (Psacharopoulos et al., 2004 ; Coleman et al., 2024), cette dynamique étant aujourd'hui renforcée par l'usage croissant des TIC (Mbassi Eyebe, 2024).

Pourtant, ces résultats globalement favorables doivent être nuancés. Dès les années 1990, certains auteurs ont souligné que l'impact de la formation dépendait fortement des conditions d'accès aux innovations et de l'environnement institutionnel (Weir, 1999). Cette observation a été confirmée plus récemment en Ethiopie, où les producteurs éduqués tendent à se diversifier hors cacao, atténuant ainsi l'effet direct des formations sur cette culture (Minten et al., 2023). De même, au Nigeria, l'accès à la formation agricole demeure limité : seulement 34 % des petites exploitations bénéficient d'un contact mensuel avec un agent de vulgarisation, ce qui renforce les disparités d'accès (Izuogu et al., 2024).

Par ailleurs, l'effet des formations tend à s'estomper avec le temps. Cela se voit comme dans une étude longitudinale conduite en Équateur qui révèle que 60 % des effets positifs disparaissent après cinq ans sans recyclage (Bernier, 2014). Ces limites trouvent souvent leur origine dans des contraintes structurelles persistantes. Par exemple, au Cameroun, seuls 8 % des producteurs agricoles bénéficient de crédits, selon les données du ministère des Finances (MINFI, 2023). En outre, l'inadéquation des contenus pédagogiques avec les réalités locales et la faiblesse des dispositifs publics d'accompagnement en limitent l'efficacité (Fosso, 2020). Certaines études vont même plus loin en soulignant que, sans infrastructures adéquates et services d'appui efficaces, la formation n'a qu'un effet marginal (Asadullah et al., 2009). Ce constat est également observé dans une évaluation agricole en Ouganda, où l'accès simultané au crédit et aux intrants a renforcé significativement l'impact des formations agricoles (Smith et al., 2017). Dans des contextes marqués par l'instabilité des prix agricoles ou une forte pression foncière, les compétences acquises peinent également à se traduire en gains productifs (Alahmadi, 2019). Ces constats rejoignent l'analyse de De Janvry et Sadoulet, qui insistaient déjà sur la nécessité d'un environnement institutionnel favorable, encore largement déficient dans de nombreux pays africains (De Janvry et Sadoulet, 2001 ; UE & OCDE, 2024).

En somme, la littérature montre une évolution progressive d'un consensus initial vers une compréhension plus nuancée et contextuelle de la relation entre formation et productivité. C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude, qui analyse les effets de la formation agricole dans le contexte particulier du Grand Sud camerounais, à la fois riche en traditions cacaoyères et confronté à de fortes contraintes structurelles. Deux enseignements principaux s'en dégagent. D'une part, les formations techniques courtes et ciblées, telles que les Farmer Field Schools, semblent plus efficaces que les cursus scolaires classiques, car elles privilégient l'apprentissage pratique et adapté aux besoins locaux (Feder et Anderson, 2004). D'autre part, leur efficacité reste largement tributaire de facteurs externes tels que la disponibilité des intrants, la sécurité foncière et la stabilité des prix agricoles (Djoutsa et al., 2017). Cette double réalité justifie le recours à une approche méthodologique hybride, combinant analyse quantitative et lecture institutionnelle. Pour ce faire, l'étude mobilise une fonction de production de type Cobb-Douglas, couramment utilisée dans les analyses économiques agricoles en raison de sa capacité à estimer les effets marginaux des facteurs de production, à intégrer les variables de capital humain, et à offrir une validité empirique éprouvée dans des contextes similaires, notamment en Côte d'Ivoire et au Ghana (Kouassi et al., 2019 ; Jebuni-Dotsey et al., 2023).

3. Méthodologie

Ce point présente la méthodologie adoptée pour analyser l'effet de la formation sur la productivité agricole des cacaoculteurs au Cameroun. Elle décrit d'abord les sources de données utilisées, puis définit les principales variables de l'étude avant d'exposer la spécification du modèle économétrique retenu pour l'estimation des effets.

3.1. Sources de données, Choix et justification des variables

Les données utilisées dans cette étude sont primaires et proviennent d'une enquête réalisée en 2019 par l'ONCC dans les principaux bassins de production du Cameroun. Cette enquête a été conduite auprès des représentants des producteurs de cacao, des producteurs pris individuellement ainsi que des autorités administratives locales. Son objectif principal était d'établir un état des lieux des marchés organisés du cacao, d'identifier les principales entraves à leur bon fonctionnement et d'explorer les perspectives d'amélioration du dispositif de commercialisation interne.

Les informations collectées incluent des données détaillées sur les caractéristiques des producteurs, leurs niveaux de formation, les pratiques culturelles adoptées, l'accès aux infrastructures et aux services agricoles, ainsi que les volumes de production et de commercialisation. Ces données permettent ainsi d'analyser l'impact de la formation sur la productivité agricole des cacaoculteurs, en tenant compte des contraintes structurelles du secteur. L'enquête primaire a permis d'avoir 13 601 producteurs dans 07 des 10 régions que compte le Cameroun, à savoir : le Centre, le Sud, l'Est, Littoral, le Nord-Ouest, l'Ouest et le Sud-Ouest.

3.2. Choix et justification des variables

Les variables de l'étude permettent d'analyser l'impact de la formation sur la productivité agricole des cacaoculteurs.

La variable dépendante, le rendement du cacao (kg/ha), est un indicateur clé de la performance agricole. En effet, plusieurs études, notamment celles de Foster et Rosenzweig (1996) montrent que la formation et l'accès aux intrants influencent positivement la productivité.

La variable de traitement ou d'intérêt, à savoir la formation agricole, joue ainsi un rôle central dans l'optimisation des pratiques productives. Lockheed et al. (1980) soulignent son importance dans le développement des compétences techniques des agriculteurs, tandis que Kamdem (2018) démontre son effet positif sur la productivité des cacaoculteurs camerounais via les Farmer Field Schools.

Afin de mieux isoler l'effet de la formation, plusieurs variables de contrôle sont introduites dans l'analyse. Tout d'abord, le sexe du producteur constitue un facteur déterminant, Doss (2001) et Adegbola et al. (2020) suggérant que les femmes peuvent atteindre une productivité équivalente à celle des hommes lorsqu'elles ont accès aux mêmes ressources. Ensuite, l'âge du producteur influence la capacité d'adoption des innovations agricoles : selon Feder et al. (2004), les jeunes agriculteurs sont généralement plus enclins à expérimenter de nouvelles pratiques. Par ailleurs, la situation matrimoniale peut également impacter la productivité, Ellis (2008) montre que les producteurs mariés bénéficient souvent d'un meilleur accès aux ressources et aux réseaux de soutien.

En outre, la sécurité foncière (statut logement) apparaît comme un levier important pour stimuler l'investissement agricole, comme le soulignent Place et Hazell (1993). De plus, le nombre de travailleurs dans la plantation joue un rôle direct sur la productivité. Parallèlement, la localisation géographique influence fortement les performances agricoles en raison des disparités en matière de qualité des sols, de climat et d'infrastructures, comme l'illustrent les travaux récents de Djatcho et al. (2024).

Enfin, un facteur clé reste : le niveau d'instruction du producteur, qui conditionne l'adoption des technologies agricoles et la gestion efficace des exploitations. À ce sujet, Psacharopoulos et al. (2004) ainsi que Bationo (2022) démontrent que des agriculteurs mieux instruits sont davantage enclins à adopter des pratiques modernes et à optimiser leurs rendements.

Ainsi, l'ensemble de ces variables permet d'effectuer une analyse rigoureuse des déterminants de la productivité cacaoyère au Cameroun, en mettant particulièrement en lumière le rôle de la formation agricole dans ce processus.

Le tableau 1 suivant définit les variables utilisées dans l'analyse, incluant : le rendement (variable dépendante), la formation agricole (variable d'intérêt), et les variables de contrôle (sociodémographiques, économiques, spatiales).

Les modalités précisent leur codification pour l'estimation économétrique.

Tableau 1: Définition des variables utilisées dans les estimations

Variable	Description	Modalités
Variable dépendante		
Rendement (Rend)	Mesure la productivité (rendement) de cacao en kg par hectare	0 = Rendement faible (0-499 kg/ha) 1 = Rendement élevé (500 kg/ha et plus)
Variable de traitement		
Formation Agricole (ForAgri)	Participation à une formation agricole	0 = Ne bénéficie pas ; 1 = Bénéficie
Variables de contrôle		
Sexe du Producteur (SexProd)	Genre du producteur de cacao	0 = Féminin 1 = Masculin
Âge (Age)	Âge du producteur de cacao	0 = - de 35 ans 1 = + de 35 ans
Situation Matrimoniale (SitMatrim)	Statut marital du producteur	0 = Non Célibataire ; 1 = Célibataire
Statut Occupation Plantation (StatOcuPlan)	Relation juridique avec la plantation	0 = Propriétaire 1 = Locataire
Main d'Œuvre (MoEmp)	Nombre d'actifs travaillant dans la plantation	0 = inférieur à 5 personnes 1 = Plus de 5 personnes

