

Performance économique et financière des systèmes de culture du *Cajanus cajan* au Bénin en Afrique de l'Ouest

Kassimou Issaka
Ibidon Firmin Akpo
Filikibirou Tassou Zakari
Zachée Houessingbe
Nouroudine Ollabode
Afouda Jacob Yabi

Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Département d'Economie et Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, République du Bénin

Doi: [10.19044/esipreprint.7.2024.p158](https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2024.p158)

Approved: 09 July 2024

Posted: 11 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Issaka, K., Akpo, I. F., Zakari, F. T., Houessingbe, Z., Ollabode, N., & Yabi, A. J. (2024). *Performance économique et financière des systèmes de culture du *Cajanus cajan* au Bénin en Afrique de l'Ouest*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2024.p158>

Résumé

La non comptabilisation des revenus des cultures secondaires comme le *Cajanus cajan* menace la viabilité économique et financière des petites exploitations agricoles du Bénin. Cette étude examine l'effet des systèmes de culture sur la performance économique et financière de la production du pois d'Angole au Centre du Bénin. Les données ont été collectées à travers une enquête socioéconomique auprès de 240 producteurs de pois d'Angole choisis de façon aléatoire. La régression simultanée apparemment sûre, les indicateurs économiques et financiers sont mobilisés pour apprécier la performance économique et financière de la production du pois d'Angole. Les résultats montrent six différents systèmes de culture du pois d'Angole dans la zone d'étude. L'analyse économique et financières révèle que la production du pois d'Angole est rentable pour les six systèmes de cultures identifiés. Cependant, les systèmes 1 et 2 sont plus rentables en termes de marge nette et les systèmes 1 et 3 sont les plus performants en matière de productivité moyenne du travail et de ratio bénéfice-coût. Les systèmes 5 et 6 sont les moins performants du point de vue des trois indicateurs évalués.

Les résultats du modèle étayent que les systèmes 1, 2 et 4 sont les plus bénéfiques en améliorant simultanément les trois indicateurs de performance. Dans la production de pois d'Angole, le choix du système de culture peut avoir un impact significatif sur la rémunération du travail agricole et le gain financier par unité monétaire investie, sans nécessairement influencer de la même manière la marge nette. Ainsi, pour accroître les revenus des agriculteurs grâce à la culture du pois d'Angole, il est essentiel de se concentrer sur les systèmes de culture qui rendent les producteurs économiquement et financièrement plus performants.

Mots clés : Systèmes de culture, performance économique, régression simultanée, *Cajanus cajan*, Bénin

Economic and financial performance of *Cajanus cajan* cultivation systems in Benin in West Africa

Kassimou Issaka
Ibidon Firmin Akpo
Filikibirou Tassou Zakari
Zachée Houessingbe
Nouroudine Ollabode
Afouda Jacob Yabi

Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Département d'Economie et Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, République du Bénin

Abstract

Failure to record income from secondary crops such as *Cajanus cajan* threatens the economic and financial viability of small farms in Benin. This study examines the effect of cropping systems on the economic and financial performance of pigeon pea production in Central Benin. Data were collected through a socio-economic survey of 240 pigeon pea producers chosen at random. The apparently sure simultaneous regression, economic and financial indicators are used to assess the economic and financial performance of pigeon pea production. The results show six different pigeon pea growing systems in the study area. The economic and financial analysis reveals that pigeon pea production is profitable for the six cropping systems identified. However, systems 1 and 2 are more profitable in terms of net margin and systems 1 and 3 are the most efficient in terms of average labor productivity and benefit-cost ratio. Systems 5 and 6 are the least efficient in terms of the three indicators evaluated. The model results support that

Systems 1, 2, and 4 are most beneficial by simultaneously improving all three performance indicators. In pigeon pea production, the choice of cropping system can have a significant impact on farm labor remuneration and financial gain per monetary unit invested, without necessarily influencing the net margin in the same way. Thus, to increase farmers' income through pigeon pea cultivation, it is essential to focus on cropping systems that make producers economically and financially more efficient.

Keywords: Crop systems, economic performance, simultaneous regression, *Cajanus cajan*, Benin

1. Introduction

La sécurité alimentaire est devenue un enjeu mondial ces dernières décennies, principalement en raison de la croissance démographique continue et de la diminution des rendements agricoles (Ayilara et al., 2022). Cette situation rend de plus en plus difficile la satisfaction des besoins alimentaires de la population. Environ 850 millions de personnes dans le monde souffrent extrêmement de la faim, ce qui entraîne des problèmes économiques et entrave la réalisation des Objectifs de Développement Durable (ODD) (Kousar et al., 2021). L'Afrique subsaharienne (ASS) est une région du monde où l'insécurité alimentaire est chronique, avec des menaces de famine alarmantes (Anderson, 2014 ; Sasson, 2012). Les ménages ruraux dont les revenus reposent largement sur l'agriculture pluviale sont les plus gravement affectés par l'insécurité alimentaire (Mekonnen, 2024; Rusere et al., 2023).

La sécurité alimentaire est influencée par divers facteurs tels que l'économie, le changement climatique, la gestion inefficace des récoltes, la qualité des semences, l'état nutritionnel des sols ainsi que la sous-exploitation de cultures potentiellement bénéfiques (Setsoafia et al., 2022 ; Begna, 2021 ; Chauhan et al., 2018 ; Weih et al., 2017 ; Szabo, 2016 ; Wang et al., 2015). Pour trouver des solutions durables à l'agriculture et à la sécurité alimentaire en Afrique, il est important de mener des recherches plus ciblées sur les cultures adaptées localement comme les légumineuses qui sont riches en nutriments et résistantes au stress (Ayilara et al., 2022 ; Kaoneka et al., 2016). La promotion de la diversification des cultures agricoles avec les légumineuses représente un moyen essentiel pour renforcer la sécurité alimentaire, réduire la pauvreté et préserver l'environnement (Hashmiu et al., 2024; Ayenan et al., 2017a). Paradoxalement, la plupart des cultures africaines résistantes au stress sont parmi les moins étudiées, recevant peu d'attention de la part des décideurs, et sont ainsi qualifiées de "cultures orphelines" (Zavinon et al., 2019 ; Varshney et al., 2010). Parmi ces précieuses mais sous-estimées espèces

végétales, il figure le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), une légumineuse d'importance significative dans les régions tropicales, subtropicales et chaudes du globe (Zavinon et al., 2018).

Le *Cajanus cajan* est une légumineuse alimentaire polyvalente qui joue un rôle crucial en tant que bouée de sauvetage des agriculteurs disposant de ressources limitées dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Amérique latine et d'Afrique (Chanda Venkata et al., 2019). Les graines matures du pois d'Angole présentent une composition nutritionnelle notable, comprenant 18,8 % de protéines, 53 % d'amidon, 2,3 % de matières grasses, 6,6 % de fibres brutes et 250,3 mg de minéraux par 100 g. De plus, le pois d'Angole est couramment utilisé en médecine traditionnelle avec ses feuilles, ses fleurs, ses racines et ses graines qui servent à traiter diverses affections de la peau, du foie, des poumons et des reins (Hardev, 2016). En tant qu'arbuste vivace, le pois d'Angole se caractérise par une remarquable tolérance aux conditions de sécheresse, une forte production de biomasse principalement utilisée comme fourrage, ainsi qu'une contribution significative en nutriments et en humidité pour le sol (Fossou et al., 2016 ; Njira et al., 2012). Les principaux pays producteurs sont l'Inde et le Myanmar qui représentent 83 % de la production totale, suivis par des pays africains tels que le Malawi, la Tanzanie, le Kenya et l'Ouganda qui contribuent à hauteur de 14 % de la production mondiale (Makena et al., 2022).

Malgré ses potentiels agronomiques, les travaux de recherche ont montré que le principal inconvénient de la culture du pois d'Angole réside dans sa faible productivité (Karanja et al., 2019). Dans les principaux pays producteurs en Afrique, la production de pois d'Angole demeure peu performante pour les petites exploitations agricoles. En effet, les rendements obtenus dans les champs des agriculteurs s'élèvent à moins d'une tonne par hectare (Makena et al., 2022 ; Karanja et al., 2019 ; Emefiene et al., 2014), tandis que les résultats issus de la recherche indiquent des rendements d'environ cinq tonnes par hectare (Wambua, 2021).

Au Bénin, le pois d'Angole occupe une place essentielle dans la vie des ménages ruraux, servant non seulement à l'alimentation et à la médecine traditionnelle, mais également comme source de revenus (Zavinon et al., 2020). Cette plante est utilisée pour la conservation des sols et la gestion des mauvaises herbes dans les champs agricoles (Kinhoégbè et al., 2020 ; Dansi et al., 2012). Cependant, la production de pois d'Angole reste aussi très limitée au Bénin. Il occupe la cinquième position parmi les légumineuses comestibles, devancée par le niébé (*Vigna unguiculata*), le Voanzou (*Voandzeia subterranea*), le soja (*Glycine max*) et l'arachide (*Arachis hypogaea*) (Kinhoégbè et al., 2022 ; Ayenan et al., 2017a). Les rendements moyens du pois d'Angole observés dans les exploitations agricoles

bénoises atteignent seulement 628 kg/ha en 2019, ce qui est nettement en deçà du rendement potentiel estimé à 2500 kg/ha au niveau national par la Direction de la Programmation et de la Prospective (MAEP-DPP, 2020). Le rapport de la DPP indique qu'entre 2017 et 2019, les superficies allouées à la culture du pois d'Angole ont progressivement diminué au niveau national, passant de 3903 ha à 3685 ha. Cette réduction des superficies s'explique d'une part par le manque d'efforts de recherche visant à encourager sa culture et la faible productivité causée par le manque de variétés améliorées (Kinhoégbè et al., 2020), mais d'autre part par les systèmes de culture adoptés pour cette plante.

Plusieurs systèmes de culture sont adoptés pour la production du pois d'Angole au sein des exploitations agricoles. En effet, la productivité et la rentabilité des cultures sont influencées par les systèmes de culture mises en œuvre par les agriculteurs (Traore et Koura, 2019 ; Yabi et al., 2012). Les recherches menées en Inde par Pal et al. (2016) ont révélé que les associations du pois d'Angole avec le niébé surpassent celles avec des céréales comme le sorgho en terme de rendement en grains. De même, les recherches menées par Asiwe et Madimabe (2020) sur le pois d'Angole en Afrique du Sud indiquent que la culture intercalaire en bandes génère plus de rendement, de bénéfice net et de revenu par unité de capital investi que la culture intercalaire mixte et la culture pure.

Les pratiques agricoles spécifiques au pois d'Angole ont été peu examinées en détail dans ce pays. La plupart des recherches menées sur cette culture au Bénin se sont principalement concentrées sur ses aspects végétaux tels que la diversité des variétés et leurs rendements, ainsi que sur des aspects sociaux liés à la production, notamment les utilisations et les contraintes rencontrées dans sa production (Kinhoégbè et al., 2020, 2022 ; Zavinon et al., 2018, 2020, 2022; Zavinon et Sagbadja, 2019 ; Ayanan et al., 2017a, 2017b). Ainsi, l'aspect économique qui intègre les dépenses de production liées aux systèmes de culture pratiqués a été largement négligé et peu documenté. Sachant que la disponibilité de variétés de pois d'Angole à haut rendement ne garantit pas nécessairement la rentabilité de sa culture, en particulier si les choix des techniques culturales ne sont pas appropriés, cette étude vient en complément aux études précédentes, en se proposant d'identifier les systèmes de culture du pois d'Angole les plus performants économiquement et financièrement au Bénin.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

Cette étude a été menée dans le département des Collines, au centre du Bénin en Afrique de l'Ouest. Situé entre le Togo à l'Ouest le Nigéria à l'Est, il est limité au Nord par les départements de la Donga, du Borgou, au

Sud par ceux du Zou et du Plateau. L'agriculture y représente l'activité principale de subsistance pour les populations locales (DGCS-ODD 2019; INSAE 2016). Ce département mobilise l'essentiel de la production nationale de pois d'Angole, avec une superficie totale variant de 1196 ha en 2017 à 1422 ha en 2019 consacrée à cette culture (MAEP-DPP, 2020). Ayenan (2016) et Dansi et al. (2012) soulignent que cette plante est cultivée par les petits agriculteurs de cette entité territoriale pour leur subsistance et pour générer des revenus en complément des cultures principales telles que le maïs, le manioc, l'igname, le riz, le soja et le coton.

Dans ce département, des discussions ont été menées avec les agents de développement à la base, les agents vulgarisateurs de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA) pour identifier trois communes (Bantè, Glazoué et Ouèssè) d'importance en matières de production de pois d'Angole. Au sein de ces communes, les villages d'étude ont été sélectionnés sur la base d'un recensement sommaire des producteurs de pois d'Angole effectué lors d'une phase exploratoire. Ainsi, trois (3) villages ont été choisis par commune comme l'indique la figure 1.