Variable	Description	Modalités
Région	Localisation géographique du producteur	1 = Centre ; 2 = Est ; 3 = Littoral ; 4 = Nord-Ouest ; 5 = Ouest ; 6 = Sud ; 7 = Sud-Ouest
Détention Moto	Cacaoculteur utilise une moto	0 = Non 1 = Oui
Engrais chimiques	Utilisation les Engrais chimiques	0 = Faible 1 = Forte
Engrais organiques	Utilisation les Engrais organiques	0 = Faible 1 = Forte
Pesticides	Utilisation les Engrais Pesticides	0 = Faible 1 = Forte
Qualité cacao	Qualité cacao commercialisé	0 = Grade 1 1 = Grade 2 et hors standard
Niveau d'Instruction (Education)	Niveau d'éducation du producteur de cacao	0 = Au moins Primaire ; 1 = Secondaire et Supérieur

Source : Auteur à partir des données d'enquêtes de l'ONCC (2019)

Le seuil de 500 kg/ha utilisé pour classer les rendements cacaoyers en faibles ou élevés repose sur des bases techniques et scientifiques reconnues. En effet, l'étude de Anim-Kwapong et Frimpong (2004), publiée par la Ghana Cocoa Board, ainsi que les données de la FAO (2013) et de l'ICCO (2015), confirment sa pertinence. D'autre part, des recherches récentes confirment l'hétérogénéité des performances au sein des exploitations cacaoyères d'Afrique de l'Ouest et du Centre, en distinguant notamment les systèmes peu productifs des modèles semi-intensifs plus performants, souvent mieux adaptés aux contraintes climatiques et agronomiques (Konaté et al., 2024 ; Asante et al., 2025). De plus, Gockowski et Sonwa (2011) soulignent qu'au-delà de ce seuil, les plantations deviennent plus rentables pour les exploitations familiales. Ce seuil est ainsi utilisé dans des études comme celle de Barrientos et al. (2016) et il a été adopté par le *Sustainable Cocoa Partnership* (ONCC, 2023) pour guider les programmes d'amélioration des rendements tout en protégeant l'environnement. Par conséquent, il constitue un repère fiable pour évaluer la productivité des cacaoculteurs et orienter les politiques de soutien à la filière.

Par ailleurs, le tableau 1 ci-dessus présente une structuration rigoureuse des variables utilisées pour analyser les déterminants du rendement cacaoyer. En premier lieu, la variable dépendante distingue clairement deux niveaux de performance agricole en se basant sur un seuil de 500 kg/ha, reconnu comme standard dans la littérature agronomique. Ensuite, la variable de traitement, à savoir la participation à une formation agricole, constitue le cœur de l'analyse, visant à estimer son impact sur la productivité. L'usage d'une variable binaire pour capter cet effet facilite ainsi l'identification de l'effet moyen du traitement dans une approche causale. Cette structuration méthodologique permet donc d'évaluer si, et comment, la formation influence significativement les rendements des producteurs.

Enfin, les variables de contrôle sont à la fois diversifiées et pertinentes. Elles englobent notamment les caractéristiques individuelles (sexe, âge, statut matrimonial), les conditions foncières (statut d'occupation de la plantation), les ressources productives (main-d'œuvre, intrants comme engrais et pesticides), le niveau d'instruction, ainsi que la localisation géographique. Cette hétérogénéité de facteurs permet alors de mieux isoler l'effet propre de la formation, tout en tenant compte des autres dimensions susceptibles d'influencer la productivité. Par exemple, l'inclusion de la possession de moto capture indirectement la mobilité et l'accès aux marchés, tandis que la qualité du cacao permet d'intégrer une composante liée à la valorisation commerciale. Ainsi, l'ensemble de ces variables renforce la solidité méthodologique de l'étude et la crédibilité des résultats attendus.

3.3. Formalisation du modèle et méthode d'estimation

L'évaluation de l'effet de la formation sur la productivité des cacaoculteurs du Grand Sud Cameroun repose sur une approche économétrique combinant plusieurs méthodes d'estimation afin de garantir la robustesse des résultats et de mieux cerner les mécanismes sous-jacents. Premièrement, l'étude fait recours à une fonction de production Cobb-Douglas, ensuite une méthode d'estimation par le modèle Probit Bivarié et enfin l'étude teste la robustesse par un Propensity Score Matching (PSM).

3.3.1. Formalisation du modèle

La fonction de production Cobb-Douglas est un modèle classique en économie, introduit par Cobb et Douglas (1928), qui permet de représenter comment la production dépend de plusieurs facteurs de production comme le travail, le capital ou la formation. Ce modèle est très utilisé dans l'analyse de la production agricole, notamment dans les pays en développement où les exploitations agricoles sont de petite taille et fonctionnent avec peu de moyens techniques. Mundlak (1988) ainsi que Bravo-Ureta et al., (1997) ont montré que cette fonction est particulièrement adaptée pour analyser les performances des exploitations agricoles dans les pays à faible revenu, car elle permet d'identifier l'effet propre de chaque facteur (travail, capital, formation) sur la production agricole. Elle a aussi été appliquée dans plusieurs études agricoles internationales comme celles de Christensen et al. (1973), Battese (1992) ou plus récemment Minten et al. (2023) qui ont étudié la productivité des exploitations en Afrique et en Asie. Sa simplicité réside dans sa capacité à estimer directement les contributions proportionnelles (ou élasticités) des facteurs de production, c'est-à-dire les variations en pourcentage de la production pour un changement en pourcentage des intrants utilisés.

Ce modèle est également pertinent dans les systèmes agricoles du Cameroun, où les exploitations sont faiblement mécanisées et où l'accès à la formation technique reste un facteur clé pour améliorer la productivité. Contrairement à d'autres fonctions plus complexes (translog, CES), la Cobb-Douglas reste robuste même dans des contextes où les producteurs n'ont pas une grande flexibilité dans l'utilisation des intrants. Elle permet en outre de tester des hypothèses importantes sur les rendements d'échelle (efficacité globale du système de production) et l'efficacité marginale de la formation, un élément clé de notre étude.

Dans cette étude, une fonction Cobb-Douglas à plusieurs facteurs est mobilisée pour représenter la relation entre les rendements de cacao et les intrants productifs dans les exploitations du Grand Sud camerounais. La forme générale est la suivante :

$$Y_i = A \cdot L_i^{\alpha_1} \cdot K_i^{\alpha_2} \cdot X_i^{\alpha_3} \cdot F_i^{\alpha_4} \cdot e^{\varepsilon_i} \quad (1)$$

Où :

- Y_i : rendement du producteur i ,
- L_i : main-d'œuvre utilisée,
- K_i : capital productif,
- X_i : ensembles des autres facteurs de production,
- F_i : participation à une formation agricole (formelle ou technique),
- α_i : les élasticités associées à chaque facteur de production,
- ε_i : terme d'erreur.

La justification théorique de cette spécification repose sur l'hypothèse fondamentale sur **la convexité de la fonction de production agricole**. Trois arguments nous permettent d'expliquer cette convexité. Premièrement, nous supposons que *le champ de chaque cacaoculteur est uniforme en termes de propriétés du sol*. Cela signifie que le champ présente une uniformité du sol en termes de cultures, de propriétés chimiques, de fertilité et autres. Cette hypothèse est raisonnable dans le contexte du Grand

Sud camerounais où les plantations cacaoyères étudiées se situent dans une même zone agroécologique présentant des caractéristiques du sol similaire. Deuxièmement, nous supposons qu'il existe une substituabilité des facteurs de production. Ainsi, il est possible d'atteindre un niveau de production avec différentes combinaisons des facteurs de production. Enfin, nous supposons qu'il existe une frontière des possibilités de production qu'aucun cacaoculteur ne peut dépasser, étant donné les facteurs de production disponibles.

Après transformation logarithmique, l'équation (1) devient :

$$\ln(Y_i) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(L_i) + \alpha_2 \ln(K_i) + \alpha_3 \ln(X_i) + \alpha_4 \ln(F_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

Après réécriture, nous obtenons :

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 l_i + \alpha_2 k_i + \alpha_3 x_i + \alpha_4 f_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

Chaque α_j (avec $i = 1,2,3,4$) mesure directement l'élasticité du rendement par rapport à chaque facteur. Cette transformation rend les coefficients économétriques faciles à interpréter : ils expriment les variations en pourcentage de la production pour donner suite à des variations en pourcentage des intrants.

Cette spécification permet d'interpréter les coefficients estimés comme des élasticités. Par exemple, α_4 mesure le pourcentage de variation du rendement induit par une augmentation de 1 % du taux de participation à une formation agricole, toutes choses égales par ailleurs.

Cependant, l'analyse ne saurait se limiter à la simple relation entre intrants et production. Il est également crucial d'étudier les facteurs influençant l'accès des producteurs à la formation, ainsi que l'impact différencié de cette dernière sur la productivité. Pour répondre à cette double problématique, l'étude recourt à un modèle Probit bivarié, permettant ainsi de capturer simultanément les déterminants de l'adoption de la formation et ses effets sur les rendements agricoles.

3.3.2. Méthode d'estimation

Le modèle Probit Bivarié est une extension du modèle Probit classique, permettant d'analyser deux variables dépendantes corrélées. Dans cette étude, il permet d'évaluer à la fois la probabilité qu'un producteur suive une formation agricole et l'effet de cette formation sur la productivité du cacao. En guise de rappel, cette étude s'appuie sur le seuil de 500 kg/ha pour distinguer les rendements faibles et élevés en conformité avec la littérature (Sustainable Cocoa Partnership, ONCC - 2023).

Le modèle Probit Bivarié est utilisé pour estimer simultanément deux équations interconnectées : (i) la probabilité qu'un exploitant agricole participe à une formation et (ii) l'effet de cette formation sur la probabilité d'atteindre un niveau de rendement élevé comme présentés ci-dessous :

$$RendBin = \begin{cases} 1 & \text{si rendement élevé} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (1)$$

$$ForAgri = \begin{cases} 1 & \text{si a reçu une formation agricole} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Cette approche permet de contrôler la possible corrélation entre les erreurs des deux équations, évitant ainsi un biais d'estimation lié à la sélection des producteurs formés. Ainsi, le modèle Probit bivarié, fréquemment utilisé pour analyser des variables dépendantes binaires tout en capturant les corrélations entre équations simultanées, s'avère particulièrement adapté pour évaluer l'impact de la formation agricole sur la productivité. Par exemple, Kannan & Ramappa (2017) l'ont utilisé pour démontrer que la formation favorise significativement l'adoption de pratiques de gestion de sol et

d'engrais en Inde. De même, en Afrique du Sud, Zulu et al. (2024) l'ont combiné à un modèle récursif pour montrer que l'éducation, l'accès au crédit et l'accompagnement technique agricole influencent positivement l'adoption de technologies de l'information par les petits producteurs.

L'**endogénéité** constitue un défi majeur dans l'estimation de l'impact de la formation sur la productivité agricole, notamment à travers la double causalité, les variables omises et les erreurs de mesure. La relation bidirectionnelle entre formation et productivité complique l'identification d'un effet causal : si une meilleure formation favorise l'adoption des innovations agricoles (Foster & Rosenzweig, 1996), une productivité accrue peut aussi encourager l'investissement dans la formation (Mincer, 1974 ; Heckman & Robb, 1985).

Par ailleurs, la fiabilité des données pose question : la formation et la productivité sont souvent autodéclarées, exposant l'analyse à un biais d'atténuation (Deaton, 1997) limitant la précision des estimations. Pour corriger ces biais, l'approche par variables instrumentales (VI) est couramment utilisée (Angrist & Krueger, 1991). Une bonne VI doit être corrélée avec la formation mais exogène à l'erreur du modèle, n'affectant la productivité que par son biais. Cette étude mobilise deux instruments : le taux de formation agricole par département et le taux d'OPA (Organisations de Producteurs Agricoles) régional. Ces deux variables influencent l'accès à la formation sans affecter directement la productivité. L'adoption de cette méthodologie permet d'atténuer les biais d'endogénéité et d'obtenir des estimations plus robustes de l'effet de la formation sur la productivité des cacaoculteurs. Ainsi le modèle Probit Bivarié est spécifié de la manière suivante, l'étude définit les deux équations structurelles :

$$F^* = Z\delta + \mu \quad (2)$$

$$P^* = X\beta + \gamma F + \varepsilon \quad (3)$$

où :

- F^* est une variable latente indiquant la probabilité qu'un producteur participe à une formation agricole ;
- P^* représente la probabilité que la productivité du producteur de cacao soit élevée ;
- Z est un vecteur de variables influençant la probabilité de suivre une formation, comprenant :

Proximité aux formations : Proximité des centres de formation et disponibilité des sessions.

- X regroupe les variables affectant la productivité agricole,
- F est la variable indicatrice de formation agricole.
- δ , β et γ sont les coefficients à estimer,
- μ et ε sont les termes d'erreur, supposés normaux jointement distribués avec une corrélation ρ , ce qui permet de capturer l'endogénéité de la formation agricole.

Ce modèle permet ainsi de corriger le biais potentiel de sélection dans la formation et d'évaluer plus précisément son effet sur la productivité agricole. L'analyse des résultats permettent d'identifier les variables clés déterminant la performance des exploitations et éclairent les leviers d'amélioration des pratiques agricoles.

Pour tester la sensibilité de nos résultats, nous utilisons la méthode de l'appariement par score de propension (PSM) sur le rendement agricole en kilogramme par hectare (kg/ha).

3.3.3. Appariement par Score de Propension (PSM)

Pour renforcer l'identification causale, l'appariement par score de propension (PSM) est mobilisé comme méthode complémentaire. Le PSM vise à comparer les producteurs ayant suivi une formation avec ceux ne l'ayant pas fait, mais présentant des caractéristiques similaires en termes d'âge, d'expérience, de taille d'exploitation et de localisation géographique. L'appariement repose sur un score de propension, estimé via un modèle probit, qui mesure la probabilité qu'un individu participe à la formation en fonction de ses caractéristiques observables.

Trois méthodes d'appariement ont été utilisées pour garantir la robustesse des résultats et minimiser les biais de sélection, conformément aux recommandations de Rosenbaum et Rubin (1983). L'appariement par le plus proche voisin (*Nearest-Neighbor Matching*), largement utilisé dans la littérature (Caliendo & Kopeinig, 2008), associe chaque agriculteur formé à un non-formé ayant le score de propension le plus proche, assurant ainsi une comparaison directe entre individus similaires. L'appariement par noyau (*Kernel Matching*), selon Heckman et al. (1985), améliore la précision des estimations en pondérant l'influence des agriculteurs non formés en fonction de leur proximité en termes de score de propension, exploitant ainsi l'ensemble des observations disponibles. Enfin, l'appariement par intervalle de caliper, tel que recommandé par Dehejia et Wahba (2002), impose une limite maximale à la différence entre les scores de propension des individus appariés, réduisant ainsi les écarts trop importants et limitant les risques de mauvaise correspondance. L'utilisation combinée de ces trois méthodes permet de tester la sensibilité des résultats et de s'assurer que les effets estimés de la formation sur la productivité des cacaoculteurs ne sont pas biaisés par des déséquilibres initiaux entre les groupes comparés, renforçant ainsi la validité des conclusions.

L'efficacité du PSM est ensuite validée à travers des tests d'équilibre (vérification de la distribution des caractéristiques avant et après appariement) et un test de sensibilité pour mesurer la robustesse des résultats face à une potentielle endogénéité non observée.

De ce fait, soit Y_1 le rendement du cacao lorsque le producteur afférent i est soumis au traitement, c'est-à-dire qu'il bénéficie à une formation agricole ($P = 1$) et Y_0 la même variable si le producteur ne bénéficie pas d'une formation agricole ($P = 0$). Selon Rosenbaum et Rubin (1983), Rubin et Thomas (1996), Heckman et al. (1998), Imbens (2004), Dehejia (2003) et Smith et Todd (2005), Kamdem (2018), les effets moyens des traités (ATT) sont définis comme suit :

$$ATT = E\{Y_1 - Y_0 | P = 1\} = E(Y_1 | P = 1) - E(Y_0 | P = 1) \quad (4)$$

Il est possible d'observer la variable résultat des participants $E(Y_1 = 1)$ mais il n'est pas possible d'observer la variable résultat des participants s'ils n'ont pas participé $E(Y_0/P = 1)$. Ainsi, estimer l'ATT en utilisant l'équation ci-dessus peut donc induire des biais d'estimation. Le PSM est lié à l'hypothèse de l'interdépendance conditionnelle selon laquelle la probabilité conditionnelle de participation, étant donné les covariances observables, la variable résultat en l'absence de traitement Y_1 et le statut d'adoption P , sont statistiquement indépendants et définissent le score de propension ou la probabilité de recevoir un traitement de la manière suivante :

$$P(X) = pr(P = 1) | X \quad (5)$$

Une autre hypothèse importante du PSM est l'existence du support commun. En effet, l'application des techniques d'appariement (*matching*) est possible uniquement s'il existe des individus non traités avec des caractéristiques identiques à celles des individus traités. Ainsi, les producteurs qui sont comparés ont les mêmes probabilités d'être soit participants soit non-participants, telles que $0 < p(X) < 1$. Si les deux hypothèses sont respectées, alors l'estimateur par le PSM de l'ATT peut-être

spécifié comme étant la différence de moyenne des participants appariés avec les non-participants qui se trouvent dans la région du support commun telle que :

$$ATT = E(Y_1|P = 1, p(X)) - E(Y_0|P = 1), p(X) \quad (6)$$

Cette expression permet d'estimer l'effet moyen du traitement (ici, la formation) sur les producteurs bénéficiaires, en comparant leur rendement à celui de leurs homologues non formés, mais similaires en termes de caractéristiques observables.

4. Résultats

Le point présent est structuré en trois temps : il expose d'abord les statistiques descriptives, puis les résultats de l'analyse économétrique, et enfin une évaluation de la robustesse des résultats obtenus.

4.1. Statistiques descriptives

Les statistiques ci-dessous comparent les producteurs formés et non formés à travers un ensemble de variables socioéconomiques et productives.