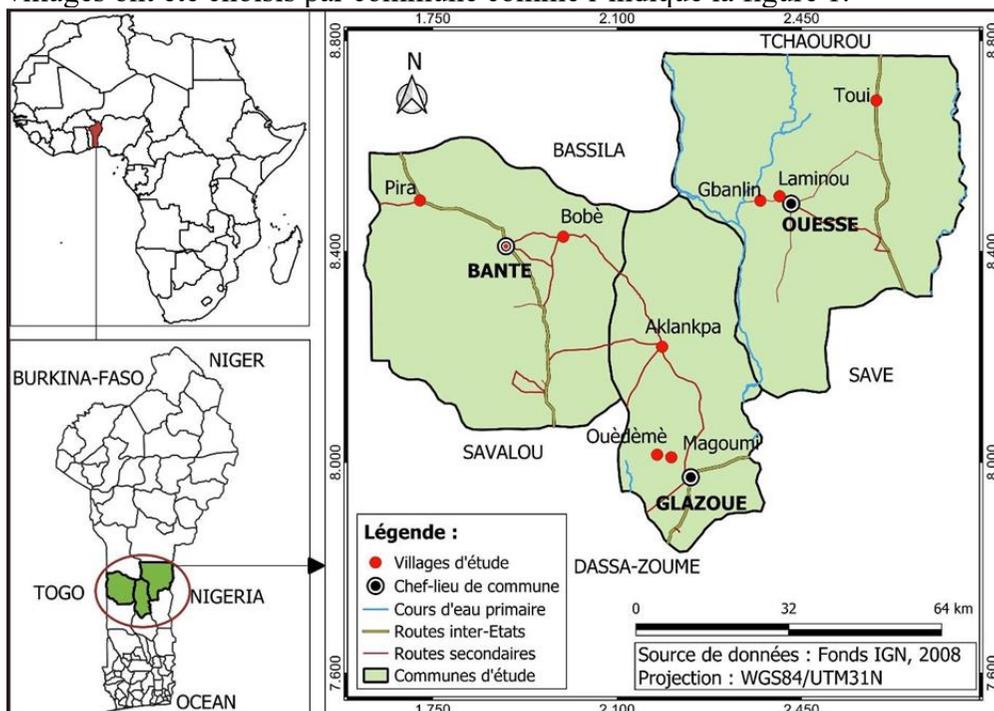


Figure 1. Carte de localisation géographique des villages d'étude

Note : Cette carte présente a zone d'étude. Elle a été réalisée à l'aide d'un logiciel de traitement de coordonnées et d'informations géographiques. Les données utilisées proviennent de l'Institut Géographique National (2008) et du terrain.

Source : Enquête de terrain, 2024

2.2. Echantillonnage et collecte de données

Les unités d'observation de cette recherche sont les exploitations agricoles produisant du pois d'Angole, représentées par les chefs (cheffes) ménages. A l'aide d'une base de sondage issue du recensement sommaire effectué lors de la phase exploratoire, la technique d'échantillonnage aléatoire a été appliquée pour sélectionner les exploitations enquêtées. Cette technique d'échantillonnage est largement reconnue et utilisée dans de nombreuses études scientifiques en raison de sa capacité à assurer une bonne représentativité de la population étudiée, en offrant à chaque individu la même chance d'être sélectionné (Biswas et al., 2021 ; Sultana et al., 2020 ; Chou et Chou, 2019 ; Far et Rezaei-Moghaddam, 2018 ; Bandara et al., 2016).

Cette approche ainsi adoptée a permis de toucher 80 exploitations productrices de pois d'Angole dans chaque commune comme le montre le Table 1. Cette taille d'échantillon par commune est considérée comme raisonnable, conformément aux recommandations de Kwak et Kim (2017) qui estiment qu'une population suffisamment grande nécessite un échantillon d'au moins 30 individus pour être représentatif.

L'étude a utilisé une approche quantitative qui impliquait l'utilisation d'un questionnaire semi-structuré préalablement soumis à des tests et ajustements appropriés. Lors de l'enquête, chaque producteur sélectionné a répondu à ce questionnaire individuel relatif à ses caractéristiques sociodémographiques et économiques, aux techniques, inputs, coûts et outputs de production du pois d'Angole. Par ailleurs, les techniques d'observation directe et de triangulation des informations ont été mises œuvre pour s'assurer de la fiabilité des réponses fournies par les répondants.

Tableau 1. Répartition des exploitations enquêtées

Communes	Villages	Nombre recensé	Nombre enquêté
Bantè	Bantè	52	35
	Bobè	26	20
	Pira	33	25
	Total Bantè	111	80
Gblazoué	Aklankpa	49	35
	Magoumi	24	20
	Ouèdèmè	28	25
	Total Glazoué	101	80
Ouèssè	Gbanlin	43	30
	Laminou	43	30
	Toui	27	20
	Total Ouèssè	113	80
Total global		325	240

Note : Ce tableau présente l'effectif de producteurs de pois d'Angole enquêté dans chaque village d'étude.

Source : Enquête de terrain, 2024

2.3. Cadre théorique et analyse des données

Le pois d'Angole a une croissance en hauteur initialement lente avec un système racinaire profond et une maturité tardive (Emefiene et al., 2014). Il peut être bénéfique tant en culture pure qu'en association avec d'autres cultures (Asiwe et Madimabe, 2020 ; Pal et al., 2016). Habituellement, il est intégré aux cultures commerciales de courte saison telles que le mil, le sorgho, le maïs ou le niébé. Cette pratique d'association avec d'autres cultures est souvent motivée par les échecs associés à sa culture en peuplement pure, notamment les risques de production et son cycle généralement long (Kermah et al., 2017). Elle peut être également adoptée dans l'intention d'augmenter la productivité par unité de surface (Alla et al., 2015), ou dans l'optique de la mise en application des pratiques de diversification, de concurrence et de facilitation des espèces dans les systèmes de culture (Hauggaard-Nielsen et Jensen, 2001). Toutefois, il convient de noter qu'il existe différentes pratiques d'association culturale à considérer.

L'association culturale se définit comme la culture simultanée de deux ou plusieurs espèces végétales (ou variétés) sur une même parcelle, avec un chevauchement de leurs cycles biologiques dans le temps. Les cultures ne sont pas nécessairement plantées (ou récoltées) au même moment, mais elles sont généralement gérées simultanément pendant une période significative (Abid Karray, 2006 ; Salez, 1988). On distingue principalement deux types d'associations culturales : la culture mixte ou culture en mélange, et la culture intercalaire. La culture mixte se caractérise par une alternance des espèces à l'intérieur des lignes de semis ou par une disposition en vrac sur le billon, où les composantes apparaissent étroitement entremêlées (Khonde, 2021). Lorsque les cultures présentent une taille et une durée de végétation semblable, on parle de culture mixte homogène. En revanche, si les espèces sont de taille différente avec des durées de végétation inégales, on parle de culture mixte hétérogène. La culture intercalaire quant à elle fait référence à la culture de deux ou plusieurs cultures ensemble en lignes ou en bandes distinctes (de manière alternée), permettant ainsi une gestion séparée des cultures tout en favorisant une interaction agronomique entre elles (Asiwe et Madimabe, 2020).

Les systèmes de culture n'offrent pas nécessairement les mêmes avantages économiques aux agriculteurs. D'après Asiwe et Madimabe (2020), la culture mixte ne parvient pas à optimiser la densité des plantes ni à garantir une utilisation efficiente des ressources. Cette pratique serait à la base du faible rendement en grains du pois d'Angole observé dans la province du Limpopo, en Afrique du Sud selon Gwata et Shimelis (2013). En revanche, la culture intercalaire semble avoir le potentiel de diminuer la compétition entre espèces et d'augmenter les rendements par unité de surface

selon Asiwe et Madimabe (2020). Les associations de céréales avec des légumineuses à grains ont fréquemment démontré un avantage global par rapport à la culture pure au niveau des systèmes (Zhang et al., 2015).

La théorie de la rationalité sert de modèle explicatif pour comprendre comment les individus prennent des décisions dans des situations de choix, c'est-à-dire comment ils sélectionnent certaines options tout en en rejetant d'autres. Plusieurs penseurs éminents ont contribué au développement de cette théorie. En effet, l'un des percusseurs de cette théorie est l'économiste américain Becker (1976), qui a développé la notion de "rationalité économique", en supposant que les individus agissent de manière rationnelle pour maximiser leur utilité personnelle. Dans la même perspective, de nombreux économistes soutiennent qu'un acteur rationnel est tenu de s'engager dans un processus de maximisation de son utilité en toute situation. Ainsi, le choix des individus repose sur les résultats économiques attendus. Lorsqu'ils sont confrontés à plusieurs alternatives, les agents économiques comparent les avantages et optent pour celle qui devrait leur procurer la plus grande satisfaction possible en fonction de leurs préférences (Yabi et al., 2016). Appliquée au présent contexte, la théorie de la rationalité suppose que les agriculteurs, en tant qu'agents économiques supposés agir de manière rationnelle dans leurs exploitations, choisiraient la combinaison technique de pratiques de production du pois d'Angole qui maximise leurs profits. Par conséquent, cette théorie constitue le socle de cette recherche qui vise à démontrer comment le choix des systèmes de culture peut contribuer à la maximisation de l'utilité économique et financière procurée par la production du pois d'Angole aux agriculteurs.

2.4. Approche d'évaluation de la performance économique et financière

La rentabilité d'une activité peut être évaluée de diverses manières, notamment à travers la Matrice d'Analyse des Politiques (MAP) ou l'analyse du compte d'exploitation. Dans cette étude, l'analyse du compte d'exploitation a été adoptée en raison de sa simplicité à être mise en œuvre. Cette approche implique le calcul de plusieurs indicateurs dont ceux utilisés dans cet article sont le rendement (R) (pour la performance technique), la marge nette (MN) et la productivité moyenne de la main-d'œuvre familiale (PML) (pour la performance économique) et le ratio bénéfice-coût (RBC) (pour la performance financière). Ces indicateurs ont fait preuves dans de nombreuses études empiriques antérieures, notamment celles de Dossa et al. (2018) ; Sigue et al. (2019) ; Tokpon et Yegbemey (2020) ainsi que Degla (2020). La description et les conditions d'acceptation de ces indicateurs sont présentées dans le Table 2.

Tableau 2. Indicateurs de performance économique et financière

Indicateurs	Définitions	Formules	Interprétations
Rendement (R)	Le rendement est le rapport entre la quantité totale de production (P) et la superficie (S) de terre exploitée pour l'obtenir.	$R = \frac{P}{S}$ Il s'exprime en kg/ha.	Le rendement de production du pois d'Angole est de R kg/Ha.
Marge nette (MN)	Encore appelée bénéfice net ou profit, la marge nette est la différence entre la valeur du produit brut (PBV) et les dépenses totales (CT) engagées dans la production.	$MN = PBV - CT$ La MN s'exprime en FCFA/ha.	Si $MN > 0$, l'activité est économiquement rentable ; Si $MN < 0$, l'activité n'est pas économiquement rentable.
Productivité moyenne du travail (PML)	La productivité moyenne de la main-d'œuvre familiale est la marge nette (MN) par unité de main-d'œuvre familiale (MOF) utilisée pour la production.	$PML = \frac{MN}{QMOF}$ QMOF est la quantité totale de main-d'œuvre familiale. La PML s'exprime en FCFA/HJ.	Si $PML > p$ (p= taux de salaire journalier dans la zone d'étude), l'activité est rentable du point de vue du salaire payé. Dans le cas contraire, elle ne l'est pas.
Ratio bénéfice-coût (RBC)	Le ratio bénéfice-coût est le gain financier total obtenu par unité monétaire (1 FCFA) investi dans la production.	$RBC = \frac{PBV}{CT + VMOF}$ VMOF est la valeur de la main-d'œuvre familiale. Le RBC est sans unité.	Si $RBC > 1$, l'activité est financièrement rentable. Dans le cas contraire, elle ne l'est pas.

Source : Réalisé par les auteurs sur la base de la revue de littérature

Les coûts de production du pois d'Angole comprenaient le coût de préparation du sol, des semences, des semis, des mesures d'entretien et de protection des cultures et de récolte. En cas d'association culturale, les agriculteurs ont évalué la part des dépenses dédiées à la production du pois d'Angole, et celle-ci a été prise en considération.

L'analyse de variance (ANOVA) a permis de vérifier si les différences de moyennes des indicateurs de performance qui existent entre les systèmes de cultures sont statistiquement significatifs ou non.