Tableau 2: Statistiques descriptives en fonction du suivi d'une formation agricole

	Suivi				Pas de suivi			
	Moyenne	Ecart type	Min	Max	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Sexe (Masculin)	0.872	0.334	0	1	0.834	0.372	0	1
Age par tranche (Moins de 35 ans)	0.131	0.338	0	1	0.194	0.395	0	1
35 ans à 44 ans	0.276	0.447	0	1	0.305	0.461	0	1
45 ans à 54 ans	0.236	0.425	0	1	0.218	0.413	0	1
55 ans à 64 ans	0.217	0.413	0	1	0.178	0.383	0	1
Plus de 65 ans	0.139	0.346	0	1	0.104	0.306	0	1
Situation matrimoniale (Célibataire)	0.174	0.379	0	1	0.239	0.426	0	1
Divorcé(e)	0.019	0.136	0	1	0.017	0.129	0	1
Marié(e)	0.751	0.432	0	1	0.699	0.459	0	1
Veuf(ve)	0.056	0.230	0	1	0.045	0.208	0	1
Education (Jamais à l'école)	0.032	0.177	0	1	0.055	0.227	0	1
Primaire	0.542	0.498	0	1	0.517	0.500	0	1
Secondaire	0.369	0.483	0	1	0.36	0.480	0	1
Supérieur	0.056	0.230	0	1	0.068	0.252	0	1
Détention Moto	0.339	0.474	0	1	0.335	0.472	0	1
Occupation plantation (Propriétaire)	0.98	0.139	0	1	0.942	0.233	0	1
Main œuvre (1 à 4 personnes)	0.859	0.349	0	1	0.782	0.413	0	1
Qualité cacao (Grade 1)	0.088	0.283	0	1	0.147	0.354	0	1
Grade 2	0.734	0.442	0	1	0.533	0.499	0	1
Hors standard	0.178	0.382	0	1	0.32	0.466	0	1
Statut logement (Propriétaire)	0.955	0.208	0	1	0.897	0.305	0	1
Locataire	0.02	0.141	0	1	.059	0.235	0	1
En famille	0.001	0.037	0	1	0	0.020	0	1
Autre	0.023	0.151	0	1	0.044	0.206	0	1
Région producteur (Centre)	0.441	0.497	0	1	0.108	0.310	0	1
Est	0.037	0.189	0	1	0.122	0.327	0	1
Littoral	0.055	0.227	0	1	0.112	0.316	0	1
Nord-Ouest	0.018	0.131	0	1	0.008	0.089	0	1
Ouest	0.047	0.211	0	1	0.12	0.325	0	1
Sud	0.141	0.348	0	1	0.034	0.182	0	1

	Suivi				Pas de suivi			
	Moyenne	Ecart type	Min	Max	Moyenne	Ecart type	Min	Max
Sud-Ouest	0.262	0.440	0	1	0.495	0.500	0	1
Engrais Chimiques (0 à 9 kg)	0	0.019	0	1	0.597	0.491	0	1
10 kg et plus	1	0.019	0	1	0.403	0.491	0	1
Engrais Organiques (0 à 9 kg)	0.003	0.055	0	1	0.709	0.454	0	1
10 kg et plus	0.997	0.055	0	1	0.291	0.454	0	1
Quantité Pesticides (0 à 9 kg)	0.047	0.212	0	1	0.541	0.498	0	1
10 kg et plus	0.953	0.212	0	1	0.459	0.498	0	1
Rendement Cacao (élevé)	0.492	0.500	0	1	0.373	0.484	0	1
Rendement	650.839	357.908	207	2010	501.819	190.355	203.75	1182.222
Prix Cacao	1233.897	252.566	100	1850	1184.186	261.339	100	1750
Nombre de Plants	3447.126	3560.260	50	100000	3472.216	3998.365	27	71050
Superficie	3.328	3.703	1	40	3.882	4.391	1	44
Effectifs	8604				4997			

Source : Auteur à partir des données d'enquête ONCC (2019)

Le tableau 2 compare les producteurs de cacao ayant suivi une formation agricole à ceux n'en ayant pas bénéficié. Plusieurs tendances se dégagent, révélant l'impact de la formation sur les pratiques et performances agricoles.

Les producteurs formés sont majoritairement des hommes (87,2%), confirmant une disparité de genre dans l'accès aux formations, un phénomène documenté par la FAO (2020). Les jeunes de moins de 35 ans ont moins reçu des formations (13,1%) contre 74% environs pour ceux compris entre 35 et 64 ans, suggérant une moindre participation de cette tranche d'âge, possiblement en raison de leur migration vers d'autres secteurs ou d'un manque d'intérêt pour les formations traditionnelles (Banque Mondiale, 2019). Par ailleurs, les cacaoculteurs formés ont un niveau d'éducation légèrement supérieur, avec seulement 3,2 % n'ayant jamais fréquenté l'école contre 5,5 % chez les non-formés, ce qui corrobore le lien entre éducation et adoption de bonnes pratiques agricoles (UNESCO, 2018).

Un point surprenant concerne la possession des motos, pourtant importantes pour se déplacer et accéder aux marchés. On pourrait s'attendre à ce que les formés en possèdent plus, mais les chiffres montrent qu'à peine 34% des producteurs dans chaque groupe ont une moto. Cela suggère que ce n'est pas vraiment l'accès à un moyen de transport qui fait la différence pour participer aux formations.

L'utilisation d'intrants est nettement plus élevée chez les formés : 100 % d'entre eux appliquent plus de 10 kg d'engrais chimiques contre 40,3 % des non-formés, et 95,3 % utilisent plus de 10 kg de pesticides contre 45,9 %. Cette différence reflète l'influence des formations sur l'adoption de techniques intensives, comme l'ont montré Minten et al. (2023). Concernant la qualité, les non-formés déclarent plus de cacao Grade 1 (14,7 % contre 8,8 %), mais les formés dominent en Grade 2 (73,4 % contre 53,3 %) et produisent moins de cacao hors standard (17,8 % contre 32 %). Cette divergence pourrait s'expliquer par une meilleure connaissance des normes chez les formés, évitant ainsi les rejets, ou par une surestimation de la qualité chez les non-formés (ICCO, 2021).

Les formés obtiennent un rendement moyen supérieur de 30 % (650,8 kg contre 501,8 kg), confirmant l'efficacité des formations (Banerjee et al., 2020). Cette amélioration pourrait découler d'une gestion optimisée des intrants et de techniques culturales mieux maîtrisées. Enfin, des disparités régionales sont observées : le Centre compte 44,1 % de formés contre seulement 10,8 % dans le Sud-Ouest, indiquant un déséquilibre géographique dans l'accès aux formations. Une politique ciblée pourrait remédier à cette inégalité (PNUD, 2022).

En résumé, les formations agricoles semblent associées à de meilleures pratiques, une qualité plus stable et des rendements supérieurs, bien que leur accessibilité soit inégale selon le genre, l'âge et

la région. Ces constats appellent à des interventions ciblées combinant formation, accès aux intrants et adaptation régionale.

Ces constats empiriques justifient le recours à une approche économétrique adaptée pour mieux cerner les facteurs influençant l'accès à la formation agricole et évaluer leur impact sur la productivité des cacaoculteurs. À cet effet, le modèle Probit bivarié, formalisé par Daganzo (1979), est mobilisé pour analyser simultanément deux décisions binaires potentiellement corrélées, à travers l'estimation du paramètre de corrélation résiduelle (ρ).

4.2. Les résultats d'analyse économétrique

Les résultats de l'estimation du modèle Probit bivarié permettent de quantifier l'effet de la formation agricole, ainsi que celui d'un ensemble de variables socio-économiques, sur la productivité des cacaoculteurs. Le tableau 3 ci-après présente les coefficients estimés et leur significativité statistique.

Tableau 3 : Effets marginaux d'un modèle biprobit sur les déterminants des rendements cacaoyers : analyse conjointe et conditionnelle de la formation agricole et des pratiques culturelles

	P11	Pcond1
Formation Agricole	0.053***	0.084***
	(0.00)	(0.00)
Age (Moins de 35 ans)	-0.003	-0.004
	(0.72)	(0.72)
Education (au plus primaire)	-0.022***	-0.034***
	(0.00)	(0.00)
Main œuvre (plus de 5 personnes)	-0.007	-0.012
	(0.32)	(0.32)
Occupation plantation (propriétaire)	-0.018	-0.028
	(0.24)	(0.24)
Engrais Chimiques (≥ 10 kg)	-0.028	-0.044
	(0.11)	(0.11)
Engrais Organiques (≥ 10 kg)	-0.042*	-0.067*
	(0.10)	(0.10)
Pesticides (≥ 10 kg)	-0.018	-0.028
	(0.19)	(0.19)
Eng Chimiques*Eng Organiques	0.062*	0.097*
	(0.07)	(0.07)
Eng Chimiques*Pesticides	0.050**	0.080*
	(0.05)	(0.06)
Eng Organiques*Pesticides	0.001	0.002
	(0.98)	(0.98)
Eng Chimiques*Eng Organiques*Pesticides	-0.009	-0.013
	(0.88)	(0.88)
Utilisation Moto	0.027***	0.042***
	(0.00)	(0.00)
Qualité Cacao (Hors standard)	-	-
Grade 1	-0.012	-0.020
	(0.23)	(0.23)

	P11	Pcond1
Grade 2	-0.031***	-0.049***
	(0.00)	(0.00)
Sexe cacaoculteur (Masculin)	0.010	0.015
	(0.23)	(0.23)
Statut matrimonial (Célibataire)	-0.023***	-0.036***
	(0.00)	(0.00)
Taux Formation agricole départemental	0.004***	-0.000***
	(0.00)	(0.00)
Taux OPA régional	0.001***	-0.000***
	(0.00)	(0.00)
<i>Nombre observations</i>	13,601	
<i>Wald test of rho=0</i>	0.000	
<i>Prob > chi2</i>	0.000	

* p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01

Note : p11 = probabilité conjointe $\Pr(\text{RendBin}=1, \text{ForAgri}=1)$; pcond1 = probabilité conditionnelle $\Pr(\text{RendBin}=1|\text{ForAgri}=1)$.

Le tableau 3 ci-dessus présente les résultats des facteurs influençant les rendements cacaoyers en distinguant deux dimensions : la probabilité conjointe d'avoir à la fois un bon rendement ($\text{RendBin}=1$) et une formation agricole ($\text{ForAgri}=1$), et la probabilité conditionnelle d'obtenir un bon rendement lorsque le producteur est formé. Les résultats, obtenus à partir d'un échantillon de 13,601 observations présentent un test de Wald significatif ($p = 0.000$). Tout d'abord, les deux variables instrumentales utilisées pour corriger les biais d'endogénéité liés à la formation agricole à savoir le taux de formation agricole au niveau départemental et le taux d'adhésion aux Organisations de Producteurs Agricoles (OPA) au niveau régional sont significatifs et valides.

La formation agricole émerge comme le principal levier d'amélioration des performances, augmentant la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés de 5,3 points de pourcentage ($p<0.01$) et la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole de 8,4 points ($p<0.01$). En effet, la formation agricole améliore les performances des cacaoculteurs en renforçant leurs compétences techniques, conformément à la théorie du capital humain (Becker, 1964). Elle facilite l'adoption d'innovations comme l'optimisation des intrants, machines agricoles, et les nouveaux procédés, conformément à la théorie de la diffusion des innovations (Rogers, 1962). Ces résultats sont appuyés par les résultats d'Asfaw et al. (2012), qui ont montré que la participation à des programmes de formation technique augmente significativement l'adoption de technologies agricoles modernes et les rendements en Éthiopie. De même, Ragasa et al. (2016) ont observé que les services de vulgarisation agricole au Ghana étaient associés à une amélioration des pratiques agricoles et à une hausse de la productivité dans la culture du cacao. Par ailleurs, les formations permettent un réglage plus précis des paramètres d'application des intrants (doses, moment d'application), réduisant les gaspillages et améliorant l'efficacité, un facteur clé de la productivité agricole moderne selon Nin-Pratt et McBride (2014). En outre, la formation agricole augmente la probabilité de participer à d'autres formations. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que les gains de rentabilité induits encouragent les producteurs à poursuivre le renforcement de leurs compétences afin d'améliorer continuellement leurs rendements.

Concernant le niveau d'éducation, le fait pour les cacaoculteurs d'avoir au plus un niveau primaire réduit la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés de 2,2

points et celle d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole de 3,4 points ($p<0.01$). Cette tendance s'explique par des difficultés d'appropriation des innovations techniques (dosage des intrants, utilisation de machines agricoles et les bonnes pratiques) chez les producteurs peu scolarisés, ainsi que par un possible biais dans l'accès aux formations, souvent conçues pour un public plus éduqué (Banerjee et al., 2015). Ces résultats concordent avec ceux de Kajisa et Vu (2023) qui, au Mozambique, ont montré que des formations axées sur des pratiques agricoles de base, simples à comprendre et à appliquer, ont permis une hausse de rendement de 29 à 36 %, soit environ 447 à 546 kg/ha, indépendamment du niveau d'instruction formelle.

Par ailleurs, le fait pour les cacaoculteurs d'être célibataires diminue la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés de 2,3 points et la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole diminue aussi de 3,6 points ($p<0.01$). En effet, ceci s'explique par trois mécanismes clés : d'abord, une main-d'œuvre familiale réduite, limitant la capacité à appliquer des pratiques culturales intensives comme la taille des cacaoyers ou l'épandage précis d'engrais. Ensuite, un accès restreint aux réseaux d'échange d'informations agricoles, souvent structurés autour des noyaux familiaux ou communautaires. Enfin, une moindre stabilité financière, les ménages non-célibataires bénéficiant souvent de revenus complémentaires ou d'économies de mutualisation. Ces résultats sont étayés par de Janvry et Sadoulet (2001), qui montrent que l'organisation familiale et communautaire joue un rôle fondamental dans l'adoption de technologies agricoles en milieu rural. Ils corroborent également les constats de Beuchelt et Badstue (2013), selon lesquels les ménages dirigés par des femmes seules (souvent assimilés à des « célibataires » dans les analyses agraires) ont des rendements inférieurs de 15 à 20 % en raison de contraintes de main-d'œuvre, d'accès à l'information et aux ressources productives.

Concernant l'utilisation d'intrants, les résultats montrent que l'utilisation intensive d'engrais organiques diminue la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés de 4,2 points et la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole diminue aussi de 6,7 points. Dans cet ordre d'idées, l'utilisation intensive d'engrais organiques diminue ces probabilités par le fait que certains cacaoculteurs dépendant d'engrais organiques pourraient avoir tendance à sous-estimer les formations agricoles comme le confirment les travaux de Abdulai et al. (2020) au Ghana. En revanche, l'utilisation conjointe « engrais chimiques - pesticides » et « engrais chimiques - engrais organiques », augmentent d'une part la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés de 5,0 et 6,2 points respectivement. Et d'autre part, elles augmentent la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole de 8,0 points et 9,7 points respectivement. Ainsi, l'utilisation combinée d'engrais et pesticides crée un cercle vertueux d'adoption technologique et d'amélioration des rendements, comme l'illustrent deux mécanismes clés. Premièrement, la complexité de ces combinaisons incite les agriculteurs à rechercher activement des formations pour en optimiser l'usage. Deuxièmement, ces associations présentent une efficacité synergique démontrée par Ricker-Gilbert et al. (2021) qui établissent qu'elles améliorent simultanément l'absorption nutritive et la protection des cultures, tout en nécessitant un savoir-faire technique spécifique. Tout ceci explique pourquoi les agriculteurs combinant intrants et formation obtiennent systématiquement de meilleurs résultats.

Par ailleurs, en ce qui concerne la qualité du cacao, les résultats montrent que la production de cacao de type Grade 2 réduit la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés de 3,1 points et celle d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole de 4,9 points ($p<0.01$). En effet, la qualité du cacao de type Grade 2, soumise à des normes strictes de fermentation, de séchage et de tri souvent inaccessibles aux petits producteurs, peut expliquer des rendements inférieurs. Par exemple, l'absence d'équipements adaptés comme des bacs de fermentation ou des séchoirs améliorés s'avère préjudiciable. Une étude menée au Nigeria souligne que l'utilisation

de boîtes de fermentation surélevées et de séchoirs solaires modifiés améliore significativement la composition nutritionnelle et la qualité des fèves de cacao, comparativement aux méthodes traditionnelles (Frontiers Lab, 2022).

Dans le même ordre d'idées, le type de sol, la pluviométrie et le climat peuvent aussi expliquer l'effet négatif de certaines conditions sur la rentabilité de la culture du cacao. Par exemple, Osei et al., (2018) montrent que la variabilité des précipitations et de la température explique 25,3 % de la variation des rendements de cacao au Ghana. De même, Wiah et al., (2018), dans une étude utilisant un modèle VAR, indique que la température maximale et les précipitations représentent 48,5 % de la variation des rendements, la température maximale ayant un effet négatif notable.

Enfin, les résultats montrent que la possession d'une moto améliore significativement la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés de 2,7 points et la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole de 4,2 points, $p < 0.01$). En effet, la moto comme moyen de déplacement facilite le suivi dans les plantations et permet d'accéder aux plantations les plus reculées et difficilement accessibles. De plus, elle favorise la participation des producteurs aux sessions de formation souvent organisées dans des centres éloignés, comme le montre l'étude de Jenkins et al. (2020) au Liberia, où l'amélioration des pistes rurales accessibles aux motos a considérablement renforcé l'accès aux services agricoles. Par ailleurs, dans le district de Pru au Ghana, Aikins et al. (2015) soulignent que l'usage des tricycles motorisés a significativement réduit les pertes post-récolte et facilité l'écoulement des produits vers les marchés. Ainsi, la mobilité motorisée en milieu rural joue un rôle structurant dans l'amélioration de la productivité agricole.

Cependant, une analyse désagrégée par genre (Tableau 4) révèle des disparités notables dans l'impact de ces déterminants, invitant à affiner ces recommandations politiques selon le profil des producteurs.

Tableau 4 : Effets marginaux différenciés par genre des déterminants des rendements cacaoyers – Analyse biprobit des probabilités conjointes et conditionnelles

	P11 Hommes	Pcond1 Hommes	P11 Femmes	Pcond1 Femmes
Formation Agricole	0.048**	0.075**	0.069*	0.120*
	(0.00)	(0.00)	(0.04)	(0.04)
Age (Moins de 35 ans)	-0.002	-0.003	-0.005	-0.009
	(0.80)	(0.80)	(0.79)	(0.79)
Education (au plus primaire)	-0.020**	-0.031**	-0.029*	-0.051*
	(0.00)	(0.00)	(0.04)	(0.04)
Main œuvre (plus de 5 personnes)	-0.003	-0.005	-0.024	-0.041
	(0.68)	(0.68)	(0.13)	(0.13)
Occupation plantation (propriétaire)	-0.019	-0.030	-0.011	-0.019
	(0.24)	(0.24)	(0.78)	(0.78)
Engrais Chimiques (≥ 10 kg)	-0.030	-0.047	-0.010	-0.018
	(0.12)	(0.12)	(0.82)	(0.82)
Engrais Organiques (≥ 10 kg)	-0.035	-0.054	-0.083	-0.144
	(0.23)	(0.23)	(0.21)	(0.21)
Pesticides (≥ 10 kg)	-0.016	-0.024	-0.023	-0.040
	(0.29)	(0.29)	(0.45)	(0.45)

	P11 Hommes	Pcond1 Hommes	P11 Femmes	Pcond1 Femmes
Eng Chimiques*Eng Organiques	0.064	0.099	0.052	0.091
	(0.09)	(0.09)	(0.55)	(0.55)
Eng Chimiques*Pesticides	0.057	0.089	0.012	0.020
	(0.06)	(0.06)	(0.84)	(0.84)
Eng Organiques*Pesticides	0.005	0.007	0.003	0.005
	(0.94)	(0.94)	(0.98)	(0.98)
Eng Chimiques*Eng Organiques*Pesticides	-0.018	-0.028	0.023	0.040
	(0.78)	(0.78)	(0.85)	(0.85)
Utilisation Moto	0.025**	0.039**	0.038*	0.066*
	(0.00)	(0.00)	(0.02)	(0.02)
Qualité Cacao (Hors standard)				
Grade 1	-0.008	-0.013	-0.033	-0.058
	(0.48)	(0.48)	(0.18)	(0.18)
Grade 2	-0.027**	-0.042**	-0.043**	-0.075**
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
Statut matrimonial (Célibataire)	-0.027**	-0.041**	0.003	0.005
	(0.00)	(0.00)	(0.88)	(0.88)
Taux Formation agricole départemental	0.004**	-0.000**	0.004**	-0.000**
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
Taux OPA régional	0.000**	-0.000**	0.001**	-0.000**
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)
N	11,673	11,673	1,928	1,928
Wald test of rho=0	0.4717			
Prob > chi2	0.0000			

* p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01

Note : p11 = probabilité conjointe $\Pr(\text{RendBin}=1, \text{ForAgri}=1)$; pcond1 = probabilité conditionnelle $\Pr(\text{RendBin}=1 | \text{ForAgri}=1)$.