2.5. Modélisation des déterminants de la performance économique et financière

Le test ANOVA a permis seulement de confirmer si la différence de moyenne observée entre les systèmes de culture pour chaque indicateur de performance est statistiquement significative ou non. Il ne révèle pas les systèmes de culture qui créent cette différence, c'est-à-dire le sens de l'influence réelle des systèmes de culture sur la rentabilité de la production

du pois d'Angole. Alors, un modèle de régression paraît nécessaire pour combler ce gap.

Dans la littérature, tant la régression tobit que la régression linéaire sont couramment utilisées pour analyser les déterminants lorsque les variables dépendantes sont de nature quantitative (Kindemin et al., 2023 ; Haralayya et Aithal, 2021). Cependant, dans cette étude, les variables dépendantes, à savoir la marge nette (MN), la productivité moyenne du travail (PML) et le ratio bénéfice-coût (RBC), partagent plusieurs composantes communes, comme décrit précédemment dans leurs formules respectives. Il est donc évident d'émettre l'hypothèse selon laquelle il existe une corrélation entre ces variables. Dans ces conditions, il paraît plus approprié d'analyser les déterminants de la performance économique et financière du point de vue de ces indicateurs à l'aide d'une régression simultanée apparemment sûre (SUR). Cette approche permet de tenir compte de la corrélation entre les variables dépendantes, car l'estimation distincte de plusieurs modèles pourrait induire des biais en raison de cette corrélation entre les variables dépendantes (Hessavi et al., 2019 ; Arouri et Rault, 2010). Introduit par Zellner en 1962 pour estimer les équations multiples et améliorer l'efficacité de l'estimation, le modèle SUR permet l'exécution simultanée des trois équations en une seule commande et prend en compte de la corrélation qui existe entre les variables dépendantes (Traore et Koura, 2019). De plus, dans l'estimation, chaque équation du modèle peut avoir des variables dépendantes et indépendantes distinctes (Pastpipatkul et al., 2015). La relation mathématique entre les indicateurs de performance (P) et les systèmes de culture (S) adoptés, ainsi que les caractéristiques sociodémographiques (X) susceptibles de les expliquer, se présente sous la forme suivante :

$$\begin{aligned} \{P_{1i} &= \alpha_1 + \sum_j \beta_{1j} S_{ij} + \sum_k \delta_{1k} X_{ik} + u_{1i} P_{2i} \\ &= \alpha_2 + \sum_j \beta_{2j} S_{ij} + \sum_k \delta_{2k} X_{ik} + u_{2i} P_{3i} \\ &= \alpha_3 + \sum_j \beta_{3j} S_{ij} + \sum_k \delta_{3k} X_{ik} + u_{3i} \end{aligned}$$

Avec :

$P_{1i} ; P_{2i}$ et P_{3i} :	Respectivement la MN, la PML et RBC du producteur i.	k :	Le nombre de caractéristiques sociodémographiques introduits.
$\alpha_1 ; \alpha_2$ et α_3 :	Les termes constants de chaque équation.	X_{ik} :	Le facteur sociodémographique k du producteur i.
j :	Le nombre de systèmes de culture de pois d'Angole.	S_{ij} :	Le système de culture j adopté par le producteur i.
$u_{1i} ; u_{2i}$ et u_{3i} :	Les termes d'erreurs.	β et δ :	Les coefficients de régression associés respectivement à S et X.

Dans la plupart des études empiriques qui recourent à des analyses économétriques, comme celles menées par Ameh et Lee (2022) ; Budiastutik et Nugraheni (2018) ; Alshurideh et al. (2017) ainsi que Ameh et Andrew (2017), le choix des prédicteurs est très souvent guidé par les objectifs spécifiques de leur recherche. L'objectif principal de cette recherche est de déterminer l'effet des systèmes de culture pratiqués sur la performance économique et financière des producteurs de pois d'Angole. Toutefois, en plus des systèmes de culture, plusieurs caractéristiques sociodémographiques des exploitants ont été introduites dans le modèle (Table 3). Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel Stata, version 15.

Tableau 3. Description des variables explicatives du modèle de régression simultanée apparemment sûre

Variables	Nature et description	Justification	Signes attendus
Systèmes de culture du pois d'Angole	Variables binaires prenant la valeur 1 si le répondant pratique le système et la valeur 0 dans le cas contraire.	Les systèmes de culture englobent un ensemble de pratiques agricoles qui incluent la sélection des cultures, leur séquence et les techniques spécifiques appliquées à chacune d'entre elles (Sebillotte, 1990). Ils ont été reconnus comme l'un des principaux déterminants de la rentabilité des exploitations agricoles. La pratique de la culture mixte du pois d'Angole ne parvient pas à maximiser la densité des plantes ni à assurer une utilisation efficace des ressources. En revanche, la culture intercalaire semble détenir le potentiel de réduire la compétition entre les espèces et d'augmenter les rendements par unité de surface (Asiwe et Madimabe, 2020).	+/-
Caractéristiques sociodémographiques			
Sexe de l'agriculteur	Variable binaire prenant la valeur 1 si le répondant est du sexe masculin et la valeur 0 s'il est du sexe féminin.	Les agriculteurs de sexe masculin ont tendance à mieux adopter les innovations agricoles et à optimiser l'allocation des intrants de production, ce qui se traduit par une meilleure efficacité technique par rapport aux agriculteurs de sexe féminin (Aminou, 2021 ; Ntsama et Pedelahre, 2010).	+
Possession d'une activité secondaire	Variable binaire prenant la valeur 1 si l'agriculteur possède une activité secondaire et la valeur 0 dans le cas contraire.	Elle offre la possibilité de générer des revenus supplémentaires qui contribuent à stabiliser les ressources financières de l'agriculteur, offrant une marge de sécurité en cas de fluctuations des prix du pois d'Angole à la baisse (Ahmadzai, 2020 ; Senger et al., 2017). Toutefois, cette diversification peut diviser l'attention et les ressources de l'agriculteur, compromettant son efficacité dans la gestion de la culture du pois d'Angole (Reddy et al., 2021).	+/-
Expérience dans la production du pois d'Angole	Variable continue mesurée en nombre d'années.	L'expérience améliore positivement l'adoption des bonnes pratiques agricoles (Ameh et Lee, 2022 ; Adjoko et Yabi, 2020 ; Ouédraogo et Dakouo, 2017 ; Malinga et al., 2015 ; Zalkuw et al., 2014). Les agriculteurs expérimentés ont une meilleure performance économique et financière (Traore et Koura, 2019).	+
Nombre d'années scolaires validées	Variable continue exprimée en nombre d'années.	L'éducation permet aux agriculteurs de maîtriser des techniques modernes de production et d'accéder plus aisément aux intrants nécessaires du fait de leur facilité d'accès à l'information (Kariyawasam et al., 2019 ; Piedra-Muñoz et al., 2016). Les agriculteurs instruits sont mieux équipés pour utiliser des techniques modernes et pour accéder aux informations sur les prix du marché, ce qui les amène à acquérir des intrants à des coûts plus avantageux (Tabé-Ojong Jr et Molua, 2017 ; Abebe, 2014). L'éducation améliore la productivité agricole en augmentant les connaissances, la conscience, et la capacité d'allocation des ressources productives des agriculteurs (Ameh et Andrew, 2017 ; Asogwa et al., 2014).	+
Appartenance à un groupement de producteurs agricoles	Variable binaire prenant la valeur 1 si l'agriculteur appartient à un groupement de producteurs et la valeur 0 si non.	Elle a un impact substantiel sur l'efficacité des producteurs (Babah-Daouda et Yabi, 2021 ; Nuama, 2006a). Elle peut faciliter l'accès aux ressources, tels que les crédits et la main-d'œuvre, en encourageant le partage de connaissances et d'informations sur les marchés, et en favorisant une gestion plus efficace des activités agricoles grâce à la coordination au sein du groupement.	+
Nombre d'actifs agricoles dans le ménage	Variable continue exprimée en nombre d'individus actifs agricoles.	Il peut améliorer la rentabilité du pois d'Angole, car la disponibilité de main-d'œuvre influence positivement l'efficacité des agriculteurs, leur permettant d'exécuter les opérations agricoles en temps opportun, comme indiqué dans les travaux de Mishra et al. (2018) et de Feng (2008).	+
Superficie totale de terres agricoles disponibles	Variable continue mesurée en hectares.	Une plus grande superficie de terres agricoles peut augmenter les rendements et l'efficacité des agriculteurs (Bazie et al., 2020 ; Rached et al., 2018). En revanche, si le pois d'Angole n'est pas la culture principale et que la majorité de la terre est allouée à d'autres cultures, cela peut entraîner des ressources limitées pour le pois d'Angole, notamment en matière de main-d'œuvre, réduisant ainsi sa rentabilité.	+/-

Source : Réalisé par les auteurs sur la base de la revue de littérature

3. Résultats

3.1. Caractéristiques sociodémographiques et économiques des enquêtés

La majorité des enquêtés (75%) sont de sexe masculin, 87,50% sont mariés et 61,67% n'ont jamais été inscrits dans une école formelle. De plus, seuls 19,58% ont acquis la capacité de lire et d'écrire dans leur langue maternelle, 39,58% font partie d'un groupe de producteurs concentrés autour d'une culture spécifique, et 26,25% ont une activité secondaire. Par ailleurs, l'âge moyen des producteurs est de 45 ($\pm 10,95$) ans, avec une expérience moyenne de 22 ($\pm 12,66$) ans en agriculture, et de 7 ($\pm 7,31$) ans dans la production de pois d'Angole. Les individus instruits ont généralement interrompu leur parcours éducatif au niveau de l'école primaire, avec une moyenne de 3 ($\pm 4,42$) années scolaires réussies. En ce qui concerne leurs exploitations, elles disposent en moyenne de 10,26 ($\pm 8,66$) hectares de terres agricoles, avec une charge familiale de 10 ($\pm 7,21$) personnes en moyenne, dont 6 ($\pm 4,69$) sont des actifs dans le domaine agricole (Table 4).

Tableau 4. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Variables qualitatives	Modalités	Fréquence absolue	Fréquence relative (%)
Sexe	Féminin	60	25,00
	Masculin	180	75,00
Situation matrimoniale	Célibataire	12	5,00
	Marié (e)	210	87,50
	Divorcé (e)	4	1,67
	Veuf (ve)	14	5,83
Education formelle	Aucun	148	61,67
	Primaire	40	16,67
	Secondaire cycle 1	26	10,83
	Secondaire cycle 2	18	7,50
Alphabétisation en langue locale	Non	193	80,42
	Oui	47	19,58
Appartenance à un groupement	Non	145	60,42
	Oui	95	39,58
Possession d'une activité secondaire	Non	177	73,75
	Oui	63	26,25
Variables quantitatives		Moyenne	Ecart-type
Age		44,50	10,95
Expérience en agriculture		21,15	12,66
Expérience de production du pois d'Angole		6,60	7,31
Années scolaires validées		2,92	4,42
Superficie totale disponible (ha)		10,26	8,66
Personnes en charge		9,33	7,21
Actifs agricoles		5,37	4,69

Note : Ce tableau est la description statistique des caractéristiques sociodémographiques des enquêtés. Les données utilisées proviennent de l'enquête de terrain réalisée en 2023.

Source : Résultats d'analyse, 2024

3.2. Fréquences d'adoption des systèmes de culture du pois d'Angole

Dans la zone d'étude, la culture pure en monoculture (Système 1) et la culture mixte en rotation (Système 4) sont les systèmes les plus adoptés pour la production du pois d'Angole, représentant respectivement 27,08% et 33,75% des cas. La culture du pois d'Angole en culture pure en rotation (système 2) ainsi qu'en culture mixte en monoculture (système 3) est observée chez 14,58% et 15,42% des enquêtés, respectivement. En revanche, les systèmes de culture intercalaire sont moins courants, avec une représentation de 5,83% pour le système 6 (culture intercalaire en rotation) et 3,33% pour le système 5 (culture intercalaire en monoculture) (Table 5). Ces résultats indiquent que, dans la zone d'étude, la culture du pois d'Angole est principalement pratiquée en association mixte dans le cadre d'une séquence de cultures planifiées.

Tableau 5. Fréquences d'adoption des systèmes de culture du pois d'Angole

Systèmes	Types de culture	Effectif	Pourcentage (%)
Système 1	Culture pure en monoculture	65	27,08
Système 2	Culture pure en rotation	35	14,58
Système 3	Culture mixte en monoculture	37	15,42
Système 4	Culture mixte en rotation	81	33,75
Système 5	Culture intercalaire en monoculture	8	3,33
Système 6	Culture intercalaire en rotation	14	5,83
Total		240	100

Note : Ce tableau présente la fréquence d'adoption des différents systèmes de culture de pois d'Angole repérés dans la zone d'étude. Les données utilisées proviennent de l'enquête de terrain réalisée en 2023.