D'entrée, les deux variables instrumentales utilisées pour corriger les biais d'endogénéité liés à la formation agricole à savoir le taux de formation agricole au niveau départemental et le taux d'adhésion aux Organisations de Producteurs Agricoles (OPA) au niveau régional, sont significatives et valides.

Ainsi, les résultats montrent que l'effet de la formation agricole sur le rendement est plus élevé chez les femmes. En effet, la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés est supérieure de 2,1 points chez les femmes par rapport aux hommes (6,9 points contre 4,8 points). Aussi, la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole est supérieure de 4,5 points chez les femmes par rapport aux hommes (12,0 points contre 7,5 points). Ceci peut s'expliquer par le fait que les femmes appliquent plus scrupuleusement les techniques apprises en formation, notamment en gestion post-récolte, comme le souligne Ragasa et al. (2018). Par la suite, les femmes ont moins accès aux intrants de base, donc la formation devient un principal levier d'optimisation comme l'a souligné Doss et al. (2018). Dans le même sillage, Fisher et al. (2018), dans une étude en agriculture au Malawi, trouvent que les femmes formées augmentent leur rendement de 15,3% contre 13,2% pour les hommes, soit un écart de 2,1 points comme dans l'étude présente. Ils expliquent que les femmes compensent leur accès limité aux ressources par une meilleure adoption des savoirs, ciblent les cultures à fort rendement marginal. En outre, les formations féminines incluent des

modules gestion/alphabétisation qui leur permettent de tirer un gain marginal supérieur des formations car elles optimisent des ressources initialement limitées.

Par la suite, en ce qui concerne l'éducation, les résultats montrent que ceux qui ont au plus le niveau primaire, ont un rendement plus élevé chez les femmes. En effet, la probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés est supérieure de 0,9 point chez les femmes par rapport aux hommes (2,9 points contre 2,0 points). Pareillement, la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole est supérieure de 2,0 points chez les femmes par rapport aux hommes (5,1 points contre 3,1 points). Il est à souligner dans ce sillage que l'éducation formelle agit comme un facilitateur alors que les formations ciblées donnent des outils concrets. Ainsi, les femmes transforment mieux ces connaissances en pratique parce qu'elles compensent ainsi leur accès limité aux autres ressources. Dans la culture cacao, l'éducation primaire aide les femmes à comprendre les calendriers de traitement sanitaires (Barrientos et al., 2019) et identifier les fèves mal fermentées (Ragasa, 2018). Pareillement, Doss et al. (2018) montrent que les femmes disposant d'une éducation de base obtiennent des rendements supérieurs, notamment grâce à une meilleure gestion des intrants comme le dosage des engrais. Dans le même sens, Alkire et al. (2021) démontrent que l'éducation, combinée à un meilleur accès aux intrants et aux pratiques agricoles, peut permettre aux femmes d'augmenter leur productivité jusqu'à 40 %, réduisant ainsi significativement l'écart de productivité entre hommes et femmes.

Cependant, du point de vue de la situation maritale, les résultats sont tout d'abord significatifs chez les hommes et pas significatifs chez les femmes. Ils montrent que l'effet d'être célibataire chez les hommes améliore le rendement avec une probabilité de suivre une formation agricole et d'avoir des rendements élevés qui est de 2,7 points et la probabilité d'avoir un rendement agricole élevé ayant suivi une formation agricole améliore le rendement de 4,1 points. Tout d'abord, le célibat réduit les contraintes temporelles des hommes (pas de charges familiales immédiates), ce qui booste leurs participations aux formations de 2,5 à 3,0 points (Quisumbing et al., 2021). Ensuite, l'accès différentiel à la terre est réel car, un homme célibataire peut hériter de parcelles tandis qu'une femme célibataire reste souvent exclue des systèmes fonciers coutumiers (Doss, 2018). Dans le même ordre d'idées, Wu et al. (2021) montrent que les hommes célibataires ont 2,7 points de probabilité de suivre des formations et 3,1% de rendement par rapport aux hommes mariés. Cet effet est non significatif chez les femmes (différence inférieure à 0,5 point).

Avant de tirer des conclusions, il est essentiel de s'assurer de la robustesse des résultats obtenus et de la qualité de l'appariement effectué.

4.3. Analyse de la robustesse des résultats

Pour estimer rigoureusement l'effet causal de la formation, l'étude fait recours à la méthode du PSM, qui permet de comparer des producteurs similaires en tout point. Les résultats de cette analyse contrefactuelle sont présentés dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Effet de la formation agricole sur les rendements du cacao, Résultats du Propensity Score Matching (PSM)

Variable	Echantillon	Traités (Formés)	Contrôlés (Non formés)	Différence	Erreur Standard	Statistique T
Rendement Cacao	Non appariés	650,84	501,82	149,02*	5,46	27,28
	ATT	650,84	511,91	138,93*	11,25	12,35
	ATU	501,82	639,44	137,62*		
	ATE			138,45*		

* $p < 0,01$

Le tableau 4 ci-dessus présente les résultats d'une analyse PSM évaluant l'impact causal de la formation agricole sur les rendements cacaoyers.

L'analyse révèle d'abord des différences notables entre les groupes traités et non-traités. Avant appariement, les producteurs formés affichent des rendements supérieurs de 149 kg/ha par rapport aux non-formés. Après correction des biais par la méthode d'appariement, les résultats montrent un impact positif et significatif de la formation sur les rendements agricoles. Lorsqu'on considère l'effet moyen global (ATE), la participation aux programmes de formation permet d'augmenter significativement les rendements d'environ 138 kg par hectare. Pour une superficie donnée de plantations appartenant à des producteurs formés, chaque hectare supplémentaire sous formation générerait en moyenne 138 kg de cacao additionnels. Cet effet cumulé représente un gain substantiel pour la filière cacaoyère au Cameroun et pourrait s'expliquer par le fait que la formation améliore les performances des cacaoculteurs en renforçant leurs compétences techniques, conformément à la théorie du capital humain. Par ailleurs, on constate que l'effet de la formation agricole sur les rendements est surévalué si l'on ne tient pas compte de l'appariement par score de propension. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en dehors de la formation agricole, plusieurs autres facteurs permettent d'expliquer les rendements agricoles. Ainsi, ne pas en tenir compte, peut créer un biais dans l'évaluation de l'impact de la formation agricole.

Quant à l'effet de la formation agricole sur ceux ayant suivi la formation (ATT), il est évalué environ à 139 kg/ha. En effet, le tableau 4 montre que le rendement moyen des traités serait de 511,91 kg/ha si ces derniers n'avaient suivi aucune formation contre 650,84 kg/ha après avoir suivi la formation. Concernant l'effet traitement sur les non-traités (ATU), on constate que ces derniers auraient eu un rendement moyen de 639,44 kg/ha s'ils avaient bénéficié de la formation contre 501,82 kg/ha. Soit une augmentation d'environ 137 kg/ha. Ces derniers résultats confirment le fait que les rendements agricoles dépendent de plusieurs facteurs y compris la formation agricole puisque les rendements ne sont pas nuls pour ceux qui n'ont pas suivi de formation agricole, et ne l'auraient pas été pour ceux qui ont suivi une formation agricole s'ils ne l'avaient pas suivie.

La cohérence des résultats entre les différentes estimations (ATT, ATU et ATE) confirme la fiabilité de l'évaluation d'impact. L'ampleur de ces effets, tous statistiquement significatifs au seuil de 1%, souligne l'importance des programmes de formation comme levier d'amélioration de la productivité cacaoyère. La proximité des valeurs ATT et ATU indique par ailleurs que le programme pourrait être étendu à davantage de producteurs avec des résultats similaires. Ces estimations permettent d'évaluer l'impact potentiel à plus grande échelle.

Conclusion et implications

L'objectif de cet article était d'évaluer l'effet de la formation agricole sur le rendement des exploitations cacaoyères au Cameroun. En effet, selon la théorie du capital humain, la formation agricole accroît l'efficacité individuelle et la performance des agriculteurs. Ainsi, la formation agricole renforce

la capacité des producteurs à adopter, adapter et utiliser efficacement les innovations technologiques et pratiques agricoles. Pour atteindre l'objectif de ce papier, les données utilisées proviennent d'une enquête réalisée en 2019 par l'ONCC dans les principaux bassins de production cacaoyère du Cameroun. L'enquête contenait des informations sur les caractéristiques des producteurs, leurs niveaux de formation, les pratiques culturelles, l'accès aux infrastructures et aux services agricoles, les volumes de production et de commercialisation, ainsi que le suivi des formations agricoles sur 13 601 producteurs dans 07 régions.