Source : Résultats d'analyse, 2024

3.3. Caractéristiques économiques et financières des systèmes de culture de pois d'Angole

3.3.1. Facteurs de production par système de culture

La superficie moyenne emblavée pour la production du pois d'Angole par les enquêtés est de 0,92 ($\pm 0,93$) hectare de terres (Table 6). Par hectare, ils ont utilisé une quantité moyenne de 13,83 ($\pm 10,18$) kg de semences, 2,53 ($\pm 2,52$) litres d'herbicides, 0,97 ($\pm 0,98$) litre d'insecticides, et 56,31 ($\pm 46,76$) homme-jour de main-d'œuvre. L'analyse spécifique par systèmes de culture révèle que les systèmes en culture pure (système 1 et système 2) nécessitent une quantité de semences supérieure à celle des autres systèmes. Cette différence de moyennes de quantité de semences entre les systèmes de culture est statistiquement significative au seuil de 1%. Aussi, une disparité significative de moyennes des quantités d'herbicides (au seuil de 5%) et de main-d'œuvre (au seuil de 1%) s'observe entre les systèmes de culture. Ces résultats indiquent que les systèmes de culture pure notamment les systèmes 1 et 2 nécessitent plus d'intrants que les autres.

Par ailleurs, le coût total moyen de la production d'un hectare de pois d'Angole s'élève à 81 184,47 ($\pm 65\ 370,87$) FCFA. Ces dépenses de production varient d'un système de culture à un autre. En effet, les charges variables et les coûts totaux de production diminuent progressivement à mesure que l'on passe des systèmes de culture pure aux systèmes de culture intercalaire, passant par les systèmes de culture mixte. L'analyse de variance (ANOVA) a mis en évidence que ces différences de moyennes des charges variables et des coûts totaux de production entre les systèmes de culture sont statistiquement significatives au seuil de 1%. Il ressort de ces résultats que le coût de production du pois d'Angole est plus élevé pour les systèmes de culture 1 et 2 que les autres systèmes (Table 6).

3.3.2. Performance économique et financière des systèmes de culture

Pour l'ensemble des systèmes de culture, la production de pois d'Angole génère par hectare, un rendement moyen de 752,57 ($\pm 600,67$) kg, avec une MN moyenne de 297 534,60 ($\pm 261\ 045,76$) FCFA (Table 6). La PML atteint en moyenne 6 252,28 ($\pm 5\ 386,88$) FCFA par homme-jour, et le RBC s'élève à 1,77 ($\pm 1,02$). Ces résultats montrent que la culture du pois d'Angole dans la zone d'étude est économiquement et financièrement rentable. En l'occurrence, du point de vue PML, la moyenne obtenue est largement supérieure au taux de salaire d'un homme-jour fixé à 2500 FCFA dans la zone d'étude. Cependant, il convient de noter que les analyses différenciées par systèmes de culture révèlent des variations significatives d'un indicateur de performance à un autre.

En ce qui concerne le rendement, on observe une diminution de la moyenne des rendements à mesure que l'on passe des systèmes de culture pure aux systèmes de culture intercalaire, passant par les systèmes de culture mixte (Table 6). L'analyse de variance confirme que cette variation des moyennes de rendement entre les différents systèmes de culture est statistiquement significative au seuil de 1%. Les systèmes de culture pure sont plus productifs que les autres. Lorsqu'on compare les systèmes deux à deux, en tenant compte de la rotation ou de la monoculture du pois d'Angole, les systèmes de monoculture (systèmes 1, 3 et 5) présentent une productivité supérieure à celle des systèmes en rotation (systèmes 2, 4 et 6).

L'analyse de la MN ne révèle pas une tendance uniforme par rapport au rendement. Le profit net généré par la culture du pois d'Angole est plus élevé dans les systèmes 1 (374 478,82 \pm 215 275,20 FCFA/ha) et 2 (375 255,64 \pm 328 783,52 FCFA/ha) que dans les autres systèmes de culture (tableau 6). Cette différence de moyenne de MN entre les systèmes de culture significative (à 1%) s'explique par des raisons compréhensibles. Il ressort alors que du point de MN, les systèmes de culture 1 et 2 sont plus rentables que les autres.

L'analyse de variance révèle également une différence significative au seuil de 1% de la moyenne de la productivité moyenne du travail (PML) entre les différents systèmes de culture (Table 6). Néanmoins, les systèmes 1 et 3 se distinguent en tant que systèmes les plus rentables en termes de PML, affichant respectivement des valeurs de 7 572,64 ($\pm 5 748,28$) FCFA par homme-jour (HJ) et 7 535,41 ($\pm 5 800,51$) FCFA par HJ. Une analyse comparative des systèmes, indique que les systèmes en monoculture (systèmes 1, 3 et 5) sont plus avantageux du point de vue de la rémunération du travail par rapport aux systèmes en rotation (systèmes 2, 4 et 6). Cette observation peut s'expliquer par le fait que les systèmes en monoculture ont des rendements généralement plus élevés que les systèmes en rotation.

L'évaluation du ratio bénéfice-coût (RBC) indique également que les systèmes 1 et 3 présentent une rentabilité financière supérieure aux autres (Table 6). La différence de moyenne du RBC entre les divers systèmes de culture est également statistiquement significative au seuil de 1%, ce qui permet de conclure que les systèmes 1 et 3 sont plus performants du point de vue de cet indicateur.

Tableau 6. Performance économique et financière des systèmes de culture du pois d'Angole

Variables	Système 1	Système 2	Système 3	Système 4	Système 5	Système 6	Ensemble	Test
	Mean (SD) ¹							
Inputs de production								
Superficie (ha)	0,73 (1,17)	0,66 (0,73)	0,98 (0,78)	1,14 (0,87)	1,01 (0,44)	1,04 (0,76)	0,92 (0,93)	F=2,12* ; P=0,063
Semence (kg/ha)	19,32 (10,01)	18,91 (11,01)	13,48 (6,83)	9,18 (8,41)	9,81 (9,64)	5,77 (6,82)	13,83 (10,18)	F=13,85***; P=0,000
Herbicide (L/ha)	4,27 (3,36)	2,80 (1,97)	2,60 (2,71)	1,97 (2,04)	1,00 (0,00)	1,29 (0,60)	2,53 (2,52)	F=3,17** ; P=0,011
Insecticide (L/ha)	0,5 (0)	3,33 (0)	0,55 (0,62)	0,82 (0,81)	1 (0)	0	0,97 (0,98)	F=2,54 ; P=0,133
MOF (HJ/ha)	66,61 (45,42)	81,31 (66,07)	45,02 (35,41)	47,85 (41,71)	32,66 (12,88)	38,32 (25,42)	56,31 (46,76)	F=4,77*** ; P=0,000
Dépenses de production								
Charges variables (FCFA/ha)	103005,47 (84874,50)	94645,52 (70302,45)	71698,47 (35038,86)	60162,76 (53339,15)	43936,98 (25868,61)	53310,48 (35781,19)	77632,57 (65250,56)	F=4,84*** ; P=0,000
Charges fixes (FCFA)	3319,30 (4496,07)	2351,70 (1992,13)	4737,71 (6106,16)	3868,54 (6567,01)	2492,75 (1085,33)	3271,67 (4079,70)	3551,90 (5242,95)	F=0,90 ; P=0,4808
Coût total (FCFA/ha)	106324,77 (84272,82)	96997,22 (69745,73)	76436,18 (34755,28)	64031,29 (55116,07)	46429,73 (25420,88)	56582,14 (36948,51)	81184,47 (65370,87)	F=4,67*** ; P=0,000
Indicateurs de performance								
Rendement (kg/ha)	969,06 (548,65)	931,32 (711,20)	674,02 (440,02)	654,42 (626,83)	370,98 (265,04)	294,08 (349,94)	752,57 (600,67)	F=5,64*** ; P=0,000
MN (FCFA/ha)	374478,82 (215275,20)	375255,64 (328783,52)	281182,96 (206588,42)	264512,04 (279588,51)	148271,31 (122145,92)	65558,33 (97963,21)	297534,60 (261045,76)	F=5,19*** ; P=0,000
PML (FCFA/HJ)	7572,64 (5748,28)	5817,21 (5588,29)	7535,41 (5800,51)	5713,57 (4767,06)	4940,05 (4575,63)	1685,18 (2368,65)	6252,28 (5386,88)	F=3,72*** ; P=0,003
RBC	2,09 (1,13)	1,72 (1,02)	1,97 (1,08)	1,63 (0,84)	1,46 (0,86)	0,83 (0,51)	1,77 (1,02)	F=4,78*** ; P=0,000

Note : Ce tableau présente les résultats de l'analyse de la rentabilité économique et financière des systèmes de culture du pois d'Angole. Les indicateurs de performance ont été calculés en se basant sur les formules décrites dans le Tableau 2. Les données utilisées proviennent de l'enquête de terrain réalisée en 2023. 1Erreur Standard ; *** significatif à 1% ($p \leq 0,01$) ; ** significatif à 5% ($0,01 < p \leq 0,05$) ; * significatif à 10% ($0,05 < p \leq 0,10$)

Source : Résultats d'analyse, 2024

3.4. Corrélation entre les indicateurs de rentabilité du pois d'Angole

L'analyse de la corrélation met en évidence une forte interdépendance entre les divers indicateurs de performance évalués (Table 7). Le coefficient de corrélation entre la marge nette (MN) et la productivité moyenne du travail (PML) atteint 0,50 et est significatif au seuil de 1%. Cela signifie que lorsque la MN augmente, la PML augmente également. De même, le coefficient de corrélation entre la MN et le ratio bénéfice-coût (RBC) est de 0,61, significatif au seuil de 1%, indiquant que ces deux indicateurs évoluent dans la même direction. En outre, le coefficient de corrélation entre le RBC et la PML est de 0,92, significatif au seuil de 1%. Cela signifie que l'augmentation de la PML entraîne une augmentation du RBC. En résumé, ces résultats révèlent que les trois indicateurs de performance évalués sont tous positivement corrélés de manière significative. Cette corrélation est attendue, car ces indicateurs sont tous déterminés par le rendement et le prix de vente du produit, en plus d'avoir plusieurs autres composantes communes. Par conséquent, l'utilisation du modèle de régression SUR pour identifier simultanément les déterminants de chacun de ces indicateurs semble très appropriée.

Tableau 7. Corrélation entre les indicateurs de rentabilité de la production du pois d'Angole

Corrélation	MN	PML	RBC
MN	1	-	-
PML	0,5066***	1	-
RBC	0,6136***	0,9211***	1

Note : Ce tableau présente la corrélation entre les trois principaux indicateurs de performance utilisés. Les données utilisées proviennent de l'enquête de terrain réalisée en 2023. *** significatif à 1% ($p \leq 0,01$) ; ** significatif à 5% ($0,01 < p \leq 0,05$) ; * significatif à 10% ($0,05 < p \leq 0,10$)

Source : Résultats d'analyse, 2024

3.5. Déterminants de la rentabilité économique et financière de la production du pois d'Angole

L'analyse des informations du Table 8 montre que les variations des indicateurs de performance (MN, PML et RBC) sont expliquées à 42,31% ($Adj_R2=0,4231$) par les variations des variables explicatives introduites dans le modèle. Cette capacité explicative des variables indépendantes par rapport aux variables dépendantes est hautement significative au seuil de 1%. L'analyse spécifique des trois modèles révèle que les variables explicatives expliquent respectivement 27,06% ; 25,29% et 26,73% des variations de la marge nette (MN), la productivité moyenne du travail (PML) et le ratio bénéfice-coût (RBC). Les trois modèles sont très fortement significatifs au seuil de 1%.

Les résultats indiquent que la performance économique et financière de la production du pois d'Angole, mesurée à l'aide de ces indicateurs, est

déterminée par plusieurs facteurs. Il s'avère que les systèmes de culture 1, 2, 3 et 4, le sexe de l'exploitant, la détention d'une activité secondaire, l'expérience dans la production du pois d'Angole, l'appartenance à un groupement de producteurs agricoles, le nombre d'actifs agricoles et la superficie des terres agricoles disponibles jouent un rôle déterminant. Toutefois, il convient de noter que les effets de ces variables explicatives sur les indicateurs de rentabilité, ainsi que leurs probabilités associées, varient d'une équation à l'autre.