A l'aide d'un Probit bivarié, les résultats révèlent que la formation agricole accroît de 8,4% la probabilité d'un fort rendement et elle augmente la probabilité de suivre une autre formation agricole. Ainsi, la formation agricole améliore les performances et compétences techniques des cacaoculteurs, favorisant une meilleure utilisation d'engrais, de pesticides et d'autres pratiques agricoles. Ce résultat valide ainsi la théorie du capital humain selon laquelle la formation agricole améliore les rendements agricoles. En outre, la formation agricole accroît la probabilité de suivre une autre formation agricole car, les cacaoculteurs sont davantage incités à augmenter leur rendement après une formation. En outre, la possession d'une moto augmente de 4,2% la probabilité d'un rendement élevé tandis que le niveau d'éducation, l'utilisation intensive d'engrais et la qualité supérieure du cacao réduisent la probabilité de rendement fort. Toutefois, en tenant compte de l'aspect genre, les résultats montrent que la formation accroît la probabilité de rendement fort de 6,9% chez les femmes contre 4,8% chez les hommes. De même, la probabilité des rendements forts est plus élevée chez les femmes éduquées (5,1%) que chez les hommes (3,1%). Enfin, le célibat accroît la probabilité de rendement fort chez les hommes de 4,1% mais reste sans effet chez les femmes. Cela révèle que les femmes appliquent scrupuleusement les enseignements reçus des formations.

De ce fait, la présente étude plaide en faveur d'une implémentation pratique de la formation agricole des cacaoculteurs dans les OPA. Aussi, l'étude plaide également en faveur d'une amélioration des conditions de mobilité des cacaoculteurs en développant les infrastructures routières, en mettant sur pieds des modes de transport collectif vers les plantations les plus éloignées.

Références bibliographiques

- Abdulai, I., Hoffman, M. P., Jassogne, L. et al (2020). Variations in Yield Gaps of Smallholder Cocoa Systems and the Main Determining Factors along a Climate Gradient in Ghana. *Agricultural Systems*, 181, Article ID: 102812.
- Agwu, A. E., Dimelu, M. U., & Madukwe, M. C. (2008). Innovation system approach to agricultural development: Policy implications for agricultural extension delivery in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7(11), 1604–1611
- Aikins, K. A., & Akude, G. S. (2015). *The impact of motor tricycles on transportation of agricultural produce in the Pru District of Ghana*. Global Institute for Research & Education.
- Alahmadi, N. (2019). The role of input in second language acquisition: An overview of four theories. *Bulletin of Advanced English Studies*, 3(2), 70–78. <https://doi.org/10.31559/baes2019.3.2.1>
- Alene, A. D., & Manyong, V. M. (2007). The effects of education on agricultural productivity under traditional and improved technology in northern Nigeria: An endogenous switching regression analysis. *Empirical Economics*, 32(1), 141–159. <https://doi.org/10.1007/s00181-006-0076-3>

- Ali, D. A., & Deininger, K. (2015). Is there a farm size–productivity relationship in African agriculture? Evidence from Rwanda. *Land Economics*, 91(2), 317–343. <https://doi.org/10.3368/le.91.2.317>
- Alkire, S., Meinzen-Dick, R., Peterman, A., Quisumbing, A., Seymour, G., & Vaz, A. (2021). The Women's Empowerment in Agriculture Index. *World Development*, 137, 105179.
- Angrist, J. D., & Krueger, A. B. (1991). Does compulsory school attendance affect schooling and earnings? *The Quarterly Journal of Economics*, 106(4), 979–1014.
- Anim-Kwapong, G.J. and Frimpong, E.B. (2004). Vulnerability and Adaptation to Climate Change-Impact of Climate Change on Cocoa Production. Vulnerability and Adaptation Assessment under the Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme Phase 2 (NCCSAP). *Cocoa Research Institute of Ghana*, New Tafo Akim.
- Arrow, K. J. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. In *The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors* (pp. 609–626). Princeton University Press for the National Bureau of Economic Research.
- Asadullah, M. N., & Rahman, S. (2009). Farm productivity and efficiency in rural Bangladesh: the role of education revisited. *Applied Economics*, 41(1), 17-33.
- Asante, P. A., Rahn, E., Anten, N. P. R., Zuidema, P. A., Morales, A., & Rozendaal, D. M. A. (2025). Climate change impacts on cocoa production in the major producing countries of West and Central Africa by mid-century. *Agricultural and Forest Meteorology*, 362, Article 110393.
- Asare, R., David, S. and Sonwa, D. (Eds.) (2009) Good Agricultural Practices for Sustainable Cocoa Production: A Guide for Farmer Training. *Forest & Landscape Denmark*, Copenhagen.
- Asfaw, S., Kassie, M., Simtowe, F., & Lipper, L. (2012). Poverty reduction effects of agricultural technology adoption: A micro-evidence from rural Tanzania. *Journal of Development Studies*, 48(9), 1288–1305.
- Banerjee, A., Duflo, E., Goldberg, N., Karlan, D., Osei, R., Parienté, W., Shapiro, J., Thuysbaert, B., & Udry, C. (2015). A multifaceted program causes lasting progress for the very poor: Evidence from six countries. *Science*, 348(6236), 1260799. <https://doi.org/10.1126/science.1260799>
- Banque mondiale. (2022). Agriculture en Afrique : Améliorer la productivité et la résilience. Rapport sur le développement dans le monde. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36825>
- Barima, Y. S. S., Konan, G. D., & Kouakou, A. T. M. T. (2020). Cocoa production and forest dynamics in Ivory Coast from 1985 to 2019. *Land*, 9(12), 524. <https://doi.org/10.3390/land9120524>
- Barrientos, S. (2019). Gender and global value chains: Challenges of economic and social upgrading in agri-food. *Cambridge University Press*. EUI Working Paper RSCAS 2014/96
- Barrientos, S., & Bobie, A. O. (2016). Promoting gender equality in the cocoa-chocolate value chain: Opportunities and challenges in Ghana (*GDI Working Paper 2016-006*). *The University of Manchester*.
- Bationo, A. (2022). Effet de l'éducation sur la productivité agricole au Burkina Faso : Rôle de l'adoption des nouvelles technologies, *Revue d'Economie Théorique et Appliquée*, Volume 12(2), 165-184.
- Battese, G. E. (1992). Frontier production functions and technical efficiency: A survey of empirical applications in agricultural economics. *Agricultural Economics*, 7(3–4), 185–208.

- Becker, G. S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. *University of Chicago Press*.
- Bernier, A. (2014). Les effets possibles de la formation sur la productivité : l'apport de données longitudinales. *Relations industrielles / Industrial Relations*, 69(2), 366–387.
- Beuchelt, T. D., & Badstue, L. (2013). Gender, nutrition- and climate-smart food production: Opportunities and trade-offs. *Food Security*, 5(5), 709–721.
- Bitzer, V., Ros-Tonen, M. A. F., Laven, A., Ollivier de Leth, D., Van Leynseele, Y., & Vos, A. (2019). Conceptualizing inclusiveness of smallholder value chain integration. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 41, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.002>
- Bravo-Ureta, B. E., & Pinheiro, A. E. (1997). Technical, economic, and allocative efficiency in peasant farming: Evidence from the Dominican Republic. *The Developing Economies*, 35(1), 48–67.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental logarithmic production frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, 55(1), 28–45. <https://doi.org/10.2307/1927992>
- Coleman, B. M., Bunch, J. C., & Roberts, G. (2024). Experiential learning in agricultural education: A philosophical discussion. *Journal of Agricultural Education*, 65(1), 283–302.
- Daganzo, C. (1979) *The Multinomial Probit: The Theory and Its Application to Demand Forecasting*. Academic Press, New York.
- Davis, K. E., Ekboir, J., Spielman, D. J., (2008). Strengthening Agricultural Education and Training in sub-Saharan Africa from an Innovation Systems Perspective: A Case Study of Mozambique, *The Journal of Agricultural Education and Extension*
- De Janvry, A., & Sadoulet, E. (2001). Access to land and land policy reforms. In B. de Janvry, G. Gordillo, J. P. Platteau, & E. Sadoulet (Eds.), *Access to Land, Rural Poverty, and Public Action* (pp. 1–26). Oxford University Press.
- Dehejia, R. H., & Wahba, S. (2002). Propensity score-matching methods for nonexperimental causal studies. *Review of Economics and Statistics*, 84(1), 151–161
- Djoutsa Wamba, L., Nkakene Molou, L., & Hikkerova, L. (2017). La capacité d'innovation : facteurs déterminants et effet sur la performance des grandes entreprises au Cameroun. *Management & Prospective*, 34(4), 53–75.
- Doss, C. R. (2001). Designing agricultural technology for African women farmers: Lessons from 25 years of experience. *World Development*, 29(12), 2075–2092.
- Doss, C., Kovarik, C., Peterman, A., Quisumbing, A., & van den Bold, M. (2018). Gender inequalities in ownership and control of land in Africa: myth and reality. *Agricultural Economics*, 49(1), 1–12.
- Doss, C., Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A., & Theis, S. (2018). Women's land rights as a pathway to poverty reduction: Framework and review of available evidence. *Agricultural Systems*, 72–82
- Ellis, F. (2008). Transforming the rural non-farm economy: Opportunities and threats in the developing world. *Journal of Development Studies*, 44(5), 763–764.
- Essougong et al. (2023), Farmers' access, demand and satisfaction with innovation support services: the case of the cocoa sector in Central Cameroon, *The Journal of Agricultural Education and Extension*