La marge nette de production du pois d'Angole est positivement et significativement influencée par les systèmes de culture 1 et 2, au seuil de 5%, ainsi que par le système de culture 4, au seuil de 10%. L'application de ces systèmes de culture dans la production du pois d'Angole semble donc améliorer le bénéfice net de l'exploitant. En revanche, le sexe de l'exploitant et la possession d'une activité secondaire ont un effet significativement négatif sur la marge nette, au seuil de 5%. De plus, le nombre d'actifs agricoles exerce également une influence négative et significative sur la marge nette, mais cette fois-ci au seuil de 1%. Cela signifie que des variations positives dans ces caractéristiques sociodémographiques de l'exploitant sont associées à une diminution du bénéfice net généré par la production du pois d'Angole.

Le taux de rémunération de la main d'œuvre (PML) est significativement et positivement influencé par les systèmes de culture 3 et 4, au seuil de 5%, ainsi que par les systèmes 1 et 2, respectivement au seuil de 1% et 10%. Ces résultats indiquent que l'application de ces systèmes de culture dans la production du pois d'Angole entraîne une augmentation de la marge nette par unité de main d'œuvre familiale. De plus, des caractéristiques telles que l'expérience de l'agriculteur dans la production du pois d'Angole et la superficie totale disponible exercent une influence positive et significative sur la PML, respectivement au seuil de 1% et 5%. En revanche, cet indicateur est négativement et significativement corrélé avec le nombre d'actifs agricoles dans l'exploitation, au seuil de 1%. Cela signifie qu'une forte disponibilité d'actifs agricoles n'améliore pas la performance économique de la production du pois d'Angole du point de vue de cet indicateur.

En ce qui concerne le gain financier par unité de capital investi (RBC), il est également positivement et significativement influencé par les systèmes de culture 1 (au seuil de 1%), 2 (au seuil de 10%), 3 et 4 (au seuil de 5%). En d'autres termes, l'application de ces systèmes de culture se traduit par une augmentation du gain financier total obtenu pour chaque franc CFA investi dans la production du pois d'Angole. De plus, l'expérience de l'agriculteur dans la production du pois d'Angole et son appartenance à un groupement de producteurs améliorent également sa performance financière,

respectivement au seuil de 1% et 10%. Par contre, le nombre d'actifs agricoles est négativement et significativement corrélé avec le RBC, au seuil de 1%.

Tableau 8. Déterminants de la performance économique et financière de la production de pois d'Angole

Variables	MN		PML		RBC	
	Coef. ¹ (SD) ²	P ³	Coef. ¹ (SD) ²	P ³	Coef. ¹ (SD) ²	P ³
Constante	3346654,1(90563,99)***	0,000	1658,98 (1593,67)	0,298	1,20 (0,29)***	0,000
Systèmes de culture						
Système 1 (Culture pure et monoculture)	156436,6 (84353,57)**	0,064	4070,16 (1435,38)***	0,005	0,78 (0,26)***	0,004
Système 2 (Culture pure et rotation)	194610,2 (88102,11)**	0,027	2800,37 (1507,85)*	0,063	0,54 (0,28)*	0,053
Système 3 (Culture mixte et monoculture)	84331,46 (87228,42)	0,334	3813,51 (1531,21)**	0,013	0,63 (0,28)**	0,026
Système 4 (Culture mixte et rotation)	137505,1 (82806,05)*	0,097	3356,24 (1365,37)**	0,014	0,60 (0,25)**	0,018
Système 5 (Culture intercalaire en monoculture)	-	-	1976,67 (2092,48)	0,345	0,30 (0,39)	0,443
Système 6 (Culture intercalaire en rotation)	-12860,57 (100194,8)	0,898	-	-	-	-
Caractéristiques sociodémographiques et économiques						
Sexe du producteur	-77930,48 (37468,81)**	0,038	462,17 (782,50)	0,555	0,03 (0,14)	0,819
Possession d'activités secondaires	-77830,17 (37723,17)**	0,039	-1215,65 (787,81)	0,123	-0,19 (0,14)	0,198
Expérience de production du pois d'Angole	1250,133 (2127,67)	0,557	190,08 (44,43)***	0,000	0,03 (0,008)***	0,000
Années scolaires validées avec succès	-5110,117 (3740,85)	0,172	23,14 (78,12)	0,767	-0,01 (0,01)	0,419
Appartenance à un groupement	44254,94 (43872,11)	0,313	1474,66 (916,23)	0,108	0,33 (0,17)*	0,050
Nombre d'actifs agricoles dans le ménage	-19385,19 (3301,27)***	0,000	-224,33 (68,94)***	0,001	-0,05 (0,01)***	0,000
Superficie totale agricole disponible	359,69 (1988,73)	0,856	88,27 (41,53)**	0,034	0,006 (0,007)	0,425
Résumés spécifiques de modèles	R-sq=0,2706 ; Chi2=89,03*** ; P=0,0000 ; Obs=240		R-sq=0,2529 ; Chi2=81,25*** ; P=0,0000 ; Obs=240		R-sq=0,2673 ; Chi2=87,54*** ; P=0,0000 ; Obs=240	
Résumé global du système	Adj_R2=0,4231 ; Chi2=144,3955 ; F=15,6086*** ; P-Value=0,0000		; Number of Parameters =39 ; ; Number of Equations =3 ; ; Degrees of Freedom F-Test =(36,720) ; ; Degrees of Freedom Chi2-Test =36			

Note : Ce tableau présente les résultats du modèle de régression simultanée apparemment sûre estimé. Les données utilisées proviennent de l'enquête de terrain réalisée en 2023.

1 Coefficient ; 2 Erreur standard ; 3 Valeur de la probabilité ; *** significatif à 1% ($p \leq 0,01$) ;

** significatif à 5% ($0,01 < p \leq 0,05$) ; * significatif à 10% ($0,05 < p \leq 0,10$)

Source : Résultats d'analyse, 2024

4. Discussion

Plante fertilisante, alimentaire, source de revenus monétaires, traditionnellement médicinale et tolérante à la sécheresse, le pois d'Angole

(*Cajanus cajan*) est une légumineuse qui procure de multiples avantages aux agriculteurs qui s'y adonnent (Chanda Venkata et al., 2019 ; Hardev, 2016). Cependant, dans les principales zones de production au Bénin (le Sud et le Centre), ce trésor est sous-exploité en raison de plusieurs contraintes dont l'une des plus percutantes est le faible rendement en grains obtenu par les producteurs (Kinhoégbè et al., 2020 ; Zavinon et Sagbadja, 2019 ; Kaoneka et al., 2016). En effet, cette faible productivité pourrait être attribuée en partie à l'inadaptation des systèmes de culture actuellement utilisés pour cette culture (Traore et Koura, 2019 ; Yabi et al., 2012). A travers l'évaluation économique et financière des différents systèmes de culture du pois d'Angole, cette étude identifie les systèmes les plus performants, offrant ainsi des orientations précieuses pour les initiatives de promotion de cette culture et visant à améliorer les conditions de vie des agriculteurs.

L'étude a identifié six systèmes de culture du pois d'Angole dans la zone d'étude, à savoir la culture pure en monoculture, la culture pure en rotation, la culture mixte en monoculture, la culture mixte en rotation, la culture intercalaire en monoculture et la culture intercalaire en rotation. La monoculture est définie lorsque le pois d'Angole est cultivé sur une parcelle pendant au moins trois cycles consécutifs. Les discussions avec les agriculteurs ont révélé que le choix des systèmes de monoculture est principalement motivé par la disponibilité limitée de terres agricoles pour mettre en œuvre des rotations culturales à moyen terme, conformément à leur calendrier de culture. Par ailleurs, les systèmes de culture intercalaire sont peu représentés parmi les agriculteurs enquêtés, représentant seulement 5,83 % pour la culture intercalaire en rotation et 3,33 % pour la culture intercalaire en monoculture. La faible adoption de ces systèmes s'explique par l'objectif spécifique de production qui guide leur choix. Le pois d'Angole est principalement cultivé en intercalaire en rangs dans le but de délimiter les parcelles des cultures auxquelles il est associé. Dans de telles conditions, l'objectif principal de sa production est l'autoconsommation.

En revanche, les résultats ont montré que la culture mixte dans un cadre de rotations planifiées (33,75%) est le principal système de culture du pois d'Angole dans la zone d'étude. En effet, la baisse de la fertilité des sols est l'une des contraintes majeures auxquelles sont confrontées les exploitations agricoles au Bénin (Akpo et al., 2021). Cette dégradation des sols entraîne une réduction continue des rendements des cultures au fil du temps. Initialement, l'introduction de la culture du pois d'Angole dans les systèmes de production avait pour objectif de remédier à cette difficulté en renforçant la fertilité des sols grâce à ses propriétés en tant que légumineuse. Par conséquent, il paraît logique que majoritairement les producteurs choisissent la culture mixte.

Les producteurs ont cultivé le pois d'Angole en association (intercalaire et mixte) plus qu'ils en cultivent en culture pure. En effet, la pratique d'association culturale a également été identifiée comme étant le système de culture principal du pois d'Angole dans les régions du centre et du nord du Bénin par Ayenan et al. (2017b). L'association du pois d'Angole avec des céréales et des tubercules a également été observée dans d'autres pays producteurs de pois d'Angole, tels que le Nigeria (Egbe et Vange, 2008), l'Ouganda (Manyasa et al., 2009) et le Kenya (Mergeai et al., 2001). Le pois d'Angole a la capacité de fixer l'azote atmosphérique dans ses différentes parties, tandis que ses feuilles tombées forment une litière et que les résidus de racines contribuent à améliorer la fertilité du sol (Høgh-Jensen, 2011 ; Myaka et al., 2006). Dans le cadre des systèmes de rotation des cultures, le pois d'Angole peut également aider à maîtriser les mauvaises herbes et à accroître la fertilité du sol pour les cultures suivantes. Les études menées par Adjei-Nsiah (2012) et Odeny (2007) ont également montré que le système de culture en rotation est largement adopté dans la production du pois d'Angole. Cette recherche se distingue en ce sens que le système d'association culturale prédomine non seulement, mais il est également mis en œuvre dans une séquence de cultures planifiées sur la même parcelle, formant ainsi une rotation.

Les quantités d'intrants utilisées présentent des variations significatives d'un système de culture à un autre. Les résultats ont clairement démontré que les systèmes de culture pure requièrent une quantité d'intrants plus importante que les systèmes de culture mixte et intercalaire. Cette différence s'explique par les disparités au niveau des densités de semis entre ces divers systèmes de culture. En effet, en culture pure, la densité de plantation est plus élevée que celle en culture mixte, laquelle à son tour est plus dense que celle en culture intercalaire, telle que pratiquée dans la zone d'étude. Par conséquent, les parcelles où les systèmes de culture 1 et 2 sont en vigueur exigent une quantité d'intrants supérieure par rapport aux autres. Cette tendance est également observée en ce qui concerne les charges variables et les coûts totaux de production. En culture pure, les dépenses de production sont supportées exclusivement par la culture du pois d'Angole, tandis qu'en cas de culture mixte, elles peuvent être partagées par les cultures associées.

Dans l'ensemble, le rendement moyen de la production de pois d'Angole dans la zone d'étude est estimé à 752,57 kg/ha, ce qui est supérieur aux chiffres nationaux (628 kg/ha) rapportés par le MAEP-DPP en 2019. Selon les données de cette source, le rendement moyen obtenu dans le département des Collines en 2019 était seulement de 577 kg/ha, ce qui est nettement inférieur aux résultats observés dans cette étude. Cette disparité entre ces résultats et ceux de la DPP peut être attribuée à la variabilité des

périodes de recherche et des techniques de production selon les cibles. Cependant, il est important de noter que ces rendements restent considérablement en deçà du potentiel de rendement maximal estimé à 2500 kg/ha. Selon Ojwang et al. (2016), il est possible que les rendements en grains de pois d'Angole atteignent jusqu'à 5 tonnes/ha dans des conditions environnementales optimales. Il est à noter que des performances plus élevées ont été enregistrées dans le district de Mandura, au Nord-Ouest de l'Éthiopie, où les rendements du pois d'Angole ont atteint 2349 kg/ha pour la variété ICEAP-00557, 1737 kg/ha pour la variété ICEAP-00576-1, et 1390 kg/ha pour la variété ICEAP-87091 (Yimer et al., 2019). Toutefois, il est important de souligner que ces chercheurs ont mené leurs études dans un environnement expérimental, ce qui signifie que les conditions de production étaient différentes de celles de la zone d'étude. Cette divergence de résultats pourrait être attribuée à ces différences de conditions de production ou à la mauvaise qualité des variétés produites dans la zone d'étude.

Par ailleurs, les systèmes de culture pure (systèmes 1 et 2) ont enregistré les rendements les plus élevés, atteignant respectivement 969,06 kg/ha et 931,32 kg/ha. Les rendements du pois d'Angole diminuent progressivement à mesure que l'on passe des systèmes de culture pure aux systèmes de culture intercalaire, en passant par les systèmes de culture mixte. Cette disparité s'explique par les différences dans les pratiques techniques et l'utilisation des ressources propres à chaque système. Lorsque l'on compare les différents systèmes de culture deux par deux, qu'il s'agisse de monoculture ou de rotation, on observe que les systèmes de monoculture, à savoir les systèmes 1, 3 et 5 affichent des rendements supérieurs à ceux des systèmes en rotation, à savoir les systèmes 2, 4 et 6. Cette tendance s'explique par le fait que lorsque le pois d'Angole est cultivé sur une parcelle, il contribue à l'enrichissement du sol en éléments nutritifs (Rudebjer et al., 2014), ce qui bénéficie à sa propre production les années suivantes quand elle est produite en monoculture.

Globalement, la production du pois d'Angole se révèle rentable en se basant sur les trois (3) indicateurs de performance évalués. Ces résultats corroborent ceux de Makena et al. (2022) et Emefiene et al. (2014) qui ont trouvé que la production du pois d'Angole est économiquement rentable au Kenya et au Nigeria, respectivement. Une analyse spécifique des différents systèmes de culture révèle que les systèmes 1 et 2 génèrent une marge nette plus élevée que les autres. La marge nette dépend naturellement des rendements, des coûts des ressources productives et du prix de vente du produit. Le résultat obtenu prend en compte l'impact de la variabilité des rendements et des dépenses de production selon les systèmes de culture. Cependant, en ce qui concerne le taux de rémunération de la main-d'œuvre et le gain financier par unité monétaire investie, ce sont les systèmes 1 et 3 qui

se démarquent comme les plus performants. Ces résultats indiquent que, dans la production de pois d'Angole, le choix du système de culture peut avoir un impact significatif sur la rémunération du travail agricole et le gain financier par unité monétaire investie, sans nécessairement influencer de la même manière la marge nette.

Les résultats obtenus sont étayés par les estimations du modèle de régression. En effet, les systèmes 1, 2 et 4 ont significativement un effet positif à la fois sur le profit net (MN), la rémunération de la main-d'œuvre (PML) et le ratio bénéfice-coût (RBC). Le système 3, quant à lui, a eu un effet positif, bien que significatif uniquement sur la PML et le RBC. En revanche, les systèmes 5 et 6 n'ont pas démontré d'influence significative sur la performance économique et financière des producteurs de pois d'Angole. Ces résultats correspondent à ceux obtenus par Asiwe et Madimabe (2020) ; Traore et Koura (2019) ; Pal et al. (2016) ainsi que Yabi et al. (2012) qui ont également constaté que les systèmes de culture ont influencé la performance des cultures. Dans cette étude, la culture mixte améliore positivement le profit net, la rémunération de la main-d'œuvre et le ratio bénéfice-coût, notamment à travers le système de culture 4, et dans une moindre mesure, à travers le système de culture 3. Malgré l'opinion de Gwata et Shimelis (2013), qui suggère que la culture mixte entraîne des rendements plus faibles pour la production du pois d'Angole dans la province de Limpopo, en Afrique du Sud, dans la zone d'étude, il apparaît que cette méthode permet aux agriculteurs d'améliorer les avantages économiques liés à cette culture. En adoptant la culture mixte, le producteur assume des coûts de production qui bénéficient également aux cultures associées, plutôt qu'à la seule culture du pois d'Angole.

Parmi les autres caractéristiques de l'agriculteur introduites dans le modèle, le sexe a un effet significatif et négatif sur la marge nette. Cette observation va à l'encontre des conclusions de Aminou (2021) et de Ntsama et Pedelahore (2010), qui estiment que les agriculteurs de sexe masculin ont généralement une meilleure aptitude à adopter les innovations agricoles et à optimiser l'utilisation des intrants de production, ce qui se traduit par une efficacité technique supérieure par rapport aux agriculteurs de sexe féminin. Cependant, dans le contexte spécifique de la production de pois d'Angole dans la zone d'étude, il semble que les femmes aient réussi à gérer de manière plus efficiente les ressources productives que les hommes, ce qui explique cette différence de résultat. La possession d'une activité secondaire a eu un effet négatif et significatif sur la marge nette. Ce qui s'explique par le fait que lorsque les agriculteurs diversifient leurs activités en ajoutant une source de revenus secondaire, cela peut les contraindre à répartir leur temps, leur énergie et leurs ressources entre différentes responsabilités. Cette division de l'attention et des ressources peut potentiellement entraîner une

réduction de l'engagement et des efforts consacrés à la culture du pois d'Angole et par conséquent affecter sa rentabilité.

L'expérience de l'agriculteur dans la production du pois d'Angole influence positivement et significativement le taux de rémunération de la main-d'œuvre et le ratio bénéfice-coût. En effet, il est plausible de considérer que les agriculteurs, grâce à leur longue expérience dans le domaine agricole, acquièrent des compétences considérables qui leur permettent d'adopter de manière plus efficace les technologies agricoles nécessaires à une gestion plus efficiente. Traore et Koura (2019) ont également trouvé que les agriculteurs expérimentés ont une meilleure performance économique et financière. L'appartenance à un groupement de producteurs autour d'une spéculation influence positivement et significativement le ratio bénéfice-coût. Ces constatations correspondent à celles de Babah-Daouda et Yabi (2021) et de Nuama (2006), qui ont démontré que ce facteur joue un rôle substantiel dans la performance des agriculteurs. En effet, l'appartenance à un groupement peut améliorer positivement la rentabilité de la culture du pois d'Angole en simplifiant l'accès aux ressources telles que les crédits et la main d'œuvre, en encourageant le partage de connaissances et d'informations sur les marchés et en favorisant une gestion financière plus efficace.

Le nombre d'actifs agricoles disponibles dans l'exploitation influence significativement et négativement la marge nette, le taux de rémunération de la main-d'œuvre et le ratio bénéfice-coût. On s'attendrait à ce que la rentabilité de la culture du pois d'Angole soit améliorée par un nombre accru d'actifs agricoles, car la disponibilité de main d'œuvre a tendance à influencer positivement l'efficacité des agriculteurs, en leur permettant d'accomplir les opérations agricoles en temps opportun, comme cela a été démontré dans les travaux de Mishra et al. (2018) et de Feng (2008). Cependant, les résultats de cette étude révèlent que dans la zone d'étude, en ce qui concerne spécifiquement la production de pois d'Angole, une forte disponibilité de main d'œuvre conduit à une utilisation irrationnelle de celle-ci. Par ailleurs, la superficie totale de terres agricoles disponibles influence positivement et significativement le taux de rémunération de la main-d'œuvre. Ce résultat se justifierait par le fait que lorsque la superficie totale des terres agricoles disponibles augmente, cela permet généralement d'augmenter la quantité de pois d'Angole cultivée. Une plus grande superficie de culture peut conduire à une utilisation plus efficace de la main d'œuvre, car les activités agricoles peuvent être mieux planifiées et coordonnées. Par conséquent, une productivité moyenne accrue de la main d'œuvre peut résulter de cette utilisation plus optimale des ressources disponibles pour la culture du pois d'Angole.

Conclusion

Il existe divers systèmes de culture de pois d'Angole dans la zone d'étude. La présente recherche en a identifié six (6) à savoir : la culture pure en monoculture (système 1), la culture pure en rotation (système 2), la culture mixte en monoculture (système 3), la culture mixte en monoculture (système 4), la culture intercalaire en monoculture (système 5) et la culture intercalaire en rotation (système 6). Tous ces systèmes de culture sont rentables du point de vue marge nette (MN), productivité moyenne de la main-d'œuvre (PML) et ratio bénéfice-coût (RBC). Cependant, les systèmes 1 et 2 sont plus productifs, générant une marge nette (MN) plus élevée que les autres. Par contre, les systèmes 1 et 3 sont plus performants en termes de PML et de RBC. Les systèmes 5 et 6 sont moins bénéfiques du point de vue des trois indicateurs. Cela signifie que la production du pois d'Angole en intercalaire présente moins d'avantages économiques et financiers aux agriculteurs. L'analyse approfondie révèle que les systèmes 1, 2 et 4 améliorent significativement à la fois la MN, la PML et le RBC. Le système 3, quant à lui, a eu un effet positif, bien que significatif uniquement sur la PML et le RBC. Par ailleurs, d'autres facteurs tels que le sexe de l'exploitant, la possession d'une activité secondaire, l'expérience dans la production du pois d'Angole, l'appartenance à un groupement de producteurs agricoles, le nombre d'actifs agricoles et la superficie des terres agricoles disponibles affectent également de manière significative et diversifiée la rentabilité de la culture du pois d'Angole, en fonction de l'indicateur considéré. Ainsi, il convient de concentrer les interventions et actions autour des systèmes de culture 1, 2 et 4 pour améliorer les revenus des agriculteurs grâce à la culture du pois d'Angole.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abebe, G.G. (2014). *Off-farm income and technical efficiency of smallholder farmers in Ethiopia*. Master's thesis, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Economics, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Ethiopia. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-3467>

2. Abid Karray, J. (2006). *Bilan hydrique d'un système de cultures intercalaires (Olivier-Culture maraîchère) en Tunisie Centrale : Approche expérimentale et essai de modélisation*. PhD Thesis, École nationale supérieure agronomique, Montpellier. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2022-03/010045773.pdf
3. Adjei-Nsiah, S. (2012). Role of pigeonpea cultivation on soil fertility and farming system sustainability in Ghana. *International Journal of Agronomy*, 2012, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2012/702506>
4. Agalati, B., & Degla, P. (2020). Effet des coûts de transaction sur la performance économique et l'adoption du coton biologique au Centre et Nord du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(4), 1416–1431. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i4.20>
5. Ahmadzai, H. (2020). How is off-farm income linked to on-farm diversification? Evidence from Afghanistan. *Studies in Agricultural Economics*, 122(1), 1–12. <https://doi.org/10.7896/j2010>
6. Aihou, K., Sanginga, N., Vanlauwe, B., Diels, J., Merckx, R., & Van Cleemput, O. (2006). Soil factors limiting growth and establishment of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) millsp) in farmers' fields in the derived savanna of Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Juin 2006*(52), 12-21.
7. Akpo, F.I., Dohou, M.D., Houessingbe, Z., & Yabi, J.A. (2021). Analyse comparative des systèmes de production de soja basés sur l'utilisation de l'inoculum dans un contexte de gestion durable des terres au Centre du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 32(2), 230-239.
8. Akpo, I.F., Dohou, M.D., & Houessingbe, Z. (2022). Off-season onion production in North Benin : An analysis of technical efficiency through the stochastic approach. *African Scientific Journal*, 3(14), 142–142. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7248517>
9. Alla, W.H., Shalaby, E.M., Dawood, R.A., & Zohry, A.A. (2015). Effect of cowpea (*Vigna sinensis* L.) with maize (*Zea mays* L.) intercropping on yield and its components. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 8(11), 1258–1264. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1326836>
10. Alshurideh, M., Al Kurdi, B., Abu Hussien, A., & Alshaar, H. (2017). Determining the main factors affecting consumers' acceptance of ethical advertising: A review of the Jordanian market. *Journal of Marketing Communications*, 23(5), 513–532. <https://doi.org/10.1080/13527266.2017.1322126>
11. Ameh, M., & Andrew, I.C. (2017). Socio-economic factors influencing agricultural loan acquisition among small-scale rice

- farmers in benue state, Nigeria. *International Journal of Innovative Agriculture & Biology Research*, 5(4), 8-17.
12. Ameh, M., & Lee, S.H. (2022). Determinants of Loan Acquisition and Utilization among Smallholder Rice Producers in Lagos State, Nigeria. *Sustainability*, 14(7), 3900. <https://doi.org/10.3390/su14073900>
 13. Aminou, F.A.A. (2021). Efficacité technique des petits producteurs du maïs au Bénin. *European Scientific Journal*, 14(19), 110–134. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n19p109>
 14. Anderson, E.N. (2014). *Everyone eats : Understanding food and culture*. New York University (NYU) Press, New York and London.
 15. Arouri, M.E.H., & Rault, C. (2010). Les effets des fluctuations du prix du pétrole sur les marchés boursiers dans les pays du Golfe. *Revue économique* 61(5), 945–959. <https://doi.org/10.3917/reco.615.0945>
 16. Asiwe, J.N.A., & Madimabe, K.S. (2020). Performance and economic prospect of pigeonpea varieties in pigeonpea-maize strip intercropping in Limpopo Province. *International Journal of Agriculture & Biology*, 25(1), 20–26. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1633>
 17. Asogwa, B.C., Abu, O., & Ochoche, G.E. (2014). Analysis of peasant farmers' access to agricultural credit in Benue State, Nigeria. *British Journal of Economics, Management & Trade*, 4(10), 1525-1543.
 18. Ayenan, M.A.T. (2016). *Assessment of phenotypic diversity and farmers' knowledge of cultivation an utilization of pigeon pea (Cajanus cajan (L.) Millspaugh) in Benin*. MPhil Thesis, University of Ghana. <https://afribary.com/works/assessment-of-phenotypic-diversity-and-farmers-knowledge-of-cultivation-and-utilization-of-pigeon-pea-cajanus-cajan-l-millspaugh>
 19. Ayenan, M.A.T., Danquah, A., Ahoton, L.E., & Ofori, K. (2017a). Utilization and farmers' knowledge on pigeonpea diversity in Benin, West Africa. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 13(37), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0164-9>
 20. Ayenan, M.A.T., Ofori, K., Ahoton, L.E., & Danquah, A. (2017b). Pigeonpea [(*Cajanus cajan (L.) Millsp.*)] production system, farmers' preferred traits and implications for variety development and introduction in Benin. *Agriculture & Food Security*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0129-1>
 21. Ayilara, M.S., Abberton, M., Oyatomi, O.A., Odeyemi, O., & Babalola, O.O. (2022). Potentials of underutilized legumes in food security. *Frontiers in Soil Science*, 2(1020193), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2022.1020193>