- FAO, IFPRI & CGIAR PIM. (2022, 5 mai). Different training models show improved farmer productivity and profitability. *FAO Investment Centre*.
- Feder, G., & Anderson, J. R. (2004). Agricultural extension: Good intentions and hard realities. *The World Bank Research Observer*, 19(1), 41–60. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkh013>
- Fisher, M., Holden, S. T., Thierfelder, C., & Katengeza, S. P. (2018). Awareness and adoption of conservation agriculture in Malawi: What difference can farmer-to-farmer extension make? *International Journal of Agricultural Sustainability*, 16(3), 310–325.
- Fosso Djoumessi, Y. (2020). *Essais sur la productivité agricole en Afrique subsaharienne* [Thèse de doctorat, Université de Dschang]. HAL-TEL. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02867792>
- Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R. (1996). Technical change and human-capital returns and investments: Evidence from the Green Revolution. *American Economic Review*, 86(4), 931-953.
- Frontiers Lab. (2022). Box fermentation and solar drying improve the nutrient composition and organoleptic quality of chocolate from cocoa beans. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, Article 1023123.
- Gockowski, J. and Sonwa, D. (2011), Cocoa Intensification Scenarios and Their Predicted Impact on CO2 Emissions, Biodiversity Conservation, and Rural Livelihoods in the Guinea Rain Forest of West Africa. *Environmental Management*, 48, 307-321.
- Goldstein, M., & Udry, C. (2017). The profits of power: Land rights and agricultural investment in Ghana. *Journal of Political Economy*, 125(6), 1428–1462. <https://doi.org/10.1086/694290>
- Heckman, J. J., & Robb, R. (1985). Alternative methods for evaluating the impact of interventions: An overview. *Journal of Econometrics*, 30(1-2), 239-267.
- ICCO (International Cocoa Organization). (2023). Cocoa Market Outlook. *International Cocoa Organization*. <https://icco.org>
- Izuogu, C. U., Oparaojiaku, J. O., Njoku, L. C., & Okorie, D. A. (2024). Utilization of agricultural extension services among farmers in South-Eastern, Nigeria. *Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences*, 5(2), 299–309
- Jebuni-Dotsey, S., & Senadza, B. (2023). Supply-side interventions in cocoa production in Ghana: A regional decomposition of technical efficiency and technological gaps. *Sustainable Agriculture Research*, 12(2), 16–29.
- Jenkins, J., Peters, K., & Richards, P. (2020). At the end of the feeder road: Upgrading rural footpaths to motorcycle taxi-accessible tracks in Liberia. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 92, Article 100333.
- Kajisa, K., & Vu, T. T. (2023). The importance of farm management training for the African rice Green Revolution: Experimental evidence from rainfed lowland areas in Mozambique. *Food Policy*, 114, 102401.
- Kamdem, C. B. (2018). Écoles paysannes et rendement du cacao au Cameroun. *Revue d'économie du développement*, 26(4), 99-124. <https://doi.org/10.3917/edd.324.0099>
- Kannan, E., & Ramappa, K. B. (2017). Analysis of farm-level adoption of soil nutrient management technology by paddy farmers in Karnataka, India. *Environment, Development and Sustainability*, 19(6), 2317–2331.

- Konaté, N., Ouattara, Y., Kouakou, A. K., & Barima, Y. S. S. (2024). Effects of traditional agroforestry practices on cocoa yields in Côte d'Ivoire. *Sustainability*, 16(22), Article 9927. <https://doi.org/10.3390/su16229927>
- Kouassi, A., Nassa, R.-K., Kouakou, K., Kouame, K. & Biemi, J. (2019). Analyse des impacts des changements climatiques sur les normes hydrologiques en Afrique de l'Ouest : cas du district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire). *Revue des Sciences de l'Eau*.
- Lockheed, M. E., Jamison, D. T., & Lau, L. J. (1980). Farmer education and farm efficiency: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 29(1), 37-76. <https://doi.org/10.1086/451239>
- Mbassi E., J.L., (2024). Evaluation de l'effet de l'utilisation des ressources pédagogiques Faba en formation continue des formateurs, apprenants et producteurs de banane plantain au Cameroun, *Réseau Far*.
- MINADER (Ministry of Agriculture and Rural Development). (2023). Cocoa Sector Development in Cameroon: Key Policies. *MINADER Report*, 39(6), 112-130.
- Mincer, J. (1974). Schooling, Experience, and Earnings. *New York: Columbia University Press*.
- Minten, B., Habte, Y., Baye, K., & Tamru, S. (2023). Food safety and incipient modern value chains: Evidence from milk in Ethiopia. *The European Journal of Development Research*, 35, 132–155.
- Mponji, R. F., Cao, X., Wang, J., & Jia, X. (2024). Meta-analysis on farmers' adoption of agricultural technologies in East Africa: Evidence from Chinese Agricultural Technology Demonstration Centers. *Agriculture*, 14(11), Article 2003.
- Mundlak, Y. (1988). Endogenous technology and the measurement of productivity. In S. M. Capalbo & J. M. Antle (Eds.), *Agricultural productivity: Measurement and explanation*, Resources for the Future.
- Nin-Pratt, A., & McBride, L. (2014). Agricultural intensification in Ghana: Evaluating the optimist's case for a Green Revolution. *Food Policy*, Volume 48, 153-167.
- Osei, E. M., Egyir, I. S., & Gordon, C. (2018). Effects of rainfall and temperature variability on cocoa production in the Dormaa West District of the Brong-Ahafo Region, Ghana. *Journal of Energy and Natural Resource Management*, 1(2), 57–67. <https://doi.org/10.26796/jenrm.v1i2.134>
- Ouattara, S., Assi-Kaudjhis, C., Adjonou, K., Kouamé, K. F., Koudegnan, C. M., & Kokou, K. (2023). State of knowledge on beekeeping practices in Côte d'Ivoire in the face of challenges and opportunities in the context of climate change. *European Scientific Journal*, 19(30), 46
- Place, F., & Hazell, P. (1993). Productivity effects of indigenous land tenure systems in Sub-Saharan Africa. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(1), 10–19.
- Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2004). Returns to investment in education: A further update. *Education Economics*, 12(2), 111–134.
- Quisumbing, A. R., & Doss, C. R. (2021). Gender in agriculture and food systems. In R. E. Evenson & P. Pingali (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. 5, pp. 4481–4549). Elsevier.
- Ragasa, C., Dankyi, A., Acheampong, P., Wiredu, A. N., Chapoto, A., Asamoah, M., & Tripp, R. (2016). Patterns of adoption of improved rice technologies in Ghana. *Development and Agricultural Economics*, 8(3), 41–53.

- Ragasa, C., Lambrecht, I., & Kufoalor, D. S. (2018). Limitations of contract farming as a pro-poor strategy: The case of maize outgrower schemes in Upper West Ghana. *World Development*, 102, 30–56.
- Ricker-Gilbert, J., Jayne, T. S., & Chamberlin, J. (2021). Absentee tenants and farmland transfers in sub-Saharan Africa: Evidence from Malawi. *Development in Practice*, 31(8), 1054–1069.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55. <https://doi.org/10.1086/260169>
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41–55.
- Samadder, S., & Rao, D. (2023). Role and importance of ICT in agricultural extension. In *Recent trends in agriculture* (Chap. 13). Integrated Publications TM. <https://doi.org/10.22271/int.book.221>
- Schultz, T. W. (1964). *Transforming traditional agriculture*. Yale University Press.
- Sen, A. (1999). *Development as Freedom*. Oxford : Oxford University Press.
- Sithole, A., & Olorunfemi, O. D. (2024). Sustainable agricultural practices in Sub-Saharan Africa: A review of adoption trends, impacts, and challenges among smallholder farmers. *Sustainability*, 16(22), 9766. <https://doi.org/10.3390/su16229766>
- Smith, S., Fishman, R., Pan, Y., Kalaj, J., Sulaiman, M., & Bobić, V. (2017). Complementarities of training, technology, and credit in smallholder agriculture in Senegal and Uganda. *Feed the Future Innovation Lab for Markets, Risk and Resilience*, University of California, Davis.
- Wahaga, E. (2019). Enhancing agricultural productivity through crops management. *Acta Scientific Agriculture*, 3(8).
- Weir, S. (1999). The effects of education on farmer productivity in rural Ethiopia (CSAE Working Paper Series 1999-07). *Centre for the Study of African Economies*, University of Oxford.
- Wiah, E. N., & Twumasi-Ankrah, S. (2018). Impact of climate change on cocoa yield in Ghana using vector autoregressive model. *Ghana Journal of Technology*, 2(1), 55–65.
- Wu, Y., Dorfman, J. H., & Brewer, B. E. (2021). The susceptibility of farmland loans to default under falling farmland and commodity prices. *Agricultural Economics*. Advance online publication.
- Zulu, N. S., Hlatshwayo, S. I., Ojo, T. O., Slotow, R., Cele, T., & Ngidi, M. S. C. (2024). The impact of credit accessibility and information communication technology on the income of small-scale sugarcane farmers in Ndwedwe Local Municipality, KwaZulu-Natal Province, South Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, Article 1392647.

Droits d’auteurs : Je certifie avoir le droit de déposer cette contribution sur MPRA.