22. Babah-Daouda, M., & Yabi, A.J. (2021). Efficacité Economique Des Producteurs Du Piment Et De La Tomate Adoptants Les Stratégies D'Adaptation Face Aux Variabilités Climatiques Dans Les Communes De Djougou Et De Tanguiéta Au Nord-Ouest Du Benin. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 28(1), 303-320.
23. Bandara, B.E.S., De Silva, D.A.M., Maduwanthi, B.C.H., & Warunasinghe, W. (2016). Impact of food labeling information on consumer purchasing decision: with special reference to faculty of Agricultural Sciences. *Procedia Food Science*, 6, 309–313. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.061>
24. Bazie, Y.G., Le Cotty, T., D'hôtel, É.M., Ouattara, D.O., Sanou, A., 2020. Pourquoi une relation positive entre taille des exploitations et productivité au Burkina Faso ? *Économie rurale* 371(1), 37–58. <https://doi.org/10.4000/economierurale.7592>
25. Becker, G.S. (1976). *The economic approach to human behavior*. Economic Theory. University of Chicago press, Chicago and London.
26. Begna, T. (2021). Role and economic importance of crop genetic diversity in food security. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 7(1), 164–169. <https://dx.doi.org/10.17352/2455-815X.000104>
27. Bezirgani, A. (2021). *Analyse du lien entre les déplacements vers les épiceries et l'achat d'aliments en ligne chez les aînés québécois : une application de la théorie du comportement planifié*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal. <https://archipel.uqam.ca/14684/1/D4028.pdf>
28. Biswas, B., Mallick, B., Roy, A., & Sultana, Z. (2021). Impact of agriculture extension services on technical efficiency of rural paddy farmers in southwest Bangladesh. *Environmental Challenges*, 5, 100261. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100261>
29. Budiastutik, I., & Nugraheni, S.A. (2018). Determinant of stunting in Indonesia: A review article. *International Journal of Healthcare Research*, 1(1), 2620-5580.
30. Chanda Venkata, S.K., Nadigatla Veera Prabha Rama, G.R., Saxena, R.K., Saxena, K., Upadhyaya, H.D., Siambi, M., Silim, S.N., Reddy, K.N., Hingane, A.J., & Sharma, M. (2019). Pigeonpea improvement: An amalgam of breeding and genomic research. *Plant Breeding*, 138(4), 445–454. <https://doi.org/10.1111/pbr.12656>
31. Chauhan, N., Vaidya, D., & Pandit, A. (2018). Underutilized grains of Himalayan Region: A mini review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 1044-1047

32. Chou, H.-L., & Chou, C. (2019). A quantitative analysis of factors related to Taiwan teenagers' smartphone addiction tendency using a random sample of parent-child dyads. *Computers in Human Behavior*, 99, 335–344. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.05.032>
33. Dansi, A., Vodouhè, R., Azokpota, P., Yedomonhan, H., Assogba, P., Adjatin, A., Loko, Y.L., Dossou-Aminon, I., & Akpagana, K. (2012). Diversity of the neglected and underutilized crop species of importance in Benin. *The scientific world journal*, 2012, 1–20. <https://doi.org/10.1100/2012/932947>
34. Degla, P.K. (2020). Analyse comparative des performances économiques des systèmes de production du maïs dans la commune de Banikoara au Nord-Bénin. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 8(1), 56-64.
35. DGCS-ODD (2019). *Spatialisation des cibles prioritaires des ODD au Bénin : Monographie des départements du Zou et des Collines (Monographie)*. Direction Générale de la Coordination et du Suivi des Objectifs de Développement Durable, République du Bénin. Accessed on June 20, 2023, from <https://docplayer.fr/210627693-Spatialisation-des-cibles-prioritaires-des-odd-au-benin-monographie-des-departements-du-zou-et-des-collines.html>
36. Dossa, F.K., Todota, C.T., & Miassi, Y.E. (2018). Analyse comparée de la performance économique des cultures de coton et de maïs au Nord-Bénin: cas de la commune de Kandi. *International Journal of Current Innovations in Advanced Research*, 1(6), 118-130
37. Egbe, O.M., & Vange, T. (2008). Yield and agronomic characteristics of 30 pigeon pea genotypes at Otobi in Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Life Science Journal*, 5(2), 70-80
38. Emefiene, M.E., Joshua, V.I., Nwadike, C., Yaroson, A.Y., & Zwalnan, N.D.E. (2014). Profitability analysis of Pigeon pea (*Cajanus cajan*) production in Riyom LGA of Plateau State. *International Letters of Natural Sciences*, 13(2), 73-88. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILNS.18.73>
39. Far, S.T., & Rezaei-Moghaddam, K. (2018). Impacts of the precision agricultural technologies in Iran: An analysis experts' perception & their determinants. *Information Processing in Agriculture*, 5(1), 173–184. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.09.001>
40. Feng, S. (2008). Land rental, off-farm employment and technical efficiency of farm households in Jiangxi Province, China. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 55(4), 363–378. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(08\)80026-7](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(08)80026-7)
41. Fossou, R.K., Ziegler, D., Zeze, A., Barja, F., & Perret, X. (2016). Two major clades of bradyrhizobia dominate symbiotic interactions

- with pigeonpea in fields of Côte d'Ivoire. *Frontiers in microbiology*, 7, 1793. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01793>
42. Gwata, E.T., & Shimelis, H. (2013). Evaluation of pigeonpea germplasm for important agronomic traits in Southern Africa. In : Goyal A, Asif M (Eds.), *Crop Production*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/56094>
 43. Haralayya, B., & Aithal, P.S. (2021). Factors Determining The Efficiency In Indian Banking Sector: A Tobit Regression Analysis. *International Journal of Science & Engineering Development Research* (www. ijsdr. org), 6(6), 1-6. <http://www.ijdsr.org/papers/IJSDR2106001.pdf>
 44. Hardev, C. (2016). Performance of farmers' pigeon pea [*Cajanus cajan L. Millsp.*] varieties: opportunities for sustained productivity and dissemination of varieties. *International Journal of Agriculture Sciences*, 8(61), 3471-3474.
 45. Hashmiu, I., Adams, F., Etuah, S., & Quaye, J. (2024). Food-cash crop diversification and farm household welfare in the Forest-Savannah Transition Zone of Ghana. *Food Sec.* <https://doi.org/10.1007/s12571-024-01434-3>
 46. Hauggaard-Nielsen, H., & Jensen, E.S. (2001). Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crops Research*, 72(3), 185–196. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00176-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00176-9)
 47. Hessavi, M.P., Adegbola, Y.P., Hounmenou, J., Sedegnan, C.A.O., Dessouassi, E.C., Ajavon, Y., Sodjinou, E. (2019). *Performance économique des exploitations piscicoles: une analyse par la fonction de profit dans les départements de l'atlantique et du littoral au Sud-Bénin*. Presented at the 6th African Conference of Agricultural Economists, September 23-26, 2019, AgEcon Search, Abuja, Nigeria, pp. 1–24. Accessed on September 17, 2023, from file:///C:/Users/Ce%20PC/Downloads/436.%20Fish%20in%20Benin%20(1).pdf
 48. Høgh-Jensen, H. (2011). To meet future food demands we need to change from annual grain legumes to multipurpose semi-perennial legumes. In : Aarhus University (Ed.), *Food production-approaches, challenges and tasks* (pp. 1–24), InTech, Denmark.
 49. INSAE (2016). *Cahier des villages et quartiers de ville du département des Collines (RGPH-4, 2013)*. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin. Accessed on September 28, 2023 from https://instad.bj/images/docs/insae-statistiques/enquetes-recensements/RGPH/1.RGPH_4/resultats%20finaux/Cahiers%20villa

- ges/Cahier%20des%20villages%20et%20quartiers%20de%20ville%20des%20Collines.pdf
50. Kaoneka, S.R., Saxena, R.K., Silim, S.N., Odeny, D.A., Ganga Rao, N.V.P.R., Shimelis, H.A., Siambi, M., & Varshney, R.K. (2016). Pigeonpea breeding in eastern and southern Africa: challenges and opportunities. *Plant Breeding*, *135*(2), 148–154. <https://doi.org/10.1111/pbr.12340>
 51. Karanja, J.W., Lagat, J.K., & Mutai, B.K. (2019). Market Participation of Smallholder Pigeon Pea Farmers in Makeni County, Kenya. *Journal of Economics and Sustainable Development*, *10*(16), 2222-2855.
 52. Kariyawasam, C.S., Kumar, L., & Ratnayake, S.S. (2019). Invasive plant species establishment and range dynamics in Sri Lanka under climate change. *Entropy*, *21*(6), 571. <https://doi.org/10.3390/e21060571>
 53. Kermah, M., Franke, A.C., Adjei-Nsiah, S., Ahiabor, B.D., Abaidoo, R.C., & Giller, K.E. (2017). Maize-grain legume intercropping for enhanced resource use efficiency and crop productivity in the Guinea savanna of northern Ghana. *Field crops research*, *213*(2017), 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.008>
 54. Khonde, G.P. (2021). *Etude et modélisation de la productivité des systèmes de culture bases sur le semis direct sous couvert végétal dans la savane du sud-ouest de la République Démocratique du Congo, «cas de Mvuazi»*. Thèse de doctorat, Université Pédagogique Nationale (UPN) Kinshasa, Congo. <https://hal.science/tel-03604999/>
 55. Kindemin, O.A., Houessingbe, Z., Hougni, A., Labiyi, I.A., & Yabi, J.A. (2023). Perception Paysanne de la Durabilité des Exploitations Cotonnières du Nord-Bénin. *ESI Preprints*, *17*, 323–323. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.5.2023.p323>
 56. Kinhoégbè, G., Djèdatin, G., Loko, L.E.Y., Favi, A.G., Adomou, A., Agbangla, C., & Dansi, A. (2020). On-farm management and participatory evaluation of pigeonpea (*Cajanus cajan* [L.] Millspaugh) diversity across the agro-ecological zones of the Republic of Benin. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, *16*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00378-0>
 57. Kinhoégbè, G., Djèdatin, G., Saxena, R.K., Chitikineni, A., Bajaj, P., Molla, J., Agbangla, C., Dansi, A., & Varshney, R.K. (2022). Genetic diversity and population structure of pigeonpea (*Cajanus cajan* [L.] Millspaugh) landraces grown in Benin revealed by Genotyping-By-Sequencing. *Plos One*, *17*(7), e0271565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271565>

58. Kousar, S., Ahmed, F., Pervaiz, A., & Bojnec, Š. (2021). Food insecurity, population growth, urbanization and water availability: the role of government stability. *Sustainability*, 13(22), 12336. <https://doi.org/10.3390/su132212336>
59. Kwak, S.G., & Kim, J.H. (2017). Central limit theorem: the cornerstone of modern statistics. *Korean journal of anesthesiology*, 70(2), 144–156. <https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.2.144>
60. Labiyi, I.A., Sigue, H., Ouattara, D.C., Traore, O.M., & Koura, D. (2019). Effet des pratiques innovantes endogènes de gestion durable des terres sur la performance technico-économique du réseau de producteurs dans la commune de Mani au Burkina Faso. *Afrique science* 15(1), 432-447.
61. MAEP-DPP (2020). *Annuaire statistique agricoles années 2017 à 2019*. Direction de la Programmation et de la Prospective du Ministère de l’Agriculture de l’Elevage et de la Pêche, Bénin. Accessed on April 22, 2023, from <https://elearning.agriculture.gouv.bj/bibliotheque/upload/Annuaire%20statistique%20agricole%202017-2019%20B%C3%A9nin.pdf>
62. Makena, N.S., Ngare, L., & Kago, E.W. (2022). Profitability Analysis of Pigeonpea Production Among Smallholder Farmers in Machakos County, Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 88(2), 115-122.
63. Malinga, N.G., Masuku, M.B., & Raufu, M.O. (2015). Comparative analysis of technical efficiencies of smallholder vegetable farmers with and without credit access in swazil and the case of the Hhohho region. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*, 2(4), 133-145.
64. Manyasa, E.O., Silim, S.N., & Christiansen, J.L. (2009). Variability patterns in Ugandan pigeonpea landraces. *Journal of SAT Agricultural Research*, 7, 1-9.
65. Mekonnen, D.A. (2024). Does household’s food and nutrient acquisition capacity predict linear growth in children? Analysis of longitudinal data from rural and small towns in Ethiopia. *Food Sec.* <https://doi.org/10.1007/s12571-024-01430-7>
66. Mergeai, G., Kimani, P., Mwang’ombe, A., Olubayo, F., Smith, C., Audi, P., Baudoin, J.-P., & Le Roi, A. (2001). Survey of pigeonpea production systems, utilization and marketing in semi-arid lands of Kenya. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 5(3), 145-153.
67. Mishra, A.K., Kumar, A., Joshi, P.K., & D’Souza, A. (2018). Production Risks, Risk Preference and Contract Farming: Impact on

- Food Security in India. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 40(3), 353–378. <https://doi.org/10.1093/aep/ppy017>
68. Myaka, F.M., Sakala, W.D., Adu-Gyamfi, J.J., Kamalongo, D., Ngwira, A., Odgaard, R., Nielsen, N.E., & Høgh-Jensen, H. (2006). Yields and accumulations of N and P in farmer-managed intercrops of maize–pigeonpea in semi-arid Africa. *Plant Soil*, 285, 207–220. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-9006-6>
69. Njira, K.O.W., Nalivata, P.C., Kanyama-Phiri, G.Y., & Lowole, M.W. (2012). Biological nitrogen fixation in sole and doubled-up legume cropping systems on the sandy soils of Kasungu, Central Malawi. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 3(9), 224–230.
70. Ntsama, M., & Pedelahore, P. (2010). *L'orientation marchande est-elle un facteur prédominant à l'adoption des innovations agricoles ?* CIRAD, Montpellier, France. https://agritrop.cirad.fr/557822/1/document_557822.pdf
71. Nuama, E. (2006). Measure of the Technical Efficiency of Women Farmers of Food Crops in Côte-d'Ivoire. *Economie rurale*, 296(6), 39-53.
72. Odeny, D.A. (2007). The potential of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in Africa. *Natural Resources Forum*, 31(4), 297–305. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2007.00157.x>
73. Ojwang, J.D., Nyankanga, R.O., Olanya, O.M., Ukuku, D.O., & Imungi, J. (2016). Yield components of vegetable pigeon pea cultivars. *Subtropical Agriculture and Environments*, 67, 1-12.
74. Ouédraogo, M., & Dakouo, D. (2017). Evaluation de l'adoption des variétés de riz NERICA dans l'Ouest du Burkina Faso. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 12(311-2017-726), 1–16. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.258596>
75. Pal, A.K., Singh, R.S., Shukla, U.N., & Singh, S. (2016). Growth and production potential of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) as influenced by intercropping and integrated nutrient management. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(1), 179–183. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i1.770>
76. Pastpipatkul, P., Maneejuk, P., & Sriboonchitta, S. (2015). Welfare measurement on Thai rice market: a Markov switching Bayesian seemingly unrelated regression. In: V.N. Huynh, M. Inuiguchi, T. Denoeux (Eds.), *Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making* (pp. 464–477). Springer, Nha Trang, Vietnam. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25135-6_42
77. Piedra-Muñoz, L., Galdeano-Gómez, E., & Pérez-Mesa, J.C. (2016). Is sustainability compatible with profitability? An empirical analysis

- on family farming activity. *Sustainability*, 8(9), 893. <https://doi.org/10.3390/su8090893>
78. Rached, Z., Chebil, A., & Khaldi, R. (2018). Effet de la taille sur l'efficacité technique des exploitations céréalières en Tunisie: Cas de la Région Subhumide. *New Medit*, 4(4), 82–89. <https://doi.org/10.30682/nm1804g>
79. Reddy, B.S.L., Nataraju, M.S., & Lakshminarayan, M.T. (2021). Attitude of Farmers towards Livelihood Diversification. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(1), 1032–1039. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.125>
80. Rudebjer, P.G., Meldrum, G., Padulosi, S., Hall, R., & Hermanowicz, E. (2014). *Realizing the promise of neglected and underutilized species: Policy Brief*. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/bitstreams/3f8ea043-f4b2-4384-9cf1-154670bd67af/download>
81. Rusere, F., Hunter, L., Collinson, M., & Twine, W. (2023). Nexus between summer climate variability and household food security in rural Mpumalanga Province, South Africa. *Environmental Development*, 47, 100892. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100892>
82. Salez, P. (1988). *Compréhension et amélioration de systèmes de culture associées céréale-légumineuse au Cameroun*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier (ENSAM), France. https://agritrop.cirad.fr/375802/1/document_375802.pdf
83. Sasson, A. (2012). Food security for Africa: an urgent global challenge. *Agriculture & Food Security*, 1(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-1-2>
84. Saxena, K.B., & Kumar, R.V. (2010). Quality nutrition through pigeonpea-a review. *Health*, 2(13), 35–44. <http://dx.doi.org/10.4236/health.2010.211199>
85. Sebillotte, M. (1990). Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In: L. Combe, D. Picard (Eds.), *Les Systèmes de Culture* (pp. 165-196). INRA, Paris.
86. Senger, I., Borges, J.A.R., & Machado, J.A.D. (2017). Using the theory of planned behavior to understand the intention of small farmers in diversifying their agricultural production. *Journal of rural studies*, 49, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.10.006>
87. Setsoafia, E.D., Ma, W., & Renwick, A. (2022). Effects of sustainable agricultural practices on farm income and food security in northern Ghana. *Agricultural and Food Economics*, 10(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40100-022-00216-9>

88. Sigue, H., Labiyi, I.A., Yabi, J.A., & Biaou, G. (2019). Effet des composantes de la technologie microdose sur la performance économique et financière des exploitations agricoles du Kouritenga et du Zondoma au Burkina Faso. *African Crop Science Journal*, 27(3), 331–349. <https://doi.org/10.4314/acsj.v27i3.2>
89. Sultana, M., Ahmed, J.U., & Shiratake, Y. (2020). Sustainable conditions of agriculture cooperative with a case study of dairy cooperative of Sirajgonj District in Bangladesh. *Journal of Cooperative Organization and Management*, 8(1), 100105. <https://doi.org/10.1016/j.jcom.2019.100105>
90. Szabo, S. (2016). Urbanisation and food insecurity risks: Assessing the role of human development. *Oxford Development Studies*, 44(1), 28–48. <https://doi.org/10.1080/13600818.2015.1067292>
91. Tabe-Ojong Jr, M.P., & Molua, E.L. (2017). Technical efficiency of smallholder tomato production in semi-urban farms in Cameroon: A stochastic frontier production approach. *Journal of Management and Sustainability*, 7(4), 27-35. <https://doi.org/10.5539/jms.v7n4p27>
92. Tokpon, H.M., & Yegbemey, R.N. (2020). Compétitivité du coton dans un contexte de relance de sa production dans la commune de Bembèrèkè au nord-est du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, Novembre 30(04), 55-63.
93. Traore, O.M., & Koura, D. (2019). Effet des pratiques innovantes endogènes de gestion durable des terres sur la performance technico-économique du réseau de producteurs dans la commune de Mani au Burkina Faso. *Afrique science*, 15(1), 432-447.
94. Varshney, R.K., Penmetsa, R.V., Dutta, S., Kulwal, P.L., Saxena, R.K., Datta, S., Sharma, T.R., Rosen, B., Carrasquilla-Garcia Farmer, A.D., & Dubey, A. (2010). Pigeonpea genomics initiative (PGI): an international effort to improve crop productivity of pigeonpea (*Cajanus cajan L.*). *Mol Breeding*, 26, 393–408. <https://doi.org/10.1007/s11032-009-9327-2>
95. Versteeg, M.N., & Koudokpon, V. (1993). Participative farmer testing of four low external input technologies, to address soil fertility decline in Mono province (Benin). *Agricultural systems*, 42(3), 265–276. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(93\)90058-A](https://doi.org/10.1016/0308-521X(93)90058-A)
96. Wambua, J.M. (2021). *Analysis of factors influencing productivity and extent of Smallholder commercialization of green grams and pigeon peas in Machakos county, Kenya*. PhD Thesis, Egerton University, Kenya. <http://ir-library.egerton.ac.ke/handle/123456789/2727>
97. Wang, Z., Bao, X., Li, X., Jin, X., Zhao, J., Sun, J., Christie, P., & Li, L. (2015). Intercropping maintains soil fertility in terms of chemical

- properties and enzyme activities on a timescale of one decade. *Plant and Soil*, 391, 265–282. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2428-2>
98. Weih, M., Westerbergh, A., & Lundquist, P.-O. (2017). Role of nutrient-efficient plants for improving crop yields: bridging plant ecology, physiology, and molecular biology. In : M.A. Hossain, T. Kamiya, D.J. Burritt, L.S.P. Tran, T. Fujiwara (Eds), *Plant Macronutrient Use Efficiency: Molecular and Genomic Perspectives in Crop Plants* (pp. 31-44). Academic Press Ltd-Elsevier Science Ltd, London. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811308-0.00002-8>
99. Yabi, J.A., Bachabi, F.X., Labiyi, I.A., Ode, C.A., & Ayena, R.L. (2016). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord- Ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 779–792. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.27>
100. Yabi, J.A., Paraiso, A., Yegbemey, R.N., & Chanou, P. (2012). Rentabilité économique des systèmes rizicoles de la commune de Malanville au Nord-est du Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales*, 12(1), 91-106.
101. Yimer, Z., Yaregal, W., Fikre, A., Degefu, T., & Rao, G. (2019). Large-plot based performance evaluation of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) Varieties for grain yield and agronomic traits under irrigation condition in Mandura District, North-West, Ethiopia. *International Journal of Research in Agronomy*, 3(1), 8-12.
102. Zalkuw, J., Singh, R., Pardhi, R., Gangwar, A. (2014). Analysis of technical efficiency of tomato production in Adamawa State, Nigeria. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 7(3), 645-650. <http://dx.doi.org/10.5958/2230-732X.2014.01371.0>
103. Zavinon, F., Adoukonou-Sagbadja, H., Ahoton, L., Vodouhe, R.S., & Ahanhanzo, C. (2018). Quantitative Analysis, Distribution and traditional management of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] Landraces' diversity in Southern Benin. *European Scientific Journal*, 14(9), 184–211. <https://hdl.handle.net/10568/96897>
104. Zavinon, F., Adoukonou-Sagbadja, H., Bossikponnon, A., Dossa, H., & Ahanhanzo, C. (2019). Phenotypic diversity for agromorphological traits in pigeon pea landraces [(*Cajanus cajan* L.) Millsp.] cultivated in southern Benin. *Open Agriculture*, 4(1), 487–499. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0046>

105. Zavinon, F., Adoukonou-Sagbadja, H., Keilwagen, J., Lehnert, H., Ordon, F., & Perovic, D. (2020). Genetic diversity and population structure in Beninese pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Huth] landraces collection revealed by SSR and genome wide SNP markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67, 191–208. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00864-9>
106. Zavinon, F., Fonhan, N., Atrokpo, A., Djossou, R., & Sagbadja, H.A. (2022). Genotype x Environment Interaction and Agronomic Performances Analysis in Exotic Pigeon Pea (*Cajanus cajan* L. Millsp) Cultivars in Benin. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 8(6), 251–258. <https://doi.org/10.11648/j.ijaas.20220806.18>
107. Zavinon, F., & Sagbadja, H.A. (2019). Pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp] cultivation, its major constraints and ethnobotanical status in Southern Benin. *Journal of Agricultural and Crop Research*, 7(6), 95–105. https://doi.org/10.33495/jacr_v7i6.19.131
108. Zhang, Y., Liu, J., Zhang, J., Liu, H., Liu, S., Zhai, L., Wang, H., Lei, Q., Ren, T., & Yin, C. (2015). Row ratios of intercropping maize and soybean can affect agronomic efficiency of the system and subsequent wheat. *Plos One*, 10(6), e0129245. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129245>